

Sistema de Monitoramento da Qualidade do Ar

Vanessa Ortiz¹, Rodolfo Francisco de Oliveira¹

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Hortolândia (IFSP) CEP: 13183-250 – Vila São Pedro, Hortolândia – SP – Brasil

vanessa.ortiz@aluno.ifsp.edu.br, rodolfo.oliveira@ifsp.edu.br

Abstract. *The air pollution increases every year, leading to a decline in overall health quality. As a result, the number of affected individuals rises due to poor air quality, exacerbating respiratory conditions in those already affected and causing new cases. Therefore, this article aims to present the development of a prototype system designed to collect air quality data through a sensor in the environment. The collected information will be sent to a database, where it will be compared with the Air Quality Index (AQI) table. Users will be able to access the results through an Android application.*

Resumo. *A poluição no ar a cada ano vem aumentando e com isso a qualidade da saúde vem caindo. Devido a isso, o número de pessoas afetadas aumenta e isso ocorre por conta da péssima qualidade do ar, pois aqueles que já possuem doenças respiratórias acabam tendo as mesmas agravadas ou sendo contraídas. Sendo assim, o presente artigo tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um protótipo de sistema que realizará a coleta de dados referentes a qualidade do ar no ambiente por meio de um sensor. As informações coletadas serão enviadas para o banco de dados que permite a comparação dos dados recebidos com a tabela do Índice da Qualidade do Ar (IQA) e os usuários poderão consultar o resultado desses dados através de um aplicativo Android.*

1. Introdução

A qualidade do ar é um assunto de extrema importância a ser abordado. O ar está ligado à vida, seja ela humana ou animal, e a natureza e, se a qualidade do ar estiver ruim, os impactos na saúde serão grandes. Como por exemplo, as pessoas que já possuem doenças respiratórias com uma qualidade do ar ruim podem acabar tendo suas doenças agravadas e pessoas que não possuem nenhuma doença podem acabar contraindo. Além disso, o impacto de doenças como a COVID-19 são potencializadas pela má qualidade do ar (Air Quality Index, 2023).

Uma péssima qualidade do ar é quando existe uma grande concentração de agentes nocivos (estes que serão apresentados mais à frente) presentes na atmosfera que podem causar ou agravar doenças cardiovasculares, pulmonares ou respiratórias. Já a boa qualidade do ar é definida através da baixa concentração de agentes nocivos presentes na atmosfera (Air Quality Index, 2023).

Tendo este cenário em vista, o presente trabalho tem como tema o desenvolvimento de um sistema para a monitoração da qualidade do ar, ajudando a pessoas de idade avançada e que possuam problemas de saúde a acompanhar em tempo real como está a mesma no ambiente que estão ou podem ir.

O artigo apresenta como foi desenvolvido uma aplicação que analisa os dados referentes à qualidade do ar presente no ambiente através de um sensor de gás, comparando-os com a tabela do Índice da Qualidade do Ar. Os dados são armazenados em um banco de dados não relacional e lidos por uma aplicação Android, que exibirá os mesmos para o usuário.

O presente trabalho é organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta uma revisão bibliográfica dos tópicos importantes para a compreensão da implementação do

protótipo; o Capítulo 3 apresenta os trabalhos correlatos; o Capítulo 4 apresenta a metodologia utilizada; o Capítulo 5 apresenta a arquitetura da proposta; o Capítulo 6 apresenta as ferramentas utilizadas no desenvolvimento do protótipo; o Capítulo 7 apresenta como se deu o desenvolvimento e os resultados encontrados; por fim, o Capítulo 8 apresenta a conclusão do projeto.

2. Revisão Bibliográfica

Esta Seção será o responsável por introduzir os conceitos referentes a Qualidade do Ar, Internet das Coisas (IoT) e Rede de Sensores sem Fio, tópicos importantes para a compreensão do restante do trabalho.

2.1. Qualidade do Ar

A Qualidade do Ar é um assunto de extrema importância para ser discutido e estudado por estar ligado diretamente à vida. Nos Estados Unidos, a *Environmental Protection Agency* (EPA) é uma agência governamental encarregada de coletar dados diários sobre a qualidade do ar. Esta pode variar significativamente de um dia para o outro ou até mesmo dentro de algumas horas (EPA, 2022).

Diversos tipos de poluentes atmosféricos são identificados, incluindo os poluentes naturais e os resultantes da produção de energia, queima de biomassa e agricultura (INCA, 2022).

Para avaliar a qualidade do ar, é utilizado o *Air Quality Index* (AQI), um índice desenvolvido pela EPA (EPA, 2022) que possui o propósito de simplificar a divulgação das informações referentes às mudanças na qualidade do ar local e os impactos na saúde. O AQI é calculado com base em quatro principais poluentes atmosféricos que foram regulamentados pela *Clean Air Act*, uma lei federal dos Estados Unidos que é usada como referência por outros países. Esses poluentes são: o ozônio (O₃) ao nível do solo, o monóxido de carbono (CO), o dióxido de enxofre (SO₂) e a poluição por partículas.

Tabela 1. Air Quality Index (Fonte: (EPA, 2022))

AQI	Nível da Poluição do Ar	Implicações à Saúde
0 a 50	Bom	Qualidade do ar é boa e apresenta pouco ou nenhum risco a saúde
51 a 100	Moderado	Qualidade do ar é aceitável no entanto já começa a apresentar preocupações a um pequeno grupo
101 a 150	Não Saudável	Qualidade do ar já começa a gerar preocupações com pessoas sensíveis e já é possível começar a sentir efeitos na saúde
151 a 200	Insalubre	Qualidade do ar ruim todos já podem sentir efeitos a saúde. Grupos mais sensíveis podem sofrer efeitos mais graves a saúde.
201 a 300	Muito Insalubre	Neste nível começa um alerta a saúde. Todos podem sentir efeitos a saúde.
301 a 500	Perigoso	Este é o nível de estado de emergência. Todos correm risco de graves problemas a saúde.

O AQI pode variar de 0 a 500, sendo que os níveis mais baixos indicam uma melhor qualidade no ar, enquanto os níveis mais altos apontam para uma pior qualidade. A Tabela 1 apresenta os índices da AQI.

Dessa forma, um valor de 50 indica uma qualidade do ar boa, com baixo risco para a saúde, enquanto os valores acima de 100 são considerados pouco saudáveis e podem começar

a afetar a saúde de grupos sensíveis. Quando o índice atinge 500, o ar é considerado totalmente insalubre, representando um sério risco à saúde (EPA, 2022).

No Brasil as diretrizes referentes aos padrões da Qualidade do Ar são estabelecidas pelo Artigo 1º da Resolução nº 3 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 1990). Contudo o CONAMA não define os padrões para o AQI. Em razão disso, muitas agências ambientais optaram por adotar o método definido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) para simplificar a divulgação das informações sobre a poluição atmosférica.

O Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul (IMASUL) monitora a AQI por meio de diversas estações, concentrando-se especialmente na região de Três Lagoas, conhecida por ser uma área de alta concentração industrial. Os dados são disponibilizados ao público por meio do *software* Predictor (IMASUL, 2023). A abordagem adotada pelo IMASUL facilita a compreensão do público em relação a qualidade do ar, permitindo que seja realizada uma avaliação comparativa dos níveis de poluição atmosférica conforme os padrões determinados pelo CONAMA.

O cálculo da AQI é realizado com base nos padrões de qualidade do ar definidos pelo CONAMA e utiliza a fórmula abaixo, levando em consideração as concentrações medida de poluentes (IMASUL, 2023).

$$AQI = \frac{\text{Índice}(inicial) + \text{Índice}(final) - \text{Índice}(inicial) \times (\text{Conc.}(medida) - \text{Conc.}(inicial))}{\text{Conc.}(final) - \text{Conc.}(inicial)}$$

A Tabela 2 apresenta os elementos constituintes presentes na fórmula mencionada.

Tabela 2. Componentes da Fórmula de AQI

Índice (inicial)	Valor do índice que corresponde à concentração inicial da faixa
Índice (final)	Valor do índice que corresponde à concentração final da faixa
Conc. (medida)	Concentração medida;
Conc. (inicial)	Concentração inicial da faixa onde se localiza a concentração medida
Conc. (final)	Concentração final da faixa onde se localiza a concentração medida.

2.2. Internet of Things (IoT)

Até poucos anos atrás, a possibilidade de interagir com coisas do cotidiano através da Internet, era vista apenas como uma ideia de ficção. No entanto, com o avanço da tecnologia, essa concepção começou a se concretizar gradualmente.

Um dos principais responsáveis desse avanço tecnológico é a Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT), uma extensão da Internet convencional (Society, IEEE Computer, 2019). A IoT permite a conexão de diversos dispositivos do cotidiano via Internet, tais como lâmpadas, carros, plantas e eletrodomésticos, possibilitando a troca de informações entre esses dispositivos (Society, IEEE Computer, 2019). Esses dados são coletados em formato digital e, para que um sistema IoT possa utilizá-los, é essencial que essas informações sejam contextualizadas e compreendidas. Além disso, as representações digitais são aproximações do mundo físico, sujeitas a incertezas que variam conforme o nível de precisão necessário para cada sistema IoT (Society, IEEE Computer, 2019).

O artigo *Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT)* (Society, IEEE Computer, 2019) apresenta a história e os princípios da Internet das Coisas, detalhando como a interconexão entre os dispositivos é realizada. Essa interconexão é feita por meio de um sistema IoT, que consiste em componentes que colaboram para atingir determinados objetivos. Esses componentes viabilizam a interação com o mundo real, abrangendo o sensoriamento, processamento e atuação sobre as entidades físicas. Os componentes que atuam no mundo físico são denominados dispositivos ciber físicos (Society, IEEE Computer, 2019).

Atualmente, a IoT é uma tecnologia que gera muitas expectativas, pois engloba uma ampla gama de dispositivos, desde TVs até automóveis. Além disso, os sistemas IoT interconectados têm o potencial de impulsionar avanços em diversas áreas, como saúde, qualidade de vida, manufatura, segurança nacional, energia, entre outras. Algumas aplicações já em uso incluem transportes, edifícios, mineração, sistema de energia, manufatura inteligente e veículos autônomos (Society, IEEE Computer, 2019).

Alguns dos fatores cruciais para o sucesso da IoT incluem a padronização das tecnologias para facilitar a interoperabilidade entre os dispositivos e os sistemas. Vale ressaltar que existem protocolos específicos para transferência de dados relacionados a IoT, como o MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) e CoAP (*Constrained Application Protocol*) (Society, IEEE Computer, 2019).

Outro fator é a adaptação dos protocolos existentes em casos específicos, como dispositivos que possuem recursos limitados e precisam de protocolos mais leves. Mas na maioria dos casos os protocolos TCP/IP são amplamente utilizados na IoT (Society, IEEE Computer, 2019). E devido ao grande número de dispositivos e a eficiência energética é importante considerar novos paradigmas como redes *mesh* para dispositivos de baixo consumo de energia. Esses fatores são importantes pois os objetos inteligentes possuem restrições de recursos e requisitos específicos de aplicação (Society, IEEE Computer, 2019).

Em suma, as características essenciais que sistemas IoT devem seguir estão: modularidade, interoperabilidade, agilidade, dinâmica, compartilhamento, resiliência, garantia e confiabilidade. Essas características constituem a base para a construção de sistemas conectados que podem ser adaptados rapidamente mantendo um bom desempenho (Society, IEEE Computer, 2019).

2.3. Redes de Sensores sem Fio

Uma Rede de Sensores sem Fio (RSSF) é uma rede utilizada para a conexão de dispositivos denominados Nós Sensores (Loureiro, 2016), sendo considerada uma das tecnologias que implementam o conceito de Internet das Coisas. A Figura 1 ilustra uma RSSF.

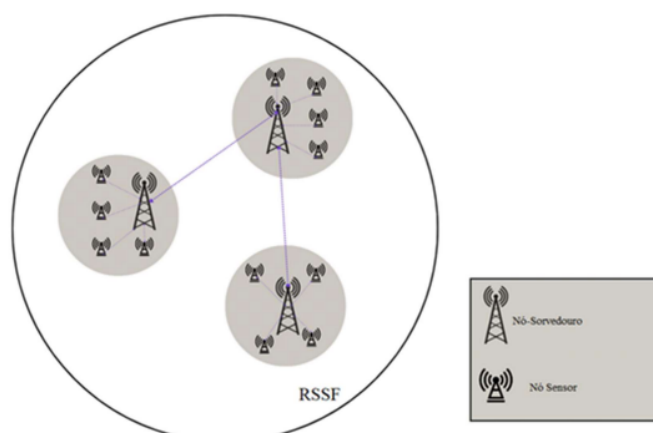


Figura 1. Redes de Sensores sem Fio

Os Nós Sensores representam dispositivos autônomos que são equipados com a capacidade de sensoriamento, processamento e comunicação, possibilitando a coleta de dados via sensores. Além de coletar e transmitir informações, os nó-sensores têm a capacidade de processar os dados coletados localmente (Loureiro, 2016).

Após a coleta dos dados, os Nós Sensores encaminham os dados para o Nó-Sorvedouro, que desempenha um papel versátil, pois pode ser usado tanto como consumidor final quanto como *gateway* para redes externas, como por exemplo a Internet (Loureiro, 2016).

Por possuírem protocolos de gerenciamento, os Nó Sensores podem ser posicionados de maneira aleatória, pois terão os protocolos para organizar de forma eficiente as informações transmitidas pelos dispositivos (Loureiro, 2016).

As redes de sensores sem fio utilizam a Internet das Coisas por meio do sensoriamento, esta que é definida pela sua capacidade de coletar dados do ambiente ou de outros objetos, por meio de sensores presentes no ambiente e que permitem monitorar determinadas situações (Faccioni Filho, 2016). É importante distinguir o Nó Sensor de um Sensor. O sensor é um dispositivo sensível a algum tipo específico de energia ou elemento, que gera alguma saída em resposta ao sinal detectado. Por exemplo, o sensor de presença em um corredor ativa as luzes quando detecta movimento. Por outro lado, os Nós Sensores, como já mencionado, são dispositivos autônomos que coletam dados por meio de sensores e os transmitem ou processam (Loureiro, 2016).

Então, ao contrário dos sensores, que normalmente geram respostas para as informações coletadas, os Nós Sensores, têm um papel mais amplo de coleta e encaminhamento, ou então processamento de dados. Além disso, a diferenciação existe também no tamanho pequeno e compacto e na facilidade de alocar os Nós Sensores em lugares de pouco acesso, fazendo com que sejam uma opção mais econômica, especialmente quando comparados com redes cabeadas (Faccioni Filho, 2016). Então, ao contrário dos sensores, que normalmente geram respostas para as informações coletadas, os Nós Sensores, têm um papel mais amplo de coleta e encaminhamento, ou então processamento de dados. Além disso, a diferenciação existe também no tamanho pequeno e compacto e na facilidade de alocar os Nós Sensores em lugares de pouco acesso, fazendo com que sejam uma opção mais econômica, especialmente quando comparados com redes cabeadas (Faccioni Filho, 2016).

3. Trabalhos Correlatos

Nesta seção serão apresentados os trabalhos semelhantes que inspiraram o presente projeto. Os artigos aqui citados foram usados como apoio para o desenvolvimento do presente trabalho. Estes trabalhos foram pesquisados durante os meses de abril e maio de 2023 por meio da base de dados Google Acadêmico. Nessa pesquisa foram utilizadas as seguintes palavras-chave para que fossem pesquisados artigos que fossem relacionados ao trabalho em questão:

- Pandemia da Covid-19;
- Qualidade do Ar;
- Internet das Coisas;

3.1 Uma Solução Internet das Coisas para Monitoramento de Gases Poluentes na Amazônia Legal

O artigo desenvolvido por (Oliveira, et al., 2018) tem como objetivo apresentar a pesquisa realizada referente ao monitoramento dos gases poluentes na Amazônia por meio do desenvolvimento de um sistema que monitora os índices da poluição e os armazenará em um servidor. O protótipo do trabalho foi construído a partir de um sensor MQ-9 que capta apenas os gases: Monóxido de Carbono, Metano e Propano, enquanto o sensor utilizado neste trabalho, o MQ-135, consegue captar gases tóxicos como Amônia, Dióxido de Carbono, Benzeno, Óxido Nítrico, Fumaça e Álcool. Como *hardware*, foi utilizado o Arduino UNO ESP8266/01 e um módulo Wi-Fi que compartilha as informações recebidas. Os dados são armazenados em uma tabela no sistema de gerenciamento de banco de dados MySQL e exibidos através de um programa Java. Em contrapartida, o atual artigo usa como hardware o NodeMCU que tem seu *hardware* semelhante ao do Arduino. Além disso, os dados são armazenados em um banco de dados não relacional baseado em documentos (Firebase), além de exibir os dados em um aplicativo Android.

3.2 *Real-Time Monitoring of Indoor Air Quality with Internet of Things-Based E-Nose.*

O segundo artigo estudado foi desenvolvido por (Mehmet & Hayrettin, 2019). O mesmo tem como objetivo apresentar um sistema portátil de baixo custo para o monitoramento da qualidade do ar interno em tempo real. O texto traz informações importantes relacionadas a qualidade do ar e como esta pode ser prejudicial à saúde quando possui uma qualidade ruim, além de ser um projeto de baixo custo, utilizando tecnologias de código aberto e disponibilizando os dados coletados em forma de gráficos. O sistema também trabalha com notificações, quando a concentração de gases nocivos à saúde for grande no ambiente.

4. Metodologia de Prototipação

Este trabalho utilizou a metodologia de prototipação para o desenvolvimento do projeto. O livro Engenharia de Software (Sommerville, 2011) apresenta a metodologia de prototipação como uma abordagem fundamental na Engenharia de *Software*, baseada em entregas de protótipos e *feedbacks*. Esta metodologia possibilita a interação entre o usuário com o sistema durante seu desenvolvimento, possibilitando aos desenvolvedores entenderem como será a aceitação do produto final no mercado. Isso é crucial para identificar e resolver os problemas em sua raiz, antes que se tornem problemas maiores, resultando em uma diminuição de custos e na melhoria da qualidade dos produtos.

Para exemplificar como a metodologia de protótipo funciona, pode-se fazer uma analogia com a construção de uma casa. Antes de iniciar a construção de uma casa, é preciso apresentar uma planta ou uma maquete do projeto aos interessados na casa. Essa abordagem permite que os compradores possam visualizar como será a casa quando concluída e possam oferecer *feedback* sobre o esquema do *design*, possibilitando que sejam realizadas modificações antes do início da construção.

A escolha da metodologia de protótipo para esse projeto foi ter seu enfoque na entrega e *feedback* contínuo. A execução do trabalho foi dividido em várias fases, sendo as mesmas resumidas a seguir:

- **Definição do tema e coleta de informações:** Nesta primeira fase, foram tomadas as decisões iniciais e reunidas as informações necessárias para a evolução do trabalho. Também foi realizada a pesquisa de artigos relacionados ao tema escolhido e foram definidas as ferramentas a serem utilizadas.
- **Início da escrita do artigo:** Na segunda fase, deu-se início a escrita do trabalho, com revisões após a conclusão de cada tópico para que fosse possível identificar possíveis falhas ou informações em falta.
- **Elaboração da arquitetura da proposta:** Na terceira fase, foi desenvolvida a arquitetura do projeto.
- **Desenvolvimento do código para a coleta de dados do sensor:** A quarta fase foi marcada pelo início do desenvolvimento do código responsável pela coleta de dados do sensor.
- **Mudança de banco de dados para Firebase:** Na quinta fase, optou-se por migrar do banco de dados MongoDB para o Firebase, devido a ter atualização em tempo real, configuração remota e armazenamento em nuvem.
- **Revisão e ajustes do documento:** Na sexta fase, foi realizada uma revisão do documento, incorporando as alterações necessárias para melhorar a qualidade do trabalho.
- **Desenvolvimento do código e criação do aplicativo:** Na sétima fase, foi realizado o desenvolvimento do código do aplicativo e a implementação da funcionalidade para envio e recebimento de dados para o banco de dados.

5. Arquitetura da Proposta

O trabalho realizado buscou desenvolver um aplicativo que informe ao seu usuário qual a qualidade do ar na região em que este se encontra. Abaixo será apresentada a arquitetura da proposta e um gráfico demonstrando os valores das AQIs coletadas durante o período de três dias (15/05/2021 até 17/05/2021).

A Figura 2 ilustra a arquitetura do projeto desenvolvido. Os dados são coletados pelo Nó Sensor que poderá ser implantado em residências, escolas, empresas, indústrias e entre outros. Estes irão formar uma Rede de Sensores Sem Fio (RSSF) e irão enviar os dados via protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*).

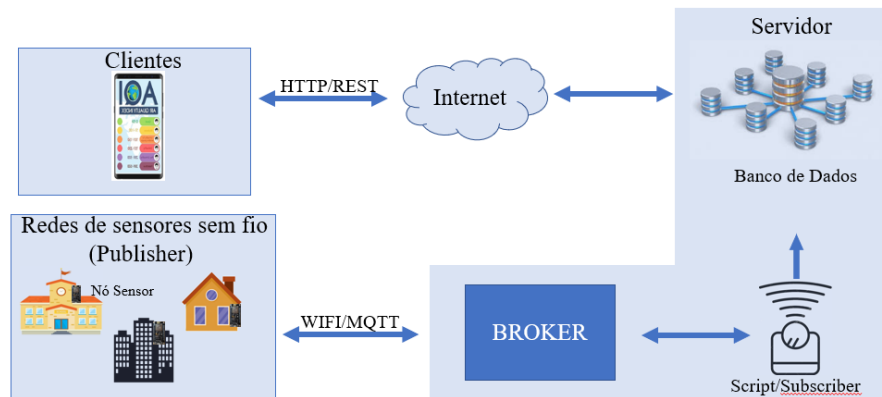


Figura 2. Arquitetura do Sistema

A RSSF é composta por Nódos Sensores. Cada Nódos Sensor terá um tópico que será utilizado para identificação do mesmo para que possa enviar as informações para o *Broker* onde um *script*, que é identificado como *Subscriber*, ficará atento aos tópicos em que é inscrito para receber os dados. Estas informações serão tratadas pelo *script* e enviadas para o banco de dados, onde são armazenadas. Assim, os clientes podem acessar as referências via Internet por meio de um aplicativo que fará a requisição dos dados ao banco de dados.

5.1. Requisitos funcionais

O capítulo dedicado aos requisitos funcionais no livro “Engenharia de *Software*” (Sommerville, 2011) descreve os requisitos funcionais como declarações do serviço que deve ser fornecido pelo sistema e como ele deve reagir ao receber entradas específicas. Além disso, é destacada a importância de descrever os requisitos de forma que especifique as funções do sistema, embora que para os usuários os requisitos devam ser apresentados de forma mais abstrata. A Tabela 3 apresenta os requisitos definidos para o desenvolvimento do aplicativo *mobile* que irá ler os dados gerados pelo Nódos Sensor.

Tabela 3. Requisitos funcionais

Requisitos Funcionais	Descrição
Realizar Cadastro do Usuário	O usuário poderá realizar seu cadastro, ao informar as seguintes informações: Nome Completo, e-mail, senha e endereço.
Realizar Login	Para realizar o login o usuário deve informar o e-mail e a senha que foram criados no cadastro.
Consultar AQI	Ao informar o CEP a ser consultado o usuário poderá ver qual a AQI para o endereço informado.
Consultar Histórico	O usuário pode acessar o histórico das consultas feitas anteriormente e realizar um filtro para checar a AQI em um determinado período.

5.2. Diagrama de Casos de Uso

Casos de Uso são uma forma simples de identificar os atores e as interações que eles podem ter com o sistema (Sommerville, 2011). Os casos de uso podem ser apresentados tanto em descrições textuais quanto em modelos gráficos, como diagramas de sequência ou estados da

UML (*Unified Modeling Language*). Essas técnicas eficientes são utilizadas para elencar os requisitos dos *stakeholders* que irão interagir com o sistema, conforme apontado no livro Engenharia de Software (Sommerville, 2011). A Figura 3 apresenta o Diagrama de Casos de Uso do aplicativo de monitoramento da qualidade do ar.

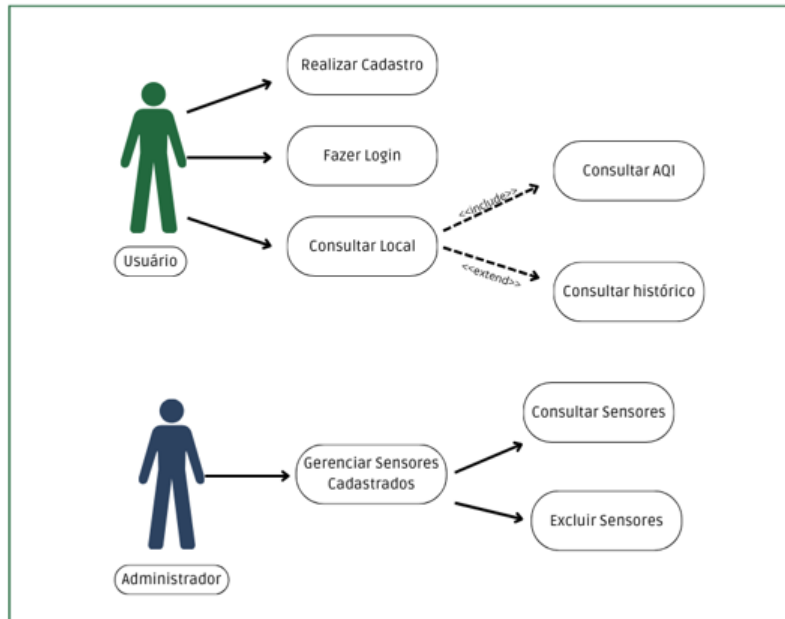


Figura 3. Diagrama de Caso de Uso

No contexto deste aplicativo o ator “Usuário” tem a capacidade de se cadastrar, fazer login, consultar a AQI de um local e verificar o histórico de consultas realizadas. Por outro lado o ator “Administrador”, possui a responsabilidade de gerenciar os sensores cadastrados, permitindo-lhe consultar os sensores ativos ou excluir os sensores cadastrados.

5.3. Armazenamento no Banco de Dados

As informações obtidas por meio dos sensores ou do aplicativo são armazenadas em coleções em um banco de dados não relacional baseado em documentos (Google Firebase), onde os dados são preservados no formato JSON (*JavaScript Object Notation*). A Figura 4 ilustra a estrutura de armazenamento no banco de dados. Cada vez que um novo dado é coletado pelo sensor é inserido na coleção “Registros Sensor”, é criado um documento com um ID aleatório. Dentro de cada documento, há uma coleção que armazena as informações essenciais, como AQI, endereço, data e hora.

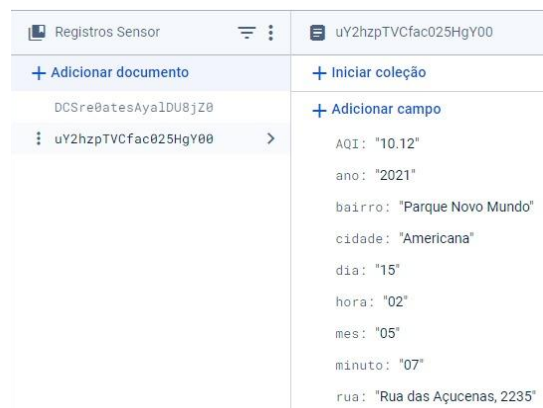


Figura 4. Coleção Registro do Sensor

A Figura 5 exibe a coleção de “Usuário” cadastrada, mantendo o formato utilizado em “Registros Sensores”. A diferença entre eles reside nas informações essenciais armazenadas. Na coleção de usuários, são registrados dados como nome, endereço e e-mail.

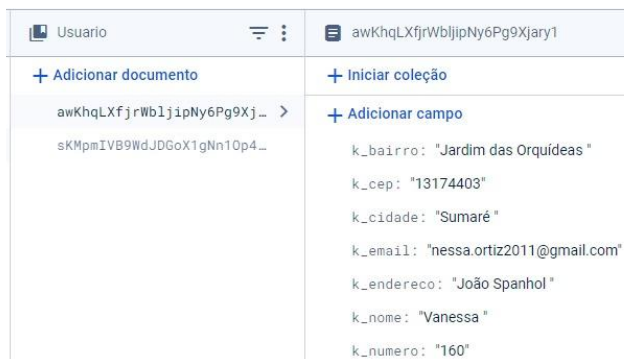


Figura 5. Coleção de Usuários

A Figura 6 exibe o formato dos dados coletados pelo sensor e como são armazenados em um arquivo JSON.



Figura 6. Dados Coletados

6. Ferramentas

Esta seção introduz as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do protótipo. Foram priorizadas ferramentas de código abertas e/ou gratuitas, tanto no que tange ao *hardware* quanto *software*.

O aplicativo que lê os dados armazenados no banco de dados e exibe os mesmos para os usuários foi criado para a plataforma Android. O Android é um sistema operacional desenvolvido pela Google, baseado em Linux e sua característica principal é ser um *software* de código aberto, denominado *Android Open Source Project* (AOSP), voltado para o desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis. Ao decorrer dos anos, esse sistema teve um considerável avanço, sendo amplamente adotado em diversos dispositivos, como tablets, relógios, smart TVs e sistemas automotivos como o Android Auto (Android, 2023). Para viabilizar o desenvolvimento de aplicativos Android, a Google disponibiliza o Android Studio, uma IDE própria destinada ao desenvolvimento de aplicativos Android. Esta tecnologia foi escolhida para o desenvolvimento deste trabalho por conta de sua ampla adesão

pelos usuários, por sua diversidade de dispositivos alcançados e pelo fato das ferramentas de desenvolvimento serem bastante acessíveis.

O banco de dados do sistema foi desenvolvido através do Google Firebase. Este é um sistema de gerenciamento de banco de dados NoSQL que fornece um conjunto de ferramentas para o desenvolvimento de aplicativos em plataformas como Android, iOS e Web. Este sistema de gerenciamento de banco de dados se destaca por sua capacidade de atualização em tempo real, permitindo a inserção de dados via JSON, armazenamento na nuvem, configuração remota e disponibilidade de SDKs que permitem a criação de aplicativos sem que seja necessário possuir um servidor próprio (Firebase, 2023). Estas características foram importantes para a escolha do Firebase como sistema de gerenciamento de banco de dados para o desenvolvimento deste trabalho, uma vez que a atualização em tempo real desempenha um papel crucial em manter os dados constantemente atualizados e acessíveis.

O Nó Sensor responsável por coletar os dados referente a qualidade de ar foi implementado através do NodeMCU (Figura 7). O NodeMCU é um módulo que tem integrado um conversor USB universal e permite o envio de códigos para a placa via conexão Wi-Fi. A seleção do NodeMCU foi motivada devido ao fato de ser um dispositivo de baixo custo, à semelhança de seu hardware com o Arduino e por ser módulo Wi-Fi integrado a plataforma open source ESP8266. Essas características tornam o NodeMCU um dispositivo muito utilizado em projetos IoT.



Figura 7. NodeMCU

O sensor utilizado para detectar a qualidade do ar foi o MQ-136 (Figura 8). Este é um sensor de detecção de gases acessível, capaz de identificar concentrações de gases tóxicos presentes no ambiente, incluindo substâncias como Álcool, Amônia (NH₃), Dióxido de Carbono (CO₂), Benzeno, Óxido Nítrico e Fumaça.



Figura 8. Sensor MQ-135

7. Desenvolvimento e Resultados

Nesta seção, são apresentadas as telas que foram desenvolvidas e que compõem a aplicação. Este aplicativo possui sete telas, divididas em: Cadastro, *Login*, Tela de Busca, Tela de

Histórico, Tela de Perfil, Menu de Navegação, Tela de Gerenciamento de Sensores.

O *design* do aplicativo foi criado para que desde o logo até as cores presentes em toda a aplicação remetesse ao usuário a proposta apresentada. O logo foi criado utilizando ferramentas disponíveis no Canva, e suas cores foram baseadas em tonalidades que remetem à natureza, como verde e azul. As cores presentes no restante do aplicativo foram geradas através dos sites *Adobe Color e Coolors*.

A tela de login (Figura 9) é composta por sete elementos: uma *ImageView*, uma *View*, dois *EditText*, um *Button*, uma *ProgressBar* e um *TextView*. A *ImageView* é a responsável por exibir o logo do aplicativo. A *View* consiste em um retângulo branco que abriga os *EditText* e o *Button*, contribuindo para a estética do aplicativo.

Os *EditText* recebem o e-mail e a senha que são inseridos pelos usuários. Em caso de informações inválidas, um toast aparece na parte inferior da página, solicitando ao usuário para que confira se as informações digitadas estão corretas. Ao pressionar o botão “Acessar”, o sistema valida as informações inseridas no banco de dados. Caso algum campo for esquecido, uma mensagem solicita ao usuário que preenchesse todos os campos

O *Button* concede acesso ao aplicativo após a validação dos dados com os dados registrados no banco de dados. A *ProgressBar* permanece invisível durante a maior parte do tempo, aparecendo somente após o botão ser clicado, servindo como uma resposta visual de que o login estava em andamento. O *TextView*, último elemento da página, foi utilizado no caso do usuário não possuir cadastro. Ao ser clicado, o mesmo redireciona o usuário para a tela de cadastro de novo usuário (Figura 9).

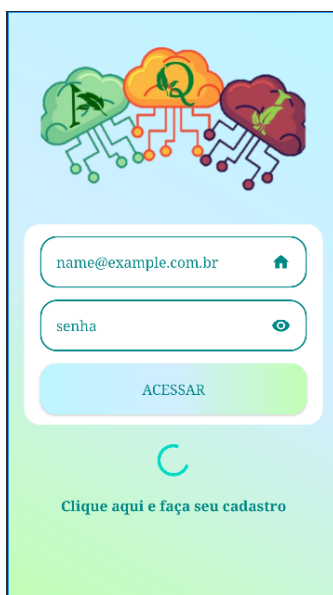


Figura 9. Tela de Login

A tela de cadastro (Figura 10), diferente da tela de *login*, é composta por quatro elementos: um *TextView*, uma *View* e oito *EditText* e um *Button*. O *TextView*, posicionado no início da página, servia para informar ao usuário em qual tela ele se encontrava. A *View*, representada pelo retângulo branco, tem como única obrigação abrigar os *EditText* para contribuir com a estética do aplicativo.

Os *EditText* recebem os dados digitados pelo usuário, que são inseridos no banco de dados. Caso o usuário esqueça de preencher algum campo, ao clicar no botão “Cadastrar”,

uma mensagem alertará o usuário que é necessário preencher todos os campos.

O *Button* é responsável por enviar as informações ao banco de dados. Após o cadastro ter sido efetuado com sucesso, o usuário é informado por meio de uma mensagem e então é redirecionado para a tela de login conectar-se ao aplicativo.


A tela de cadastro, intitulada "Cadastre-se", apresenta um formulário com campos para: Nome Completo, e-mail (exemplo: name@example.com.br), senha, Endereço (com campo adicional para número: N°.1023), Bairro, Cidade (com campo adicional para CEP: 00000-000) e um botão "CADASTRAR" no rodapé.

Figura 10. Tela de Cadastro

A tela de busca (Figura 11) é composta pelos seguintes elementos: uma *ImageView*, um *EditText*, dois *TextView* e dois *Buttons*. A *ImageView* tem a função de exibir o logo do aplicativo. O *EditText* é responsável por receber o cep a ser consultado no banco de dados. Os *TextView* exibem na tela o valor da AQI (Índice de Qualidade do Ar), a data e o horário. O *Button* Buscar é o responsável por enviar a requisição de busca ao banco de dados e o *Button* Histórico é o responsável por realizar a troca da tela de busca pela tela de histórico.

A tela de busca, intitulada "Busca", apresenta um formulário com um campo de entrada para CEP (exemplo: 12340-908). Abaixo do campo, são exibidos o valor da AQI (13) e a data e o horário (15/01/2021 - 01:33). No rodapé, há dois botões: "HISTORICO" e "BUSCAR".

Figura 11. Tela de Busca

A tela de histórico (Figura 12) é composta por uma *Listview* que recebe dois *TextView*. Os *TextView* são os responsáveis por exibir na tela o valor da AQI (Índice de Qualidade do Ar) atual, a data e o horário de sua coleta.

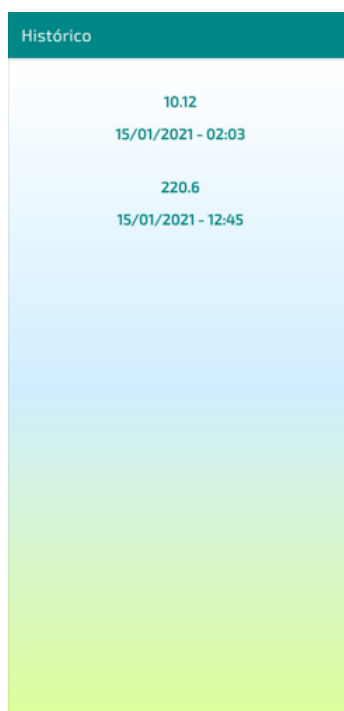


Figura 12. Tela de Histórico

O menu de navegação (Figura 13) é composto por cinco elementos: uma *ImageView*, duas *TextView* e dois *Buttons*. A *ImageView* tem a função de exibir o logo do aplicativo. Os *EditText* apresentam informações como o nome do aplicativo e sua descrição. Os *Buttons* são responsáveis por efetuar a navegação entre as telas.

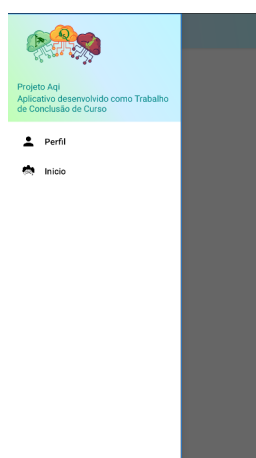


Figura 13. Menu de Navegação

A tela de perfil (Figura 14) é composta por cinco elementos: uma *ImageView*, três *TextView* e um *Button*. A *ImageView* é responsável por exibir a imagem do usuário. Os *TextView* exibem os dados do usuário armazenados no banco de dados como nome, e-mail e endereço. O *Button* permite encerrar a sessão do usuário.

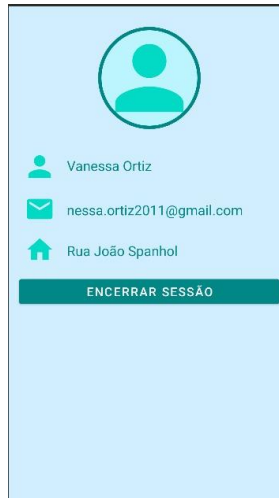


Figura 14. Tela de Perfil

8. Conclusão

Com base nas informações apresentadas acerca do desenvolvimento de uma aplicação *mobile* para o monitoramento da qualidade do ar, é possível chegar a uma conclusão que apresenta os principais aspectos do projeto.

Com o desenvolvimento deste aplicativo foi possível entender a importância da contribuição da AQI como ferramenta para avaliação da qualidade do ar e como esta pode influenciar diretamente na saúde e bem-estar das pessoas. Com a integração da IoT foi possível o acesso aos dados coletados pelos Nós-Sensores em tempo real, mostrando a capacidade desses dispositivos de coletar, transmitir e processar as informações. A metodologia de prototipação utilizada durante o desenvolvimento também foi importante para poder garantir a evolução do sistema, permitindo que ajustes e melhorias fossem realizados durante o tempo com base em *feedbacks*.

O trabalho apresenta uma integração entre teoria e prática, mostrando como a tecnologia pode ser aplicada para monitorar a qualidade do ar, destacando o potencial das soluções IoT e RSSF para esse fim. Como sugestão de possíveis trabalhos futuros, novas funcionalidades podem ser implementadas na aplicação, como exibição de dados em gráficos e alertas (gatilhos) para gerar alarmes quando a qualidade do ar cai abaixo de um nível pré estabelecido. Testes de integridade e desempenho também devem ser feitos, bem como implementação de acessibilidade para a aplicação.

As seguintes disciplinas do curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas foram importantes para o desenvolvimento do projeto: Programação para Dispositivos Móveis, Banco de Dados, Redes de Computadores, Linguagem de Programação e Engenharia de *Software*.

Referências

- Agency, E. P. (2014). A Guide to Air Quality and Your Health. Carolina do Norte, Estados Unidos da América.
- Agency, U. S. (2022). Summary of the Clean Air Act. Fonte: EPA United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-air-act>

- Air Quality Index. (2023). Fonte: AirNow: <https://www.airnow.gov/aqi/https://www.airnow.gov/aqi/air-quality-and-health/your-health/>
- Android. (2023). O que é o Android. Fonte: android: https://www.android.com/intl/pt-BR_br/what-is-android/
- Battistelle, R. A., Ferrari, A. G., Berretini, A., & Junior, J. G. (05 de 2021). Indústria 4.0 e Sustentabilidade: Uma Aplicação da Internet das Coisas.
- EPA. (2022). Air Quality. Fonte: United States Environmental Protection Agency: <https://www.epa.gov/>
- Filho, M. F. (2016). Internet das Coisas. Paçolha: UnisulVirtual.
- INCA, I. N. (2022). Instituto Nacional de Câncer - INCA. Fonte: Gov.br - Ministério da Saúde : <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/poluentes/poluicao-do-ar>
- Ladekar, V., & Daruwala, R. (2019). Indoor Air Quality Monitoring on Aws Using MQTT Protocol. Kanpur, India: IEEE.
- Loureiro, A. A. (2016). Redes de Sensores Sem Fio. Grandes Desafios da Pesquisa Em Computação Para o Período, pp. 1-2.
- Mehmet , T., & Hayrettin, G. (2019). Real-Time Monitoring of Indoor Air Quality with Internet of Things-Based E-Nose. MDPI.
- Oliveira, M. V., Cruz, J. W., Silva, J. I., Silva, R. d., Sousa, R. C., Silva, H. J., & Júnior, J. J. (2018). Uma Solução Internet das Coisas para Monitoramento de Gases Poluentes na Amazônia Legal. Anais SULCOMP.
- Society, IEEE Computer. (2019). IEEE Standard for an Architectural Framework for the Internet of Things (IoT). pp. 17-35.
- Sommerville, I. (2011). Engenharia de Software 9. ed. São Paulo: Pearson Education Brasil.

Documento Digitalizado Restrito

Artigo - Versão Final

Assunto: Artigo - Versão Final
Assinado por: Rodolfo Oliveira
Tipo do Documento: Anexo
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Restrito
Hipótese Legal: Informação Pessoal - dados pessoais e dados pessoais sensíveis (Art. 31 da Lei nº 12.527/2011)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Rodolfo Francisco de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 27/02/2024 15:18:19.

Este documento foi armazenado no SUAP em 27/02/2024. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifsp.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1590898

Código de Autenticação: 42ba&d37ba

