

1. INTRODUÇÃO Este documento especifica os requisitos funcionais e não funcionais para o desenvolvimento de um sistema IoT destinado a monitorar e otimizar a aplicação de defensivos agrícolas. O sistema objetiva reduzir desperdício, aumentar precisão na aplicação e oferecer rastreabilidade por área/operador, utilizando sensores embarcados diretamente nos bicos dos pulverizadores e integração com sensores ambientais.

2. ESCOPO DO SISTEMA Inclui: hardware (sensores nos bicos de pulverização, módulo GPS, módulo de conectividade, fonte de energia), firmware embarcado, backend e dashboard web. Não inclui, na fase inicial, controle automático de máquinas ou integração com ERPs.

3. REQUISITOS FUNCIONAIS RF01 – Coleta de Dados de Aplicação: medir taxa de aplicação e detectar entupimentos. Prioridade Alta. RF02 – Registro de Localização: registrar coordenadas GPS. Prioridade Alta. RF03 – Sensores Climáticos Integrados: medir vento, temperatura e umidade. Prioridade Alta. RF04 – Transmissão MQTT: envio de dados com segurança. Prioridade Alta. RF05 – Buffer Local e Envio Retardado: armazenamento local em falhas de rede. Prioridade Alta. RF06 – Processamento e Armazenamento em Nuvem: validar e registrar dados. Prioridade Alta. RF07 – Dashboard Web: exibir dados e gráficos. Prioridade Alta. RF08 – Alertas Configuráveis: notificar limites de aplicação. Prioridade Média. RF09 – Gerenciamento de Dispositivos: cadastro e controle de sensores. Prioridade Média. RF10 – Logs e Auditoria: rastreabilidade de eventos. Prioridade Baixa.

4. REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS RNF01 – Latência: dados no dashboard em até 5 min. RNF02 – Autonomia Energética: 7 dias de operação autônoma. RNF03 – Resiliência: tolerância a falhas de rede. RNF04 – Segurança: MQTT sobre TLS e controle de acesso. RNF05 – Escalabilidade: suportar 1.000 dispositivos. RNF06 – Confiabilidade: redundância de serviços críticos. RNF07 – Usabilidade: interface simples e responsiva. RNF08 – Manutenibilidade: firmware e backend atualizáveis.

5. INFRAESTRUTURA Hardware: ESP32, sensores de fluxo/pressão, GPS, módulo LTE/LoRa, bateria e painel solar. Software: firmware em C++/MicroPython, backend em Python/Node.js, banco Firestore/PostgreSQL, dashboard web com React/Vue.

6. FLUXO DE DADOS 1) Coleta → 2) Publicação MQTT → 3) Processamento → 4) Armazenamento → 5) Visualização → 6) Alertas.

7. TESTES E VALIDAÇÃO - Testes unitários e de comunicação. - Testes de campo com 3 a 5 protótipos. - Critérios: erro $\leq 10\%$, autonomia ≥ 7 dias, perda de dados = 0%.

8. RISCOS E RESTRIÇÕES Cobertura de rede limitada, calibração de bicos e conformidade regulatória.

9. CONCLUSÃO Os requisitos definidos garantem base sólida para o protótipo IoT voltado à aplicação controlada de defensivos, priorizando precisão, sustentabilidade e rastreabilidade.