

Memorial Descritivo Técnico: Sistema IrrigaSeca

1. Arquitetura de Controle

O controle é executado por um **Microcontrolador ESP32** (programado em C++ com framework Arduino), atuando como um servidor web assíncrono para telemetria (POST/GET) e controle de relés.

- **Tecnologias Frontend:** HTML5, CSS3, JavaScript. Utiliza **Chart.js (com Annotation Plugin)** para visualização do histórico de umidade e **Leaflet** para mapas de calor geolocalizados.
- **Comunicação:** Wi-Fi (HTTP/JSON). As configurações de limites agronômicos são enviadas via **HTTP POST** (/config) em formato JSON, e os dados de telemetria são enviados via **HTTP GET** (/status.atual.json).

2. Lógica de Decisão Agronômica (Firmware C++)

O firmware opera sob uma lógica de controle de três níveis de prioridade, sempre baseada na leitura do **sensor com a menor umidade** (Pior Cenário) da fileira:

| Prioridade | Condição (Umidade) | Decisão do Relé | Comentário Agronômico |
|------------|---|-------------------------|---|
| 1 (Alta) | Umidade < Umidade de Emergência (Ex: 10%) | LIGAR IMEDIATAMENTE | A planta está em risco de murcha permanente. Ignora o horário. |
| 2 (Média) | Umidade < Ponto de Murcha (PMP) (Ex: 15% - 17%) | AGENDA/LIGA (01h - 05h) | Estresse detectado. Irrigação agendada para o período de menor evapotranspiração. |
| 3 (Baixa) | Umidade > Capacidade de Campo (CC) (Ex: 28% - 40%) | DESLIGAR | O solo atingiu a retenção máxima; evita desperdício por percolação profunda. |

3. Otimização e Eficiência (C++)

O firmware C++ utiliza:

- **Programação Não-Bloqueante (millis()):** As tarefas de leitura (lenta) e lógica de controle (crítica) são separadas por *tickers* de tempo, evitando o uso de `delay()` e garantindo que o servidor web e a comunicação não sejam interrompidos.
- **constexpr e uint8_t:** Tipos de dados otimizados para reduzir o uso da memória RAM do ESP32.
- **ArduinoJson:** Utilizado para *parsing* eficiente dos payloads de configuração JSON.

4. Layout Físico

- **Espaçamento Entre Fileiras:** 1,50 metros (Permite passagem do trator 1,20m - 1,46m).
- **Profundidade do Sensor:** 20 cm (Zona radicular ativa, conforme recomendação inicial).
- **Sensores/Relé:** 7 sensores por fileira, controlados por 1 relé mestre.

Este sistema oferece um controle robusto e inteligente, superando os desafios comuns da irrigação em horticultura de precisão.