

# CONTROLE DE IRRIGAÇÃO 4.0 APLICADO NA AGRICULTURA FAMILIAR

Gabriel Paulino da Silva; Leonardo Carvalho Antônio dos Santos; Luciano da Silva Vasconcelos; Luiz Fernando Granjeiro Chaves.  
Orientador: Paulo Cesar da Silva Emanuel

**Resumo:** Com o avanço da tecnologia, muitos investimentos estão sendo realizados no setor agrícola, estudos visando facilitar o manejo, aumentar a produtividade e para obter maior controle e autonomia na irrigação. Segundo a ONU, aproximadamente 70% de toda a água potável disponível no mundo, é utilizada para a irrigação. A proposta desse projeto foi de pesquisar, compreender e apresentar os conceitos e tipos de irrigações, com o foco na economia de água, controle e autonomia do agricultor sob seu sistema. A interface com o usuário permite a sua configuração de maneira simples a partir de qualquer dispositivo que possua acesso à internet, viabilizando a sua operação à distância. O controle utiliza as informações provenientes de sensores de umidade, de chuva e temperatura para controlar o processo de irrigação, essas informações são processadas até um Controlador Lógico Programável (CLP), onde é feito a programação de acordo com o requisito do cliente e fazer a ligação e comunicação entre os demais sistemas, e o tratamento das informações provenientes deles. Além da economia de água, foi pensado também na energia elétrica e assim há no sistema um armazenamento da energia, na qual é produzido por sistema fotovoltaico e armazenado num banco de baterias, no qual é denominado off-grid.

**Palavras-chave:** Irrigação, Controle, Automação.

## IRRIGATION CONTROL 4.0 APPLIED IN FAMILY FARMING

**Abstract:** With the advancement of technology, many investments are being carried out in the agricultural sector, studies aimed at facilitating management, increasing productivity and to obtain greater control and autonomy in irrigation. According to the UN, approximately 70% of all drinking water available in the world is used for irrigation. The proposal of this project was to research, understand and present the concepts and types of irrigation, with a focus on water saving, control and autonomy of the farmer under his system. The user interface allows its configuration in a simple way from any device that has internet access, enabling remote operation. The control uses information from humidity, rain and temperature sensors to control the irrigation process, this information is processed until a Programmable Logic Controller (PLC), where programming is carried out according to the customer's requirement and connection and communication between the other systems, and the processing of information from them. In addition to saving water, electrical energy was also thought of, and so there is energy storage in the system, which is produced by a photovoltaic system and stored in a battery bank, which is called off-grid.

**Keywords:** Irrigation, Control, Automation.

### 1. Introdução

A irrigação é uma prática agrícola que utiliza um conjunto de equipamentos e técnicas para suprir a deficiência total ou parcial de água para as culturas plantadas. Basicamente, são quatro métodos de irrigação: superfície, aspersão, localizada e micro aspersão. A razão pela qual há muitos tipos de sistemas de irrigação é a grande variação de solo, clima, culturas, disponibilidade de energia e condições socioeconômicas para as quais o sistema de irrigação deve ser adaptado (MAROUELLI, 2000).

De acordo com MACEDO (2010), o aperfeiçoamento da estratégia de controle do sistema de irrigação pode resultar em economia de água e conservação de energia.

A irrigação por aspersão consiste em simular a queda de água como se fosse a própria chuva, distribuindo a água de cima para baixo, contemplando não só as plantas como o solo também.

Uma das muitas vantagens desse método é a possibilidade de atuar em diversos tipos de cultura, devido a sua versatilidade. Com isso, é viável adaptar à instalação conforme o plantio, e atingir grandes hectares. (STONE, 2023).

A detecção da condição de superfície do solo em sistemas de irrigação. Pode ser útil otimizar o uso da água de forma que se evite o excesso de água ou, ao menos, minimize a mobilização de água (OLGA, GEORGE E PRASAD, 2020).

A automação visa empregar por meio da tecnologia, a otimização do uso eficiente de energia, e facilitar o manejo da água para irrigação com o mínimo de interferência do homem, levando em consideração, os fenômenos naturais que interferem direta e indiretamente na absorção e no fluxo contínuo da água na planta (SANTOS, 2019). Sistemas de irrigação também podem ser aplicados em residências, na irrigação de hortaliças, plantas ornamentais e jardins visando minimizar a necessidade de intervenção humana (VAELLO, 1995). Combinando as ideias apresentadas pela técnica de irrigação localizada, com um sistema automatizado que utilize informações como a umidade do solo e a temperatura do ambiente, é possível desenvolver um sistema automatizado de irrigação que seja viável financeiramente e ecologicamente eficiente, para uso em residências, tornando mais simples a manutenção de tais plantas.

## 1.1 Justificativa

A agricultura irrigada, assim como as demais atividades do meio rural, necessita acompanhar os avanços tecnológicos. Mas últimas décadas, os aparelhos eletrônicos e os computadores estão num crescente avanço tecnológico, tornando-se mais baratos, precisos, manuseáveis e com melhor interface ao usuário. Na indústria eletrônica existem muitos componentes, sensores e controladores que podem ser úteis a irrigação. (SOUZA, Rodrigo; 2001, p14.)

Os temas para as pesquisas são:

- Umidade de solo;
- Irrigação automatizadas;
- Tipos de irrigação.

Apesar de a atividade agrícola ser dependente de inúmeros fatores do sistema solo-água-plantas-atmosfera, um adequado manejo da irrigação pode ser estabelecido com base no monitoramento da umidade do solo. Para isso, diferentes técnicas têm sido utilizadas, destacando-se a Reflectômetro no Domínio do Tempo (TDR), que apesar de exigir calibração prévia para cada tipo de solo, apresenta como vantagens a precisão e a rapidez das leituras, a não utilização de radiação ionizante, a possibilidade de automação e acoplamento a dispositivos multiplexadores de leituras, a pouca influência da textura do solo, dentre outras. O uso da TDR e de sensores ou acionadores para indicar o momento propício de irrigação tem-se mostrado viável e de alta praticidade (Hugo T. dos Santos; 2015, p853.)

Há tempos, observa-se o exponencial crescimento e competência da agricultura familiar no Brasil, onde os impactos dessa prática tem gerado renda, garantia de

alimentação, preservação ambiental e recursos econômicos não somente para o setor agropecuário, mas também para a própria nação. Porém a introdução da tecnologia como auxílio nos processos de produção é escassa. CUNHA, K. C. B; 2015, p64.)

Hoje é praticamente impossível imaginar uma área em que não seja necessário o apoio tecnológico. O avanço da tecnologia automatizada é um fato iminente no setor agrícola. Essa ascensão é devida a sua facilidade e mais comodidade e por proporcionar agilidade nos processos e redução de custos. O uso da automação tem por sua característica uma inovação tecnológica, pois o produtor não precisaria estar sempre presente na hora da execução dos procedimentos. (BARBOSA, Alex; MARTINS, Edson; 2019, p2.)

## **1.2 Objetivos (Geral e específicos)**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Desenvolver um sistema de Controle de Irrigação 4.0 para Agricultura Familiar, integrando tecnologia avançada, automação e eficiência hídrica, conforto aos agricultores com controle remoto, economia de água e energia elétrica.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- a) Investigar e analisar os conceitos e tipos de segurança existentes, incluindo, aspersão e micro aspersão, considerando a variação de solo e clima.
- b) Avaliar uma interface com o usuário do sistema de Controle de Irrigação 4.0, permitindo sua configuração de maneira simples através de dispositivos com acesso à internet, possibilitando a viabilização da operação à distância.
- c) Desenvolver um sistema de controle que utilize informações de sensores de umidade, chuva e temperatura para otimizar o processo de supervisão, integrando essas informações até um Controlador Lógico Programável (CLP).

## **2. Revisão Bibliográfica**

Na patente de número BR 10 2019 014170 0 A2 (SEGAT, 2019), de Sistema De Ajuste E Controle Remoto Com Regulador De Pressão Para Sistemas De Irrigação, são encontradas as seguintes informações:

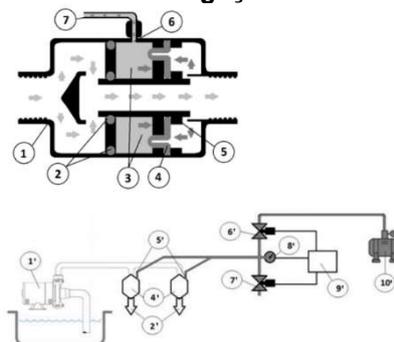
A presente invenção diz respeito que no sistema de ajuste e controle remoto da pressão para sistemas de irrigação, é uma solução técnica para criar sistemas de irrigação com vazão variável e ajuste remoto, de forma simples e com baixo custo de implantação, se baseando na variação da pressão da água nos bocais e orifícios, assim garantindo a uniformidade e quantidade de água que está sendo aplicada.

O controle é baseado quando informado para uma Placa eletrônica de controle qual a pressão desejada na saída do regulador de pressão, na qual lê a pressão atual do sistema de ajuste e controle através do sensor de pressão eletrônico e, caso a pressão esteja abaixo da desejada é acionada a válvula solenoide para aumento da pressão, que utiliza a pressão gerada por um gerador de pressão em um fluido qualquer, e caso a pressão esteja acima, esta pressão é diminuída.

Irrigação compreendendo anéis de vedação (2), diafragma (4), orifício de conexão (6) e tubo piloto (7), caracterizado por compreender um êmbolo (5) com uma protuberância que por sua vez é fixada à uma das faces de um diafragma(4), e o dito êmbolo(5) está disposto perpendicularmente ao diafragma (4) e desloca-se na direção da entrada de água; e na outra face do diafragma(4) está disposta a câmara de controle de pressão(3) preenchida com fluido e a dita câmara de controle de

pressão(3) recebe alimentação de fluido por um tubo piloto (7). O projeto está representado na figura 1.

**Figura 1 – Invenção sistema de ajuste e controle remoto com regulador de pressão para sistemas de irrigação**



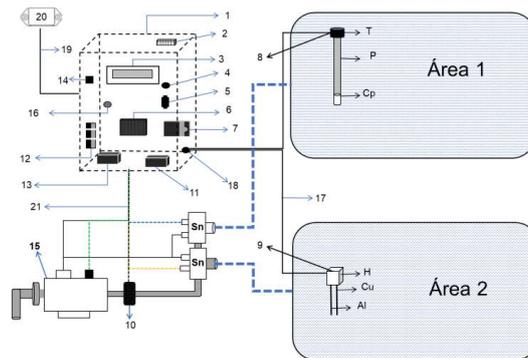
**Fonte: SEGAT, 2019**

Na patente de número BR 10 2019 017799 3 A2 (SANTOS, 2019), de Dispositivo Eletrônico Para Automação E Monitoramento Do Sistema De Irrigação, são encontradas as seguintes informações:

A presente invenção diz respeito de um sistema eletroeletrônico para o monitoramento e controle automatizado do sistema de irrigação, que visa empregar por meio da tecnologia de automação um dispositivo para otimizar o uso e facilitar o manejo da água para irrigação com o mínimo de interferência do homem, levando em consideração, os fenômenos naturais que interferem direta e indiretamente na absorção e no fluxo contínuo da água na planta.

O aparelho é composto por um gabinete plástico denominado de Unidade de Controle Principal, contendo microprocessador, sensor climático, display LCD, cartão de memória, cabos e conectores que ligam a bomba, eletroválvulas, os sensores do solo e fonte de energia. Os Sensores identificam as condições climáticas e os teores de umidade do solo, aplicando a água para as plantas de acordo com a necessidade fisiológica, profundidade das raízes e capacidade de retenção do solo, configurando um instrumento de precisão e de fácil manuseio para o monitoramento e manejo da irrigação. O sistema possibilita ao usuário fazer a inserção de dados referentes à localização geográfica, dados da cultura, sistema de irrigação, horário da irrigação e pressão de operação do sistema e, a partir dessas informações, o sistema faz a aquisição e processamento das variáveis temperatura e umidade relativa do ar atmosférico, velocidade e direção do vento, precipitação pluviométrica e radiação solar, extraídas da estação meteorológica. Ao final do dia, o sistema determina a evapotranspiração de referência tanto pelo método Penman-Monteith FAO 56, tido pela FAO, como método padrão, bem como por outros métodos indiretos, partir das informações previamente inseridas pelo usuário, faz a determinação da evapotranspiração da cultura e do tempo de irrigação, bem como o acionamento automático e programado dos atuadores da irrigação para manejo da irrigação localizada por gotejamento ou micro aspersão. O aparelho é composto por um gabinete plástico denominado de Unidade de Controle Principal UCP (1), contendo microprocessador (6) sensor climático (1), display LCD (3), cartão de memória (7), cabos e conectores que ligam a bomba (15), as eletroválvulas (Sn), os sensores do solo (8) e (9) e fonte de energia. O projeto está representado na figura 2.

**Figura 2 – Invenção dispositivo eletrônico para automação e monitoramento do sistema de irrigação**



Fonte: SANTOS (2019)

Na patente de número BR 10 2023 004425 0 A2 (BARRETO, SANTOS, 2019), de Sistema Embarcado Para Automatização Do Manejo Da Irrigação Localizada, são encontradas as seguintes informações:

A presente invenção diz respeito à irrigação de precisão, que a partir de um sistema embarcado, faz a aquisição e processamento das variáveis climáticas, obtidas por meio de uma estação meteorológica integrada junto a um Arduino, automatiza o manejo da irrigação por gotejamento ou micro aspersão, com acionamento e interrupção programada da irrigação e monitoramento da pressão de operação. O sistema possibilita ao usuário fazer a inserção de dados referentes à localização geográfica, dados da cultura, sistema de irrigação, horário da irrigação e pressão de operação do sistema e, a partir dessas informações, o sistema faz a aquisição e processamento das variáveis temperatura e umidade relativa do ar atmosférico, velocidade e direção do vento, precipitação pluviométrica e radiação solar, extraídas da estação meteorológica. Ao final do dia, o sistema determina a evapotranspiração de referência tanto pelo método Penman-Monteith FAO 56, tido pela FAO, como método padrão, bem como por outros métodos indiretos, partir das informações previamente inseridas pelo usuário, faz a determinação da evapotranspiração da cultura e do tempo de irrigação, bem como o acionamento automático e programado dos atuadores da irrigação para manejo da irrigação localizada por gotejamento ou micro aspersão. O projeto está representado na figura 3.

**Figura 3 – Invenção sistema embarcado para automatização do manejo da irrigação localizada**



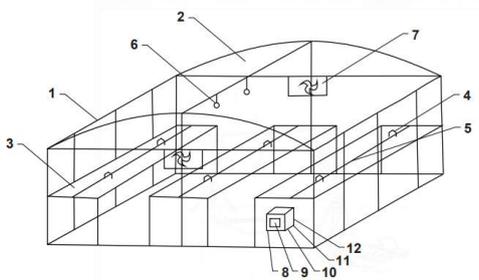
**Fonte: BARRETO, SANTOS (2019)**

Na patente de utilidade de número BR 202019020521-6 U2 (PETRY,2019), Disposição Aplicada Em Estufa Agrícola Automatizada são encontradas as seguintes informações:

A presente patente destina-se ao mercado agrícola e industrial, mais precisamente refere-se a uma estufa agrícola automatizada que visa proporcionar um cultivo totalmente controlado através de sensores e atuadores que coletam os dados da parte interna da estufa e mandam para uma central de controle monitorada pelo usuário, através desse processo irá obter uma redução significativa nos custos para produção e cultivo de hortaliças, pois dispensa o uso de agrotóxicos e adubos, frequentemente, assim consequentemente irá aumentar a qualidade do produto e reduzir a mão de obra, pois a solução dispõe de sensores de umidade que controlam a irrigação, e sensores de temperatura que acionam o sistema de ventilação caso seja necessário.

O projeto concebe um dispositivo que visa proporcionar um cultivo totalmente controlado através de sensores e atuadores que captam dados da parte interna da estufa e mandam para uma central de controle, caracterizada por ser a base (1) da estufa automatizada feita em madeira, e fechada com plástico (2) adequado; as caixas (3) também são feitas em madeira, e depois de prontas são preenchidas com terra; a invenção é composta por um sensor de umidade (4), válvulas solenoides (5) que inserem automaticamente água ao solo, sensores de temperatura (6) e sistema de ventilação (7) que mantém a temperatura da estufa adequada; a central de controle (8) é composta por um monitor (9) que é responsável por mostrar os dados da estufa, possui uma raspiberry pi3 (10) com um sistema Windows, um arduino (11) que está programado em linguagem C++ para controlar a estufa, e também interruptores (12) que permitem o controle manual da estufa. O projeto está representado na figura 4.

**Figura 4 – Invenção disposição aplicada em estufa agrícola automatizada**

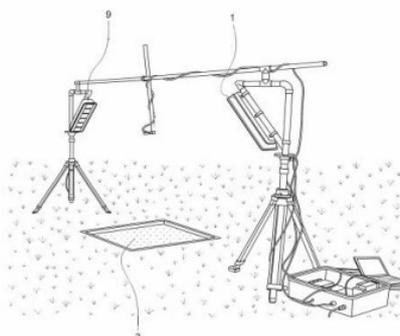


**Fonte: PRETY (2019)**

Na patente de invenção de número BR 112023015989-4 A2 (OLGA, GEORGE E PRASAD,2020 Detecção Da Condição De Superfície Do Solo Em Sistemas De Irrigação são encontradas as seguintes informações:

A presente patente destina-se a detecção da condição de superfície do solo em sistemas de irrigação. Pode ser útil otimizar o uso da água de forma que se evite o excesso de água ou pelo menos evite ou minimize a mobilização de água. Um sistema de controle de irrigação é descrito, em que o sistema inclui um emissor de som disposto para emitir som em direção a uma superfície do solo, um receptor de som disposto para receber o som emitido pelo emissor de som e refletido ou espalhado a partir da superfície do solo. Um controlador, então, controla um ou mais parâmetros de irrigação de um irrigador com base, pelo menos em parte, no som recebido pelo receptor de som. O sistema de controle de irrigação detecta a acumulação de água superficial ou fluxo de água livre na superfície do solo, e o controlador então controla os parâmetros de irrigação para reduzir a aplicação de água em resposta às características detectadas. O projeto está representado na figura 5.

**Figura 5 – Invenção detecção da condição de superfície do solo em sistemas de irrigação**



**Fonte: OLGA, GEORGE E PRASAD (2020)**

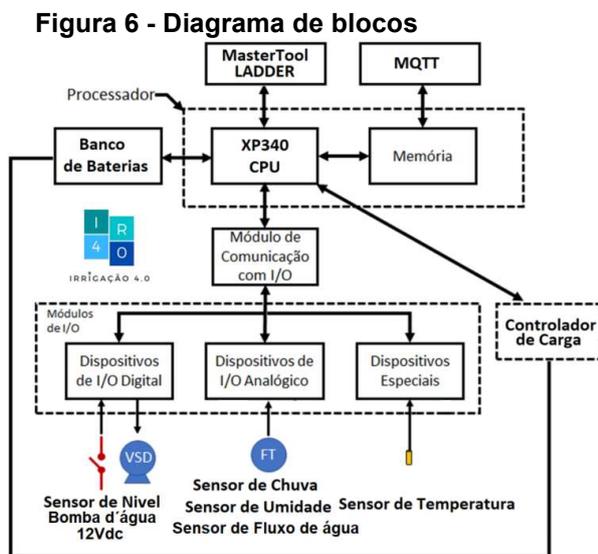
### **3. Materiais e Métodos (ou Metodologia se corresponde)**

O projeto é um sistema automatizado de irrigação para diversos tipos de plantio, visando garantir a sobrevivência das plantas e o uso eficiente da água e energia. O sistema utiliza informações provenientes de sensores de umidade, de chuva e temperatura para controlar o processo de irrigação.

A interface de controle, permite a sua configuração de maneira simples a partir de qualquer dispositivo que possua a tecnologia wireless ou 3G/4G e faça acesso web, viabilizando a sua operação à distância. O projeto é constituído por várias etapas, tendo como principais componentes: sistema de carregamento de bateria, sistema hidráulico, sistema de monitoramento (WEB) e controle da irrigação. O método de carregamento é composto de uma placa solar e um controlador de carga, para garantir o armazenamento da energia solar gerada pelo sistema fotovoltaico, em um banco de baterias. O processo de monitoramento tem como finalidade monitorar ou controlar o sistema de irrigação: umidade, temperatura do ar e verificar o status da bomba.

A técnica de controle é composta por um Controlador Lógico Programável (CLP), onde é feito a programação de acordo com o requisito do cliente e fazer a ligação e comunicação entre os demais sistemas e o tratamento das informações provenientes deles. Têm como finalidade fazer a leitura dos sensores (umidade e temperatura) e definir quando é necessário acionar a irrigação. Além disso, têm a comunicação com o monitoramento, possibilitando que o usuário tenha um domínio total sobre a irrigação. O conjunto hidráulico é composto por bombas e mangueiras.

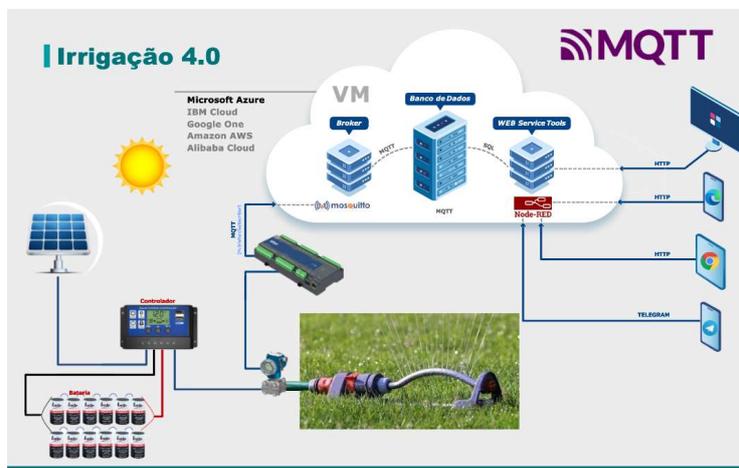
Em virtude de uma representação gráfica, na qual apresentamos as conexões de processos entre software e hardware foi elaborado um diagrama de blocos ilustrando o sistema de funcionamento do projeto, ilustrado na figura 6.



Fonte: Autor (2023)

A Figura 7 mostra uma arquitetura do projeto, onde é possível identificar que o sistema é uma composição, tendo como principais componentes: um sistema de controle, um sistema hidráulico, produção e armazenamento de energia e um sistema web.

**Figura 7 - Arquitetura irrigação 4.0**



Fonte: Autor (2023)

### 3.1.1 Materiais

#### a) Mecânica

Como resultado deste projeto, conforme o quadro 1, os itens mecânicos que compuseram a maquete final deste trabalho.

**Quadro 1. Materiais de mecânica.**

Item	Quantidade
“Almofada” painel elétrico	1
Anilhas de identificação para cabos	26

Bicos aspersores	10
Bornes para painel elétrico	6
Cabos 2mm <sup>2</sup>	20m
Chapas galvanizadas	3
Cantoneiras de ferro perfuradas	6
Painel elétrico	1
Arruelas	12
Parafusos rosca métrica	12
Porca borboleta	12
Rebites	14
Chapa metálica Aço SAE 1020	1
Reservatório de água	1
Suporte para bicos aspersores	10
Suporte para os sensores	4
Suporte para painel de automação	1
Tinta preta de esmalte sintético	1
Compressor para pinturas	1

Fonte: Autor (2023)

### b) Eletroeletrônica

Para o funcionamento elétrico, o quadro 2 informa os itens e quantidades de materiais eletroeletrônicos utilizados no projeto.

**Quadro 2. Materiais eletroeletrônicos**

Item	Quantidade
Baterias 2V, 5Ah	18
01 Contator	1
Disjuntores 16 <sup>a</sup>	5
Fonte DC 24V	1
Placa fotovoltaica 12V, 50W	1
Bomba d'água 12V	1

Fonte: Autor (2023)

### c) Eletrônica de Controle

O quadro 3 apresenta os materiais de eletrônica de controle e quantidades utilizadas no projeto, para auxiliar e identificar as medições de controle de carga de bateria, nível da água e umidade do solo.

**Quadro 3. Materiais de eletrônica de controle**

Item	Quantidade
Controlador de carga	1
Sensor de nível	1
Sensores de umidade do solo	2
Voltímetro e amperímetro	1
Botões manuais	2
Lâmpada sinalizadora	1

Fonte: Autor (2023)

#### d) Dispositivo programável

Para realizar a programação do projeto, foi utilizado o dispositivo CLP Altus XP340, em unidade única, como descreve o quadro 4.

**Quadro 4. Material de programação**

Item	Quantidade
CLP Altus XP340	1

Fonte: Autor (2023)

### 3.1.2 Softwares

#### 3.1.2.1 MasterTool IEC XE

O MasterTool IEC XE é uma ferramenta completa para programação, depuração, configuração e simulação de aplicações. O software é baseado no conceito de ferramenta integrada, provendo flexibilidade e facilidade de uso permitindo aos usuários a programação em cinco linguagens definidas pela norma IEC 61131-3: Texto Estruturado (ST), Sequenciamento Gráfico de Funções (SFC), Diagrama de Blocos Funcionais (FBD), Diagrama Ladder (LD) e Gráfico Contínuo de Funções (CFC). O MasterTool IEC XE permite o uso de diferentes linguagens na mesma aplicação, fornecendo uma poderosa maneira de organizar a sua aplicação além de reutilizar código desenvolvido em aplicações anteriores. Este produto oferece características para todas as etapas de desenvolvimento de um sistema de automação, começando por uma análise gráfica da topologia da arquitetura, passando por um ambiente de programação com suporte às linguagens da norma IEC 61131-3, com uma ferramenta de simulação realística, onde o usuário pode verificar o comportamento da aplicação antes de executá-la em um sistema real, e, finalmente, provê uma completa interface para visualização de diagnósticos e status. O MasterTool IEC XE também oferece dois diferentes mecanismos de proteção da aplicação e características de segurança: Proteção da Propriedade Intelectual e Login Seguro no CP. A Proteção da Propriedade Intelectual tem por objetivo proteger a propriedade intelectual do usuário, permitindo a ele proteger todo o projeto ou arquivos específicos dentro do projeto através da definição uma senha de acesso. Isso significa que estes arquivos estarão disponíveis (para operação de leitura e escrita) apenas depois de desbloqueados com a senha correta. Já o Login Seguro no CP provê uma maneira de proteger a aplicação do usuário de qualquer acesso não autorizado. Habilitando esta característica, a UCP da Série Nexto Xpress irá solicitar uma senha de usuário antes de executar quaisquer comandos entre MasterTool IEC XE e a UCP (Unidade Central de Processamento), como parar e programar a aplicação ou forçar pontos de saída em um módulo.

#### 3.1.2.2 Mosquitto

Eclipse Mosquitto é um agente de mensagens de software livre (licenciado por EPL / EDL) que implementa o protocolo MQTT (Message Queue Telemetry Transport) versões 5.0, 3.1.1 e 3.1. O Mosquitto é leve e adequado para uso em todos os dispositivos, desde computadores de placa única de baixa potência até servidores completos. O protocolo MQTT fornece um método leve de execução de mensagens usando um modelo de publicação / assinatura. Isso o torna adequado para mensagens da Internet das Coisas, como sensores de baixa potência ou dispositivos móveis, como telefones, computadores integrados ou CLPs.

O projeto Mosquitto também fornece uma biblioteca C para implementar clientes MQTT e os clientes MQTT de linha de comando muito populares `mosquitto_pub` e `mosquitto_sub`.

Mosquitto faz parte da Eclipse Foundation, é um projeto [iot.eclipse.org](http://iot.eclipse.org) e é patrocinado por [cedalo.com](http://cedalo.com).

### **3.1.2.3 Node-RED**

Node-RED é uma ferramenta de programação para conectar dispositivos de hardware, APIs e serviços online de maneiras novas e interessantes. Ele fornece um editor de fluxo baseado em navegador que torna mais fácil conectar fluxos usando a ampla gama de nós na paleta. Os fluxos podem ser implantados no tempo de execução com um único clique. Os fluxos criados no Node-RED são armazenados em JSON (Javascript Object Notation), que podem ser facilmente importados e exportados para compartilhamento com outras pessoas.

Sua construção é em formato Node.js, aproveitando ao máximo seu modelo sem bloqueio orientado a eventos. Isso o torna ideal para ser executado na extremidade da rede em hardware de baixo custo, como o Raspberry Pi, bem como na nuvem.

### **3.1.2.4 Telegram**

O Telegram é um serviço de mensagens instantâneas baseado na nuvem. Está disponível para smartphones, tablets, computadores e Aplicação web. Os usuários podem fazer chamadas de vídeo, enviar mensagens instantâneas e trocar arquivos de mídia de qualquer tipo.

O Telegram afirma que é mais seguro dentre os mensageiros do mercado de massa, como WhatsApp e Line. O aplicativo possui dois tipos de chats: comuns, que usam criptografia de cliente-servidor e pode ser acessado a partir de vários dispositivos e bate-papos secretos que utilizam criptografia end-to-end e só pode ser acessado a partir dos dois dispositivos participantes.

Todos os clientes oficiais do Telegram (e alguns dos clientes não oficiais) são de código aberto e com suporte a builds verificáveis (que permitem que especialistas verifiquem de forma independente que o nosso código publicado no GitHub é exatamente o mesmo usado para construir os apps que você baixa da App Store ou da Google Play).

### **3.1.2.5 Máquina Virtual Microsoft Azure (VM).**

Na ciência da computação, máquina virtual consiste em um software de ambiente computacional, que executa programas como um computador real, também chamado de processo de virtualização que pode ser definida como “uma duplicata eficiente e isolada de uma máquina real”.

A Microsoft Azure é uma plataforma destinada à execução de aplicativos e serviços, baseada nos conceitos da computação em nuvem. Formada por uma série de ferramentas diferentes, o Azure é um serviço que permite a empresas e desenvolvedores adquirirem as capacidades de processamento e armazenamento dos datacenters da Microsoft para aplicação em seus negócios como alternativa ao modelo convencional.

### 3.1.2.6 SQL Server

O SQL Server da Microsoft é um sistema especializado em gerenciar esses registros, funcionando como uma plataforma completa de soluções. Ele permite controlar a qualidade dos dados, desenvolver relatórios avançados e ainda é capaz de se integrar com diversas fontes. O SQL é uma linguagem padrão, especificamente concebida para permitir que as pessoas criem Bancos de Dados, adicionem novos dados a essas bases, manipulem e recuperem partes selecionadas dos dados.

### 3.1.3 Hardwares

#### 3.1.3.1 CLP

O sistema de controle é composto por um Controlador Lógico Programável (CLP), onde é feita a programação, de acordo com o requisito do projeto, a ligação e comunicação entre os demais sistemas e o tratamento das informações provenientes deles. Têm como finalidade realizar a leitura dos sensores (umidade, chuva, nível e temperatura) e definir quando é necessário acionar a irrigação (bomba d'água). Além disso, possui comunicação com o sistema de monitoramento, através do protocolo de comunicação MQTT (MQTT, sigla de Message Queue Telemetry Transport (um protocolo de mensagens leve para sensores e dispositivos móveis otimizados para redes TCP/IP), possibilitando que o usuário tenha um domínio total sobre o sistema de irrigação.

#### 3.1.3.2 Controlador de carga

Os controladores de carga, são utilizados no sistema Off Grid, no qual são os responsáveis por proteger as baterias controlando o seu processo de carga e descarga. Desse modo ele consegue prolongar a vida útil das baterias garantindo, assim, uma eficiência maior no armazenamento da energia produzida. Eles são totalmente necessários no sistema Off grid porque este sistema utiliza baterias para armazenar a energia. O controlador PWM (pulse width modulation) significa “modulação por largura de pulso”, ele consegue manter uma bateria em sua carga máxima por meio de pulsos de tensão de alta frequência. Com isso, este controlador consegue conferir o status da carga da bateria, e ajustar os pulsos enviados, como representado na figura 8.

Figura 8 - Controlador de carga



Fonte: Google imagens (2023)

#### 3.1.3.3 Bico aspersor

O funcionamento de um bico aspersor de água parte de uma força da pressão enviada até a superfície do bico, onde seu desempenho pode gerar formas diferentes na saída de líquido no qual ocorrerá a pulverização. Os bicos aspersores terão como principal função distribuir uniformemente a água no plantio, como apresentado na figura 9.

**Figura 9 - Bico aspersor**



Fonte: Bico Nebulizador com Ajuste de Vazão + Conector T 1/4 – UsinalInfo (2023)

### 3.1.3.4 Painel solar

O painel solar é um equipamento fundamental em um sistema fotovoltaico, sendo o componente mais aparente, habitualmente instalado nas partes mais elevadas de uma construção, ou seja, nos telhados. Na composição do painel, há uma grande quantidade de células solares, cujas função é transformar a energia luminosa do sol em energia elétrica, através das células fotovoltaicas, feitas de material semicondutor. Possui um módulo, que é utilizado para produzir energia elétrica, pois transforma diretamente a radiação em eletricidade. O painel solar produz energia quando os fótons (partículas que compõem a luz solar) entram em colisão com os átomos que compõem os materiais da placa solar. Assim, causam a movimentação de elétrons e produzem uma corrente elétrica, que é usada para o carregamento de uma bateria, por exemplo, como ilustrado na figura 10.

**Figura 10 - Painel fotovoltaico**



Fonte: [blog.bluesol.com.br/placas-fotovoltaicas/](http://blog.bluesol.com.br/placas-fotovoltaicas/) (2023)

### 3.1.4 Métodos

#### 3.1.4.1 Preparação da Infraestrutura

A estrutura do projeto é constituída de chapas galvanizadas, chapa metálica aço SAE 1020 e cantoneiras perfuradas. Foi fixada com parafusos, roscas métricas, arruelas e porcas borboletas, para facilitar sua montagem e desmontagem. Para evitar um vão em sua estrutura, envolvemos as laterais e o fundo com chapas galvanizadas, fixadas com rebites. A estrutura ficou robusta, porém leve comparando com sua robustez, foi pintada com tinta esmalte sintética na cor preta com o auxílio de um compressor de ar comprimido e pistola de pintura. Os itens citados entre podem ser encontrados no capítulo 3.1.1, item 'a', tabela 1.

A maquete ficou inclinada em aproximadamente 10°, com a intenção de facilitar o escoamento da água ao dreno e para facilitar a visualização em sua apresentação. Logo abaixo do campo de demonstração, se encontra o reservatório de água que está em posição estratégica para receber e fornecer água ao sistema. A maquete está representada na figura 11.

**Figura 11 - Maquete do projeto**



Fonte: Autor (2023)

### 3.1.4.2 Interface com usuário

#### a) Node-RED Dashboard:

A programação fornece um conjunto de nós de distribuição no Node-RED para criar rapidamente um painel de dados ao vivo, de acordo com a imagem da figura 12.

**Figura 12 - Interface com o usuário**



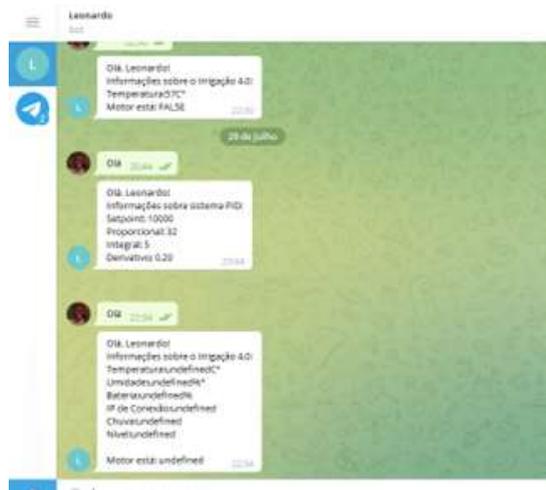
Fonte: Autor (2023)

#### b) Telegram:

O Telegram, é um mensageiro instantâneo. Ele é baseado em nuvem e está disponível em uma grande variedade de dispositivos, desde smartphones (nos sistemas Android e iOS), tablets e computadores, contando também com uma aplicação web. Ele figura como uma das plataformas de mensageria que mais cresce ultimamente, contando com criptografia de ponta a ponta e diversas funções que chamam a atenção dos usuários como, por exemplo, os chats secretos.

O bot father lhe permite criar e gerenciar novos bots dentro do Telegram. Para acessá-lo basta buscar no app por “bot father” e iniciar uma conversa. Ele funciona basicamente por comandos e uma lista deles pode ser vista digitando “/” na caixa de texto, onde o app irá sugerir a você os comandos disponíveis, já explicativos em seus próprios nomes. A figura 13 apresenta um exemplo de interação dentro do app Telegram.

Figura 13 - Bot telegrama.



Fonte: Autor (2023)

### c) Microsoft SQL Server (Banco de Dados)

A **CREATE TABLE** instrução é usada para criar uma tabela em um banco de dados.

Sintaxe

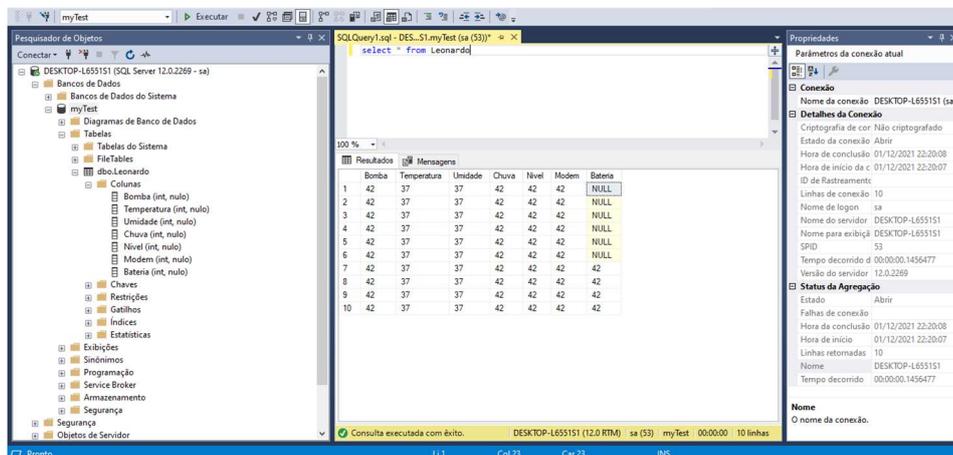
**CREATE TABLE** table\_name (

column1 datatype,  
column2 datatype,  
column3 datatype );

Os parâmetros da coluna especificam os nomes das colunas da tabela, de acordo com a figura 14.

O parâmetro datatype especifica o tipo de dados que a coluna pode conter (varchar, integer, date, etc.).

Figura 14 - Banco de dados



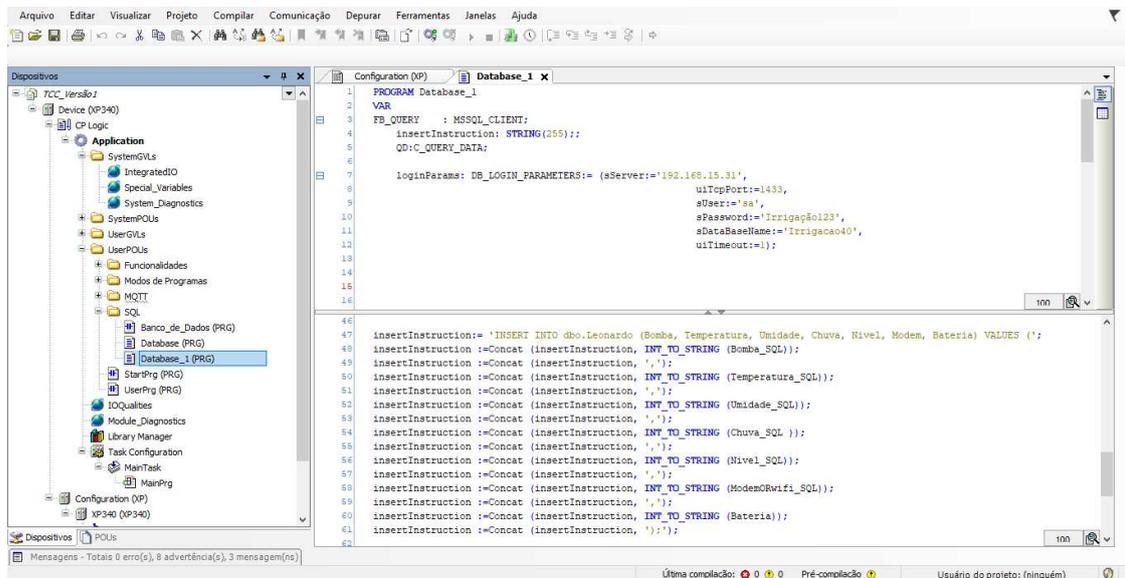
Fonte: Autor (2023)

#### d) MasterTool (Insert de Dados):

A instrução "INSERT INTO" do SQL pode ser usada para adicionar linhas de dados a uma tabela no banco de dados. É seguido pelo nome da tabela e uma lista opcional de colunas que devem ser preenchidas com os dados. Em seguida, segue a palavra-chave "VALUES" e os valores reais que deseja inserir, podemos observar na figura 15.

```
INSERT INTO table_name (column_a, column_b)
VALUES ("value_a", "value_b");
```

Figura 15 - Insert dados



Fonte: Autor (2023)

### 3.1.5 Métodos de análise

Estudo de viabilidade, onde a solução pode atender o mercado de forma eficiente e com o custo reduzido frente a outros processos existentes no mercado, considerando o custo médio por hectare, apresentado no quadro 5.

Quadro 5. Custo médio por Hectare

Item	Quantidade
4 Bombas de 2CV	R\$ 8.000,00
Sensores de Temperatura PT100	R\$ 500,00
8 Sensores de Umidade	R\$ 1.500,00
1 Sensor de Chuva	R\$ 100,00
1 Controlador Logico Programável	R\$ 5.000,00
Sistema de Energia Solar	R\$ 60.000,00
<b>Sistema ON GRID</b>	<b>R\$ 75.000,00</b>
Sistema de Bateria	R\$ 140.000,00
Controlador de Carga	R\$ 2.000,00
<b>Sistema OFF GRID</b>	<b>R\$ 217.000,00</b>

Fonte: Autor (2023)

#### 3.1.5.1 Sistema de Controle

Criados para atender às demandas da Indústria 4.0, os controladores programáveis Nexto Xpress XP340, contam com 16 entradas digitais, 16 saídas digitais a transistor, 2 entradas analógicas RTD de dois e três fios e 5 entradas analógicas para tensão e corrente, 4 saídas

analógicas para tensão e corrente, uma porta Ethernet, um canal Serial padrão RS-485, uma porta CAN e uma interface USB.

O dispositivo possui suporte a WebServer, ferramenta que permite a criação de telas de supervisão e monitoramento de aplicação sem a necessidade de usar um sistema SCADA.

O CLP Xpress utiliza a plataforma tecnológica CODESYS com configuração via MasterTool IEC XE, software de programação da série com escalabilidade para projetos de micro a grande porte.

### 3.1.5.2 Sistema Hidráulico

Este sistema tem a função de promover a irrigação em um campo determinado usando água fornecida por um reservatório. Esta água é bombeada do reservatório para os bicos aspersores com a utilização de uma bomba elétrica alimentada com 12VCC/ 18W ideal para o projeto devido a sua construção. Os bicos aspersores têm a função de pulverizar a água fornecida pela bomba, conforme apresenta a figura 16.

Figura 16 - Sistema hidráulico

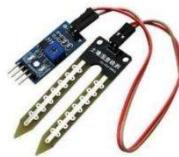


Fonte: Autor (2023)

### 3.1.5.3 Medição da Umidade

Este sensor, conforme a figura 17, foi feito para detectar as variações de umidade no solo, sendo que quando o solo está seco a saída do sensor fica em estado alto, e quando úmido em estado baixo. O limite entre seco e úmido pode ser ajustado através do potenciômetro presente no sensor que regulará a saída digital D0. Contudo para ter uma resolução melhor é possível utilizar a saída analógica A0 e conectar a um conversor AD.

Figura 17 - Sensor de umidade



Fonte: Google imagens (2023)

### 3.1.5.4 Medição de Temperatura

O sensor pt1000 é um aparelho de termo resistência, que é utilizado para efetuar a medição de temperatura, a partir de uma dependência da resistência elétrica em função da própria temperatura.

Este sensor foi utilizado para detectar as variações de temperatura ambiente, a resistência é diretamente proporcional à temperatura, ou seja, com o aumento da temperatura a resistência do sensor aumentará, o sensor está ilustrado na figura 18.

**Figura 18 - Sensor de temperatura**



Fonte: Google imagens (2023)

### **3.1.5.5 Medição de Nível**

O Sensor indica através de sinal ON/OFF quando o nível de líquido foi atingido, sendo instalado na lateral do tanque pelo exterior, através de rosca 1/2"NPT. Ilustrado na figura 19.

**Figura 19 - Sensor de nível**



Fonte: Google imagens (2023)

### **3.1.5.6 Medição chuva**

O sensor de chuva, ilustrado na figura 20, pode ser usado para monitorar uma variedade de condições climáticas como gotas de chuva ou neve. Quando o clima está seco a saída do sensor fica em estado alto e quando há uma gota de chuva em estado baixo. O limite entre tempo seco e chuva pode ser ajustado através do potenciômetro presente no sensor que regulará a saída digital D0. Contudo para ter uma resolução melhor é possível utilizar a saída analógica A0 e conectar a um conversor AD. A placa do Sensor de Chuva é revestida em ambos os lados com um tratamento de níquel contra oxidação.

**Figura 20 - Sensor de chuva**



Fonte: Google imagens (2023)

### **3.1.5.7 Testes placa solar e controlador de carga.**

A figura 21 mostra a primeira simulação da placa fotovoltaica com o controlador de carga e banco de baterias. Para realizar a simulação, foi utilizado multímetro e chave de borne.

Na saída da carga, utilizamos uma lâmpada com 12Volts e 55Watts, como simulação da bomba d'água, pelo fato de ainda não termos presente durante o teste. Com um multímetro em paralelo, a lâmpada e um amperímetro em série, conseguimos observar se o banco de baterias suportaria a corrente que a bomba d'água necessitaria para o funcionamento.

Nesta simulação, o controlador de carga entrava em proteção por não suportar a carga da lâmpada e anulava a saída, assim colocamos um resistor de carga com o valor de 1Ω (ohms) e 10Watts.

**Figura 21 - Testes da placa solar e controladora de carga**



Fonte: Autor (2023)

### 3.1.6 Cenários de teste e resultados esperados

#### a) Cálculo L7805CV

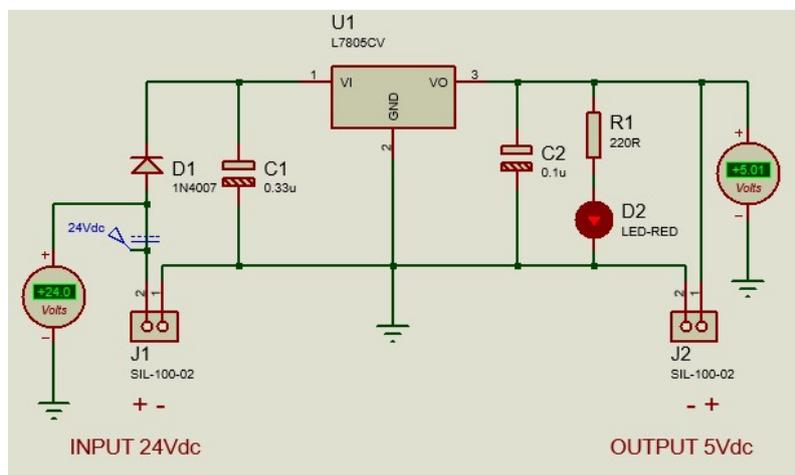
O projeto utiliza sensores de umidade e chuva que requerem uma alimentação de 5Vdc. Duas fontes de alimentação são empregadas: uma alimenta o CLP com 24Vdc, enquanto o banco de bateria alimenta a bomba d'água com 12Vdc. Para gerar os 5Vdc necessários para os sensores, é utilizado um regulador de tensão L7805CV, capaz de receber uma tensão de entrada entre 7,5 Vdc e 32 Vdc. Na saída, esse regulador fornece uma tensão fixa de 5Vdc e 1 Ah. Um LED no circuito elétrico do regulador atua como indicador visual, mostrando ao usuário que a saída está fornecendo os 5Vdc. O circuito é representado na figura 22 e os componentes eletrônicos são descritos no quadro

#### 6. Quadro 6. Componentes utilizados no circuito regulador de tensão

Item	Quantidade
Transistor L7805CV	1
Led vermelho	1
Diodo 1N4007	1
Resistor 220 ohms	1
Capacitor eletrolítico de 0.33uf	1
Capacitor eletrolítico de 0.1uf	1
Placa fenolite 25 x 25 cm	1

Fonte: Autor (2023)

**Figura 22 - Circuito regulador de tensão**



Fonte: Autor (2023)

## b) Cálculo mosfet IRF730

Para obter um melhor controle sobre o acionamento da bomba d'água, no projeto foi utilizado um transistor Mosfet IRF730, esse transistor funcionará como chave.

Os transistores MOSFETs são dispositivos controlados por tensão, pois um sinal positivo na porta (gate) de um transistor do canal N cria um campo elétrico que atrai elétrons na região semicondutora, formando o canal de condução. Para o transistor entrar em condução a tensão do  $V_{gs}$  (tensão entre gate e source) tem que ser maior que a tensão  $V_{gs(th)}$  (tensão de disparo).

Enquanto não houver o disparo do transistor ele estará atuando como uma chave aberta (corte), ou seja, a tensão total estará praticamente em cima do transistor, após o disparo do transistor, ele se comportará como uma chave fechada (saturação), ou seja, irá percorrer corrente entre o dreno e source, assim a tensão total estará praticamente em cima da carga (bomba d'água).

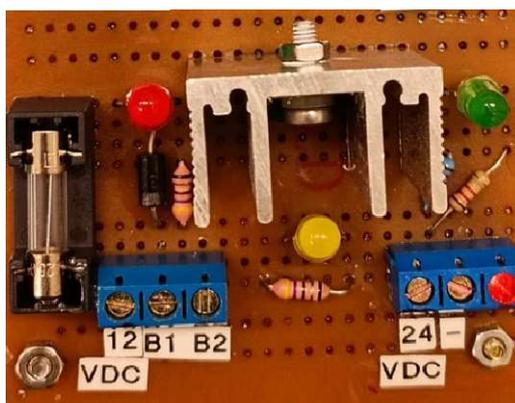
O circuito construído na placa de fenolite, está representado na figura 23. Os itens eletrônicos para funcionamento deste circuito estão descritos no quadro 7.

**Quadro 7. Componentes utilizados no circuito Mosfet IRF730**

Item	Quantidade
Transistor mosfet IRF730	1
Resistor 1K2 ohms	1
Resistores 470 ohms	2
Diodo 1N5399	1
led vermelho	1
led amarelo	1
led verde	1

Fonte: Autor (2023)

**Figura 23: Circuito acionador bomba d'água**

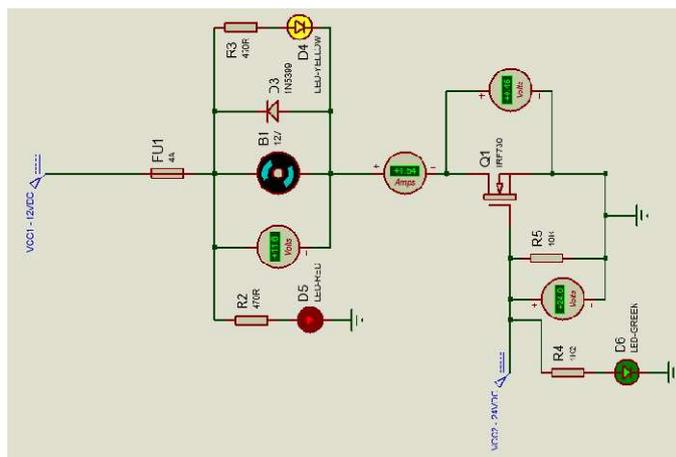


Fonte: Autor (2023)

## c) Cálculos dos Led's.

O cálculo dos led's são para representar quando as cargas estão em funcionamento na placa do circuito acionador bomba d'água do sistema, figura 24. O led vermelho sinaliza a entrada de 12Vdc, o led amarelo indica funcionamento da bomba d'água e o led verde indica entrada de 24Vdc (tensão de corrente contínua).

Figura 24: Representativo dos led's e circuito MOSFET IRF730



Fonte: Autor (2023)

#### d) Cálculo bomba d'água.

Abaixo está o cálculo da potência para o sistema hidráulico, com base no dimensionamento em conjunto com o mosfet.

$$VCC1 - VB1 - VDS = 0$$

$$12 - VB1 - 0 = 0$$

$$VB1 = 12V$$

$$RB1 = \frac{VB1}{IB1}$$

$$RB1 = \frac{12}{1,584}$$

$$RB1 = 7,58 \Omega$$

$$PB1 = VB1 * IB1$$

$$PB1 = 12 * 1,584$$

$$PB1 = 19 \text{ Watts}$$

Onde:

VCC1= Tensão de entrada (bomba d'água)

VB1= Tensão bomba d'água

VDS= Tensão entre dreno e source

RB1= Resistência bomba d'água

IB1= Corrente bomba d'água

#### e) Cálculo do sistema de energia solar

O sistema de energia solar off-grid (sistema isolado ou sistema autônomo) tem como principal característica o "autossustento", ou seja, é um sistema não conectado à rede elétrica, que armazena a energia solar excedente em baterias para ser utilizada quando não houver produção. No intuito referente a carga do nosso projeto, calculamos o tempo de armazenamento e o quanto de carga iremos consumir.

- **Painel solar:** 50Watts, 2,93 Ampères em operação, 12Volts.
- **Bomba d'água** = 19Watts, 12Volts, 3A
- **Gasto de energia diária – Equipamentos (ED)**

(Quantidade x Potência x Tempo)

Ex: estimamos 30 min/dia = 0,5h

$$(1 \times 19 \times 0,5) = 9,5Wh/dia$$

Além disso iremos acrescentar +9% de perdas (autonomia, autodescarga)

$$9,5Wh/dia + 9\% = 10,3Wh/dia$$

- **Bateria** (considerar de 15% a 20% de descarga), adotamos para as baterias não descarregarem completamente, isso danifica e diminui vida útil e para termos autonomia de 2 dias.

Como saber os 20% da sua bateria? Ex:  $15 \times 20\% = 3A$ .

→ (A/h da bateria que possuímos).

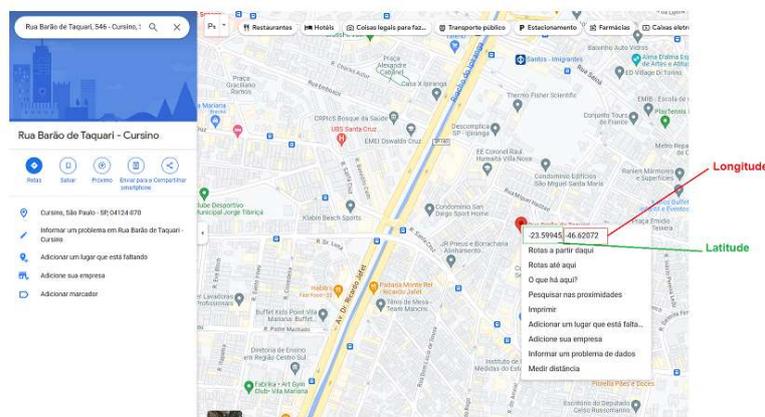
$2A \times 0,5h = 1A$ .  $\square 1A / 3A = 0,33$  (Quantas baterias irei usar, aproximadamente 1).

→ (corrente da bomba d'água).

- **Quantidade de painéis necessários**

Para referência de irradiação solar, foi utilizado o site da CRESESB-Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (cepel.br). Na figura 25, buscamos a longitude e latitude, do local que ficará o sistema, colocamos o endereço da universidade São Judas Tadeu.

**Figura 25 – Latitude e longitude**



Fonte: Google Maps

Na figura 26, inserimos no site da CRECESB os dados de longitude e latitude, encontrados no Google Maps.

**Figura 26 – Inserção coordenadas geográficas**

**Coordenada Geográfica**

**Latitude**   **Longitude**

**Norte:**

graus decimais (00.00°)

graus, minutos e segundos (00°00'00")

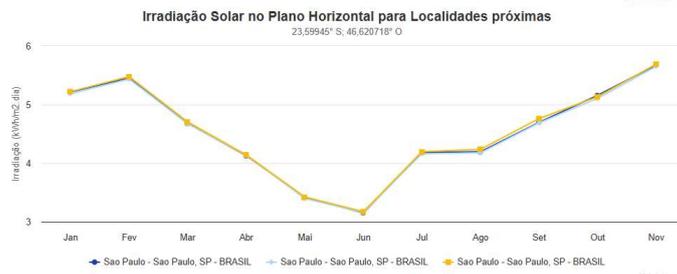
! Os valores válidos de latitude devem estar na faixa de 12° Norte e 40° Sul e de longitude na faixa de 30° Oeste e 80° Oeste. Em caso de dúvida entre em contato conosco.

Fonte: CRECESB

Com isso na figura 27, é apresentada a média de HSP (Horas de sol pleno) nessa região que é de 4,42kWh/m<sup>2</sup>.dia

**Figura 27 – Média HSP**

Latitude: 23,59945° S Longitude: 46,620718° O		Irradiação solar diária média (kWh/m².dia)												Média	Desv						
#	Estação	Município	UF	País	Latitude (°)	Longitude (°)	Distância (km)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
1	Sao Paulo	Sao Paulo	SP	BRASIL	23,601° S	46,649° O	2,9	5,22	5,46	4,68	4,12	3,42	3,15	3,28	4,18	4,26	4,78	5,16	5,65	4,42	2,62
2	Sao Paulo	Sao Paulo	SP	BRASIL	23,601° S	46,549° O	7,3	5,19	5,44	4,67	4,14	3,40	3,16	3,28	4,18	4,18	4,69	5,11	5,65	4,42	2,56
3	Sao Paulo	Sao Paulo	SP	BRASIL	23,5° S	46,649° O	11,4	5,22	5,48	4,70	4,14	3,42	3,17	3,24	4,22	4,24	4,76	5,14	5,65	4,45	2,52



Fonte: CRECESB

– **Eficiência do Sistema (EF)**

Sujidade - Considerando uma perda de 5%

$$Ef = 100\% - 5\% = 95\%$$

– **HSP Corrigido**

$$HSP \text{ (corrigido)} = HSP \times EF$$

$$HSP \text{ (corrigido)} = 4,42 \times 0,95 = 4,2 \text{ kWh/m}^2.\text{dia}$$

– **Potência do Sistema ou Potência Pico (Pp)**

$$Pp = ED / HSP \text{ (corrigido)}$$

$$Pp = 10,3\text{Wh/dia} / 4,2 \text{ kWh/m}^2.\text{dia}$$

$$Pp = 2,45 \times 10^{-3}\text{W} \text{ ou } 0,00245\text{W}$$

– **Quantidade de Módulos (Qm)**

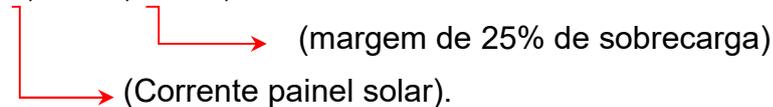
$$Qm = \text{Potência pico} / \text{Potência módulo}$$

$$Qm = (2,45 \times 10^{-3}) / 49 \text{ (1 Watt de perda por coeficiente de temperatura)}$$

$$Qm = 50 \times 10^{-6} \text{ ou } 0,00005 \text{ painéis necessários, para essa carga e esse modelo de painel.}$$

– **Controlador de carga**

$$2,93 \times 1,25 = 3,66\text{A.}$$



**Obs.: Não calculado e escolhido inversor, pois as cargas são todas de corrente contínua.**

#### 4. Resultados

O projeto Controle de Irrigação 4.0 para Agricultura Familiar não representa apenas um avanço significativo na busca por eficiência energética na agricultura, mas também é uma revolução que pode reduzir o consumo de energia em até 70% em comparação com os métodos de incerteza.

A chave para essa notável economia de energia reside na automação e na capacidade de resposta do sistema. Ao utilizar sensores de umidade, chuva e temperatura, o sistema consegue adaptar a supervisão de acordo com as condições reais do ambiente, garantindo que a água seja aplicada apenas quando necessário. Em comparação com a supervisão convencional, que muitas vezes opera em horários fixos e sem levar em consideração as condições climáticas, o sistema 4.0 é capaz de evitar a supervisão desnecessária.

Outro fator que contribui para a eficiência energética é o sistema de carregamento de baterias, que aproveita a energia solar. As placas solares e o controlador de carga garantem que a energia solar gerada seja armazenada em baterias para alimentação ou sistema de segurança. Isso reduz a dependência de fontes de energia elétrica e reduz significativamente os custos de operação a longo prazo.

O Controlador Lógico Programável (CLP) desempenha um papel fundamental na economia de energia, pois coordena a operação de todo o sistema com base nas informações dos sensores. Ele lê constantemente a umidade do solo e a temperatura, decidindo quando ativar as bombas de irrigação. Isso elimina o desperdício de energia que ocorreria se as bombas funcionassem de forma contínua ou em horários pré-definidos.

A eficiência energética alcançada com o “Controle de Irrigação 4.0 para Agricultura Familiar” não só economizou dinheiro para os agricultores familiares, mas também tem um impacto significativo no meio ambiente. A redução do consumo de energia diminui as emissões de carbono e a pegada de carbono associada à agricultura. Além disso, a economia de água resultante da precisão contribui para a conservação dos recursos hídricos, um benefício adicional em áreas onde a água é um recurso escasso.

Uma economia substancial de água é possível graças à inteligência do sistema. Os sensores de umidade, chuva e temperatura coletam dados em tempo real, permitindo que o sistema se adapte à supervisão às condições específicas do ambiente e das plantas. Diferentemente da orientação convencional, que muitas vezes é baseada em horários fixos e ignorando as condições climáticas, o sistema 4.0 é de forma precisa, fornecendo água apenas quando é estritamente necessário.

Essa economia de água é particularmente útil em regiões com recursos hídricos limitados, onde uma gestão eficaz da água é essencial. Além de garantir o uso sustentável dos recursos naturais, a economia de água proporciona benefícios econômicos significativos aos agricultores familiares. Menos água utilizada resulta em menores custos de operação, economizando dinheiro e melhorando a rentabilidade.

Além disso, a economia de água contribui para a conservação do meio ambiente. A água é um recurso valioso e finito, e seu uso responsável é fundamental para evitar a escassez e a proteção dos ecossistemas sensíveis. Reduzir o consumo de água na agricultura é uma maneira eficaz de minimizar o impacto ambiental.

Os cálculos de economia de água são baseados em dados reais coletados ao longo do tempo, comparando o desempenho do sistema "Controle de Irrigação 4.0" com as práticas de supervisão econômica. Esses cálculos avaliam não apenas a quantidade de água economizada, mas também o impacto positivo na qualidade e na saúde das plantas, o que

se traduz em maiores rendimentos das colheitas.

#### 4.1 Sensor de Temperatura

Um termo resistência (RTD, do inglês Resistance Temperature Detector) é um instrumento que permite conhecer a temperatura do meio ambiente, recorrendo à relação entre a resistência elétrica de um material e a sua temperatura. A maior parte das termo resistências são feitas de platina, mas são também utilizados outros materiais, como por exemplo o níquel.

##### a) Descrição dos detalhes adicionais sobre cada tipo de entrada:

De acordo com cada tipo de entrada, existe um coeficiente de temperatura, banda de medida, contagem e resolução em medidas específicas, com o descrito na figura 28.

Figura 28: Detalhes para a temperatura

Tipo de Entrada	Coeficiente de Temperatura ( $\alpha$ )	Banda de Medida	Contagem	Resolução
400 $\Omega$	-	0 a 400 $\Omega$	0 a 4000	0,1 $\Omega$
4000 $\Omega$	-	0 a 4000 $\Omega$	0 a 4000	1 $\Omega$
Pt100E	0,00385	-200 a 850 $^{\circ}\text{C}$	-2000 a 8500	0,1 $^{\circ}\text{C}$
Pt1000E		-328 a 1562 $^{\circ}\text{F}$	-3280 a 15620	0,2 $^{\circ}\text{F}$
Pt100A	0,003916	-200 a 630 $^{\circ}\text{C}$	-2000 a 6300	0,1 $^{\circ}\text{C}$
Pt1000A		-328 a 1166 $^{\circ}\text{F}$	-3280 a 11660	0,2 $^{\circ}\text{F}$

Fonte: MU216000 Altus Sistemas de Automação (2023).

##### b) Cálculo para ler temperatura ambiente

A figura 29 mostra o cálculo realizado para a identificação da temperatura ambiente.

Figura 29: Lógica de leitura PT1000

Logica para ler a Temperatura ambiente



Fonte: Autor (2023)

#### 4.2 Sensor de Umidade

O sensor de Umidade foi feito para detectar as variações de umidade no solo, sendo que quando o solo está seco, a saída do sensor fica em estado alto, e quando úmido, em estado baixo. O limite entre seco e úmido pode ser ajustado através do potenciômetro presente no sensor que regulará a saída analógica A0.

A figura 30 explica quais os detalhes específicos para o sensor de umidade de acordo com a configuração, descrição, padrão e opções do dispositivo.

**Figura 30: Detalhes para o sensor de umidade**

Configuração	Descrição	Padrão	Opções
Tipo de Entrada	Seleciona o tipo de entrada	Não Configurado	Não Configurado Tensão 0 - 10 Vdc Corrente 0 - 20 mA Corrente 4 - 20 mA
Filtro Digital	Habilita/desabilita um filtro digital passa-baixa de primeira ordem para cada entrada	Desabilitado	Desabilitado  100 ms 1 s 10 s
Valor de Circuito Aberto	Define o valor quando em condição de circuito aberto (válido apenas para escala de 4 a 20 mA).	Desabilitado	Desabilitado  0 30000

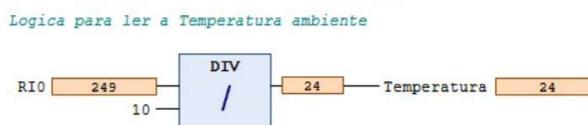
Fonte: MU216000 Altus Sistemas de Automação (2023)

O sensor de temperatura PT1000 fornece valores em resistência numa escala de 0 a 6300 ohms equivalente a temperatura de 0 a 630 °C.

O CLP realiza um cálculo que expressa o valor da temperatura vezes 10, ou seja, 20 graus é equivalente a 200 na escala de 0 a 6300, dividimos por 10 para ver o valor real da temperatura.

A figura 31 mostra o cálculo realizado para a leitura da temperatura, usando dados reais.

**Figura 31: Resultado da leitura temperatura ambiente**

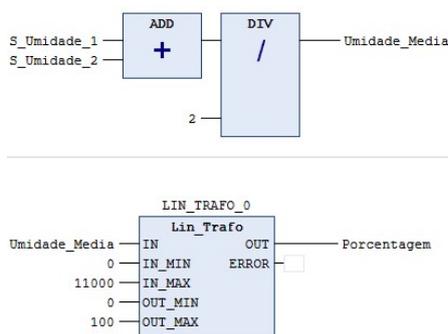


Fonte: Autor (2023)

#### a) Cálculo para ler umidade média do solo:

A figura 32 representa o cálculo para identificar a leitura da umidade média do solo.

**Figura 32: Lógica de leitura da umidade**

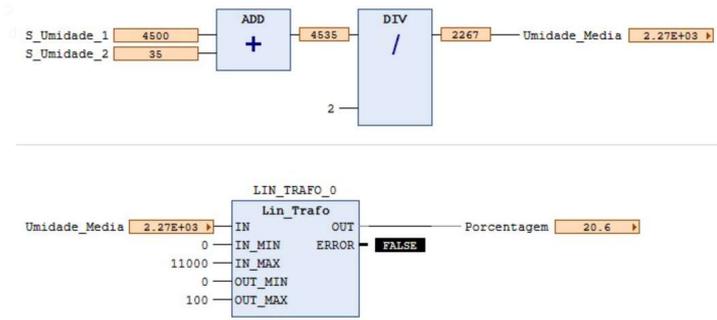


Fonte: Autor (2023)

O sensor de umidade fornece os valores em volts numa escala de 0 a 5V. Quando este sensor estiver conectado a uma entrada analógica do CLP, o valor equivalente ao mínimo da escala é 15000. O CLP possui uma faixa de 0 a 30000, que corresponde aos valores padrão de 0 a 10V.

Vejamos a imagem no qual estamos testando o sensor de umidade na figura 33.

Figura 33: Resultado da leitura de umidade



Fonte: Autor (2023)

### 4.3 Ganhos do sistema

#### a) Melhor Desenvolvimento das Raízes:

Com a segurança fornecida pelo sistema, as plantas desenvolvem sistemas de raízes mais saudáveis, uma vez que não precisam buscar água. Esse fator crucial resulta em plantas notavelmente mais robustas, tornando-as mais capazes de enfrentar condições adversas e desafios climáticos.

As plantas recebem uma quantidade adequada de água, promovendo um sistema radicular bem desenvolvido e profundo. Esse sistema radicular robusto é fundamental para o acesso às reservas de água e nutrientes no solo, tornando as plantas mais capazes de resistir a períodos de seca e às oscilações climáticas imprevisíveis.

Além disso, raízes saudáveis também desempenham um papel importante na absorção eficiente de nutrientes, o que contribui para o crescimento vigoroso e a produtividade das culturas. A redução do estresse hídrico, graças à segurança precisa, cria um ambiente ideal para o desenvolvimento das plantas, tornando-se mais robustas a fatores como estiagens, temperaturas extremas e variações climáticas sazonais.

Assim, o sistema promove diretamente o bem-estar das plantas, garantindo que elas possam enfrentar as adversidades do ambiente de maneira mais saudável e robusta. Esse benefício não apenas aumenta a produtividade das colheitas, mas também contribui para a sustentabilidade e resiliência a longo prazo da agricultura familiar.

#### b) Aumento na Produção de Culturas:

Para garantir que as plantas tenham as condições de crescimento ideais, o sistema demonstra um potencial específico para resultar em um aumento significativo na produção de culturas. A precisão precisa e personalizada desempenha um papel vital nesse processo, fornecendo água de forma adequada e oportuna, o que, por sua vez, promove o desenvolvimento saudável das plantas.

Plantas que recebem uma certa quantidade de água, com base nas informações fornecidas pelos sensores, tendem a apresentar um crescimento mais uniforme e uma maior taxa de sobrevivência. Isso se traduz em um aumento no rendimento das colheitas, uma vez que as plantas têm menos probabilidade de sofrer estresse hídrico ou deficiências de água que podem afetar os níveis de produção.

Além disso, a economia de água fornecida pelo sistema é uma vantagem importante para a rentabilidade do agricultor. O custo da água e da energia controlada pode ser substancial, e a capacidade de reduzir significativamente esses custos contribui para aumentar a margem de lucro. Com economia de água de até 30% e eficiência energética notável, o sistema reduz os custos operacionais, tornando o cultivo mais rentável para o agricultor familiar.

O sistema também oferece flexibilidade de controle externamente e indiretamente, o que é particularmente valioso para agricultores que podem estar ausentes ou precisam gerenciar várias áreas de cultivo. Essa facilidade de controle contribui para garantir que as plantas recebam a atenção necessária no momento certo, independentemente da localização do agricultor.

### **c) Personalização do Cultivo:**

A personalização do cultivo é uma característica. Graças à sua interface de usuário intuitiva, os agricultores têm a capacidade de configurar individualmente o tratamento para diferentes tipos de plantas. Essa funcionalidade oferece inúmeras vantagens, permitindo que diversas variedades de culturas prosperem no mesmo local, com atenção às suas necessidades específicas.

Por meio dessa personalização, os agricultores podem criar um ambiente de cultivo verdadeiramente adaptado às exigências de cada tipo de planta. Isso significa que plantas que exigem diferentes quantidades de água, espaçamento variado, ou diferentes níveis de umidade e temperatura podem coexistir em harmonia no mesmo local. Essa flexibilidade possibilita uma gestão eficaz de diferentes variedades de culturas, otimizando o uso da terra e dos recursos.

Além disso, a personalização do cultivo também permite que os agricultores diversifiquem suas atividades agrícolas, cultivando uma ampla gama de culturas em um único terreno. Isso não apenas contribui para a segurança alimentar da família, mas também pode abrir oportunidades para a comercialização de diferentes produtos agrícolas em mercados locais, aumentando a renda da agricultura familiar.

A capacidade de adaptar as configurações do sistema para atender a diferentes tipos de plantas reflete o compromisso do projeto com a eficiência e as especificações. A agricultura familiar, que muitas vezes lida com espaços limitados e recursos restritos, se beneficia enormemente desse nível de controle e personalização.

Em resumo, o sistema “Controle de Irrigação 4.0” não economiza apenas água e energia, mas também permite que os agricultores personalizem o cultivo de acordo com as necessidades específicas de diferentes variedades de plantas. Essa flexibilidade e adaptabilidade promovem a diversificação das atividades agrícolas, a otimização do uso da terra e a maximização dos recursos disponíveis, tornando-o uma ferramenta valiosa para a agricultura familiar.

### **d) Facilidade de Controle Remoto:**

A facilidade de controle remoto oferecida pelo sistema, é uma característica essencial que revoluciona a forma como os agricultores podem gerenciar suas plantações. A capacidade de controle via wireless não apenas simplifica o processo de monitoramento, mas também garante que as plantas recebam a atenção necessária, mesmo quando os agricultores não estão fisicamente presentes.

Essa capacidade de controle remoto é especialmente útil para agricultores familiares, que muitas vezes podem ter várias responsabilidades e não estar constantemente presentes em suas plantações. Com o sistema 4.0, eles podem monitorar e ajustar as configurações do sistema a partir de qualquer local, seja em casa, no trabalho ou até mesmo quando estão fora da cidade. Isso proporciona uma tranquilidade significativa, pois os agricultores podem estar seguros de que suas plantas estão recebendo a diretiva adequada, mesmo em sua ausência.

Além disso, a capacidade de controle remoto contribui para a eficiência operacional. Os agricultores respondem prontamente às mudanças nas condições climáticas ou nas necessidades de água das plantas, garantindo uma resposta imediata às situações que

requerem atenção. Isso resulta em um cultivo mais saudável e uma redução no desperdício de água e recursos.

A tecnologia wireless permite que os agricultores acessem o sistema por meio de dispositivos móveis, como smartphones e tablets, oferecendo uma interface amigável e de fácil utilização. Eles podem verificar o status do sistema, ajustar as configurações de supervisão e receber notificações em tempo real, garantindo o pleno controle sobre o processo de supervisão, independentemente de sua localização.

## 5. Considerações Finais

O desenvolvimento do projeto, nos mostrou o quão amplo é a área de irrigação. O controle dos processos voltados ao IoT, é uma área muito vasta e inclui diversos temas dentro da automação.

O projeto construído correspondeu aos requisitos propostos, quanto ao consumo de água, economia de energia, automação do sistema, controle do processo e, assim enviando a leitura de dados da sua plantação para a nuvem de maneira segura e inviolável e apresentando esses dados ao usuário, por exemplo, o nível de carga da bateria.

Diante dos testes realizados, com a utilização de mais sensores de umidade, foi realizado uma média da umidade da área que está sendo monitorada, podendo assim enviar os dados para o nosso CLP, para que ele realize o controle com maior exatidão.

A escolha do método de aspersão, foi para uma maneira de melhor visualização na hora da apresentação do projeto, porém o controle se aplica a qualquer tipo de sistema de irrigação que o agricultor pretender utilizar.

## 6. Referências Bibliográficas

RAMOS, Raul Fernandes de Queiroz. **Sistema de automação automático**. 2016. 210f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2016.

FRIZZONE, José. **Os métodos de segurança**. 2017. Dissertação Mestrado - Universidade Federal de São Paulo, 2017.

GEISENHOFF, LO et al. **Produtividade do brócolis-de-cabeça sob diferentes sistemas de segurança**. 2016. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - São Paulo, 2016.

MACEDO, ABM et al. **Desempenho de um sistema de supervisão automatizado através da tensão de água no solo**. Dissertação apresentada na Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, São Paulo, 2016.

AROUELLI, WA et al. **Eficiência econômica do manejo racional da flexibilidade em tomateiro para processamento industrial**. 2016. 150f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) - São Paulo, 2016.

VAELLO, DB **Sistema de irrigação doméstica e controle de irrigação agrícola**. 1995. Dissertação (Mestrado) patente. Estados Unidos.

SOUZA, ROR de M.; BOTREL, TA **Desenvolvimento e avaliação de um sistema de supervisão automatizado para áreas experimentais.** IRRIGA, [S. l.], v. 3, pág. 365–382, 2009.

Barbosa, Alex Bento, and Edson Aparecido Martins. "**Irrigação Automatizada para Pequenas Propriedades.**" Anais Sintagro 11.1 (2019).

Hugo T. dos Santos; **Cultivo de alface em solos com hidrogel utilizando irrigação automatizada.** Associação Brasileira de Engenharia Agrícola. 2015, p853.