



ENGENHARIA ELÉTRICA

IGGOR CUNHA ALFERINO

**PROPOSTA DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE IRRIGAÇÃO PARA CULTIVO DE
AÇAI**

Itaperuna

2021

IGGOR CUNHA ALFERINO

**PROPOSTA DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE IRRIGAÇÃO PARA CULTIVO DE
AÇAÍ**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial
para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Elétrica
ao Centro Universitário Redentor.

Orientador: Msc. Rafael Lima de Oliveira

Itaperuna

2021

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: IGGOR CUNHA ALFERINO

Título: PROPOSTA DE SISTEMA AUTOMATIZADO DE IRRIGAÇÃO PARA CULTIVO DE AÇAÍ

Natureza: Trabalho de Conclusão de Curso

Objetivo: Título de Bacharel em Engenharia Elétrica

Instituição: Centro Universitário Redentor

Área de Concentração: Engenharia Elétrica com ênfase em Automação

Aprovada em: ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof. MSc. Rafael Lima de Oliveira

Instituição: Centro Universitário Redentor

Prof. MSc. Jorge Matos da Silva Junior

Instituição: Centro Universitário Redentor

Prof. Esp. Leandro Soares Machado

Instituição: Centro Universitário Redentor

Prof.DSc. Frederico Muylaert Margem

Instituição: Centro Universitário Redentor

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde, sabedoria e força para superar todos os obstáculos, por ele ter guiado a minha vida a este momento tão especial, a Deus toda honra e toda glória.

Agradeço aos meus pais José dos Santos Ferreira Alferino e Delení de Fátima Cunha Alferino, por terem me educado, por acreditarem em meu potencial e por todo amor deles.

À minha namorada Mylena Bastos Rodrigues, por todo apoio recebido, por ter sido minha conselheira, por sempre me incentivar a seguir em frente.

Ao meu orientador Rafael Lima de Oliveira, por ter sido paciente, por todos os ensinamentos durante a graduação e por ter acreditado na realização deste projeto.

À todos aqueles que contribuíram de forma direta e indireta durante minha graduação.

Iggor Cunha Alferino

RESUMO

Atualmente onde a tecnologia se faz presente constantemente na vida e na sociedade em geral, na agricultura não é diferente, pois a escolha de investir em tecnologias de diversos tipos pode gerar resultados satisfatórios, gerando economia e maior produtividade. Diante disso o objetivo desse trabalho é de cunho acadêmico, de um curso de engenharia elétrica, com foco na parte da tecnologia, que mostra a interação da mesma com a agricultura, onde visa demonstrar um projeto de sistema de irrigação, para o cultivo de uma plantação de 1200 mudas de açaí, podendo assim auxiliar o produtor na atividade de irrigar o solo quando necessário. Fazendo isso de forma automatizada e com precisão, não deixando o solo com escassez nem excesso de água, sendo economicamente viável, socialmente responsável e ambientalmente sustentável. Tendo em vista a necessidade de irrigação, surge como uma alternativa a automatização deste sistema, sendo uma solução tecnológica e viável, concedendo ao agricultor diversas melhorias, como, menor uso de energia, economia de água, além de garantir uma maior precisão na irrigação. O protótipo será desenvolvido utilizando um módulo wireless ESP 8266-01, permitindo o seu microcontrolador ter acesso a uma rede wi-fi de forma rápida, a programação deste mesmo será feita através da plataforma IDE arduíno que processa e implementa linguagens C/C++, este modelo possui operação em lógica de 3,3V.

Portanto espera-se que o protótipo proposto funcione corretamente juntamente com o algoritmo a ser desenvolvido para implementação deste projeto, onde o sistema será controlado através da ESP01, que juntamente com o sensor de umidade que irá fazer a leitura da umidade do solo assim informando ao microcontrolador sobre a necessidade de irrigação e a havendo está necessidade o microcontrolador irá informar a válvula solenoide para sua atuação.

Palavras-chave: Irrigação, Automação, ESP01.

ABSTRACT

Nowadays, where technology is constantly present in life and in society in general, agriculture is no different, since the choice of investing in technologies of different types can generate satisfactory results, generating savings and greater productivity. In view of this, the objective of this work is of an academic nature, of an electrical engineering course, focusing on the technology part, which shows its interaction with agriculture, where it aims to demonstrate an irrigation system project, for the cultivation of an planting 1200 açai seedlings, thus being able to assist the producer in the activity of irrigating the soil when necessary. Doing this in an automated and precise way, leaving the soil with neither scarcity nor excess water, being economically viable, socially responsible and environmentally sustainable. In view of the need for irrigation, the automation of this system appears as an alternative, being a technological and viable solution, granting the farmer several improvements, such as less energy use, water savings, in addition to ensuring greater precision in irrigation. The prototype will be developed using an ESP 8266-01 wireless module, allowing your microcontroller to have access to a wi-fi network quickly, its programming will be done through the Arduino IDE platform that processes and implements C / C ++ languages, this model has 3.3V logic operation.

Therefore, it is expected that the proposed prototype works correctly together with the algorithm to be developed for the implementation of this project, where the system will be controlled through ESP01, which together with the humidity sensor that will make the reading of the soil moisture thus informing the microcontroller about the need for irrigation and if there is a need the microcontroller will inform the solenoid valve for its performance.

Keywords: Irrigation, Automation, ESP01.

LISTA DE QUADROS

Tabela 1: Quantitativo de materiais	41
---	----

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Automação residencial.....	14
Figura 2: Automação Industrial.....	15
Figura 3: Automação na agricultura.....	16
Figura 4: Diagrama simplificado de rede de um esquema de automação centralizada	17
Figura 5: Diagrama simplificado de rede de um esquema de automação distribuída	18
Figura 6: Irrigação por superfície	19
Figura 7: Irrigação por aspersão	20
Figura 8: Irrigação localizada.....	21
Figura 9:Subirrigação.....	22
Figura 10: Fatores que Afetam a Seleção do Método de Irrigação.....	22
Figura 11: Arduino UNO	24
Figura 12: ESP8266.....	24
Figura 13: NodeMCU-32S.....	25
Figura 14: Pinagem ESP01.....	29
Figura 15: Sensor de umidade de solo.....	30
Figura 16: Válvula solenoide.....	32
Figura 17: Módulo relé	32
Figura 18: Instalação da Plataforma de desenvolvimento.....	33
Figura 19: Inserindo o Link para instalação	34
Figura 20: Gerenciador de Placas	34
Figura 21: Aplicativo Blynk.....	35
Figura 22:Tela Blynk	35
Figura 23: Criando novo Projeto	36
Figura 24: Token Blynk.....	36
Figura 25: Configuração Acionamento do Relé	37
Figura 26: Configuração Notificações.....	37
Figura 27: Tela do Aplicativo	38
Figura 28: Programação parte 1	38
Figura 29: Programação parte 2	39
Figura 30: Programação parte final	39
Figura 31: Esquemático Fritizing.....	40
Figura 32: Protótipo montado	40
Figura 33: Teste do Protótipo	42
Figura 34: Notificação Blynk	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IDE – Integrated Development Environment

IOT- Internet of Things

LED - Light Emiting Diode

Wi-Fi – Wireless Fidelity

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo Geral	13
1.2 Objetivos Específicos	13
1.3 Justificativa	13
2. METODOLOGIA	14
2.1 Automação Residencial.....	14
2.2 Automação Industrial	15
2.3 Automação na Agricultura	15
2.4 Tipos de Automação	16
2.4.1 Automação Centralizada	17
2.4.2 Automação Descentralizada	17
2.4.3 Automação Distribuída	18
2.5 Principais sistemas de irrigação	18
2.5.1 Irrigação por Superfície	19
2.5.2 Irrigação por Aspersão	19
2.5.3 Irrigação Localizada	20
2.5.4 Subirrigação.....	21
2.5.5 Seleção do Método de Irrigação	22
2.6 Placas de desenvolvimento e microcontroladores.....	23
2.6.1 Arduino.....	23
2.6.2 ESP8266.....	24
2.6.3 ESP32.....	25
2.6.4 Banco de dados Firebase	25
2.7 Ambiente de desenvolvimento (IDE)	28
2.8 Protótipo e materiais específicos.....	29
2.8.1 Sensor de umidade de solo.....	30
2.8.2 Válvula Solenoide.....	31
2.8.3 Módulo Relé.....	32
3. DESENVOLVIMENTO.....	33
3.1 Configuração da IDE do Arduino	33
3.2 Configuração do Blynk	34
3.3 Programação da ESP01.....	38
3.4 Protótipo e Testes	39

3.5 Orçamento	41
4. RESULTADOS.....	42
5. CONCLUSÃO	43
6. TRABALHOS FUTUROS.....	44
REFERENCIAS BIBIOGRAFICAS	45

1. INTRODUÇÃO

Atualmente é praticamente impossível imaginar uma área que não necessita de um apoio tecnológico. A escolha de não investir em tecnologia gera um grande risco de ficar estacionado no tempo e não evoluir. Na agricultura não poderia ser diferente, para evoluir e obter bons resultados os agricultores começaram a investir e utilizar a tecnologia a seu favor (Barbosa, 2013).

Entre os sistemas de grande importância, se destaca a irrigação, capaz de fornecer um elemento imprescindível para as plantas (Guimarães, 2011). Embora a irrigação seja uma técnica antiga, há muito tempo vem sendo utilizada para aumentar a produtividade de diversas culturas. O uso da irrigação diminui o risco dos agricultores no que se refere as colheitas a serem alcançadas, impedindo que ocorram risco financeiro. A irrigação é uma prática que além de incrementar a produtividade, pode proporcionar uma colheita diferenciada, com qualidade superior e perspectiva de bons preços no mercado (Souza, 2001).

A irrigação pode ajudar muito os agricultores, porém, os riscos da adoção de uma agricultura irrigada devem ser minimamente estudados e avaliados, objetivando sempre que os rendimentos sejam maiores que os custos para manter tal sistema. O custo da irrigação pode ser previsto por meio de uma avaliação econômica, no qual estima-se todas as despesas e possíveis retornos anuais. O resultado dessa avaliação econômica dirá se é interessante ou não a implantação de um sistema de irrigação (Souza, 2001).

É importante salientar que para cada tipo de cultura é necessário um estudo minucioso, pois cada tipo de planta exige um nível de umidade, podendo também variar dependendo do tipo de solo e outros fatores relevantes.

Entretanto, o objetivo desse trabalho é de cunho acadêmico, de um curso de engenharia elétrica, com foco na parte da tecnologia, que mostra a interação da mesma com a agricultura, onde visa demonstrar um projeto de sistema de irrigação, para o cultivo de uma planta de 1200 mudas de açaí, podendo assim auxiliar o produtor na atividade de irrigar o solo quando necessário. Fazendo isso de forma automatizada e com precisão, não deixando o solo com escassez nem excesso de água, sendo economicamente viável, socialmente responsável e ambientalmente sustentável.

1.1 Objetivo Geral

A proposta deste trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de um sistema de irrigação automático, para o cultivo de açaí, buscando uma melhor interação da agricultura com a tecnologia, somando ao agricultor alguns benefícios como: praticidade, economia e eficiência.

1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um algoritmo de controle do sistema de irrigação.
- Implementar e instalar a central controladora do sistema de irrigação.
- Analisar e definir a bateria adequada para os sensores.
- Desenvolver um invólucro de proteção para o circuito dos sensores de umidade.
- Projetar e instalar os componentes da automação.
- Apresentar um orçamento do projeto.

1.3 Justificativa

O presente estudo parte da necessidade da irrigação do açaí, uma planta nativa da região amazônica que cresce em áreas alagadiças, o que a torna uma planta exigente em água.

Hoje com o avanço das pesquisas, e com melhoramento genético surgiram novas variedades do açaizeiro, das quais são cultivadas em áreas de terra firme sobre o regime de irrigação garantindo maior produtividade.

Tendo em vista a necessidade de irrigação, surge como uma alternativa a automatização deste sistema, sendo uma solução tecnológica e viável, concedendo ao agricultor diversas melhorias, como, menor uso de energia, economia de água, além de garantir uma maior precisão na irrigação.

2. METODOLOGIA

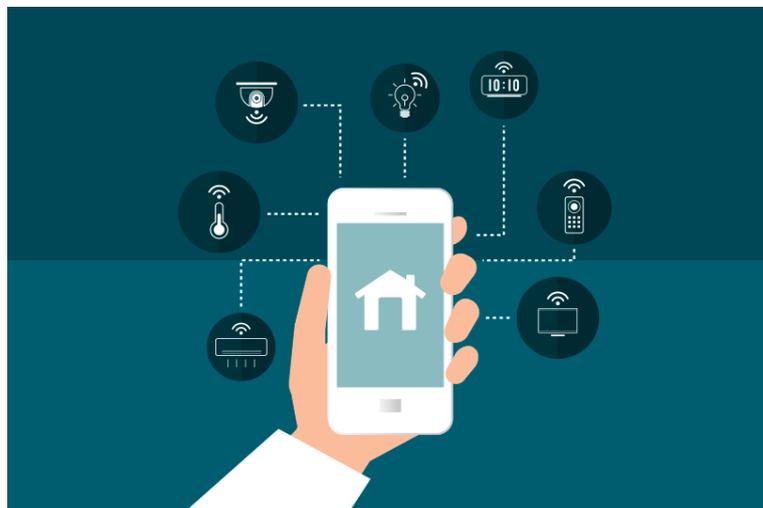
Há muitos anos o interesse pela automação vem crescendo, e o setor elétrico tem acompanhado o desenvolvimento desse sistema. A automação deve atender o profissional e ter requisitos que garantem sua funcionalidade durante a operação das atividades, deve ser confiável, eficiente e seguro. A automação deve atender todos os critérios e requisitos do processo durante seu funcionamento (Mendes,2009).

Segundo o relatório da consultoria estadunidense Market&Market o mercado de irrigação automatizada deve crescer 18,5% ao ano. O estudo mostra que os produtores estão se conscientizando cada vez mais quanto aos benefícios da tecnologia e sobre os incentivos governamentais relacionados ao uso racional da água como o principal fator de crescimento de sua produção (Duarte,2020).

2.1 Automação Residencial

A automação residencial, conforme apresentado na Figura 1, é o conjunto de serviços proporcionados por sistemas tecnológicos integrados com o objetivo de satisfazer as necessidades básicas de segurança, comunicação, gestão energética e conforto de uma habitação (MURATORI,2011). O que define a instalação residencial automatizada é a integração entre os sistemas aliado à capacidade de executar funções e comandos mediante instruções programáveis.

Figura 1: Automação residencial



Fonte: Onix Security,2018.

2.2 Automação Industrial

A automação industrial, mostrado na Figura 2, começou por volta da segunda metade do século XVIII, na Inglaterra. Os primeiros sistemas de automação foram idealizados no fim do século XIX quando o mundo presenciava a revolução industrial. O principal objetivo é ter uma maior autonomia nos processos de fabricação, e reduzir o tempo de produção de diversas mercadorias. Suas principais vantagens são redução de custos, segurança, controle de produção, qualidade, tempo de produção e flexibilidade. Contudo, sistemas mecânicos e eletrônicos mais simples ainda não foram abandonados, pois existem processos em que a mão de obra humana se faz fundamental à qualidade do produto.

Figura 2: Automação Industrial



Fonte: Fluxo consultoria,2019.

2.3 Automação na Agricultura

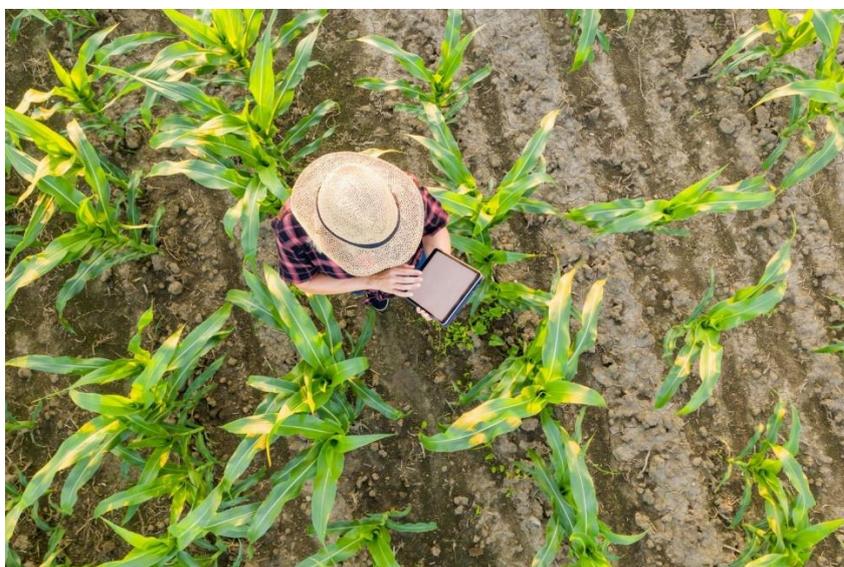
De acordo com a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), a automação agrícola pode ser entendida como um sistema no qual os processos operacionais de produção agrícola, pecuária e/ou florestal são monitorados, controlados e executados por meio de máquinas e ou dispositivos mecânicos, eletrônicos ou computacionais, ampliando assim a capacidade de trabalho humano (Hexagon,2021).

Dentre todas as atividades realizadas pelo agricultor, muitas não utilizam meios mecânicos (sistemas e/ou máquinas) automatizados nos processos de irrigação, cultivo, entre outros, e decidem manejar por meio da mão de obra humana, devido ao alto custo de implementação dos sistemas ou temem a tecnologia pelo fato de não possuírem conhecimento e orientação técnica (CUNHA,2015).

Contudo, o uso de um sistema automatizado possibilita controlar a aplicação correta da água, energia, além de controlar as operações de cultivo, irrigação, e na análise de questões que podem interferir na produtividade, desse modo, diminui-se as perdas e ocorrem melhorias como, aumento da produtividade, redução de erros, e aumento da qualidade (ALVARENGA, 2014).

A Figura 3 representa a utilização da Automação na agricultura.

Figura 3: Automação na agricultura



Fonte: Forbes Tech,2021.

2.4 Tipos de Automação

Os conceitos de automação desempenham um papel fundamental e importante na atualidade, alinhado à proteção e flexibilidade do ambiente. A decisão por um conceito ou outro depende da complexidade e da necessidade de um controle especial. No entanto, existem tipos de automação, entre esses tipos estão a automação centralizada, descentralizada e distribuída. Deste modo, cada um desses

conceitos envolve vantagens e desvantagens, e pode ser aplicado em diversas áreas e atividades.

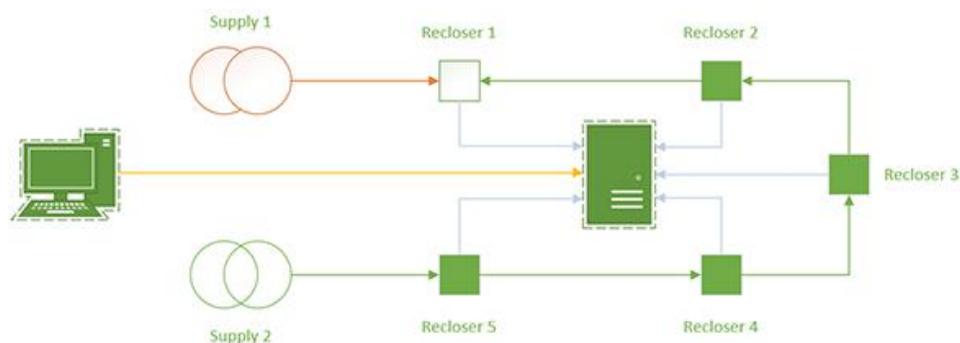
2.4.1 Automação Centralizada

O sistema de automação centralizada é aquele em que o sistema de automação possui todos os dispositivos e recursos concentrados em um único ponto. Um exemplo de automação centralizada são, todos os relés, triacs e sistema de controle estão em um quadro de força em um lugar da casa, e os condutores que vão para as lâmpadas, motores, interruptores e outros saem dessa caixa de força para controlar a casa. Outro exemplo é na agricultura, os primeiros conceitos de automação ainda estão em pleno desenvolvimento. Isso inclui a máquina de ordenha como um conceito de automação centralizado clássico bem estabelecido e também métodos mais inteligentes para resolver diversos problemas da área, como a irrigação de lavouras.

As vantagens da automação centralizada são: Custo relativo dos equipamentos mais baixo, fácil manutenção, pois tudo está em um único lugar, fácil implementação. Porém existem algumas desvantagens, como: requer modificação no sistema elétrico, a instalação requer mão de obra para efetuar a reforma (as vezes o custo não compensa a economia com os equipamentos), em caso de falha no sistema de automação, toda a residência sofre falhas (MOREIRA,2013).

A Figura 4 mostra um diagrama simplificado de um esquema de automação centralizada.

Figura 4: Diagrama simplificado de rede de um esquema de automação centralizada



Fonte: Noja Power,2019.

2.4.2 Automação Descentralizada

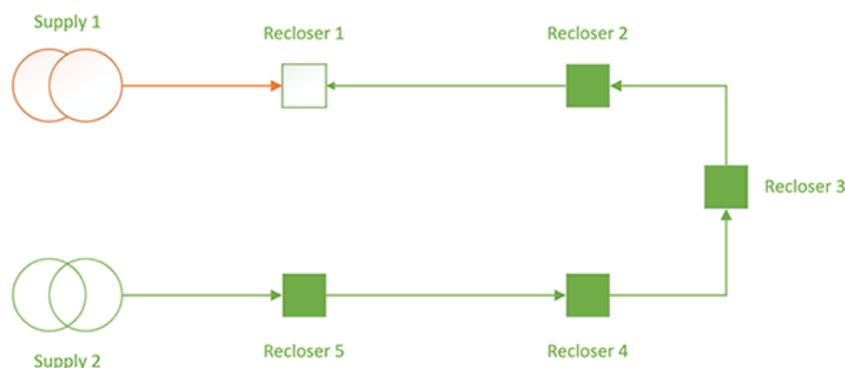
A automação descentralizada significa “inteligência distribuída”, pois diversos controles distribuídos assumem a grande parte do processamento de tal função, garantindo maior velocidade de processamento. Por esse motivo, os conceitos de automação descentralizada costumam ser mais adequados para automação de máquinas com diversas funções de acionamento (Omega7 Systems,2019).

2.4.3 Automação Distribuída

O Sistema de automação distribuída são aqueles onde o sistema se distribui por toda a casa: os atuadores, sensores e controladores estão distribuídos pela residência, geralmente, interligados por uma rede de comunicação, como Z-Wave, ZigBee, RS485 ou Ethernet. Um exemplo disso são vários interruptores inteligentes que são distribuídos pela casa e em uma rede Z-Wave, todos se comunicam entre si através de ondas de rádio. Uma de suas vantagens são: a instalação pode ser feita pelo próprio usuário, pode usar o sistema elétrico já existente na casa, sistema mais confiável, em caso de falha de um dos componentes. Já suas desvantagens é o maior custo, pois cada dispositivo deve ter inteligência embutida em forma de um sistema microprocessado, dificuldade de manutenção, já que vários dispositivos precisam ser configurados (MOREIRA ,2013).

A Figura 5 mostra um diagrama simplificado de uma automação distribuída.

Figura 5: Diagrama simplificado de rede de um esquema de automação distribuída



Fonte: Noja Power,2019.

2.5 Principais sistemas de irrigação

Os métodos de irrigação é a forma pela qual a água pode ser aplicada às culturas. São quatro os métodos de irrigação: superfície, aspersão, localizada e subirrigação. Para cada método, há dois ou mais sistemas de irrigação que podem

ser empregados. 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 (ANDRADE,2006).

2.5.1 Irrigação por Superfície

No método de irrigação por superfície como mostrado na Figura 6, a distribuição da água se dá por gravidade através da superfície do solo.

- As principais vantagens do método de superfície são: menor custo fixo e operacional, requer equipamentos simples, não sofre efeito de vento, menor consumo de energia quando comparado com aspersão, não interfere nos tratos culturais, permite a utilização de água com sólidos em suspensão.
- Suas principais limitações são: dependência de condições topográficas, requer sistematização do terreno, o dimensionamento envolve ensaios de campo, o manejo das irrigações é mais complexo, requer frequentes reavaliações de campo para assegurar bom desempenho, se mal planejado e mal manejado, pode apresentar baixa eficiência de distribuição de água, desperta pequeno interesse comercial, em função de utilizar poucos equipamentos (ANDRADE,2006).

Figura 6: Irrigação por superfície



Fonte: Alavoura,2014.

2.5.2 Irrigação por Aspersão

No método da aspersão, jatos de água lançados ao ar caem sobre a cultura na forma de chuva, igual mostrado na Figura 7.

- As principais vantagens dos sistemas de irrigação por aspersão são: facilidade de adaptação às diversas condições de solo e topografia, apresenta potencialmente maior eficiência de distribuição de água, quando comparado com o método de superfície, pode ser totalmente automatizado, pode ser transportado para outras áreas, as tubulações podem ser desmontadas e removidas da área, o que facilita o tráfego de máquinas.
- Suas principais limitações são: os custos de instalação e operação são mais elevados que os do método por superfície, pode sofrer influência das condições climáticas, como vento e umidade relativa, a irrigação com água salina, ou sujeita a precipitação de sedimentos, pode reduzir a vida útil do equipamento e causar danos a algumas culturas, pode favorecer o aparecimento de doenças em algumas culturas e interferir com tratamentos fitossanitários, pode favorecer a disseminação de doenças cujo veículo é a água (ANDRADE,2006).

Figura 7: Irrigação por aspersão



Fonte: Campezza.

2.5.3 Irrigação Localizada

No método da irrigação localizada a água é, em geral, aplicada em apenas uma fração do sistema radicular das plantas, empregando-se emissores pontuais (gotejadores), lineares (tubo poroso ou "tripa") ou superficiais (microaspersores). A proporção da área molhada varia de 20% a 80% da área total, o que pode resultar em

economia de água. O teor de umidade do solo pode ser mantido alto, através de irrigações frequentes e em pequenas quantidades, beneficiando culturas que respondem a essa condição, como é o caso da produção de milho verde. O custo inicial é relativamente alto, tanto mais alto quanto menor for o espaçamento entre linhas laterais, sendo recomendado para situações especiais como pesquisa, produção de sementes e de milho verde. É um método que permite automação total, o que requer menor emprego de mão de obra na operação (ANDRADE,2006).

Os principais sistemas de irrigação localizada são o gotejamento, a microaspersão e o gotejamento subsuperficial.

A figura 8 exemplifica bem como funciona uma irrigação localizada.

Figura 8: Irrigação localizada

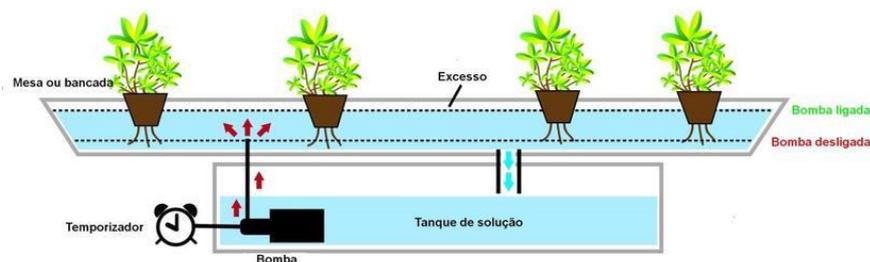


Fonte: Agroclique,2017.

2.5.4 Subirrigação

Com a subirrigação (Figura 9), o lençol freático é mantido a uma certa profundidade, capaz de permitir um fluxo de água adequado à zona radicular da cultura. Geralmente, está associado a um sistema de drenagem subsuperficial. Havendo condições satisfatórias, pode-se constituir no método de menor custo (ANDRADE,2006).

Figura 9:Subirrigação



Fonte: Researchgate.

2.5.5 Seleção do Método de Irrigação

O primeiro passo no processo de seleção do sistema de irrigação mais adequado para uma certa situação consiste em selecionar antes o método de irrigação. Vários fatores podem afetar a seleção do método de irrigação. Os principais são sumarizados na Figura 10, juntamente com outros fatores importantes(ANDRADE,2006).

Figura 10: Fatores que Afetam a Seleção do Método de Irrigação

Método	Fatores			
	Declividade	Taxa de Infiltração	Sensibilidade da Cultura ao Molhamento	Efeito do Vento
Superfície	Área deve ser plana ou nivelada artificialmente a um limite de 1%. Maiores declividades podem ser empregadas tomando-se cuidados no dimensionamento.	Não recomendado para solos com taxa de infiltração acima de 60 mm/h ou com taxa de infiltração muito baixa	Adaptável à cultura do milho, especialmente o sistema de sulcos.	Não é problema para o sistema de sulcos.
Aspersão	Adaptável a diversas condições	Adaptável às mais diversas condições	Pode propiciar o desenvolvimento de doenças foliares	Pode afetar a uniformidade de distribuição e a eficiência
Localizada	Adaptável às mais diversas condições.	Todo tipo. Pode ser usado em casos extremos, como solos muito arenosos ou muito pesados.	Menor efeito de doenças que a aspersão. Permite umedecimento de apenas parte da área.	Nenhum efeito no caso de gotejamento
Subirrigação	Área deve ser plana ou nivelada.	O solo deve ter uma camada impermeável abaixo da zona das raízes, ou lençol freático alto que possa ser controlado.	Adaptável à cultura do milho desde que o solo não fique encharcado o tempo todo. Pode prejudicar a germinação.	Não tem efeito.

Fonte: Adaptado de Turner (1971) e Gurovich (1985).

2.6 Placas de desenvolvimento e microcontroladores

Um microcontrolador é um circuito que integra diversas ferramentas, como sensores, LEDs, botões, dentre outras coisas. Através da programação, é possível realizar uma infinidade de atividades de automação integradas com o computador e até mesmo com a internet. Diante de diversas funções, o uso de microcontroladores pode ser visto como um a técnica que exige conhecimento técnico, mas principalmente criatividade e inteligência de negócio para gerar bons resultados (ENETEC,ONLINE).

Já as plataformas de desenvolvimento são placas com microcontroladores para prototipagem e produção de soluções de IoT. Trata-se de dispositivos que recebem informações e permitem a intercomunicação de objetos do mundo real com objetos do mundo virtual, para que possam ser analisadas por outros componentes, possibilitando o desenvolvimento de sistemas inteligentes (NOVELINO et al.,2020).

2.6.1 Arduino

O Arduino é uma plataforma que foi criada para promover a interação física entre o ambiente e o computador utilizando dispositivos eletrônicos de forma simples e baseada em softwares e hardwares livres.

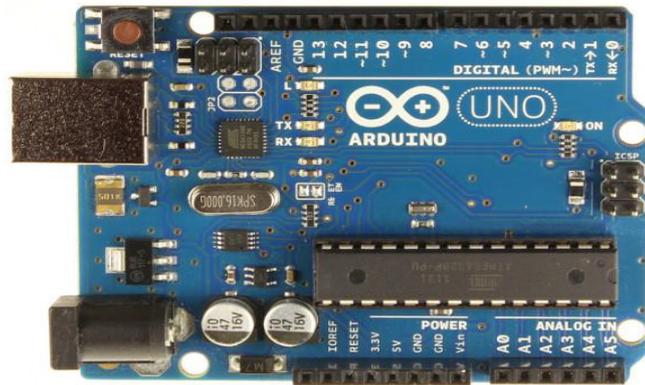
Resumidamente, a plataforma consiste em uma placa de circuitos com entradas e saídas para um microcontrolador AVR, um ambiente de desenvolvimento e o *bootloader* que já vem gravado no microcontrolador.

O microcontrolador é constituído de um microprocessador, memória e periféricos de entrada/saída e pode ser programado para funções específicas, como, por exemplo, o controle de máquinas e diferentes automações.

Existem outras plataformas construídas para microcontroladores, mas o Arduino tem se destacado no cenário mundial pela facilidade de programação, versatilidade e baixo custo. Mesmo para os que desejam interações de alto nível, o Arduino tem atendido às expectativas (CAVALCANTE et al.,2011).

Na Figura 11 pode-se observar um modelo do Arduino.

Figura 11: Arduino UNO



Fonte: www.arduino.cc.

2.6.2 ESP8266

O ESP8266 (Figura 12), é um microcontrolador que revolucionou o movimento maker por seu baixo custo, ele possui um sistema de comunicação com Wi-Fi próprio, possibilitando a conexão de diversos dispositivos a internet. Para facilitar o uso desse chip vários fabricantes criaram módulos e placas de desenvolvimento (BAUERMEISTER,ONLINE).

Figura 12: ESP8266



Fonte: Filipeflop,ONLINE.

2.6.3 ESP32

O ESP32, desenvolvido pela Espressif Systems, é visto como um sucessor do ESP8266, possui Wi-Fi e Bluetooth integrado. Vários erros que aconteciam com o ESP8266 foram corrigidos, por exemplo as tarefas de background, interrupções vield e watchdogs. Ele possui diversos sensores, além de um processador principal e um auxiliar. Para sua programação pode-se utilizar a IDE do Arduino ou diversos softwares que utilizarem a linguagem de programação C. A placa de desenvolvimento NodeMCU-32S, apresentada na Figura 13 se tornou um componente muito utilizado devido ao seu baixo custo e a possibilidade de utilização em baixa tensão (FONSECA & MENDOÇA, 2018).

Figura 13: NodeMCU-32S



Fonte: Filipeflop, ONLINE.

2.6.4 Banco de dados Firebase

O mercado de desenvolvimento mobile está em pleno vapor, e o aumento do uso de smartphones incentiva ainda mais o uso de ferramentas que possibilitam respostas cada vez mais rápidas para as demandas dos usuários e da própria tecnologia.

E foi exatamente para isso que o Firebase foi criado e adquirido pelo Google em 2014, possibilitando rapidez na criação de aplicativos, monitoramento com confiança e engajamento de usuários. O Firebase é a plataforma que possibilita

melhor desenvolvimento de aplicativos móveis do Google que ajuda a criar, melhorar e expandir determinado aplicativo. Neste sentido o Firebase fornece uma variedade de ferramentas e serviços para ajudar a desenvolver aplicativos de qualidade, aumentar sua base de usuários e ser mais lucrativo. Toda base do Firebase é construída na infraestrutura do Google, sendo categorizado como um programa de banco de dados NoSQL, que armazena dados em documentos do tipo JSON(SILVA,2021,online).

O Firebase oferece diversos serviços que podem ser utilizados, eles são separados por 4 grandes categorias, sendo elas Analytics, Develop, Grow e Earn.

- **Analytics**

Ele possibilita a análise em tempo real sobre o comportamento dos usuários em seus Apps, além de disponibilizar dados sobre falhas, compras no aplicativo, desempenho de links diretos entre outros. Atualmente só tem suporte apenas para Android, IOS, C++ e Unity(ORLANDI,2019,online).

- **Develop**

Segundo Novelino et al,(2020), tem a função de poupar tempo e fornecer um aplicativo de alta qualidade, tal plataforma contém vários recursos para os desenvolvedores, são eles:

- **Authentication:** Esse recurso de autenticação é fundamental para as aplicações onde é necessário saber a identidade do usuário e manter o controle do acesso ao app, é possível utilizar provedores de identidades federais para autenticação como as contas do Google, Facebook, Twitter e GitHub.
- **Realtime Database:** É um banco de dados NoSQL (Firebase Realtime Databse) hospedado em nuvem, onde os dados são armazenados como JSON e sincronizados em tempo real com todos os clientes conectados.
- **Storage:** É útil para armazenar arquivos como imagens, vídeos e áudio, além de outros conteúdos gerados por usuários.
- **Hosting:** Serve para hospedar HTML, CSS e JavaScript para seu site, além de outros ativos fornecidos pelo desenvolvedor, como gráficos, fontes e ícones. Além de fornecer certificado SSL.
- **Cloud Functions:** permite escrever código JavaScript ou TypeScript, usando o ambiente Node.js, para executar funções em resposta a eventos

desencadeados por recursos do Firebase, do Google Cloud ou por outros provedores de eventos.

- **Machine Learning:** é um serviço que fornece a tecnologia de machine learning (aprendizado de máquina, em português) do Google para aplicativos móveis. Ele oferece APIs básicas prontas para uso: reconhecimento de texto, detecção facial, leitura de código de barras, identificação de imagens e reconhecimento de pontos de referência.

- **Grow**

Segundo Novelino et al,(2020), o Firebase também disponibiliza recursos voltados ao envolvimento e conquista dos usuários para a aplicação, através de produtos do segmento GROW “crescer”:

- **Predictions:** usa a tecnologia do machine learning nos relatórios feitos pelo Google Analytics para fazer previsões inteligentes sobre categorias de usuários como base no comportamento no aplicativo.
- **A/B Testing:** é um recurso que possibilita aos desenvolvedores configurar e realizar testes nos aplicativos, com o objetivo de otimizar as decisões sobre alterações no produto.
- **Cloud Messaging:** o Firebase Cloud Messaging (FCM) oferece infraestrutura para o envio de mensagens e notificações relevantes aos usuários de aplicativos da web ou móveis. O envio é gratuito e pode ser realizado aos membros de um grupo público ou apenas segmentos de usuários.
- **Remote Config:** Armazena pares de chave-valor especificados pelo desenvolvedor que permite alterar o comportamento e a aparência do aplicativo sem exigir que os usuários baixem uma atualização do app.
- **Dynamic Links:** gera links dinâmicos que oferecem uma experiência personalizada aos usuários de aplicativos iOS, Android e Web. Com esse recurso, é possível habilitar conversões de aplicações nativas, compartilhamento entre os usuários e campanhas de marketing.
- **AdMob:** é uma plataforma do Google que pode ser usada junto com o Firebase para exibir anúncios aos usuários de aplicativos móveis e gerar receita com o

produto. Fornece, também, informações e análises avançadas de uso do aplicativo para otimizar a estratégia de monetização.

- **Earn**

Segundo Novelino et al, (2020), os produtos que integram a categoria de qualidade (Earn) oferecem informações sobre a estabilidade e o desempenho do aplicativo. São eles:

- **Crashlytics:** é uma ferramenta de relatórios de erros que ajuda a solucionar os problemas do aplicativo, com o objetivo de otimizar o tempo dos desenvolvedores por meio da oferta de itens claros e gerenciáveis.
- **Performance:** mede o tempo de inicialização do aplicativo e monitora as solicitações HTTP para fornecer o diagnóstico sobre problemas de desempenho do aplicativo dos usuários.
- **Test Lab:** Fornece toda infraestrutura em nuvem que você precisa para testar seus aplicativos e mesmo que você não tenha escrito o código de teste para o app, o Test Lab pode operar no seu aplicativo automaticamente em busca de falhas.
- **App Distribution:** é um recurso que admite enviar versões de pré-lançamento de aplicativo por meio do console do Firebase ou de ferramentas de linha de comando.

2.7 Ambiente de desenvolvimento (IDE)

De acordo com Sebesta (2000, p. 46), IDE pode ser identificado como um ambiente de desenvolvimento integrado que reúne características e ferramentas que dão apoio ao desenvolvimento de software, com o objetivo de agilizar o processo. Geralmente, IDE apresenta a técnica RAD (do inglês Rapid Application Development), que consiste em permitir que os desenvolvedores tenham um aproveitamento maior, desenvolvendo códigos com mais rapidez e facilidade. É integrado porque envolve pelo menos, editor, compilador e depurador.

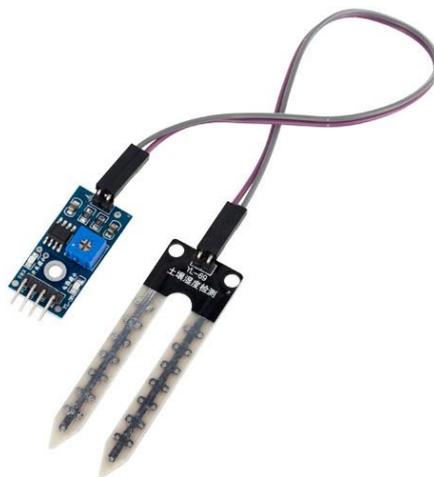
Os ambientes de desenvolvimento integrado ajudam os desenvolvedores a programar novas aplicações de forma rápida, os desenvolvedores também não precisam passar horas aprendendo a usar cada uma das diferentes ferramentas, porque cada utilitário está localizado no mesmo workbench. O objetivo da maior parte

- CH_PD: Sinal de habilitação do chip (chip enable), usado para gravação de firmware ou atualização. Deve ser mantido em nível ALTO para operação normal;
- GPIO0: Pode ser controlado pelo firmware, e deve ser colocado em nível baixo (GND) para modo update, ou em nível alto para operação normal;
- GPIO2: I/O que pode ser controlada pelo firmware;
- LED: Quando está ligado, fica aceso em cor Vermelha, e aciona a cor Azul para indicar atividade. Pisca uma vez para indicar momento de boot.

Além da ESP 8266-01, a automação é composta por outros elementos, como módulo sensor de umidade de solo, válvula solenoide e módulo relé.

2.8.1 Sensor de umidade de solo

Figura 15: Sensor de umidade de solo



Fonte: Filipeflop(Online).

Este sensor mostrado na Figura 15 é ideal para fazer a leitura da umidade do solo onde estiver instalado e informar ao microcontrolador como um Arduino. A partir daí podendo programar o microcontrolador para fazer qualquer função, como abrir uma válvula para fazer a irrigação de plantas em um jardim por exemplo. Quando o solo está seco a saída do sensor fica em estado alto / nível lógico 1, e quando o solo

está úmido a saída do sensor fica em estado baixo / nível lógico 0 (BAU DA ELETRÔNICA,ONLINE).

O limite entre seco e úmido pode ser ajustado através do potenciômetro presente no sensor que ajustará o ponto exato em que a saída digital D0 alternará seu estado / nível lógico. Uma opção para se ter uma resolução melhor é utilizar a saída analógica A0 e conectar a um conversor AD ou entrada analógica como um presente em placas Arduino (BAU DA ELETRÔNICA,ONLINE).

Este sensor utiliza duas pontas de prova para passar a corrente pelo solo e sua leitura é baseada na resistência elétrica resultante. Quanto mais água no solo, mais baixa é a resistência do solo e mais fácil fica a condução entre as pontas de prova. Quando o solo está seco, a condutividade é baixa, logo a resistência é alta (BAU DA ELETRÔNICA,ONLINE).

O sensor possui as seguintes características:

- Tensão de Operação: 3, 3 – 5v
- Sensibilidade ajustável via potenciômetro
- Saída Digital e Analógica
- Fácil instalação
- Led indicador para tensão (vermelho)
- Led indicador para saída digital (verde)
- Comparador LM393

2.8.2 Válvula Solenoide

A válvula solenoide é um equipamento para muitas utilizações e pode ser aproveitado em diversas áreas. A válvula solenoide nada mais é do que uma válvula eletromecânica controlada, formada por duas partes principais: corpo da válvula e bobina solenoide. O Corpo da válvula solenoide é composto, além do corpo, pela tampa, mola e diafragma. Ele tem a função mecânica no conjunto válvula Solenoide.

A válvula solenoide possui uma bobina que é formada por um fio enrolado através de um cilindro. Quando uma corrente elétrica passa por este fio, ela gera uma força no centro da bobina solenoide, fazendo com que o êmbolo da válvula seja acionado, criando assim o sistema de abertura e fechamento (INDUSTRIAIS,ONLINE).

A Figura 16 demonstra um exemplo de válvula solenoide.

Figura 16: Válvula solenoide



Fonte: Mercado livre, online.

2.8.3 Módulo Relé

Os relés (Figura 17), são componentes eletromecânicos capazes de controlar circuitos externos de grandes correntes a partir de pequenas correntes ou tensões. Os relés funcionam da seguinte forma: quando uma corrente circula pela bobina, ela cria um campo magnético que atrai um ou uma série de contatos fechando ou abrindo circuitos. Ao interromper essa corrente o campo magnético também será interrompido, fazendo com que os contatos voltem para a posição original. Os relés podem ter algumas configurações referentes aos seus contatos: eles podem ser NA (normalmente aberto), NF (normalmente fechado) ou ambos.

Figura 17: Módulo relé



Fonte: Filipeflop(online).

3. DESENVOLVIMENTO

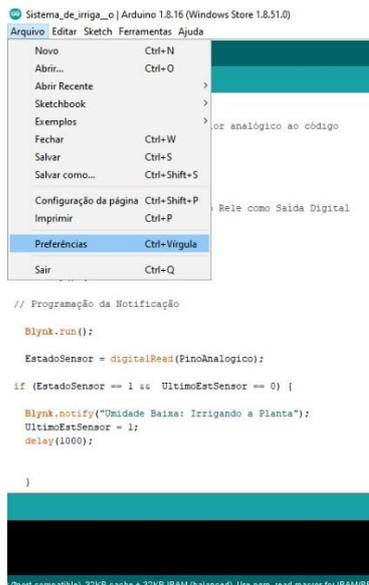
Após todo o embasamento teórico descrito acima iniciou-se a elaboração prática do projeto que foi realizada através de várias etapas, como: configuração da IDE do Arduino, programação dos códigos, ligações e testes de todos os componentes utilizados, conexão dos dados à plataforma de desenvolvimento Blynk, e a montagem de um protótipo a fim de demonstrar o funcionamento do sistema.

3.1 Configuração da IDE do Arduino

O ambiente de desenvolvimento integrado para configuração do sistema foi a IDE do Arduino onde foi permitido escrever o código e carregá-lo no modelo de placa utilizado no projeto a ESP01.

Para utilização da IDE foi preciso realizar uma série de configurações onde foi necessária a adição de bibliotecas específicas para programação da ESP01.

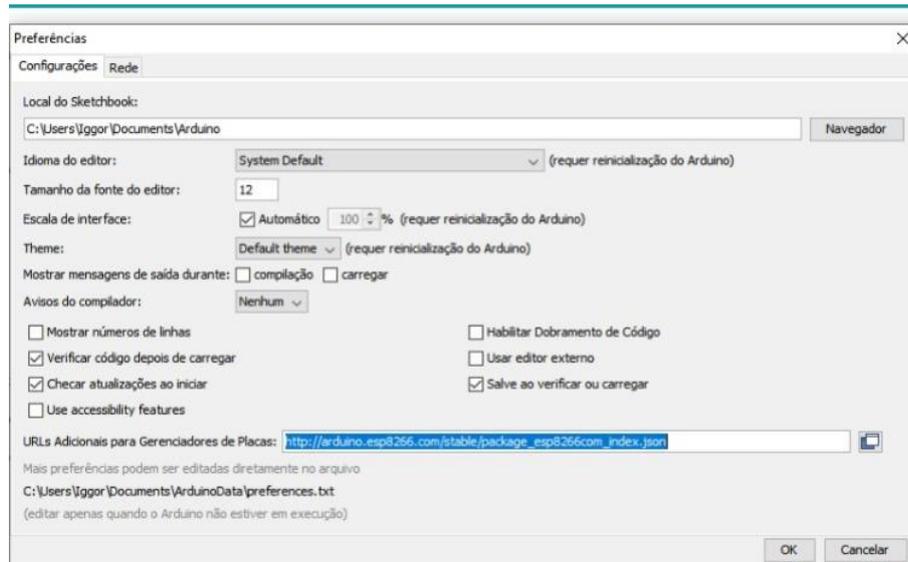
Figura 18: Instalação da Plataforma de desenvolvimento



Fonte: Autor

A princípio foi feita a instalação da biblioteca necessária para utilização da ESP01, na aba Arquivo em seguida em Preferências conforme mostrado na Figura 18, na sequência foi adicionado o link da URL para instalação, sendo “http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json” para ESP01 conforme apresentado na Figura 19.

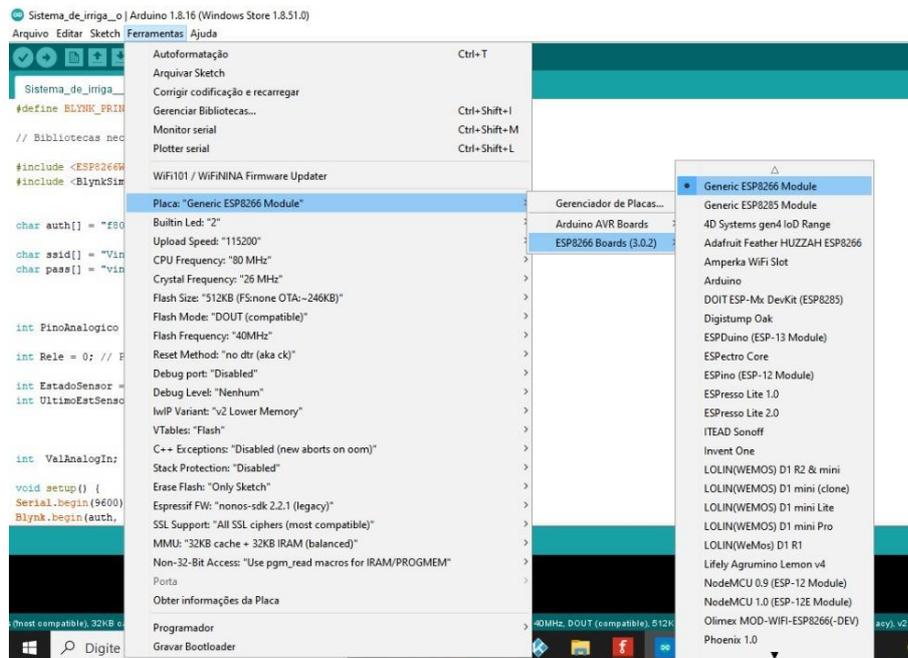
Figura 19: Inserindo o Link para instalação



Fonte: Autor

Após a realização destes procedimentos, foi acessado a aba de Ferramentas em sequência Gerenciador de Placas e selecionado o modelo da placa trabalhada no protótipo, mostrado na Figura 20.

Figura 20: Gerenciador de Placas



Fonte: Autor

3.2 Configuração do Blynk

Em essa etapa foi feita a configuração do aplicativo Blynk, através do Blynk é feita a comunicação do aplicativo de celular com a placa ESP8266-01 e monitora-la via Wi-Fi, este aplicativo se encontra disponível na Play Store para sistema Android e App Store para sistema iOS, conforme a Figura 21.

Figura 21: Aplicativo Blynk

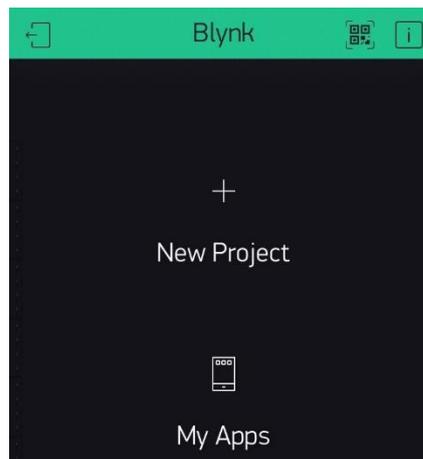


Fonte: Autor

Inicia-se o aplicativo cadastrando uma conta de e-mail e senha, em seguida é criado um novo projeto para este aplicativo na opção New Project, após nomear o novo projeto é enviado um Token para o e-mail cadastrado no aplicativo, esse Token será utilizado para se fazer a comunicação do aplicativo com a IDE do Arduino e a placa a ser utilizada.

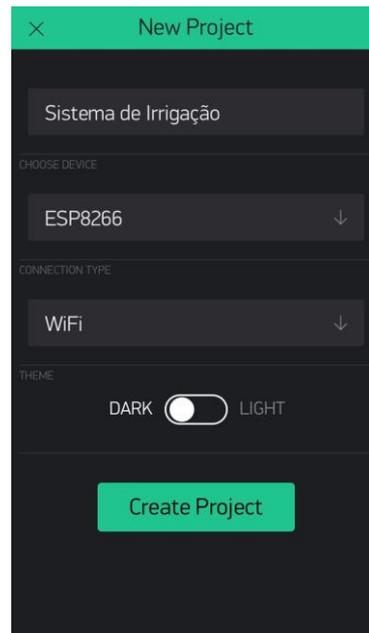
As Figuras 22, 23 e 24 mostram as seguintes etapas.

Figura 22:Tela Blynk



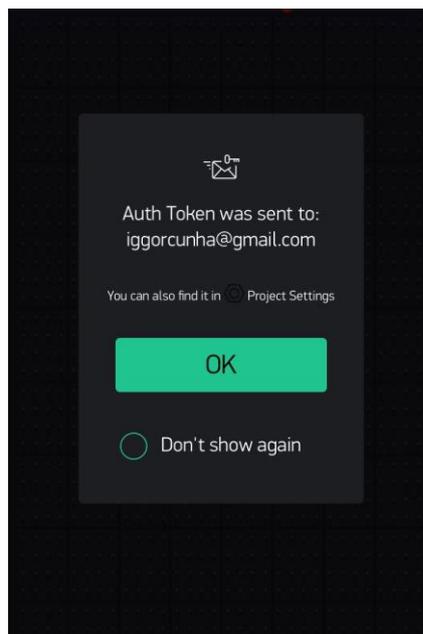
Fonte: Autor

Figura 23: Criando novo Projeto



Fonte: Autor

Figura 24: Token Blynk

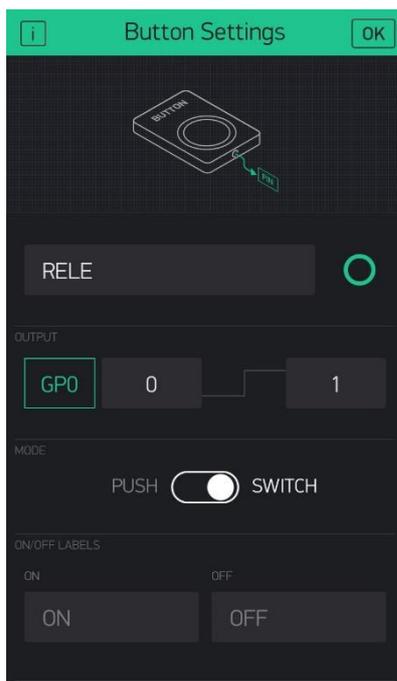


Fonte: Autor

O aplicativo em sua Widget Box possui algumas funções, para o funcionamento deste sistema foi utilizado um botão de controle para acionamento do relé pelo aplicativo e foi utilizado a função Notification, onde está função avisa em tempo real a irrigação do sistema.

As Figuras 25, 26 e 27 mostram as seguintes etapas.

Figura 25: Configuração Acionamento do Relé



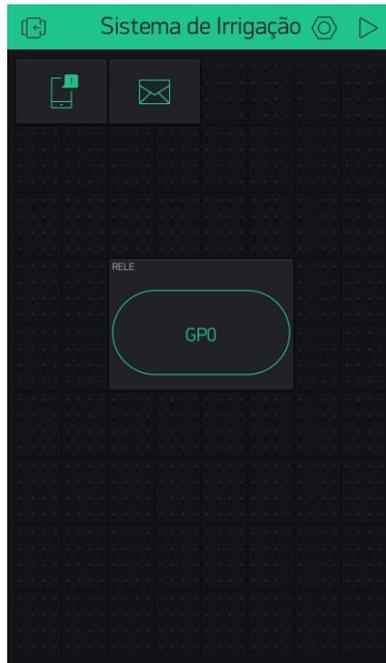
Fonte: Autor

Figura 26: Configuração Notificações



Fonte: Autor

Figura 27: Tela do Aplicativo



Fonte: Autor

3.3 Programação da ESP01

A programação foi realizada através da IDE do Arduino, o código do programa se constitui em duas funções principais, o “SETUP()” onde está tem função de inicializar o programa e realizar as configurações primárias do mesmo, e a função “LOOP()” onde está executa os comandos repetidamente enquanto a placa estiver sendo alimentada.

As primeiras etapas da programação consistiram em realizar a conexão da ESP01 com a rede Wi-Fi local, além da inclusão das bibliotecas a serem utilizadas, conforme a Figura 28

Figura 28: Programação parte 1

```
Sistema_de_irriga_o | Arduino 1.8.16 (Windows Store 1.8.51.0)
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

define BLYNK_PRINT Serial

// Bibliotecas necessárias

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

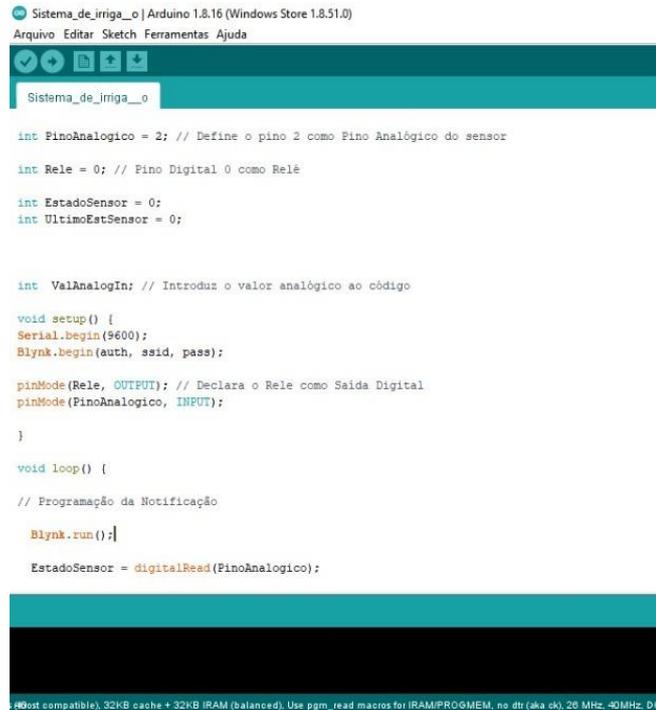
char auth[] = "f80DUgm3Ch9fsjplYotbQIBPTfobBkbG"; // Aqui é necessário inserir o token enviado para o e-mail cadastrado
char ssid[] = "Vinicius014"; // Insira o Nome da rede Wi-fi utilizada
char pass[] = "vinicius014"; // Insira a Senha da rede Wi-fi utilizada

int PinoAnalogico = 2; // Define o pino 2 como Pino Analógico do sensor
int Rele = 0; // Pino Digital 0 como Relê
int EstadoSensor = 0;
int UltimoEstSensor = 0;
```

Fonte: Autor

Em sequência foi feita a declaração de variáveis, mostrado na Figura 29.

Figura 29: Programação parte 2



```
Sistema_de_irriga_o | Arduino 1.8.16 (Windows Store 1.8.51.0)
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

Sistema_de_irriga_o

int PinoAnalogico = 2; // Define o pino 2 como Pino Analógico do sensor

int Rele = 0; // Pino Digital 0 como Relê

int EstadoSensor = 0;
int UltimoEstSensor = 0;

int ValAnalogIn; // Introduz o valor analógico ao código

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);

  pinMode(Rele, OUTPUT); // Declara o Rele como Saida Digital
  pinMode(PinoAnalogico, INPUT);
}

void loop() {
  // Programação da Notificação

  Blynk.run();

  EstadoSensor = digitalRead(PinoAnalogico);
}
```

Fonte: Autor

Na última etapa da programação tem a função de ajustar os valores do sensor de umidade de solo para o acionamento do módulo relé, mostrado na Figura 30.

Figura 30: Programação parte final

```
// Fim da Programação da Notificação

ValAnalogIn = analogRead(PinoAnalogico);
int Porcento = map(ValAnalogIn, 1023, 0, 0, 100); // Traforma o valor analógico em porcentagem

Serial.println("Umidade: "); // Imprime o simbolo no valor
Serial.print(Porcento); // Imprime o valor em Porcentagem no monitor Serial
Serial.println("%");

if (Porcento <= 76) { // Se a porcentagem for menor ou igual á 76%. OBS: Você pode alterar essa porcentagem

  Serial.println("Irrigando Planta"); // Imprime no monitor serial
  digitalWrite(Rele, LOW); // Aciona Relê
}

else { // Caso contrario

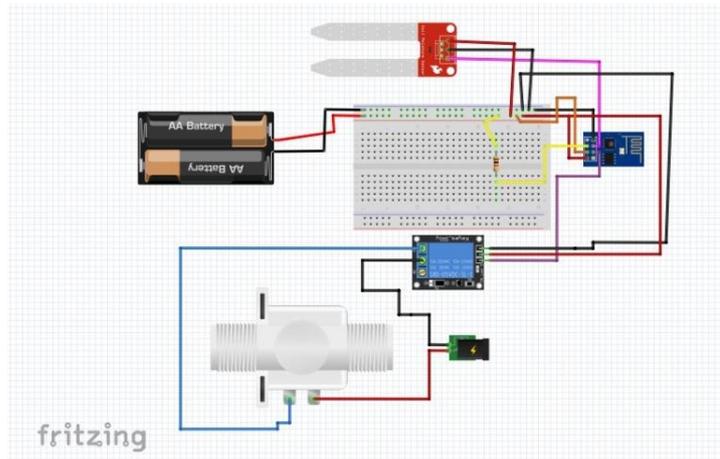
  Serial.println("Planta Irrigada"); // Imprime a no monitor serial
  digitalWrite(Rele, HIGH); // Desliga Relê
  delay (1000);
}
}
```

Fonte: Autor.

3.4 Protótipo e Testes

A montagem do protótipo foi feita utilizando uma protoboard para realizar as conexões entre os componentes utilizados e a ESP01, foi feito um esquemático do protótipo no fritzing mostrado na Figura 31, afim de auxiliar nestas conexões.

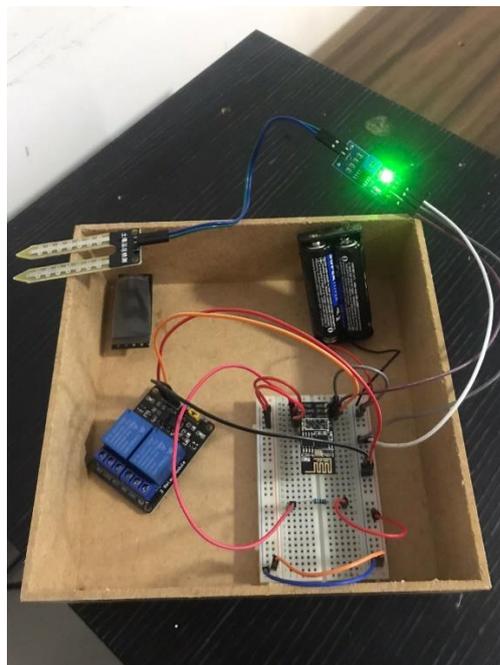
Figura 31: Esquemático Fritzing



Fonte: Autor

Conforme mostrado na Figura 32 observa -se o protótipo na protoboard, a principio o protótipo foi montado sem a válvula solenoide, neste primeiro momento foi realizado testes de calibração do sensor de umidade de solo.

Figura 32: Protótipo montado



Fonte: Autor

Os testes foram realizados com o sensor de umidade de solo em superfície seca e com o sensor de umidade de solo em superfície molhada, com isso proporcionando realizar ajustes na calibração do sensor.

O sensor de umidade solo foi conectado na porta GPIO2 utilizado como pino analógico, e o módulo relé conectado na porta GPIO0 utilizado como pino digital, na porta do CHIPP ENABLE foi necessário utilizar um resistor de 10k para conectar a porta junto ao VCC, a alimentação do VCC foi feita através de 2 pilhas com a finalidade de entregar um valor aproximado a 3,3V em sua alimentação.

3.5 Orçamento

Na Tabela 1, observa-se a lista de materiais utilizados neste projeto e os seus respectivos custos.

Tabela 1: Quantitativo de materiais

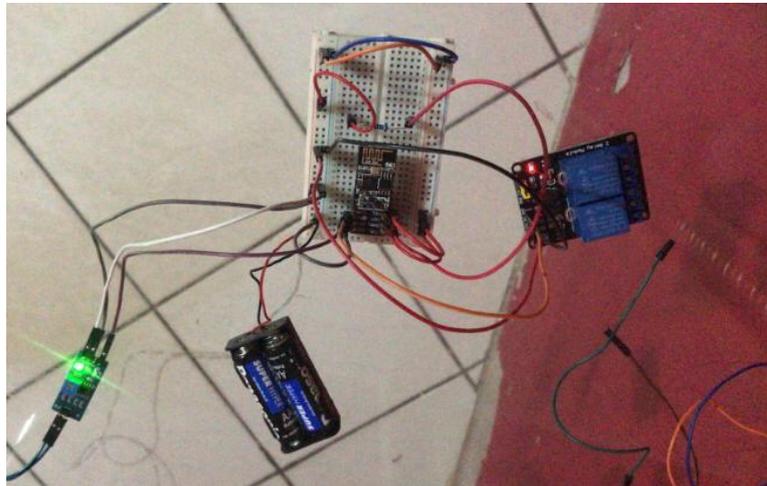
Descrição	Quantidade	Valor Unitário(R\$)	Valor Total(R\$)
ESP01	1	29,90	29,90
Adaptador USB	1	18,90	18,90
Adaptador Protoboard	1	9,90	9,90
Módulo Relé 2 canais	1	16,06	16,06
Sensor Umidade de Solo	1	9,90	9,90
Válvula Solenoide	1	69,90	69,90
Suporte 2 pilhas AA	1	3,70	3,70
Pilhas AA	2	1,00	2,00
Cabos Jump	50	0,33	16,51
Resistor	1	0,19	0,19
Protoboard	1	13,90	13,90
Total	-	-	190,86

Fonte: Autor

4. RESULTADOS

O protótipo apresentado na Figura 33 funcionou corretamente com o sensor realizando a leitura da umidade do solo, comunicando-se com o relé para acionamento da válvula solenoide, ocorreram ajustes na calibração.

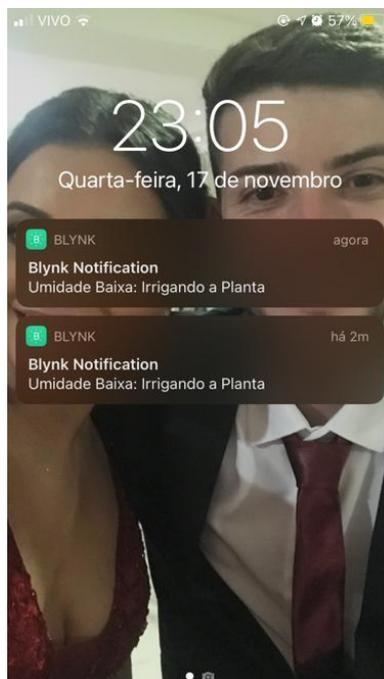
Figura 33: Teste do Protótipo



Fonte: Autor

Na Figura 34 mostra-se a notificação do aplicativo Blynk comprovando o funcionamento do sistema.

Figura 34: Notificação Blynk



Fonte: Autor

5. CONCLUSÃO

A proposta deste sistema automatizado de irrigação apresenta ser interessante e viável devido ao seu baixo custo e uma montagem simples, apesar de não ter sido testado na plantação de Açaí.

Os objetivos propostos inicialmente foram cumpridos com o sensor de umidade solo fazendo a leitura da umidade do solo, e passando a informação para o sistema sobre a necessidade de irrigação.

Devido a ESP01 ter poucas conexões disponíveis o sensor de umidade de solo foi conectado apenas na porta analógica ficando com a porta digital sem conexão, com isso a calibragem deste sensor e leitura dele foi feita apenas no nível analógico.

A conexão com o aplicativo Bynk funcionou como proposto com ele notificando a irrigação do sistema.

Com esses aspectos atribuídos conclui-se que este trabalho apresentou resultados satisfatórios e com campos para melhorias.

6. TRABALHOS FUTUROS

O protótipo desenvolvido possui diversas aplicações a serem implementadas, com muitas variedades, porém o módulo da ESP01 possui um número restrito de portas analógicas e digitais. Segue as propostas de melhorias e continuidade do sistema.

- Implementação do Arduino no sistema, com isso surgiria novas possibilidades de aplicação.
- Utilização de um sensor de umidade e temperatura.
- Utilização de um sensor de chuva.
- Utilização de um módulo RTC para como relógio em tempo real.
- Utilização de um display LCD para se fazer acompanhamento do sistema na placa.
- Utilização deste sistema em diversas culturas de plantas.

REFERENCIAS BIBIOGRAFICAS

ALVARENGA, A. C.; FERREIRA, V. H.; FORTES, M. Z. **Energia solar fotovoltaica: uma aplicação na irrigação da agricultura familiar.** Sinergia, São Paulo, v. 15, n. 4,p. 311-318,out/dez. 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/MarcioFortes/publication/272789350_Energia_Solar_Fotovoltaica_Uma_Aplicacao_na_Irrigacao_da_Agricultura_Familiar/links/54ee23a60cf2e28308642c7d/Energia-Solar-Fotovoltaica-Uma-Aplicacao-na-Irrigacao-da-Agricultura-Familiar.pdf> Acesso em 15 abr.2021

ANDRADE, C. L. T; BRITO, R. A. L. **Métodos de Irrigação e Quimigação.** Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Agencia Embrapa de informações tecnológicas. Sete Lagoas, MG. Dezembro, 2006. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/490418>> Acesso em 18 abr.2021

BARBOSA, J.W. **Sistema de Irrigação Automatizado utilizando a plataforma Arduino.** Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA - Assis, 2013.57 p. Disponível em: <<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1011330043.pdf>> Acesso em 22 mar.2021

BAU DA ELETRÔNICA, ONLINE. **SENSOR DE UMIDADE DE SOLO** Disponível em: <www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-umidade-do-solo.html> Acesso em 12 mai.2021

BAUERMEISTER, G. **Guia do Usuário do ESP8266.**2018 Disponível em: <www.filipeflop.com/blog/guia-do-usuario-do-esp8266> Acesso em 08 mai.2021

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino**

de Física, v. 33, n. 4, p. 4503-4503, 2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/rrPFbrjsDdtkKKRPDPTJXnn/?lang=pt>> Acesso em 08 mai.2021

CUNHA, K. C. B. da; ROCHA, R. V. Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma Arduíno. RECoDAF – **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 1, n. 2, p. 62-74, jul./dec. 2015. Disponível em: <<https://owl.tupa.unesp.br/recodaf/index.php/recodaf/article/view/13/26>> Acesso em 15 abr.2021

DUARTE, Daniel Azevedo; **Mercado de irrigação automatizada chegará a US\$ 6,7 bi até 2025**, AgEvolution do Canal Rural,2020. Disponível em: <<https://agevolution.canalrural.com.br/mercado-de-irrigacao-automatizada-vai-dobrar-ate-2025/>> Acesso 15 abr.2021

ENETEC, online. **Microcontroladores: a automação para o seu negócio**. Disponível em: <<https://enetec.unb.br/blog/microcontroladores-a-automacao-para-o-seu-negocio/>> Acesso em 08 mai.2021

FONSECA, F. T. P.; MENDONÇA, H. G. **Projeto E Implementação de Estação Meteorológica em IOT**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário Redentor, 2018.

GUIMARÃES, Vinícius Galvão; **Automação e monitoramento de sistema de irrigação na agricultura**, Trabalho de Graduação, Engenharia Mecatrônica, Universidade de Brasília,2011. Disponível em: <<http://www.ene.unb.br/adolfo/Monographs/Graduation/TG11%20Vin%C3%ADcius%20Galv%C3%A3o.pdf>> Acesso em 22 mar.2021

HEXAGON. **Como a automação agrícola está mudando o agronegócio**,2021. Disponível em: <<https://hexagonagriculture.com/pt-br/news/articles/how-farming-automation-is-changing-agriculture>> Acesso em 15 abr.2021

INDUSTRIAIS, J. E. de P. **Válvula Solenoide**. 2015. Disponível em: <www.jefferson.ind.br/produto/valvula-solenoide.html>

MENDES, M F; JARDINI, José Antonio. **História da automação elétrica e estado da arte**. Anais.. [S.I.]: UNESP/UNMP/UCA, 2009. Disponível em: <<https://www.osti.gov/etdweb/servlets/purl/21445035>> Acesso em 15 abr.2021

MOREIRA, I. N. **Topologias para Automação Residencial: Centralizado X Distribuído**, Laboratório de garagem, setembro,2013. Disponível em: <<https://labdegaragem.com/forum/topics/topologias-para-automa-o-residencial-centralizado-x-distribu-do>> Acesso em 18 abr.2021

MURATORI, José Roberto; DAL BÓ, Paulo Henrique. Capítulo I **Automação residencial: histórico, definições e conceitos**. O Setor elétrico, p. 70-77, 2011. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/wpcontent/uploads/2011/04/Ed62_fasc_automacao_capl.pdf> Acesso em 15 abr.2021

NOVELINO, E.S; MARTINS, N.V; FERREIRA, R.S. **Estacionamento inteligente baseado em IOT com acesso via aplicativo móvel**. Trabalho de Conclusão De Curso, Engenharia Elétrica, Centro Universitário Redentor,2020.

OMEGA7 SYSTEMS, **Automação: centralizada ou descentralizada?** (PARTE 1);maio, 2019. Disponível em: <<https://blog.omega7systems.com/automacao-centralizada-descentralizada/>> Acesso em 18 abr.2021

ORLANDI, Claudio. **Firestore: serviços, vantagens, quando utilizar e integrações.** Blog Rocketseat, 2019. Disponível em: <<https://blog.rocketseat.com.br/firebase/>> Acesso em 08 mai.2021

RED HAT, ONLINE. **AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO INTEGRADO, O que é IDE?** Disponível em: <www.redhat.com/pt-br/topics/middleware/what-is-ide> Acesso em 11 mai.2021

SEBESTA, Robert W. **Conceitos de linguagem de programação.** 4.ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2000.

SILVA, EDUARDO. **Firestore: o que é e quando usar no desenvolvimento mobile.** maio 6, 2021 Disponível em: <www.blog.geekhunter.com.br/firebase-o-que-e-e-quando-usar-no-desenvolvimento-mobile> Acesso em 11 mai.2021

SOUZA, J.L.M. de. **Modelo para análise de risco econômico aplicado ao planejamento de projetos de irrigação para cultura do cafeeiro.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- USP, 2001. 253p. Tese Doutorado Disponível em: <periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/2049/1606> Acesso em 22 mar.2021