

# **Uso de Tecnologias da Informação para Monitoramento de Fruto na Mangicultura**

**Isaque G. Santos<sup>1</sup>, Diego S. Fonseca<sup>1</sup>, Erlan D. Silva<sup>1</sup>, Laécio A. Costa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Licenciatura em Computação. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – Campus Petrolina.

<sup>2</sup>Colegiado de Informática. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano – Campus Petrolina. Rua Maria Luzia de Araújo Gomes Cabral, 791 – João de Deus – Petrolina/PE – CEP: 56316-686

{isaque.gomes, diego.santos1, erlan.diercule}@aluno.ifsertao-pe.edu.br,  
laecio.costa@ifsertao-pe.edu.br

**Abstract.** *The growing demand for food, water scarcity, and improved field management make the adoption of technologies essential to optimizing irrigation in agriculture. This study proposes a management system based on Information and Communication Technologies to monitor key environmental elements in mango production, aiming to reduce water costs and enhance water use efficiency. The solution integrates sensors and the Internet of Things (IoT) to provide real-time information on soil and plant conditions, enabling more precise and sustainable irrigation. This project is part of the Technological Extension Program (PET) and aims to promote technological solutions for agriculture.*

**Resumo.** *A crescente demanda por alimentos, a escassez de recursos hídricos e um melhor manejo de campo tornam essencial a adoção de tecnologias para otimizar a irrigação na agricultura. Este trabalho propõe um sistema de gerenciamento baseado em Tecnologias da Informação e Comunicação para monitorar elementos ambientais essenciais na produção de manga, visando reduzir o custo hídrico e aumentar a eficiência no uso da água. A solução integra sensores e Internet das Coisas (IoT) para fornecer informações em tempo real sobre as condições do solo e das plantas, permitindo uma irrigação mais precisa e sustentável. Este projeto faz parte do Programa de Extensão Tecnológica (PET) e visa promover soluções tecnológicas para a agricultura.*

## **1. Introdução**

A agricultura é uma das atividades mais antigas da humanidade e desempenha um papel crucial na alimentação e na sustentabilidade do nosso planeta. Com o crescimento da população global e as mudanças climáticas, tornou-se imperativo buscar soluções inovadoras que melhorem a produtividade e a eficiência do setor agrícola, ao mesmo tempo em que se promove a sustentabilidade ambiental [Massruhá *et al.* 2020]. Segundo Xu *et al.* (2022), a aplicação de tecnologias como a *Internet das Coisas* (*Internet of Things* – IoT) na agricultura surge como uma estratégia promissora para transformar a produção e o monitoramento das colheitas, tornando-os mais eficientes e precisos.

O Vale do São Francisco, localizado no nordeste do Brasil, integra a Região Administrativa Integrada de Desenvolvimento (RIDE) polo Petrolina-PE e Juazeiro-BA

através da lei complementar nº 1132 (19 de setembro de 2001), regulamentada pelo Decreto nº 4.366, de 9 de setembro de 2002. Segundo Faostat (2022), o Vale do São Francisco é reconhecido como um dos principais pólos agrícolas do Brasil. As condições climáticas favoráveis, com altas temperaturas e disponibilidade de água para irrigação, criam um ambiente propício para o cultivo de diversas variedades de frutas, consolidando a região como um importante polo agrícola nacional e internacional.

No entanto, a crescente demanda por alimentos e a necessidade de práticas agrícolas mais eficientes exigem o desenvolvimento de soluções tecnológicas inovadoras. É nesse cenário que este projeto se insere, visando maximizar a eficiência e a qualidade dos sistemas agrícolas por meio da aplicação de soluções baseadas em IoT.

Neste sentido, este projeto endereça a seguinte questão de pesquisa: Como auxiliar produtores a tomar decisões estratégicas através do monitoramento remoto da sua produção agrícola? O objetivo principal deste projeto é implementar um dispositivo eletrônico que permita a coleta e transmissão de dados em locais remotos. Para isso, foram integrados sensores IoT em uma rede de comunicação de longo alcance e baixo consumo de energia, permitindo a coleta, transmissão e análise de dados em tempo real.

Além do viés tecnológico, o projeto assume um compromisso educacional, integrando ensino, pesquisa e extensão. Por meio de uma abordagem prática, estudantes de computação foram capacitados em IoT, LoRa (dispositivo de comunicação *Long Range*) e desenvolvimento de sistemas embarcados para uma experiência que unia a teoria e a prática, levando a um aprimoramento educacional.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção 2 discute os Trabalhos Relacionados. A Seção 3 detalha a Metodologia adotada, baseada no *Design Science Research* (DSR). Na Seção 4, é apresentada a Arquitetura Proposta, descrevendo a integração de sensores, módulos LoRa e sistemas em nuvem. A Seção 5 exibe o Produto desenvolvido, incluindo interfaces da API, dashboards web e funcionalidades de monitoramento. A Seção 6 expõe os resultados obtidos em testes de campo e análises de desempenho. Por fim, a Seção 7 traz as Conclusões do estudo, destacando contribuições, limitações e perspectivas futuras, seguida pelas seções de Agradecimentos e Referências.

## 2. Trabalhos Relacionados

A aplicação de tecnologias de comunicação de longo alcance em ambientes agrícolas tem sido amplamente explorada na literatura, com destaque para o uso de LoRa em regiões remotas. Xu *et al.* (2022) revisaram sistemas IoT aplicados na agricultura, destacando o potencial do LoRa em redes LPWAN (*Low-Power Wide-Area Network*) para transmissão de dados em ambientes remotos, com alcance de até 15 km em áreas suburbanas. O estudo também aponta que, embora o LoRa apresenta imunidade a interferências, ainda há desafios gerais em ambientes agrícolas os quais incluem dentre outros, a dependência de condições topográficas e da estabilidade de comunicação.

O estudo realizado por Massruhá *et al.* (2020), destaca que a transformação digital no campo brasileiro, alicerçada em tecnologias como *IoT*, *Big Data* (é a área do conhecimento que estuda como tratar, analisar e obter informações a partir de conjuntos de dados muito grandes) e inteligência artificial, é fundamental para superar desafios como a necessidade de aumento sustentável da produção agrícola. Entretanto, a

implementação dessas soluções enfrenta obstáculos críticos, como a conectividade limitada em áreas rurais e a segurança de dados, que ainda carecem de padrões robustos.

Trabalhos anteriores como o de Pivoto *et al.* (2018), reforçam a importância do uso de sistemas integrados de sensoriamento remoto e automação para a agricultura de precisão, mas não abordaram estratégias escaláveis para ambientes com infraestrutura de comunicação deficiente. Este estudo avança ao propor um modelo de rede *LPWAN* adaptado a regiões remotas, aliado às soluções de baixo consumo energético e segurança criptográfica. No estudo é destacado ainda o alinhamento com os objetivos do Plano Nacional de Internet das Coisas (IoT) instituído pelo Decreto nº 9.854/2019, os quais são essenciais para viabilizar a conectividade em áreas rurais e a proteção de dados agrícolas, conforme destacado nas diretrizes de inovação tecnológica do plano.

Para Nootropic Design (2018) a implementação de uma rede mesh baseada em LoRa é uma solução viável, embora os testes tenham apresentado desafios práticos no desenvolvimento do projeto, como a sincronização de dispositivos em campo.

Este projeto identificou a necessidade de algoritmos adaptados para ambientes dinâmicos, o que pode gerar insights relevantes para futuras pesquisas. O projeto se destaca pelo fato de oferecer um dispositivo de baixo custo, baixo consumo energético e uma transmissão de longo alcance voltada para áreas rurais e remotas com eficiência na transmissão, o que pode auxiliar na melhoria da produtividade agrícola, uma vez que a transmissão de dados se torna um processo de difícil acesso.

### 3. Metodologia

Este estudo adotou a abordagem Design Science Research (DSR), conforme proposto por Peffers *et al.* (2018) e adaptado por Costa *et al.* (2023) para contextos de inovação tecnológica em agricultura. A DSR é uma metodologia iterativa que visa desenvolver e avaliar artefatos (como protocolos, sistemas ou algoritmos) para resolver problemas práticos, combinando rigor científico e aplicabilidade real (Peffers *et al.*, 2018). Seguindo o framework de Peffers *et al.* (2018), o projeto estruturou-se em seis etapas cíclicas detalhadas na Tabela 1.

**Tabela 1. Estrutura metodológica baseada em DSR**

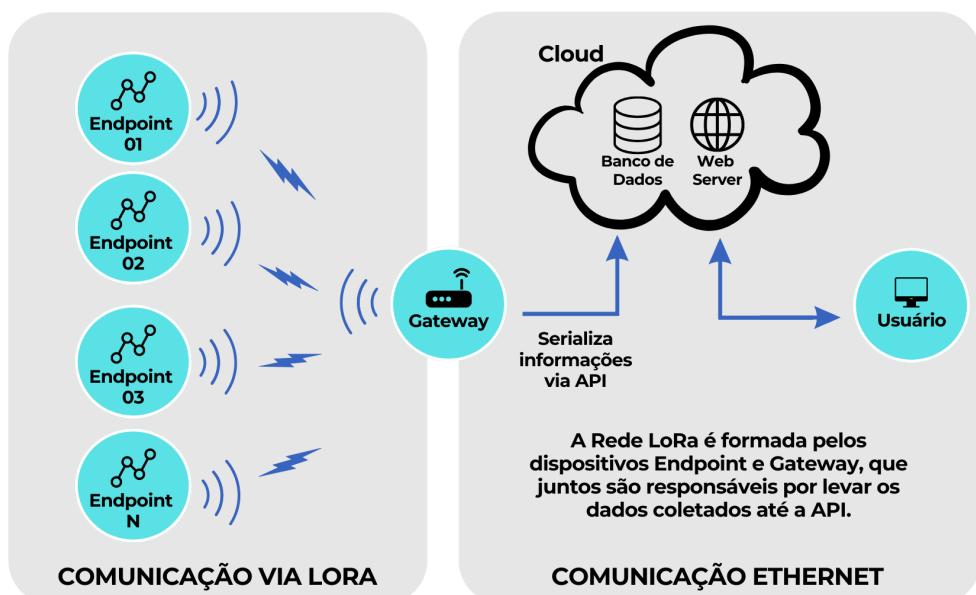
#	Fase DSR	Atividades Principais
1	<b>Identificação do Problema</b>	Revisão da literatura sobre IoT aplicada à agricultura. Diagnóstico das necessidades do Vale do São Francisco, com ênfase na eficiência hídrica.
2	<b>Design e Desenvolvimento</b>	Prototipagem de transmissores/receptores utilizando ESP32 e módulos LoRa (E32/E220). Integração de sensores de umidade (capacitivos) e temperatura (DS18B20).
3	<b>Demonstração</b>	Testes de campo em ambientes urbanos (IF Sertão-PE) e rurais (horta experimental). Coleta de métricas de desempenho, incluindo alcance, RSSI e taxa de perda de pacotes.

4	<b>Avaliação</b>	Análise estatística dos dados coletados. Desenvolvimento de uma plataforma web para visualização em tempo real. Comparativo de desempenho entre diferentes módulos LoRa (E32 vs. E220).
5	<b>Comunicação</b>	Elaboração de relatórios técnicos e publicação de resultados preliminares. Apresentação das soluções para parceiros do setor agrícola.
6	<b>Refinamento</b>	Substituição do módulo E32 pelo E220 para suporte do RSSI. Otimização do algoritmo de deep sleep, reduzindo o consumo de energia em 30%.

A definição dos requisitos foi obtida através de demanda apresentada por especialistas sobre a necessidade de monitorar o pomar, fazer o registro de campo e por fim, reduzir os custos operacionais. A abordagem metodológica empregada permitiu identificar um problema, apresentar uma solução prática, o desenvolvimento do produto e por fim a implantação do sistema. O alinhamento com os princípios do DSR reforça a contribuição científica do estudo, fornecendo um modelo replicável para futuras pesquisas na área.

#### 4. Arquitetura

Este trabalho propõe a implementação de dispositivos *IoT* que permitam a coleta e transmissão de dados da zona rural até à *Cloud* (modelo de armazenamento de dados de computador no qual os dados, que se diz estarem na "nuvem", são armazenados remotamente em pools lógicos e podem ser acessados pelos usuários por meio de uma rede, normalmente a internet) de forma eficiente, conforme Figura 1.



**Figura 1. Arquitetura básica de uma rede LoRaWAN.**

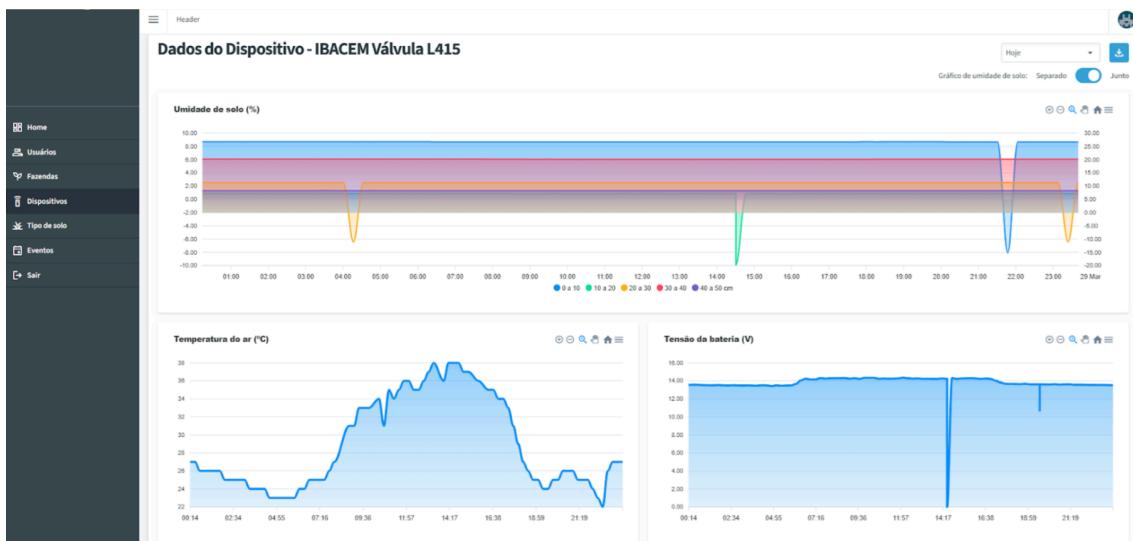
A arquitetura proposta consiste em uma rede de sensores distribuídos numa área agrícola monitorada, na qual é coletado dados como umidade do solo em 3 (três)

profundidades (0-10, 10-20, 20-30 cm), temperatura, tensão da bateria e tamanho do fruto (*stress*). Essas informações são transmitidas via LoRa para um gateway central, que processa os dados e os encaminha para um servidor ou aplicação web, permitindo análise remota em tempo real. A proposta visa superar desafios como cobertura em áreas de difícil acesso e eficiência na transmissão, garantindo confiabilidade e baixo consumo energético.

## 5. Produto Desenvolvido e Materiais Utilizados

Como produto central deste projeto, foi desenvolvida uma aplicação web integrada a uma arquitetura em nuvem Figura 2, projetada para viabilizar o monitoramento contínuo e a gestão inteligente de pomares de manga, através de uma arquitetura distribuída composta por dois subsistemas principais: nós sensores (endpoints) e um gateway. A Figura 3 ilustra o esquema lógico do transmissor (pinagem), que integra um microcontrolador ESP32, módulo LoRa (E32/E220), sensores capacitivos de umidade do solo, sensor de temperatura DS18B20, e cartão SD para armazenamento local.

Os testes realizados em área urbana demonstraram que a comunicação via protocolos LoRa atingiu um alcance de 1,6 km em condições reais, priorizando baixo consumo energético. Esse alcance pode ser ampliado mediante a adição de dispositivos intermediários, garantindo escalabilidade. A arquitetura do gateway como descrita na Figura 4, emprega um microcontrolador ESP32, combinado a um módulo LoRa e um módulo de cartão SD para armazenamento local. Para redundância, os dados são sincronizados via rede Ethernet Wi-Fi e, em caso de falhas na conexão, retransmitidos automaticamente para a nuvem, assegurando continuidade operacional.



**Figura 2. Tela da plataforma Web com destaque para os Dashboards**

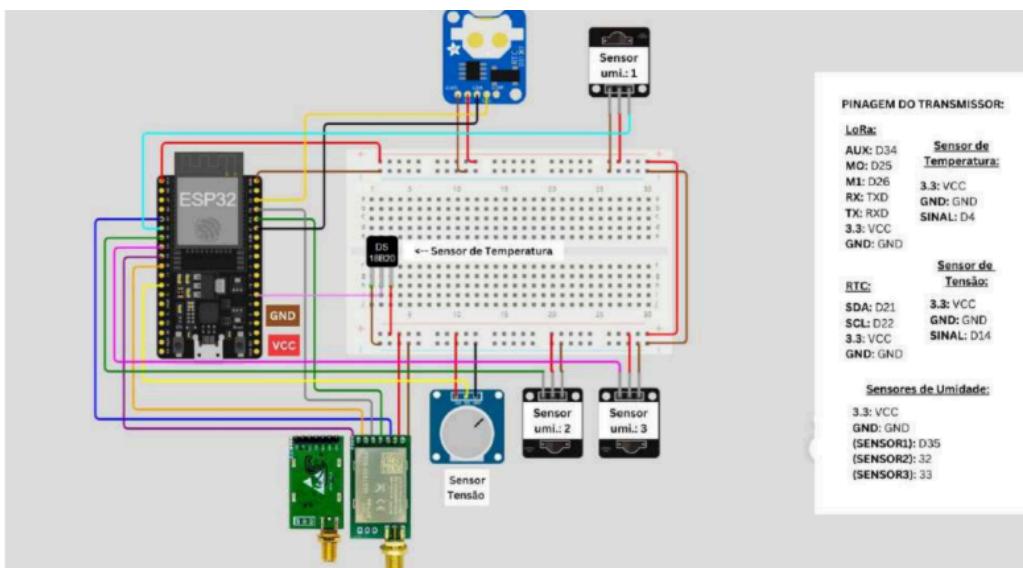


Figura 3. Pinagem do transmissor

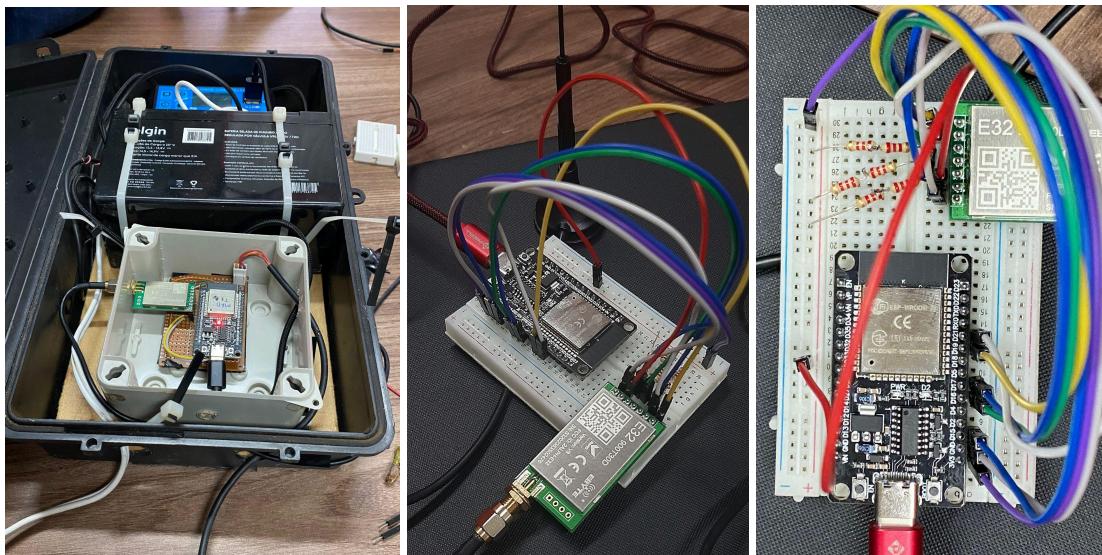


Figura 4. Protótipo

## 5.1 Implementação Física do Produto

O protótipo foi construído com componentes selecionados por critérios de eficiência energética e custo-benefício, priorizando adaptabilidade a ambientes agrícolas. A escolha dos módulos LoRa E220 (em substituição ao E32) justificou-se pela maior sensibilidade e desempenho em áreas remotas, conforme validado nos testes de campo. Para garantir resistência a intempéries<sup>1</sup>, os microcontroladores ESP32 foram encapsulados em caixas estanques como na Figura 4, e as antenas (direcionais/omnidirecionais) foram fixadas em suportes metálicos ajustáveis, permitindo otimização do ângulo de transmissão conforme a topografia.

<sup>1</sup> **Intempéries:** Variações extremas das condições climáticas (temperatura, chuva, vento, umidade, seca etc.).

A instalação dos sensores em três profundidades distintas (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm) demandou ajustes práticos, como a calibração. Além disso, a integração do cartão SD exigiu desenvolvimento de um algoritmo de priorização de dados, garantindo que informações críticas (ex.: umidade < 20%) fossem armazenadas mesmo durante falhas de energia.

## 5.2 API para Recepção de Dados na Nuvem

Após a coleta de dados pelos sensores e transmissão via módulos LoRa, o sistema requer um mecanismo centralizado para processamento e disponibilização das informações. Para isso, foi desenvolvida uma API, responsável por receber, validar e estruturar os dados em formato JSON<sup>2</sup>, conforme ilustrado na Figura 5. A API integra métricas críticas para o monitoramento agrícola, como umidade do solo em múltiplas profundidades, temperatura ambiente, tensão da bateria dos dispositivos e dimensões do fruto, garantindo interoperabilidade com sistemas externos por meio de endpoints padronizados.

Em cenários de instabilidade na conexão com a nuvem comum em áreas rurais, os dados são armazenados temporariamente no cartão SD integrado aos sensores. Quando a comunicação é restabelecida, o gateway retransmite automaticamente as informações pendentes, assegurando integridade e continuidade operacional. Essa abordagem não apenas reforça a confiabilidade do sistema, mas também viabiliza a integração com ferramentas de análise e dashboards em tempo real, essenciais para a tomada de decisão estratégica pelos produtores.

```
{
  "macAddress": null,
  "humidity0To10": 2585,
  "humidity10To20": 2539,
  "humidity20To30": 2798,
  "humidity30To40": 2820,
  "humidity40To50": 2785,
  "fruitSize": -4.400000095,
  "latitude": "",
  "longitude": "",
  "temperature": 27,
  "voltage": 13.51000023,
  "rssI": 0,
  "deviceId": "08dd4d25-13f7-42f2-81b2-5ad23dad77d4",
  "farmId": "00000000-0000-0000-0000-000000000000",
  "id": "08dd6e6b-161a-42dc-8f63-6137dc79b769",
  "dateCreate": "2025-03-28T23:40:14",
  "dateUpdate": "2025-03-28T23:40:14"
},
],
" isSuccess": true,
" error": {
  " message": ""
}
}
```

**Figura 5. Trecho dos dados serializados para API na nuvem**

---

<sup>2</sup> **JSON:** É um tipo compacto de dados que é fácil de ser interpretado por humanos e máquinas, através do seu formato baseado em atributo-valor.

### 5.3 Plataforma Web e Metáforas Visuais

A plataforma web desenvolvida oferece uma interface intuitiva para monitoramento contínuo das condições do solo, integrando dados coletados em três profundidades (0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm), conforme ilustrado na Figura 6. Os dados são apresentados em tabelas temporais que correlacionam horários específicos (ex: 0:00, 12:00) com valores percentuais de umidade, permitindo aos produtores identificar padrões sazonais e ajustar estratégias de irrigação.

Os dados exibidos na plataforma são alimentados em tempo real pela API, que processa informações dos sensores LoRa e garante sincronização mesmo em falhas de conexão, graças ao armazenamento redundante no cartão SD.

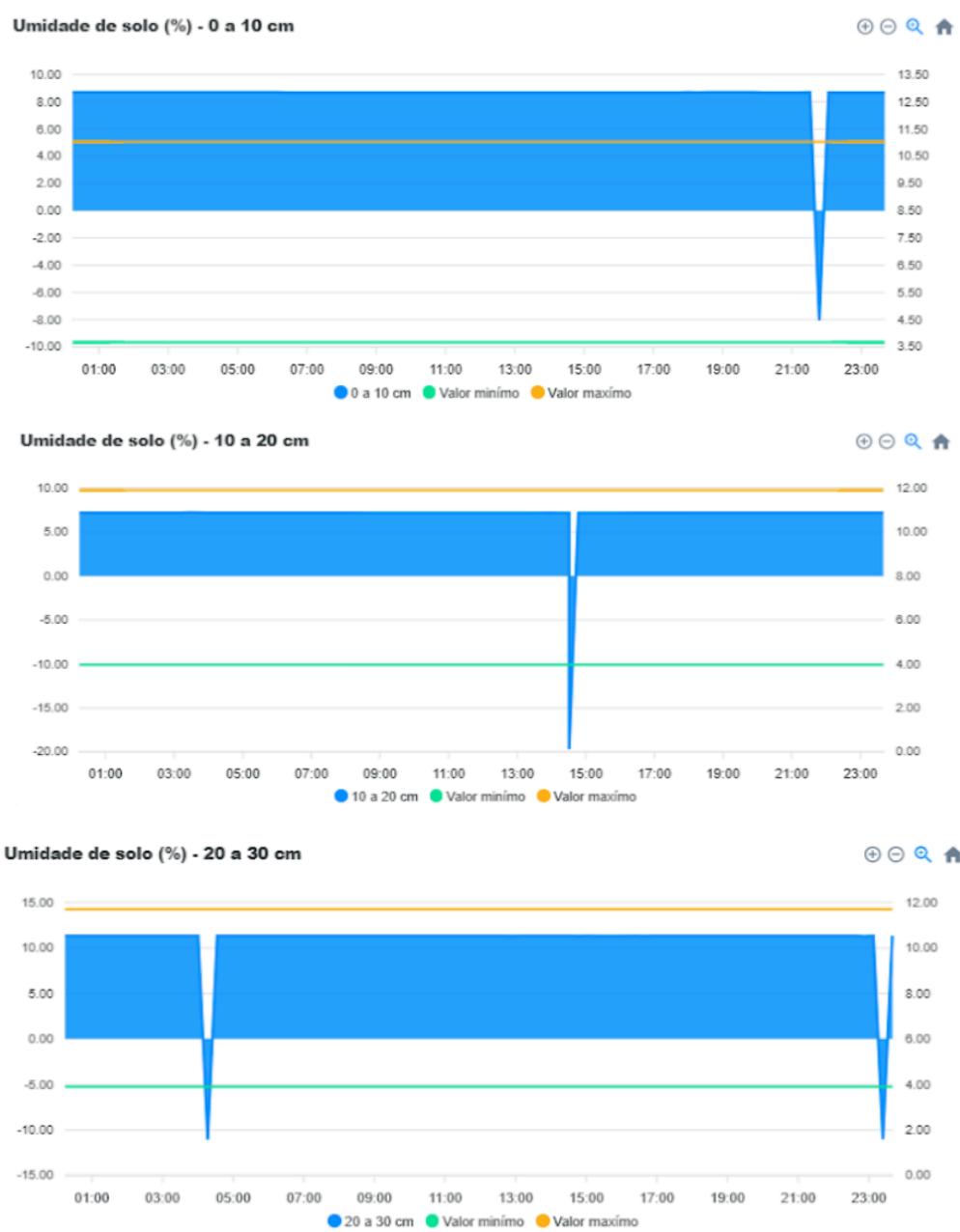


Figura 6. Dashboards dos sensores de umidade nas profundidades (0-10, 10-20, 20-30).

Desta forma, a Figura 6 apresenta um recorte da interface web desenvolvida. Tal interface possibilita ao agricultor uma visão detalhada do monitoramento do pomar, em tempo real, relacionado a umidade do solo em três profundidades (0-10cm, 10-20cm e 20-30cm), conforme detalhado na Seção 5.3. As linhas amarela e verde destacadas na Figura 6 representam, respectivamente, os valores máximo e mínimo da capacidade do solo em relação a umidade. Por exemplo, no dashboard de (0-10 cm) é notado que o nível de umidade está superando o limite máximo da capacidade do solo em relação aos outros níveis de profundidade, ou seja, nota-se que houve uma irrigação exagerada. Neste sentido, o agricultor poderá tomar decisões mais assertivas e minimizar os gastos tanto com a água e energia elétrica, além de prejudicar o pomar pelo excesso de água.

## 6. Resultados

Os testes realizados em laboratório validaram o sistema proposto em diferentes cenários (rurais e urbanos), alinhando-se à metodologia *Design Science Research* (DSR) e aos objetivos de otimização da irrigação na mangicultura. Em ambientes urbanos, com obstáculos como árvores e postes, os módulos LoRa E32 apresentaram alcance instável e perda significativa de pacotes devido a interferências de sinal. Em contraste, em áreas rurais com linha de visada desobstruída, o mesmo módulo atingiu resultados mais significativos, corroborando a sensibilidade do LoRa a condições topográficas, conforme discutido na revisão bibliográfica.

A substituição do módulo E32 pelo E220 (sensibilidade de -148 dBm), aliada a otimizações no algoritmo, permitiu alcançar distâncias maiores testes na zona rural e utilizando com antenas direcionais posicionadas a 2,5 metros de altura. Esse resultado superou as expectativas iniciais e reforçou o potencial do LoRa para aplicações em larga escala, conforme previsto no Plano Nacional de IoT [Brasil 2019]. A arquitetura aqui proposta, que integra sensores em três profundidades e um gateway com redundância via cartão SD, demonstrou robustez mesmo em cenários de falha pontual na conexão com a nuvem.

Os testes com antenas direcionais demonstraram resultados significativos com um de alcance (1,6 km), enquanto as omnidirecionais, embora menos potentes, facilitaram a instalação em configurações multifocais. Essa dicotomia evidencia a necessidade de adaptação do sistema ao contexto operacional: áreas extensas e desobstruídas beneficiam-se de antenas direcionais, enquanto ambientes fragmentados exigem flexibilidade na instalação.

Em um experimento complementar na horta experimental do campus, os protótipos alimentados por energia solar coletaram dados de umidade do solo por um período de 15 dias ininterruptos, validando a estabilidade do sistema. A plataforma web, integrada à API (Figura 2), traduziu os dados em dashboards interativos, como indicadores de umidade (Figura 2), temperatura do ambiente, tensão da bateria e tamanho do fruto, cumprindo o objetivo central de auxiliar produtores na tomada de decisões estratégicas sobre irrigação.

## 7. Conclusões

Este estudo propôs e implementou um sistema de monitoramento baseado em IoT para otimizar a irrigação em pomares de manga no Vale do São Francisco, alinhando-se aos

desafios globais de sustentabilidade hídrica e produtividade agrícola. A solução desenvolvida integrou sensores de umidade do solo em múltiplas profundidades, módulos LoRa para comunicação de longo alcance e uma plataforma web interativa, atendendo à questão central de pesquisa como auxiliar produtores na tomada de decisões estratégicas via monitoramento remoto. Os resultados demonstraram que o sistema é viável para ambientes rurais, com alcance médio de 1,6 km em condições urbanas, mas com possibilidade de conseguir distâncias maiores, além de reduzir o consumo energético com algoritmo de deep sleep.

Do ponto de vista técnico, a tecnologia LoRa confirmou seu potencial para aplicações agrícolas, embora desafios como interferências topográficas e limitações em redes mesh tenham exigido adaptações. A plataforma web, com dashboards intuitivos, cumpriu seu papel ao traduzir dados brutos em insights acionáveis, facilitando a gestão hídrica em tempo real.

No âmbito educacional, o projeto reforçou a sinergia entre teoria e prática, possibilitando que os autores atuassem com dispositivos IoT e sistemas embarcados. Além do âmbito educacional, proporcionou a integração com o setor produtivo local, estreitando a relação Academia e Produtores para resolver problemas reais através do uso das TICs. Essa abordagem extensionista não apenas enriqueceu a formação acadêmica, mas também promoveu a transferência de tecnologia para o setor produtivo.

Apesar dos avanços, limitações persistem, como a dependência de infraestrutura de comunicação em áreas remotas e a necessidade de sensores mais precisos para medições detalhadas do fruto. Futuros trabalhos devem explorar a implementação de redes *mesh* para ampliar a cobertura em ambientes complexos, a integração de inteligência artificial para previsão de demandas hídricas e a expansão do sistema para outras culturas e regiões climáticas, visando escalabilidade.

Em síntese, o sistema proposto contribui para a sustentabilidade agrícola ao proporcionar ao produtor uma visão ideal da quantidade de água irrigada, reduzindo o desperdício e melhorando a eficiência operacional. Este projeto pode ser escalonado para uma leitura mais significativa da produção do fruto, como por exemplo uma visão computacional em relação a maturação do fruto e também como dito anteriormente a implementação da rede *mesh* para potencializar ainda mais a transmissão dos dados. Para o modelo educacional adotado, reforça o papel das instituições de ensino como agentes de inovação tecnológica e inclusão digital no campo, também estabelece um ciclo contínuo de aprendizado, onde a prática orienta novas investigações científicas e soluções adaptadas às demandas locais. Dessa forma, as instituições de ensino transcendem a formação tradicional, tornando-se protagonistas na transformação digital do agronegócio e na redução de assimetrias tecnológicas em regiões como o Vale do São Francisco.

## **8. Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE) e ao Fundo de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelo apoio e aporte financeiro referente ao processo: ARC-0210-1.03/23.

## 9. Referências

- BRASIL. Decreto nº 9.854, de 25 de junho de 2019. Institui o Plano Nacional de Internet das Coisas. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 jun. 2019. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9854.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9854.htm). Acesso em: 27 mar. 2025.
- Cereza, G. (2021). “LoRa da Ebyte: Aprenda tudo sobre esses módulos”. Elcereza. Disponível em: <https://elcereza.com/lora-da-ebyte-um-dos-mais-facilis-de-usar-do-mercado/>.
- Costa, L. A., Silveira, A. C., Souza, M., Salvador, L. N., & Santos, C. (2023). “Investigating Student and Teacher Perceptions in e-Learning with Learning Analytics and Ontologies”. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), v. 18, n. 08, p. 26–47. DOI: 10.3991/ijet.v18i08.32411. Acesso em: 25 mar. 2025.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). (2022). Statistical Yearbook: World Food and Agriculture. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cc2211en/cc2211en.pdf>.
- Mischianti, R. (2023). “Ebyte LoRa E32 device for Arduino, esp32 or esp8266: configuration – Part 3”. Mischianti.org. Disponível em: <https://mischianti.org/lora-e32-device-for-arduino-esp32-or-esp8266-configuration-part-3/>.
- Massruha, S., Leite, M., Junior, A. e Evangelista, S. (2020). “A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente”. In Agricultura Digital: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação nas cadeias Produtivas. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1126214>.
- Nootropic Design. (2018). “LoRa Mesh Networking with Simple Arduino-Based Modules”. Laboratório de Projetos Nootropic Design. Disponível em: <https://nootropicdesign.com/projectlab/2018/10/20/lora-mesh-networking/>.
- Peffers, K., Tuunanen, T., & Niehaves, B. (2018). “Design science research gen-res: Introduction to the special issue on examples and criteria for applicable design science research”. European Journal of Information Systems, v. 27, n. 2, p. 129–139. DOI: 10.1080/0960085X.2018.1458066.
- Pivoto, D.; Walquil, P. D.; Talamini, E.; Finocchio, C. P. S.; Corte, V. F. D.; Mores, G. V. (2018). Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. Information Processing in Agriculture, 5(1), 21-32. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.12.002>
- Xu, J., Gu, B. e Tian, G. (2022). “Review of agricultural IoT technology”. Artificial Intelligence in Agriculture, 6. doi: [doi.org/10.1016/j.aiia.2022.01.001](https://doi.org/10.1016/j.aiia.2022.01.001).