

Sistema de Monitoramento de Hortas Comunitárias e Pequenas Fazendas

Guilherme Westphall de Queiroz
Vitor Feijó Leonardo

17 de Maio, 2025

Resumo

Este projeto apresenta um sistema de monitoramento IoT para hortas comunitárias e/ou pequenas fazendas.

Universidade de Brasília (UnB)

Contatos: guilhermewestphall@gmail.com, vitorfleonardo@gmail.com

Sumário

1	Introdução ao problema	1
2	Requisitos	2
3	Descrição da solução IoT	3
3.1	Sensor/Atuador	3
3.2	Conectividade	3
3.3	Elemento de Borda	4
3.4	Armazenamento	4
3.5	Abstração	5
3.6	Apresentação	5
4	Especificações	6
5	Hardware	6
6	Projetos Correlatos	8
7	Considerações finais	8
	Referências	8

1. Introdução ao problema

O Instituto Arapoti é uma organização sem fins lucrativos com atuação no Distrito Federal e em Minas Gerais, cuja missão é desenvolver soluções sustentáveis que promovam valores socioambientais. Entre suas iniciativas está o projeto de Hortas Urbanas, que transforma espaços públicos ociosos em áreas produtivas para o cultivo de alimentos, contribuindo para tornar as cidades mais resilientes às mudanças climáticas, ao aproximar práticas da zona rural do ambiente urbano, promovendo equilíbrio ambiental, segurança alimentar, educação ecológica e regeneração de áreas degradadas.

No entanto, um dos principais desafios enfrentados pelo projeto é o monitoramento e a manutenção dessas hortas. Atualmente, é necessário deslocar pessoas até os locais para verificar a saúde das plantas,

identificar pragas e tomar medidas corretivas, o que demanda tempo, veículos e pagamento por horas de trabalho. Essa logística tem custo elevado e compromete a viabilidade da operação, especialmente em uma organização que atua com recursos limitados e em diferentes regiões.

Nessa lógica, a dificuldade de monitorar as hortas regularmente está ligada à falta de um sistema eficiente e acessível que permita acompanhar o estado das plantações remotamente. Em suma, a causa raiz do problema está na ausência de uma solução tecnológica viável para substituir ou complementar as visitas presenciais. Dessa forma, o cuidado contínuo se torna insustentável, resultando em perda de colheitas, espaços mal conservados e desmotivação da comunidade envolvida.

2. Requisitos

Nesta seção, são apresentados os requisitos do sistema de monitoramento e automação para hortas comunitárias e pequenas fazendas. Os requisitos foram definidos com base no objetivo principal do projeto: permitir o monitoramento remoto de condições do solo e a atuação automática sobre o ambiente, como irrigação e fertirrigação. Além disso, considera-se a necessidade de baixo custo, autonomia e facilidade de uso, especialmente por usuários com pouca familiaridade com tecnologia.

Table 1. Requisitos

ID	Descrição
RF01	O sistema deve coletar dados de um sensor multiparamétrico de solo (temperatura, umidade, condutividade elétrica, NPK e pH).
RF02	O sistema deve armazenar os dados dos sensores localmente e/ou em nuvem.
RF03	O sistema deve permitir o envio remoto dos dados via LoRa.
RF04	O sistema deve acionar uma válvula solenoide para controlar o fluxo de água com base em critérios pré-definidos (ex: umidade abaixo de um limite).
RF05	O sistema deve controlar uma bomba para injeção de fertilizante líquido conforme os níveis de nutrientes detectados.
RF06	O sistema deve permitir configurações remotas dos parâmetros de irrigação e fertirrigação (ex: limites de umidade mínima, horários, duração).
RF07	O sistema deve registrar e enviar logs de eventos de irrigação e fertirrigação para o servidor MQTT.
RF08	O sistema deve emitir alerta caso algum parâmetro esteja fora dos padrões (ex: pH muito ácido, baixa condutividade, falha em sensores ou atuadores).
RF09	O sistema deve permitir a visualização dos dados via aplicativo ou painel web.
RF10	O sistema deve operar de forma autônoma mesmo sem conexão à internet, utilizando parâmetros salvos localmente.
RNF01	O sistema embarcado deve ser baseado em um microcontrolador com suporte a LoRa e capacidade de baixo consumo energético.
RNF02	A comunicação via LoRa deve utilizar um protocolo leve (UDP) com estrutura de pacote eficiente para ambientes com baixa largura de banda.
RNF03	O sistema deve operar com alimentação por bateria ou direta, garantindo autonomia em áreas remotas.

ID	Descrição
RNF04	O dispositivo deve possuir encapsulamento com proteção contra intempéries (mínimo IP65).
RNF05	A arquitetura MQTT na central deve garantir autenticação, criptografia e integridade dos dados transmitidos.
RNF06	O sistema deve utilizar formatos de dados simples e compactos para transmissão LoRa (ex: JSON minimizado ou binário).
RNF07	A integração com o Power BI deve ocorrer através de um middleware que consome os dados MQTT e os armazena em um banco acessível pela plataforma.
RNF08	A interface no Power BI deve apresentar: histórico de dados do solo, status dos dispositivos, alerta e logs de eventos.
RNF09	O sistema deve ser escalável, permitindo a adição de novos sensores/nós de monitoramento.
RNF10	O custo total do sistema (hardware + manutenção) deve ser acessível para pequenos produtores ou comunidades.

Legenda: RF - Requisito Funcional; RNF - Requisito Não Funcional

3. Descrição da solução IoT

3.1 Sensor/Atuador

A camada de sensor/atuador é a base do sistema de monitoramento e automação para hortas. Sua função é coletar dados do solo — como temperatura, umidade, pH, condutividade elétrica e níveis de NPK — por meio de um sensor multiparamétrico com interface RS485, que assegura uma comunicação robusta e eficiente em longas distâncias.

A atuação sobre o ambiente é realizada por meio de diversos dispositivos. Uma válvula solenoide 12V, controlada eletronicamente por um relé duplo, regula o fluxo de água para irrigação. Essa irrigação pode ser feita de forma simples ou combinada com a fertilização (fertirrigação), utilizando um injetor venturi acoplado ao sistema hidráulico. Esse dispositivo injeta fertilizante líquido na água com o auxílio de uma bomba peristáltica, que permite controle preciso da dosagem, garantindo uma aplicação uniforme e eficiente de nutrientes.

Complementando essa estrutura, o módulo RTC DS3231 fornece controle preciso do tempo, possibilitando o agendamento automático de coletas de dados, irrigação e fertirrigação. A presença desse relógio é fundamental para manter a sincronização das tarefas automatizadas, mesmo em ambientes sem conexão constante com a internet.

Uma possível evolução para o sistema de automação de hortas seria a integração de um carrinho automatizado que se desloca sobre trilhos fixos entre as fileiras de cultivo. Equipado com uma câmera de alta resolução, o carrinho captaria imagens das plantas e as enviaria para a nuvem, onde seria analisado por inteligência artificial para detectar problemas como plantas daninhas, infestações de pragas e deficiências nutricionais. O carrinho também realizaria intervenções, aplicando herbicidas de forma localizada e controlando pragas por meio de luzes específicas que atraem insetos e os eliminam com descargas elétricas. Isso reduziria o uso de produtos químicos e minimizaria impactos ambientais.

3.2 Conectividade

A camada de conectividade garante a transmissão eficiente e confiável dos dados das hortas para uma unidade central, utilizando LoRa para comunicação de longo alcance, UDP na camada de transporte e MQTT na camada de aplicação. Essa combinação oferece um sistema de baixo consumo energético, ideal

para áreas rurais com infraestrutura limitada.

LoRa é uma tecnologia sem fio de baixa potência e longo alcance, permitindo que os dados sejam enviados de hortas remotas para a unidade central, mesmo sem acesso à internet. Utilizando a rede LoRaWAN, o sistema conecta sensores (ESP32 com módulo LoRa RFM95) ao gateway LoRa, que envia os dados para servidores locais ou em nuvem.

O MQTT é utilizado para a comunicação entre o servidor de rede e o sistema central de gerenciamento. Através desse protocolo de mensagens, os dados dos sensores são enviados para a central, onde são armazenados e exibidos em um dashboard. Comandos para controle de dispositivos, como irrigação ou fertirrigação, são enviados de volta para os nós da horta por meio de tópicos MQTT.

3.3 Elemento de Borda

A camada de Elemento de Borda (Edge Computing) é responsável pelo processamento inicial dos dados e execução de comandos locais antes de enviá-los à central. No sistema de monitoramento e automação de hortas, o microcontrolador ESP32 desempenha essa função. Ele coleta dados dos sensores, processa e valida as informações, controla atuadores como válvulas e bombas, executa lógicas autônomas (por exemplo, irrigação com base na umidade) e mantém a operação básica da horta, mesmo se houver falha na comunicação com a central.

O ESP32 envia os dados processados via LoRa para o gateway, que os encaminha ao broker MQTT Mosquitto na central. Esse broker gerencia a comunicação assíncrona e de baixa latência, permitindo o envio de comandos para os nós, como ativar a irrigação. Essa abordagem traz resiliência, eficiência e escalabilidade ao sistema de automação agrícola.

3.4 Armazenamento

O nodo remoto é composta por um ESP32 conectado aos sensores (multiparamétrico RS485, temperatura, umidade, pH, condutividade elétrica, NPK) e ao módulo LoRa RFM95, que realiza transmissões pontuais três vezes ao dia (às 07h, 14h e 21h). Os dados coletados são organizados em um formato CSV compacto contendo: Timestamp (RTC), Leituras de sensores, quantidade de ativações da irrigação/fertirrigação. Caso a transmissão falhe, os dados são armazenados localmente em um cartão microSD, conectado ao ESP32 via SPI, utilizando a biblioteca SD.h. O sistema escreve os dados em arquivos nomeados por data (2025-05-17.csv), organizados por pasta (/hortaGuara/).

Do outro lado da comunicação, um segundo ESP32 com um módulo RFM95, conectado a um computador via USB serial, atua como gateway LoRa. Ele escuta continuamente os pacotes LoRa e, ao receber um novo dado: Deserializa o conteúdo CSV, Armazena localmente em um arquivo texto como backup, envia os dados automaticamente para uma planilha do Google Sheets, via script Python utilizando a API do Google Sheets. A representação em um diagrama de implantação desse sistema é exibido na Figure 1.

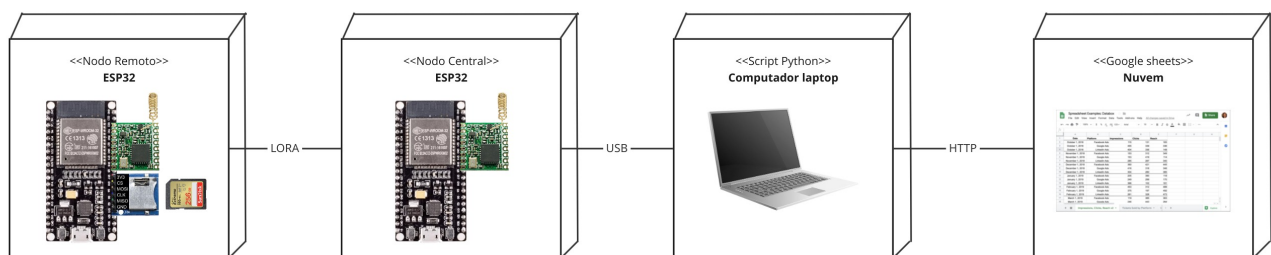


Figure 1. Diagrama de implantação.

3.5 Abstração

A camada de abstração do sistema tem como objetivo transformar os dados brutos coletados pelo nodo remoto em informações úteis e acionáveis para a gestão das hortas comunitárias. A partir das leituras diárias enviadas via LoRa e armazenadas em uma planilha Google Sheets, contendo timestamp, temperatura, umidade, pH, condutividade elétrica, níveis de NPK e número de ativações da irrigação e fertirrigação, são aplicados filtros para validação de integridade, como a remoção de dados inconsistentes ou fora da faixa aceitável.

Com os dados validados, o sistema gera informações agregadas, como médias diárias dos parâmetros e indicadores de qualidade do solo, facilitando a análise do desempenho da horta ao longo do tempo. A planilha também pode ser enriquecida com dados meteorológicos externos, permitindo correlações com variáveis ambientais. Indicadores como a eficiência da irrigação são obtidos por meio da comparação entre variações na umidade do solo e as ativações do sistema de irrigação.

Além disso, são destacados automaticamente valores críticos por meio de formatação condicional, possibilitando uma visualização clara de situações que exigem intervenção. Com base em regras simples, o estado geral da horta pode ser classificado como “adequado”, “requer atenção” ou “crítico”, oferecendo suporte à tomada de decisão com base em dados concretos.

Com o acúmulo de dados ao longo do tempo, torna-se possível aplicar técnicas de mineração de dados e algoritmos de aprendizado de máquina (ML) e inteligência artificial (IA). Esses recursos permitem identificar padrões e realizar previsões, como, por exemplo, antecipar períodos do ano em que a irrigação será mais ou menos necessária, prever o surgimento de plantas daninhas com base em variações de nutrientes e umidade, ou ainda detectar o início de infestações por pragas. Essas capacidades preditivas ampliam significativamente o potencial do sistema, agregando inteligência à gestão agrícola e permitindo uma atuação ainda mais eficiente e proativa.

3.6 Apresentação

A camada de apresentação utiliza o Google Looker Studio para exibir, de forma clara e interativa, os dados processados das hortas comunitárias. Os dashboards são alimentados pelas planilhas Google Sheets e apresentam indicadores como qualidade do solo, umidade, temperatura, e eficiência da irrigação. Com gráficos e alertas visuais, a comunidade e os gestores acessam rapidamente o estado da horta, facilitando o monitoramento com base em dados. Na Figure 2 é possível ver um exemplo de dashboard.



Figure 2. Exemplo de dashboard.

4. Especificações

O projeto proposto atende de forma sólida aos principais requisitos propostos. Sua arquitetura combina eficiência energética, baixo custo, escalabilidade e autonomia operacional, características essenciais para aplicações em áreas remotas e com recursos limitados.

A coleta de dados ambientais é confiável e precisa, permitindo a tomada de decisões automatizadas ou remotas, como irrigação e fertirrigação, com base em parâmetros como umidade, pH e nutrientes. O sistema opera de forma autônoma mesmo sem conexão com a internet, graças à lógica embarcada e armazenamento local de parâmetros.

A comunicação via LoRa com protocolo UDP garante longo alcance e baixo consumo, sendo ideal para cobrir amplas áreas com largura de banda limitada. A central MQTT baseada no broker Mosquitto organiza os dados de forma eficiente, possibilitando reconfiguração remota dos nós e envio contínuo de dados para um painel central, que pode ser integrado a plataformas como o Power BI para visualização e análise.

Além disso, a solução é modular e escalável, permitindo fácil adição de novos sensores e pontos de monitoramento. Sua versatilidade de alimentação (bateria, fonte direta ou futura integração com energia solar) reforça a adaptabilidade em diferentes cenários. Com foco na sustentabilidade, autonomia e acessibilidade, o sistema se apresenta como uma solução viável e robusta para pequenos produtores e comunidades.

5. Hardware

Com base nos requisitos propostos e na definição das três primeiras camadas da arquitetura do sistema (Sensores/Atuadores, Conectividade e Elemento de Borda), foram selecionados os componentes de hardware que melhor atendem aos critérios de funcionalidade, custo e viabilidade de implantação em ambientes agrícolas. Cada nó do sistema contará com sensores para coleta de dados do solo, atuadores para automação de tarefas como irrigação e fertirrigação, e um microcontrolador ESP32 responsável pelo controle local e comunicação via LoRa. Na unidade central, um módulo LoRa conectado ao computador por USB atuará como gateway, recebendo os dados e os repassando ao broker MQTT (Mosquitto), que gerencia a troca de mensagens entre os dispositivos. Os dispositivos dos nós e da central estão representados nas tabelas 2 e 3. A figura 2 apresenta o diagrama de blocos do sistema proposto.

Table 2. Itens e custos por nó

Item	Qtd.	Custo Unitário Aprox. (R\$)	Função no Sistema
Sensor Multiparamétrico RS485	1	250,00	Mede temperatura, umidade, pH, condutividade elétrica e NPK do solo.
Válvula Solenoide 12V DC ¾	1	20,00	Controla o fluxo de água para irrigação.
Venturi Injector ¾	1	20,00	Injeta fertilizante na água durante a fertirrigação.
Bomba Peristáltica	1	20,00	Injeta solução nutritiva ou fertilizante no sistema de irrigação.
Relé Duplo	1	15,00	Ativa/desativa dispositivos como a válvula solenoide e bomba peristáltica.
Módulo RTC DS3231	1	10,00	Garante a marcação correta do tempo para eventos e registros, mesmo sem internet.
ESP32	1	35,00 – 45,00	MCU principal: coleta dados dos sensores, controla atuadores e se comunica via LoRa.

Item	Qtd. por nó	Custo Unitário (R\$)	Função no Sistema
Módulo LoRa RFM95	1	30,00 – 50,00	Responsável pela comunicação de longo alcance entre o nó e o gateway central.
Fonte 5V ou Alimentação 12V	1	20,00 – 30,00	Fornece energia ao sistema (pode variar conforme disponibilidade local).

Subtotal por nó remoto: Aproximadamente R\$ 420,00 – R\$ 460,00

Table 3. Custo Unidade Central (Gateway + Broker)

Item	Qtd.	Custo Unitário (R\$)	Função no Sistema
Módulo LoRa (USB ou UART)	1	50,00 – 70,00	Recebe dados dos nós via LoRa e os envia ao computador central via USB/Serial.
Computador Central (PC ou Notebook)	1	- (já existente ou reaproveitado)	Executa o broker Mosquitto e armazena/processa os dados recebidos.
Cabo USB	1	10,00	Comunicação entre gateway LoRa e computador central.

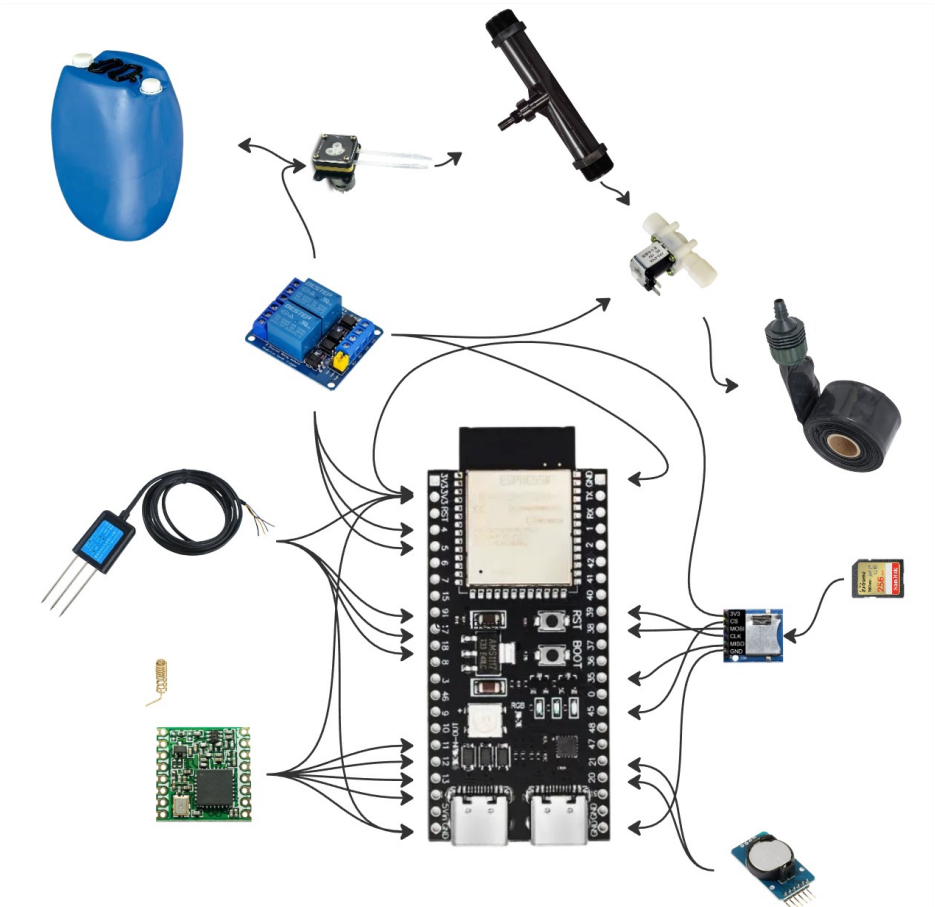


Figure 3. Esquemático do hardware.

6. Projetos Correlatos

O projeto “LoRaWAN Based Smart Agriculture Monitoring”[1] faz uso da tecnologia LoRaWAN para transmitir leituras de umidade e temperatura do solo a um servidor central via gateway LoRa. Cada nó de sensoriamento, baseado em um microcontrolador com interface LoRa, publica essas medições em um broker MQTT, permitindo a visualização em tempo real dos dados. Embora eficiente para monitoramento básico, o sistema não incorpora sondas de pH, condutividade elétrica ou NPK, tampouco dispõe de atuadores de fertirrigação, bombas peristálticas ou válvulas solenoides para aplicações automatizadas de nutrientes.

O U-GARDEN[2] foi concebido como uma solução IoT para hortas urbanas, concentrando-se na medição de umidade do solo e temperatura ambiente. Seus nós acionam automaticamente válvulas de irrigação por meio de relés, e a plataforma inclui um broker MQTT integrado e um aplicativo móvel para controle remoto. Voltado para pequenos ambientes com cobertura Wi-Fi, o U-GARDEN não abrange sensores de pH, condutividade ou NPK, nem adota sistemas de dosagem precisa de fertilizantes, energia solar ou comunicações de longo alcance via LoRaWAN.

Já o “Smart Luffa Farming with LoRaWAN”[3] monitora temperatura, umidade do ar e do solo, além de luminosidade, utilizando nós baseados em ESP32 que enviam dados a um servidor em nuvem para apresentação em dashboard web. Embora suporte irrigação automatizada via relé, o projeto não faz uso de sensores multiparamétricos RS485 nem de um módulo RTC de alta precisão como o DS3231, e carece de mecanismos de fertirrigação controlada ou de combate a pragas. SeCARRINHOu escopo limita-se às variáveis ambientais mais básicas, sem acompanhamento de pH, NPK ou condutividade elétrica.

7. Considerações finais

O desenvolvimento deste sistema de monitoramento e automação para hortas comunitárias e pequenas fazendas representa uma solução inovadora voltada à agricultura de precisão, aliando tecnologia de baixo custo, conectividade eficiente e práticas sustentáveis.

O projeto proposto apresenta um grande potencial de escalabilidade, permitindo a integração de diversas hortas distribuídas geograficamente, com mínima reconfiguração do sistema. A arquitetura modular e o uso de tecnologias como LoRaWAN e MQTT facilitam a adição de novos nós sensores e atuadores, mantendo a eficiência e simplicidade do controle centralizado.

Em relação à segurança, é fundamental que as conexões entre os dispositivos e a unidade central sejam criptografadas, protegendo os dados transmitidos contra interceptações, modificações e acessos não autorizados. Isso garante a integridade do sistema e evita ataques que possam comprometer a operação das hortas.

No aspecto da sustentabilidade, o projeto se destaca ao promover o uso consciente de recursos. A automação da fertirrigação reduz desperdícios e o impacto ambiental. A inclusão de painéis solares como uma possível melhoria futura, viável mediante um orçamento maior, contribuirá ainda mais para tornar o sistema autossustentável energeticamente. Além disso, o uso de um carrinho autônomo, também pensado como evolução futura, permitiria a aplicação localizada de herbicidas e o controle de pragas com choques elétricos e luzes específicas, eliminando a necessidade de inseticidas químicos e reduzindo o uso de herbicidas em até 90%.

Referências

- [1] Muhammad Afzal. Lorawan-based smart agriculture monitoring, 2022. Acessado: 2025-05-17.
- [2] Gabriela Carrion, Mónica Huerta, and B. Barzallo. Monitoring and irrigation of an urban garden using iot. pages 1–6, 05 2018.

- [3] Meilily Li. Smart luffa farming with lorawan, 2022. Acessado: 2025-05-17.