# Documentação da Infraestrutura IoT

Projeto: Monitoramento Inteligente de Maturação e Colheita de Frutas

Equipe: Lucas Pereira do Carmo

Data: 24/09/2025

Versão: 1.0

## 1. Introdução

Este documento apresenta a infraestrutura tecnológica para o sistema de monitoramento inteligente de maturação e colheita de frutas baseado em IoT, voltado para o agronegócio. O sistema utiliza sensores ambientais, drones e análise de dados em nuvem com o objetivo de reduzir perdas pós-colheita, otimizar a logística e melhorar a qualidade dos produtos. A seguir serão detalhados os componentes de hardware, software, conectividade, armazenamento e segurança envolvidos.

## 2. Hardware

### 2.1 Dispositivos IoT

Utilizamos sensores ambientais como sensores de temperatura, umidade do ar, radiação solar, sensores de pH do solo e sensores de nível de açúcar (Brix). Complementam a rede sensores de umidade do solo e sensores multiespectrais embarcados em drones para análise visual do cultivo. Os sensores são integrados a microcontroladores como Arduino Nano e placas IoT com conectividade Wi-Fi e LoRa para transmissão dos dados.

### 2.2 Especificação de Montagem

Os sensores ambientais são instalados estrategicamente no campo em pontos representativos dos talhões para captura contínua das variáveis. Os sensores de umidade do solo são posicionados em diferentes profundidades para melhor amostragem. Os módulos IoT estão protegidos por caixas IP65 para garantir resistência às condições climáticas adversas. Drones são usados periodicamente para a captura das imagens multiespectrais.

## 3. Software

### 3.1 Linguagens de Programação

O firmware para microcontroladores foi desenvolvido em C/C++. Para processamento, análises e dashboard utilizamos Python, com bibliotecas para machine learning e visualização de dados.

### 3.2 Plataformas e IDEs

A programação dos dispositivos IoT foi realizada via Arduino IDE. A análise de dados ocorre em servidores na nuvem utilizando notebooks e ambientes como Jupyter. Para desenvolvimento do dashboard, usamos frameworks web modernos (JavaScript, React).

### 3.3 Protocolos de Comunicação

Os sensores usam protocolos MQTT sobre Wi-Fi e LoRaWAN para comunicação eficiente e de baixo consumo. A transferência dos dados para a nuvem ocorre via TLS para garantir segurança durante o trânsito.

## 4. Conectividade

### 4.1 Tipo de Conexão

A infraestrutura utiliza principalmente redes LoRa para sensores distantes e Wi-Fi para sensores próximos e gateways, garantindo cobertura ampla e confiável.

### 4.2 Configuração da Rede

A rede LoRa é configurada com gateways integrando os dados dos sensores em uma rede mesh, que enviam as informações para servidores na nuvem por meio de conexões seguras à internet. A rede Wi-Fi possui autenticação WPA2 e segmentação para separar dispositivos IoT do restante da rede agrícola.

## 5. Armazenamento e Processamento de Dados

Os dados coletados são armazenados em banco de dados na nuvem, permitindo escalabilidade e acesso remoto. O processamento utiliza técnicas de Big Data e Inteligência Artificial para análise histórica e preditiva das condições do cultivo, fornecendo previsões sobre o ponto ideal de colheita.

## 6. Segurança e Controle de Acesso

O sistema implementa criptografia na transmissão dos dados (TLS/SSL) e autenticação multifatorial para acesso ao dashboard. As credenciais e tokens de acesso são gerenciados por um sistema centralizado para garantir controle robusto e auditável do ambiente.

## 7. Considerações Finais

A infraestrutura descrita representa uma solução integrada e escalável para o monitoramento de cultivos agrícolas com o uso de IoT, drones e computação na nuvem. A adoção desta arquitetura proporciona ganhos significativos em eficiência, sustentabilidade e lucratividade no agronegócio.