



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
Curso de Engenharia da Computação

Rodrigo Sampaio de Albuquerque

**Sistema de Irrigação inteligente para  
agricultura familiar baseado em IoT**

São Luís - MA

Julho - 2019

Rodrigo Sampaio de Albuquerque

# **Sistema de Irrigação inteligente para agricultura familiar baseado em IoT**

Trabalho apresentado ao curso de Graduação em Engenharia da Computação e Sistemas na Universidade Estadual do Maranhão como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel sob orientação da Profa. Me. Dayse Yanne Caldas Siqueira de Sousa.

Curso de Engenharia da Computação

UEMA

Orientador: Profa. Me. Dayse Yanne Caldas Siqueira de Sousa

São Luís - MA

Julho - 2019

Rodrigo Sampaio de Albuquerque

# **Sistema de Irrigação inteligente para agricultura familiar baseado em IoT**

Trabalho apresentado ao curso de Graduação em Engenharia da Computação e Sistemas na Universidade Estadual do Maranhão como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel sob orientação da Profa. Me. Dayse Yanne Caldas Siqueira de Sousa.

Monografia aprovada em São Luís,

BANCA EXAMINADORA

---

**Profa. Me. Dayse Yanne Caldas Siqueira de Sousa  
(Orientador)**

Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

---

**Prof. Dr. Leonardo Henrique Gonsioroski Furtado da Silva**

Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

---

**Prof. Me. Elton de Sousa e Silva**

Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

São Luís - MA

Julho - 2019

# Agradecimentos

A Deus, que me deu sabedoria para colocar a cabeça no lugar e forças para continuar durante essa jornada universitária, permitindo que eu realize mais esse sonho.

A minha mãe Cida e meu pai André, que nunca deixaram de me incentivar e de batalhar para garantir o meu sucesso, e no final, poder mostrar que tudo valeu e ainda vai valer muito mais a pena.

A minhas irmãs Taís e Beatriz, e a minha namorada Sara que não me deixaram desistir e estiveram ao meu lado, apoiando-me nos momentos de sucesso, e também de dificuldades.

Aos meus avós, Roberto e Denise, que sempre demonstraram apoio e que me inspiraram na escolha do tema deste trabalho.

Aos meus amigos da família Ivanir, Nathália, Andrea, Mariana, João, Emmanuel, Helena, que fizeram parte de praticamente todos os momentos dessa jornada ao meu lado e que sempre me deram apoio para continuar.

Aos meus grandes amigos Cláudio, Hugo, Gabryel, Lucas Gabriel, Bernardo e Renan que estiveram presentes proporcionando-me momentos de descontração durante esses anos.

Aos meus amigos e companheiros de curso, Marcos, Paola, Eduardo, Luís Eduardo, João Francisco, Pedro Fellipe e Lucas, que estiveram do meu lado durante esses 5 anos e meio de graduação, ajudando-me principalmente nos momentos difíceis, por fim fazendo todos esses nossos desafios valerem a pena.

A minha orientadora, Dayse, que apesar das dificuldades desses últimos 6 meses, não desistiu de fazer a orientação deste trabalho, para que eu finalize o Curso.

A todos, mais uma vez, muito obrigado.

*"O ontem não é nosso para recuperar, mas o amanhã é nosso para ganhar ou perder.."*

(Lyndon B. Johnson)

# Resumo

A utilização da irrigação para a produção agrícola aumentou devido ao constante crescimento da população mundial, tornando a agricultura o setor que mais consome água no mundo. Nesse passo, a agricultura familiar contribui significativamente com esse setor e se destaca consideravelmente no Brasil. Com o intuito de aumentar a eficiência e controlar o gasto desnecessário de água, a aplicação da tecnologia se torna crucial, visto que a utilização dela para atividades cotidianas têm se tornado cada vez mais comum pela sociedade. Sendo assim, a proposta deste trabalho é facilitar e automatizar o trabalho do agricultor familiar, criando um sistema de irrigação inteligente de baixo custo, podendo dessa forma trazer benefícios tanto para o agricultor, quanto para a sociedade. Como a internet faz parte da rotina de muitos brasileiros, o método utilizado para a criação do sistema de irrigação foi baseado em Internet das Coisas (IoT) através de uma placa de prototipagem Arduino UNO. Os usuários, mediante um aplicativo, terão controle sobre a maneira de irrigar sua produção e irão receber informações da umidade do solo. Com base nos resultados, podemos concluir que, a utilização de tecnologia para atividades cotidianas pode acrescentar bastante na vida dos agricultores, facilitando o trabalho e evitando desperdícios.

**Palavras-chaves:** Internet das Coisas, Agricultura Familiar, Irrigação, Automação.

# Abstract

The use of irrigation for agricultural production has increased due to the steady growth of the world population, making agriculture the most water-consuming sector in the world. In this step, family farming contributes significantly to this sector and stands out considerably in Brazil. In order to increase efficiency and control the unnecessary waste of water, the application of technology becomes crucial, since the use of it for everyday activities has become increasingly common in society. Thus, the purpose of this paperwork is to facilitate and automate the work of family farmers, creating a low-cost intelligent irrigation system that can benefit both farmer and society. As the internet is part of the routine of many Brazilians, the used method to create the irrigation system was based on Internet of Things (IoT) through an Arduino UNO prototype board. Users, through an application, will have control over the way to irrigate their production and will receive soil moisture information. Based on the results, we can conclude that the use of technology for everyday activities can add a lot in the lives of farmers, facilitating work and avoiding waste.

**Key-words:**Internet of Things, Family Farming, Irrigation, Automation.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Recursos Hídricos do Brasil. . . . .	12
Figura 2 – Blocos básicos da IoT. . . . .	23
Figura 3 – Organização do Blynk . . . . .	26
Figura 4 – Arquitetura do Sistema. . . . .	28
Figura 5 – Sensor de umidade do solo. . . . .	29
Figura 6 – Módulo Wi-Fi ESP8266. . . . .	30
Figura 7 – Plataforma Arduino UNO . . . . .	31
Figura 8 – Fluxograma de funcionamento do App Móvel . . . . .	32
Figura 9 – IDE Arduino . . . . .	34
Figura 10 – Esquemático do Sistema de Irrigação . . . . .	35
Figura 11 – Protótipo do Sistema de Irrigação . . . . .	36
Figura 12 – Interface do Aplicativo Blynk . . . . .	37
Figura 13 – Gráfico de Umidade Média . . . . .	37

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Eficiência dos métodos de irrigação e seu respectivo consumo de energia.	19
Tabela 2 – Domínios de Aplicativos IoT - Descrição e Exemplos. . . . .	24
Tabela 3 – Custo do Projeto. . . . .	38

# Lista de abreviaturas e siglas

IoT	Internet of Things
GPRS	General Packet Radio Services
UFABC	Universidade Federal do ABC
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
SWAMP	Smart Water Management Platform
RFID	Radio Frequency Identification
NFC	Near Field Communication
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
FPGAs	Field-Programmable Gate Array
EF	Entidades Físicas
EV	Entidades Virtuais
RDF	Resource Description Framework
OWL	Web Ontology Language
EXI	Efficient XML Interchange
BLE	Bluetooth Low Energy
USB	Universal Serial Bus
SOC	System on Chip
TCP	Transmission Control Protocol
IP	Internet Protocol
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
IDE	Integrated Development Environment
CSV	Comma Separated Values
LCD	Liquid Crystal Display

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivo</b>	<b>13</b>
1.1.1	Objetivos Específicos	14
<b>1.2</b>	<b>Trabalhos Relacionados</b>	<b>14</b>
<b>1.3</b>	<b>Estrutura do Trabalho</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Agricultura Familiar</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Irrigação</b>	<b>18</b>
2.2.1	Método de Irrigação por Superfície	19
2.2.2	Método de Irrigação por Aspersão	20
2.2.3	Método de Irrigação Localizada	21
2.2.4	Método de Irrigação de Subsuperfície	21
<b>2.3</b>	<b>Internet das Coisas (IoT)</b>	<b>22</b>
<b>2.4</b>	<b>Arduino</b>	<b>24</b>
<b>2.5</b>	<b>Blynk</b>	<b>26</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>Arquitetura do sistema</b>	<b>28</b>
<b>3.2</b>	<b>Sensoriamento</b>	<b>29</b>
<b>3.3</b>	<b>Módulo Wi-Fi</b>	<b>29</b>
<b>3.4</b>	<b>Plataforma de Prototipagem</b>	<b>30</b>
<b>3.5</b>	<b>Aplicação Móvel</b>	<b>31</b>
<b>3.6</b>	<b>Dados</b>	<b>33</b>
<b>3.7</b>	<b>Desenvolvimento do Algoritmo</b>	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>35</b>
<b>4.1</b>	<b>Discussão</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>38</b>
<b>5.1</b>	<b>Material e Custo</b>	<b>38</b>
<b>5.2</b>	<b>Trabalhos Futuros</b>	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>40</b>

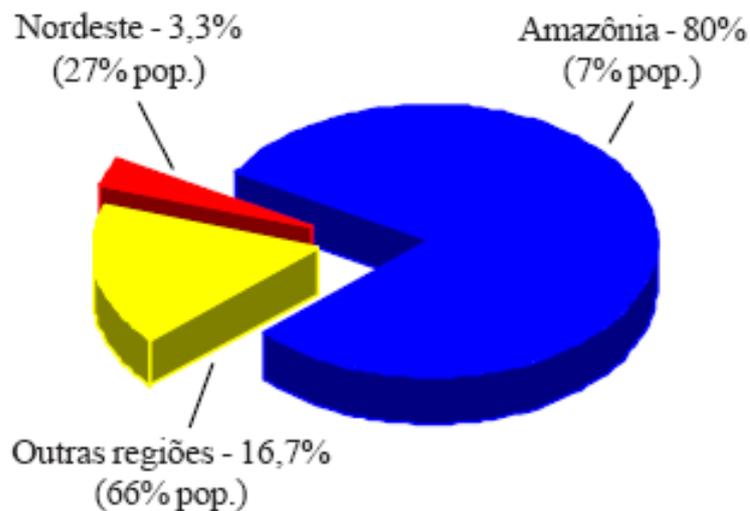


# 1 Introdução

Devido ao constante crescimento populacional, a demanda de água para a agricultura, para o abastecimento da população e para a indústria vem aumentando de maneira significativa. O exemplo disso é que no decorrer do último século o consumo de água aumentou três vezes mais do que a população (TUCCI, 2009). A falta de água pode ser um agente limitante para o desenvolvimento social e econômico em uma nação, e o pouco que temos sendo utilizada de maneira caótica pode causar futuros prejuízos para nossa sociedade.

O Brasil apresenta uma situação confortável ao se tratar de recursos hídricos, no entanto apesar de possuir em seu território 8% de toda a reserva de água doce do mundo, somente 20% dessa água está fora da Amazônia e abastece 93% da população, enquanto os outros 80% encontra-se na região Amazônica onde reside somente 7% da população brasileira, assim ilustrado na Figura 1. Por isso, mesmo com grande potencial hídrico, temos bastante carência e conflitos em várias regiões do país (LIMA; FERREIRA; CHRISTOFIDIS, 1999).

Figura 1 – Recursos Hídricos do Brasil.



Fonte: Projeto Água (1998). (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000)

Estudos indicam que 69% do consumo de água no mundo é destinado à agricultura, 23% à indústria e 8% ao abastecimento da população. No Brasil, o consumo destinado à agricultura se equipara ao nível mundial com porcentagem de 68%, mas a indústria consome menos, chegando a 14% e o consumo da população chega a ser maior que o dobro do nível mundial em 18% (TUCCI, 2009).

Em consequência do crescimento populacional a humanidade não tem saída, a não ser utilizar a maior quantidade possível de solo agricultável. Dessa maneira, a utilização da irrigação vem sendo impulsionada complementando as necessidades hídricas das regiões úmidas. Hoje em dia metade da população mundial depende de produtos irrigados visto que a irrigação vem tornando produtivas áreas áridas e semi-áridas, essas que se encontram em 55% da área continental total (LIMA; FERREIRA; CHRISTOFIDIS, 1999).

Em busca de maior eficiência na produção agrícola e com a necessidade cada vez maior de se controlar os recursos hídricos, os sistemas de irrigação vem evoluindo gradualmente, buscando aplicar a rega de maneira adequada. Para que isso ocorra é preciso ter conhecimento dos conceitos e princípios básicos das técnicas de irrigação. Através da utilização de tecnologias como sistemas de automação e controle, os sistemas são capazes de controlar a quantidade de água e determinar o momento de início da irrigação utilizando as técnicas adequadas para isto.

A Internet das Coisas (IoT) é uma tecnologia que chega para facilitar a vida das pessoas em diversas atividades diárias. Em relação à agricultura, a IoT ao trabalhar em conjunto com a automação utiliza sensores e módulos, de modo que aumente a eficiência da produção, reduza as perdas e corte gastos desnecessários.

Esse estudo tem como finalidade a construção de um sistema de irrigação automatizado com o auxílio do Arduino para facilitar o trabalho do agricultor familiar. Com a implementação do conceito de IoT pareado com a automação do sistema, poderemos coletar as informações necessárias para que o usuário manipule seu sistema através de uma aplicação no celular.

## 1.1 Objetivo

Com base no que foi exposto, o objetivo deste projeto é desenvolver um sistema de monitoramento e aplicação de técnicas de irrigação com o acionamento remoto através de um aplicativo, que possa fornecer uma solução tecnológica de baixo custo para o pequeno e médio produtor agrícola, que garanta alta eficiência e baixo consumo de água e energia, tendo como enfoque o estudo da Internet das Coisas, defendendo-a como facilitadora da vida dos agricultores familiares.

A aplicação da irrigação pode ser feita de duas maneiras: automaticamente, quando a umidade do solo chegar a um nível pré determinado ou manualmente, pelo usuário através aplicativo quando o mesmo sentir necessidade.

### 1.1.1 Objetivos Específicos

- Desenvolver um Sistema de Irrigação capaz de decidir automaticamente baseado na umidade do solo;
- Montar um esquema na plataforma de prototipagem capaz de coletar dados sobre a umidade do solo;
- Conectar uma aplicação móvel que fornece o controle da aplicação de água a plataforma de prototipagem.

## 1.2 Trabalhos Relacionados

A utilização de métodos computacionais para construção de um Sistema de Irrigação tem como intuito economizar a energia e a água, além de automatizar o trabalho do agricultor familiar e gerar uma compreensão acerca do problema da água no mundo. Nesta seção será realizada uma breve análise da literatura a respeito dos trabalhos que apresentam estudos com linhas de pesquisas similares às produzidas neste projeto.

[Jadhav e Hambarde \(2016\)](#) propuseram criar um sistema de irrigação que ficasse anexado a um robô de forma que ele iria se locomover até uma planta. A imagem dessa planta é tirada usando uma webcam e enviada para o Raspberry Pi que realizará o processamento de imagem, de forma que esse processamento irá calcular o crescimento da planta, usando parâmetros de altura e largura. Se o crescimento da planta for impróprio, o robô pulverizará o fertilizante. Se o crescimento da planta é adequado, ele irá aplicar o sensor de umidade no solo e, caso seja necessário, a irrigação será aplicada. Caso contrário, se locomoveria até a próxima planta. No final de tudo o Raspberry Pi coleta e envia todas as informações para um aplicativo Android.

O trabalho apresentado por [Jadhav e Hambarde \(2016\)](#) foi desenvolvido com a finalidade diferente em relação a esse projeto. Além de utilizar tecnologias de alto custo como o Raspberry Pi, o objetivo dele foi criar um sistema de irrigação anexado a um robô, de modo que esse robô se locomova e irrigue plantas uma a uma.

Já em [Kokkonis, Kontogiannis e Tomtsis \(2017\)](#), foi desenvolvido um projeto de sistema de irrigação generalizado, o qual é baseado em IoT e o sistema controla a irrigação sem a interferência do usuário. Esse sistema pode funcionar de duas maneiras: utilizando-se de dados de sites meteorológicos ou através de sensores e atuadores.

Nos sistemas baseados no clima, a decisão por irrigar é tomada baseada em condições meteorológicas coletadas através da internet, onde o sistema reúne dados de temperatura, ar, umidade e chuva. O sistema utiliza internet 3G/4G/GPRS para coletar dados dos sites meteorológicos, esses que são armazenados para um processamento futuro. As informações

de tudo que acontece no sistema são notificadas para o usuário através do seu celular. Na outra arquitetura do sistema é utilizado sensores de umidade que são colocados no campo e coletam dados do solo e a partir daí o sistema decide se precisa de irrigação ou não (KOKKONIS; KONTOGIANNIS; TOMTSIS, 2017).

O projeto apresentado por Kokkonis, Kontogiannis e Tomtsis (2017) é muito bom pelo fato de apresentar mais arquiteturas ao usuário. Uma das arquiteturas é semelhante a deste trabalho. No entanto, o que diferencia as nossas produções é o objetivo principal dele, que é fazer com que o sistema atue sozinho, sem a interferência do usuário, enquanto o objetivo deste trabalho é fornecer o total controle ao usuário, dando a ele opções de deixar o sistema trabalhar sozinho, baseado nos dados recebidos pelos sensores, ou ele através do aplicativo controlar manualmente quando ou não a irrigação deve acontecer.

A UFABC (Universidade Federal do ABC) em parceria com a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e com o apoio de mais oito parceiros espalhados pelo Brasil e Europa, estão desenvolvendo uma plataforma de software que utiliza métodos baseados em IoT para o gerenciamento inteligente de água na irrigação de precisão para a agricultura (KAMIENSKI; VISOLI, 2018).

A SWAMP é uma plataforma para irrigação de precisão baseada na IoT, que está em desenvolvimento e tem a proposta de gerar otimizações na distribuição e no consumo de água em qualquer região do mundo, independente dos tipos de solo e suas variações, dos parâmetros do solo (umidade, temperatura), das condições climáticas (temperatura, vento, chuva) e da evolução das culturas, gerando mapas de prescrição de irrigação para diferentes áreas de cultivo e suas subdivisões. A SWAMP está em fase de testes e seus primeiros pilotos foram colocados em Bolonha (Itália), Cartagena (Espanha), Luís Eduardo Magalhães (Brasil) e Espírito Santo do Pinhal (Brasil) com diferentes objetivos. (KAMIENSKI; VISOLI, 2018).

A plataforma apresentada por Kamienski e VISOLI (2018) é um sistema de irrigação bem mais sofisticado, com o custo muito elevado, e com a capacidade para afetar terrenos de centenas de hectares, ou seja, apesar de ter a capacidade de se adequar a pequenas agriculturas, o foco principal desse sistema é atuar em grandes terrenos, geralmente propriedades de grandes empresas. Baseado na SWAMP, o projeto que está sendo proposto neste trabalho é para agriculturas de pequeno porte e de baixo custo, comumente comandadas por famílias.

### 1.3 Estrutura do Trabalho

No Capítulo 1 abordamos uma breve introdução e os objetivos desse trabalho.

No Capítulo 2 serão discutidos assuntos referentes à fundamentação teórica, que

embasou a criação do trabalho proposto. Esses assuntos vão de noções básicas sobre o hardware utilizado na criação do sistema, à automação utilizada incluindo também explicações sobre os métodos de irrigação e noções sobre Internet das Coisas.

O Capítulo 3 abrange o passo a passo do processo da metodologia escolhida para implementação deste trabalho, de forma que serão explicados e justificados os motivos de cada etapa e cada escolha técnica tomada.

O Capítulo 4 ilustra os resultados obtidos com o aplicativo recebendo dados e demonstra o sistema em funcionamento. Posteriormente é feita uma breve análise sobre os mesmos.

O Capítulo 5 apresenta as conclusões a respeito do sistema implementado.

## 2 Fundamentação Teórica

Com o foco na estrutura teórica do trabalho proposto, neste capítulo serão abordados os principais conceitos aplicados na metodologia desenvolvida. A princípio serão analisados assuntos referentes ao tema da pesquisa, como agricultura familiar, métodos de irrigação e IoT. Em seguida, serão apresentados os conceitos dos hardwares e softwares que foram utilizados no processo de criação do sistema.

### 2.1 Agricultura Familiar

Primeiramente, para a formação do conceito de agricultura familiar é necessária a exposição do que é agricultura familiar do ponto de vista legal. De acordo com o art. 3 da Lei n. 11.326/2006 é agricultor familiar aquele que pratica atividades no meio rural e cumpre os seguintes quesitos:

- I - não deter área maior do que quatro módulos fiscais. O módulo fiscal é uma unidade relativa de área, expressa em hectares, fixada para cada município, instituída pela Lei n. 6.746, de 10 de dezembro de 1979, que leva em conta:
  - tipo de exploração predominante no município;
  - a renda obtida com a exploração predominante.
- II - utilizar predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;
- III – ter percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, na forma definida pelo Poder Executivo;
- IV – o estabelecimento ser dirigido pelo agricultor (a) com sua família.

[Guanziroli, Cardim et al. \(2000\)](#) cita que o universo da agricultura familiar foi caracterizado de forma mais geral por negócios que atendiam, em conjunto, os seguintes requisitos: a) a direção dos trabalhos do estabelecimento era exercida pelo produtor; b) o trabalho familiar era superior ao trabalho contratado.

Percebemos que a delimitação legal do conceito de agricultor familiar é a combinação de vários critérios como: o tamanho da propriedade, a predominância da família na mão de obra e na renda, e a gestão da família sobre a produção. Esta delimitação é vasta e abrange as diferentes situações e as diversidades que existem nas regiões do país ([ALTAFIN, 2007](#)).

Em uma comparação feita entre os Censos Agropecuários do IBGE de 1996 e 2006, foi exposto que o número de agricultores familiares cresceu 2,17%, aumentando de 4.139.000 para 4.551.885, passando a representar 87,95% do total de estabelecimentos agropecuários do Brasil. Ao se tratar de empregos, a agricultura familiar absorvia, em 2006, 13,04 milhões de pessoas, ou seja 78,75% do total da mão de obra no campo, incluindo tanto os familiares quanto os empregados. E todos esses números tinham como resposta um valor bruto de produção em torno de R\$ 59,2 bilhões, o que corresponde a 36,11% da produção agropecuária total (GUANZIROLI; BUAINAIN; SABBATO, 2012).

A participação da agricultura familiar na produção agropecuária sofreu um leve decréscimo em uma década, passando de 37,91% em 1996 para 36,61% em 2006. Mesmo após esse decréscimo, é confirmada a importância econômica deste segmento que cresceu de forma parelha as mais destacadas cadeias produtivas agropecuárias do campo brasileiro (GUANZIROLI; BUAINAIN; SABBATO, 2012).

## 2.2 Irrigação

Testezlaf (2011) define irrigação por: técnicas, formas ou meios utilizados para aplicar água artificialmente às plantas, procurando satisfazer suas necessidades e visando a produção ideal para seu usuário. É claro que devemos observar a irrigação como uma ciência e não somente como um equipamento, que deve ser utilizada de maneira que se otimize os impactos positivos e evite desperdícios. Porém essa simples definição engloba todas as formas de irrigar uma planta, da mais sofisticada à mais simples.

A irrigação tornou-se uma tecnologia indispensável no processo da melhoria na produção de bens agrícolas, porém a adesão à irrigação é dependente da disponibilidade hídrica de cada região. Em regiões desérticas e áridas, onde a pluviosidade é inferior a 250 mm anual, a irrigação é obrigatória, pois nenhum tipo de cultura se desenvolve sem receber água. No caso de regiões semiáridas, onde a pluviosidade está entre 250-500 mm anuais, a irrigação também chega a ser obrigatória, apesar de, algumas culturas conseguirem se desenvolver sem a necessidade de irrigação. Já em áreas em que a pluviosidade é de 600 mm pra cima por ano, a irrigação pode ser necessária somente em alguns períodos do ano de forma a complementar o regime pluviométrico da região (TESTEZLAF, 2011).

A técnica da irrigação gera inúmeros benefícios para os agricultores ao ser utilizada no sistema produtivo, cravando sua importância na agricultura. Os principais benefícios de acordo com Testezlaf (2011) serão mostrados a seguir:

**Garantia de produção e redução dos riscos de quebra de safra:** Mesmo quando faltar chuva, o risco de quebra de safra com a utilização das técnicas de irrigação é minimizado, garantindo a produção. Fator decisivo para atrair investimentos.

**Aumento de produtividade:** Utilizando as técnicas de irrigação para complementar a água da chuva, permitindo a presença constante de água nas raízes das plantas, deixa o solo em uma umidade ótima de desenvolvimento, proporcionando uma produtividade acima da média.

**Melhoria na qualidade do produto final:** É comprovado cientificamente que algumas espécies de plantas, sob o regime controlado de irrigação e fertilizante, apresenta uma melhoria no produto final.

**Aumento no número de safras:** Permite ao agricultor ampliar o número de safras tendo a possibilidade de colher na entressafra, não somente colhendo uma safra por ano, melhorando a lucratividade da produção.

Eficiência de irrigação é definida como a relação entre a quantidade de água que a cultura requer e a quantidade aplicada pelo sistema para suprir essa necessidade. Quanto menor a perda de água em consequência do escoamento, evaporação, drenagem, etc, maior será a eficiência de um sistema. Ao selecionar um sistema é necessário o conhecimento da eficiência de cada método de aplicação de água. Valores médios de eficiência dos diferentes métodos são apresentados na tabela 1 (LIMA; FERREIRA; CHRISTOFIDIS, 1999).

Tabela 1 – Eficiência dos métodos de irrigação e seu respectivo consumo de energia.

Fonte: (MAROUELLI; SILVA, 1998)

Método	Eficiência de Irrigação (%)	Uso de Energia (kWh/mm/ha)
Superficial	40 a 75	0,3 - 3
Subsuperficial	40 a 75	0 - 0,5
Aspersão	60 a 90	2 - 6
Localizada	75 a 95	1 - 4

Existem os 4 métodos mostrados anteriormente de se aplicar água à cultura, porém é preciso fazer uso de diferentes sistemas de irrigação para aplicá-los. A seguir será comentado sobre esses métodos de irrigação.

### 2.2.1 Método de Irrigação por Superfície

A irrigação por superfície é provavelmente o método mais antigo do mundo, é também chamada de irrigação por gravidade, porque deixa a água escoar fazendo a cobertura total ou parcial do solo, se beneficiando da ação da gravidade que possibilita a infiltração durante essa movimentação e após a contenção da água (TESTEZLAF, 2011).

Apesar da evolução dos outros métodos, o método por superfície ainda é predominante no Brasil e no mundo. As principais características que fazem esse tipo de irrigação continuar bastante utilizado são: baixo custo de investimento, simplicidade operacional, baixo consumo de energia, operação independe da qualidade da água, utilizado da maneira

correta tem grande potencial de eficiência e é adaptável a várias culturas (TESTEZLAF, 2011).

No entanto, apresenta algumas limitações: o projeto e manejo desse sistema requer mais cuidado na preparação, requer áreas planas ou niveladas, necessita de constantes avaliações sobre a área, depende da alta eficiência para ser lucrativo e não proporciona facilidades para aplicação de agroquímicos e fertilizantes (TESTEZLAF, 2011).

Embora a irrigação por superfície possa incluir diversos sistemas, Testezlaf (2011) classifica de uma forma geral em:

**Sistemas de irrigação por inundação:** a água é aplicada sobre toda a área de cultivo de forma que forme um "espelho d'água".

**Sistemas de irrigação por sulcos:** a água é aplicada parcialmente através de sulcos ou pequenos canais construídos no solo acompanhando a cultura.

### 2.2.2 Método de Irrigação por Aspersão

A irrigação por aspersão é o método em que a água é distribuída em forma de gotas sobre as plantas e a superfície do solo, simulando o efeito da chuva. A formação das gotas é obtida pela passagem da água sob pressão por orifícios presentes em tubulações ou em dispositivos mecânicos chamado de aspersores ou sprays (TESTEZLAF, 2011).

Esse sistema proporciona algumas vantagens sobre o método por superfície e é essencial que se tenha esse conhecimento antes da escolha do sistema a utilizar. Essas principais vantagens são: não necessita da sistematização ou da preparação do terreno, alta mobilidade, flexível em relação a maneira aplicada, riscos de prejudicar o solo reduzidos, apresenta perdas menores (TESTEZLAF, 2011).

Porém, esse tipo de sistema apresenta algumas limitações que devem ser consideradas durante a escolha: depende do vento para ser eficiente, custo de investimento inicial superior ao método de superfície, custo operacional elevado, necessita de manutenção e cuidados com os equipamentos, dependendo da cultura não é recomendado, a qualidade da água influencia na durabilidade e funcionalidade dos equipamentos (TESTEZLAF, 2011).

O método da aspersão pode ser dividido em dois tipos, segundo Testezlaf (2011):

**Sistemas Convencionais:** São os sistemas que se utilizam de componentes como moto-bombas, tubulações ou aspersores, e que são móveis, podendo ser movimentado durante a produção, ou podendo deixar parado até terminar o período de produzir.

**Sistemas Mecanizados:** São os sistemas em que os aspersores ou sprays são instalados em estruturas que se movem ao longo da área de produção. Estruturas essas que podem

ser movimentadas com o auxílio de um trator, ou que podem ser automatizadas para fazer movimentos lineares ou circulares.

### 2.2.3 Método de Irrigação Localizada

A irrigação localizada como o próprio nome já diz, distribui a água de forma localizada, aplicando a irrigação mais próxima à região da raiz das plantas, diminuindo a vazão da água e permitindo seu melhor aproveitamento. É caracterizada pela aplicação com frequência da água em pequenas porções. Pelo fato de atingir maior eficiência da água a produção e a qualidade do produto vêm aumentando, assim a irrigação localizada vem sendo cada dia mais utilizada (TESTEZLAF, 2011).

O sistema de irrigação localizada apresenta vantagens sobre os demais sistemas quando projetado corretamente, as características que tornam isso possível são: aproveita com mais eficiência os recursos hídricos, o manejo adequado da água permite o aumento da produtividade e a diminuição de perdas, produto de melhor qualidade, maior frequência de aplicação da água reduzindo o perigo de salinidade, possibilita a aplicação de produtos químicos, requerimento de energia reduzido, possibilidade de automatização dos sistemas e se adapta a diferentes tipos de solos (TESTEZLAF, 2011).

Entretanto, a utilização pelos agricultores é dificultada por algumas limitações, tais como: elevado investimento inicial comparado a outros sistemas, problemas de entupimento nos emissores, exige manejo rigoroso dependendo do solo, precisa ser projetado corretamente em relação à distribuição dos emissores, interrupção da irrigação pode acarretar prejuízos na produção, a operação e manutenção requer mão de obra especializada, equipamentos sofisticados dependem da assistência técnica (TESTEZLAF, 2011).

Segundo Testezlaf (2011) a irrigação localizada pode ser classificada em:

**Irrigação por gotejamento:** A água é aplicada no solo por gotejadores com baixa vazão.

**Irrigação por microaspersão:** A água é aplicada nas raízes das plantas de forma circular ou em uma faixa contínua por microaspersores.

### 2.2.4 Método de Irrigação de Subsuperfície

A irrigação de subsuperfície, também conhecida por irrigação subterrânea, é caracterizada pela aplicação da água diretamente nas raízes das culturas, através do processo de ascensão capilar da água, onde a água se eleva contra a ação da gravidade (TESTEZLAF, 2011).

O Método de Irrigação por subsuperfície apresenta algumas vantagens e desvantagens. As principais vantagens analisadas são: alta eficiência na aplicação da água, aplicação

de maneira uniforme, reduz prejuízos externos no sistema por estar enterrado, tem potencial de ser automatizado e facilita a mecanização da cultura (TESTEZLAF, 2011).

As principais desvantagens desse método são: custo inicial elevado, precisa estar bem enterrado de forma que não possa ser visualizado, suscetível a entupimento ou danos por roedores, necessita requerimentos complexos de manutenção, necessita maior controle da irrigação e por estar enterrado, a dificuldade da visualização de problemas que necessitam reparos e da realização da manutenção talvez seja o maior dos problemas (TESTEZLAF, 2011).

Este tipo de aplicação pode ser realizado de 2 maneiras, segundo Testezlaf (2011):

**Gotejamento subterrâneo:** A água é aplicada através das linhas de gotejamento que são enterradas no solo de forma que atinja o volume explorado pelas raízes.

**Elevação do lençol freático:** A água é aplicada na superfície do solo, utilizando sulcos ou canais bem espaçados, de forma que o perfil do solo será saturado e elevará o lençol freático até a profundidade desejada.

## 2.3 Internet das Coisas (IoT)

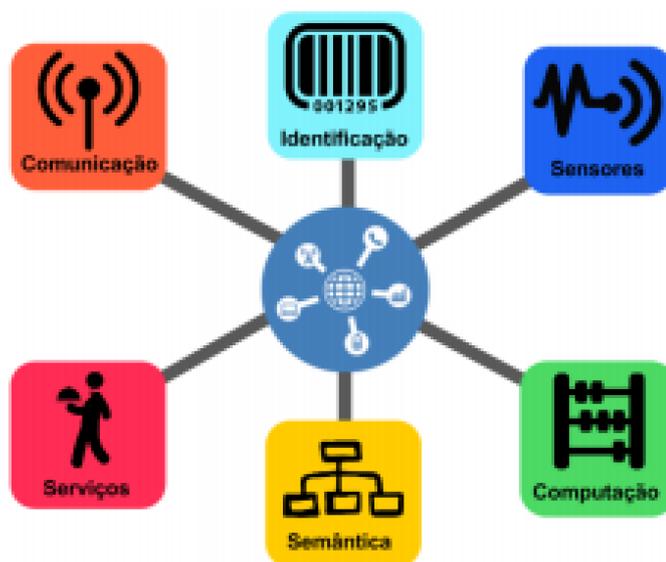
Internet das Coisas é um termo na computação que relaciona a Internet, sistema global de redes interconectadas, com as coisas, que podem ser entendidas como objetos físicos/reais ou virtuais. Ainda não se tem uma definição aceita pela comunidade de usuários no mundo, mas a definição mais completa para IoT segundo Madakam, Ramaswamy e Tripathi (2015) seria: "Uma rede aberta e compreensiva de objetos inteligentes que tem a capacidade de se auto-organizar, compartilhar informações, dados e recursos, reagindo e agindo de acordo com situações e mudanças do ambiente".

Para Santos et al. (2016) a Internet das Coisas pode ser vista como uma combinação de diversas tecnologias as quais se complementam ao integrar os objetos no ambiente físico e virtual. A Figura 2 apresenta os blocos básicos de construção da IoT sendo eles:

**Identificação:** É talvez o bloco mais importante, visto que é primordial identificar os objetos para conectá-los à internet. Essa identificação é feita através de tecnologias como RFID (Radio Frequency Identification), NFC (Near Field Communication) e endereçamento IP.

**Sensores/Atuadores:** bloco que trata o recebimento de informações e o que fazer com elas. Através dos sensores as informações sobre o ambiente são coletadas e guardadas em centros de armazenamento e os atuadores têm a capacidade de manipular o ambiente ou reagir de acordo com as informações coletadas.

Figura 2 – Blocos básicos da IoT.



Fonte: (SANTOS et al., 2016)

**Comunicação:** bloco que diz respeito às tecnologias utilizadas para fazer a comunicação entre os dispositivos inteligentes, são elas: WiFi, Bluetooth, IEEE 802.15.4 e RFID.

**Computação:** bloco em que é incluído a unidade de processamento responsável por executar os algoritmos locais nos dispositivos inteligentes, por exemplo, microcontroladores, processadores e FPGAs (Field-Programmable Gate Array).

**Serviços:** bloco em que se trata as classes de serviços, são elas: os Serviços de Identificação, responsáveis por mapear Entidades Físicas (EF) em Entidades Virtuais (EV); Serviços de Agregação de Dados, aonde são coletados e sumarizados os dados obtidos através dispositivos inteligentes; Serviços de Colaboração e Inteligência, que agem sobre os serviços de agregação de dados para tomar decisões e reagir de acordo com o ambiente; e Serviços de Ubiquidade, os quais visam prover serviços de colaboração e inteligência em qualquer momento independente do local.

**Semântica:** bloco que se trata da descoberta de conhecimento e do uso eficiente dos recursos existentes na IoT, e são usadas técnicas como Resource Description Framework (RDF), Web Ontology Language (OWL) e Efficient XML Interchange (EXI).

Na IoT, as "coisas" têm identidades, atributos físicos e personalidades virtuais, e são esperados que através de interfaces inteligentes elas se tornem participantes ativos do negócio, onde terão a capacidade de interagir entre si trocando dados e informações absorvidas sobre o ambiente enquanto reagem autonomamente a eventos do mundo real (SUNDMAEKER et al., 2010).

Dependendo do domínio em que é usado, o termo "coisas" pode ser percebido de diferentes maneiras como podemos ver na Tabela 2 .

Tabela 2 – Domínios de Aplicativos IoT - Descrição e Exemplos.

Fonte: (SUNDMAEKER et al., 2010)

Domínio	Descrição	Exemplos
Indústria	Atividades que envolvem o financeiro ou comercial de grandes empresas e organizações	Produto por si só, equipamentos, meios de transporte e tudo que possa envolver o ciclo de vida de um produto
Ambiente	Atividades que se referem à proteção, desenvolvimento e monitoramento de recursos naturais	Agricultura e criação, serviços de gestão ambiental, prédios e árvores
Sociedade	Atividades ou iniciativas que tratam o desenvolvimento e inclusão da sociedade	Inclusão social, inclusão virtual e serviços governamentais

No entanto, ao se tratar dos domínios da Tabela 2 acima, nós não podemos desenvolver aplicativos e serviços, isolando-os. O objetivo da IoT é justamente fazer a conexão entre pessoas e também conectar as pessoas aos serviços de diferentes domínios, tornando inteligente o ambiente, no geral.

Devido ao crescimento populacional é necessário aumentar a produtividade no agronegócio, e a aplicação de IoT vem ao encontro dessa tendência, envolvendo desde a mecanização do campo, ao utilizar tecnologia embarcada para preparar as áreas de plantio, até a aplicação correta e uniforme de fertilizantes. É importante ressaltar que, a Internet das Coisas traz um potencial de ganho maior ao ser combinada com demais tecnologias como automação, big data, analytics, entre outras (ALBERTIN; ALBERTIN, 2017).

Atualmente com o auxílio da Internet das Coisas, agricultores familiares são capazes de entregar suas culturas diretamente para seus clientes e consumidores, trabalhando com uma área maior e utilizando o marketing direto ou por lojas, podendo mudar o foco da cadeia de suprimentos, que é dominada por grandes empresas, para uma relação direta entre produtor e consumidor (SUNDMAEKER et al., 2010).

## 2.4 Arduino

Arduino é uma plataforma de computação física utilizada para a criação de objetos interativos que trabalham sozinhos ou que estão associados a um software de computador. Foi designada especialmente para pessoas que querem incorporar a computação física em seus trabalhos, sem ter que se tornarem engenheiros eletricitas (artistas, designers, entre

outros), mas também é uma ferramenta educacional muito popular(BANZI; SHILOH, 2014).

O hardware e o software do Arduino são de código aberto. A filosofia do código aberto promove o compartilhamento de conteúdos e conhecimentos entre uma comunidade. Isso é ótimo para iniciantes, pois a ajuda sempre está disponível online, de projetos básicos a avançados(BANZI; SHILOH, 2014).

Banzi e Shiloh (2014) dizem que o Arduino é composto por duas partes: a placa Arduino, que é a peça de hardware na qual trabalhamos; e a Arduino IDE (Integrated Development Environment), que é a parte de software executada através do computador. A IDE é utilizada para a criação de um esboço (pequeno programa de computador) que é enviada para a placa Arduino. Esse esboço é que diz o que a placa vai fazer.

- **A placa Arduino** é uma placa microcontrolada na qual é um circuito modesto (a placa) que contém um computador inteiro em um pequeno chip (o microcontrolador). Existem diversas versões para essa placa (Uno, Leonardo, Diecimila, Yun, Pro, etc) e em todas elas a placa inclui todos os componentes necessários para o controlador funcionar da maneira correta e comunicar-se com o computador do usuário(BANZI; SHILOH, 2014).
- **A IDE Arduino** é um programa em execução no computador que permite que o usuário escreva esboços para a placa Arduino em uma linguagem modelada em cima da linguagem de processamento. Após ser enviado para a placa o esboço escrito pelo usuário é transformado em linguagem C e passado para o avr-gcc, compilador que faz a tradução final da linguagem para o microcontrolador. Essa parte final é importante pelo fato de que o Arduino facilita a vida dos usuários, escondendo as complexidades de programar microcontroladores(BANZI; SHILOH, 2014).

Segundo Banzi e Shiloh (2014) o ciclo de programação no Arduino é:

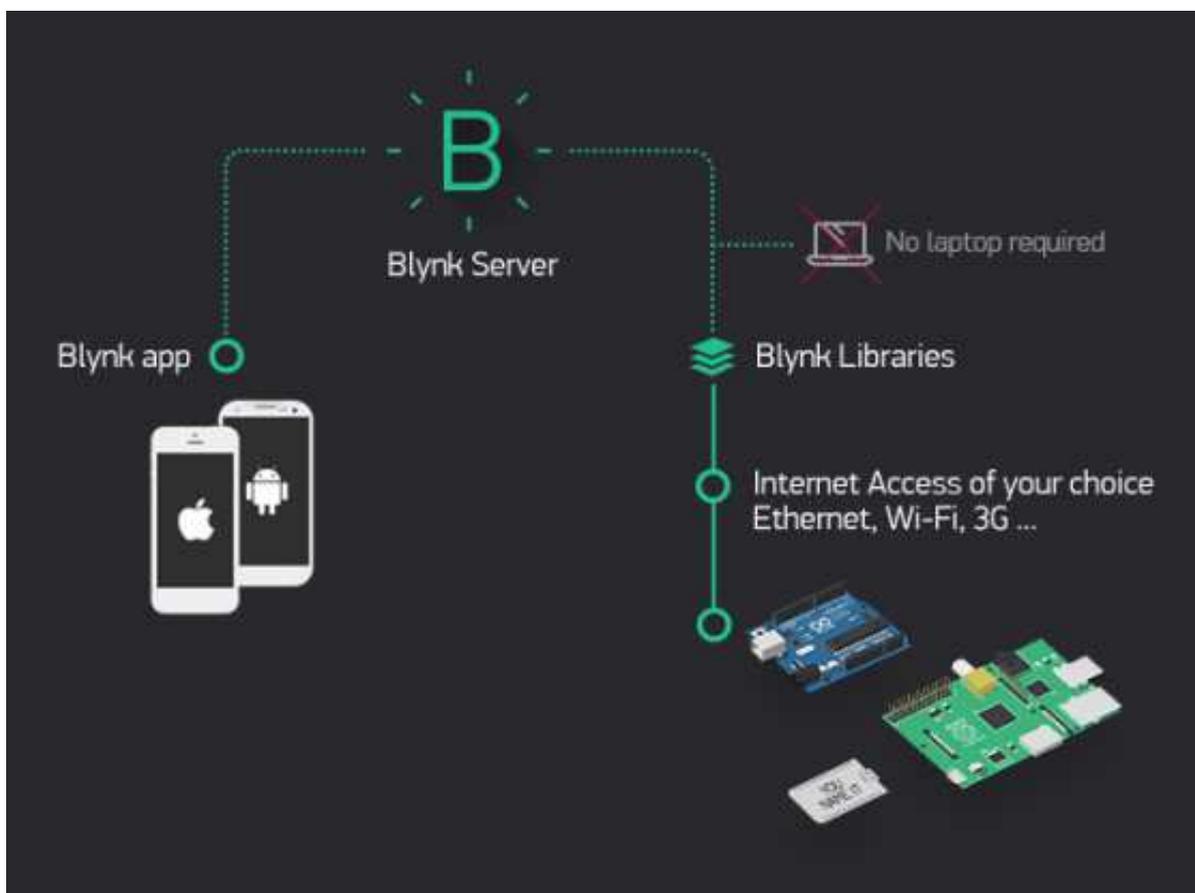
1. Conectar a placa em uma porta USB do computador.
2. Escrever um esboço que faça a placa trabalhar.
3. Enviar o esboço para a placa através da conexão USB e esperar alguns segundos para a placa reiniciar.
4. A placa executa o esboço escrito pelo usuário.

## 2.5 Blynk

Blynk é uma plataforma gratuita projetada para a Internet das Coisas, que permite controlar remotamente um hardware programável, assim como receber, exibir e armazenar dados de um sensor conectado ao hardware. Desta forma, é possível construir interfaces gráficas para seu projeto de maneira rápida e intuitiva, além de que não está vinculado somente a uma placa ou shield específica. Blynk suporta Arduino, Raspbery Pi, ESP8266, Microduino entre outros hardwares que possam ser conectados a Internet (SERRANO; NUNEZ, 2018).

Essencialmente, o Blynk é composto de três partes: o Blynk App, o Blynk Server e a Blynk Library, como mostra a Figura 3 a seguir:

Figura 3 – Organização do Blynk



Fonte: docs.blynk.cc

**Blynk App:** Aplicativo disponível para Android e iOS que permite ao usuário criar aplicações que interagem diretamente com o hardware. Através de um espaço próprio para cada projeto, o usuário pode inserir Widgets que implementam funções de controle (como botões, sliders e chaves), notificação e leitura de dados do hardware (exibindo através de displays, gráficos e mapas) (SERRANO; NUNEZ, 2018).

**Blynk Server:** Responsável por toda comunicação entre o aplicativo e o hardware. Existe a possibilidade do usuário usar tanto o Blynk Cloud, servidor disponibilizado pela Blynk, como utilizar seu próprio servidor privado local Blynk. O servidor é de código aberto e é responsável por transmitir os dados do aplicativo para o hardware e vice-versa (SERRANO; NUNEZ, 2018).

**Blynk Libraries:** E por fim, para diversas plataformas de hardware temos as bibliotecas Blynk. Essa biblioteca é responsável por gerenciar a conexão do hardware com o servidor Blynk e administrar as requisições de entrada e saída de dados e comandos (SERRANO; NUNEZ, 2018).

Algumas funcionalidades interessantes da plataforma Blynk são:

- API e interface do usuário semelhantes para todos os dispositivos e hardware suportados;
- Conexão com a nuvem usando: Wi-fi, Bluetooth e BLE, Ethernet, USB (serial), entre outros;
- Conjunto de Widgets fáceis de usar;
- Manipulação direta de pinos sem escrita de código;
- Envio de e-mails, tweets, notificações push, etc.

O Blynk App é disponibilizado gratuitamente na play store e na apple store para ser baixado. O acesso ao Blynk Server é ilimitado e as Blynk Libraries também são gratuitas. No entanto, a plataforma disponibiliza uma quantia de 2000 de energia (uma espécie de moeda virtual da plataforma) para ser gasto nos Widgets, o que limita um pouco a possibilidade de criação de grandes projetos. Mas, existe a possibilidade de compra de mais energia, caso o usuário necessite para desenvolver projetos mais extensos. Porém, para nosso sistema de irrigação, não é necessário a utilização de muitos Widgets, de forma que a plataforma serve precisamente para o que precisamos (SERRANO; NUNEZ, 2018).

## 3 Metodologia

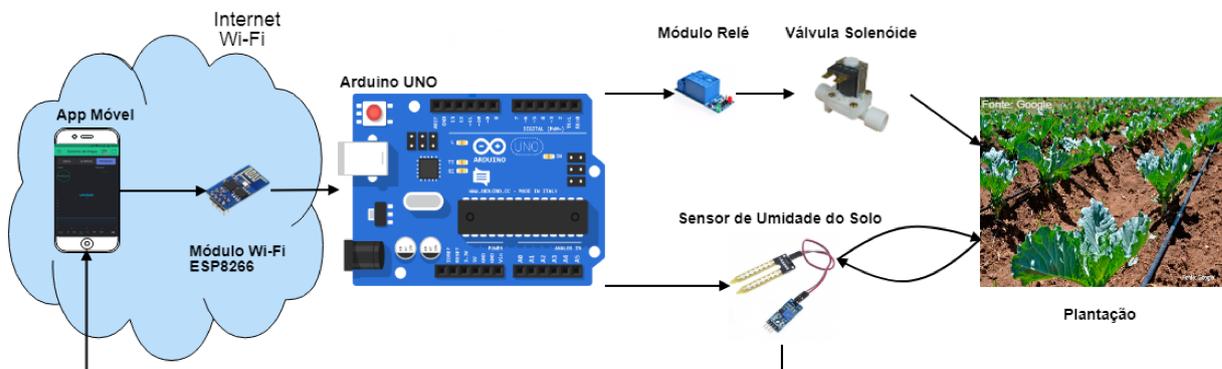
O enfoque deste capítulo encontra-se na apresentação da metodologia proposta nesta monografia. Conforme já apresentado, o objetivo deste trabalho consiste em construir um sistema de irrigação inteligente baseado em IoT.

Nesta seção serão descritos detalhadamente os procedimentos realizados, os equipamentos utilizados até a programação utilizada. A metodologia proposta possui as seguintes etapas: (1) Arquitetura do sistema; (2) Sensoriamento; (3) Módulo Wi-Fi; (4) Plataforma de Prototipagem; (5) Aplicação Móvel; (6) Dados; (7) Desenvolvimento do Algoritmo.

### 3.1 Arquitetura do sistema

Nesta etapa do projeto, o foco central é demonstrar a arquitetura do sistema. O sistema proposto consiste em algumas etapas principais demonstradas na Figura 4: a plataforma de prototipagem e a aplicação móvel.

Figura 4 – Arquitetura do Sistema.



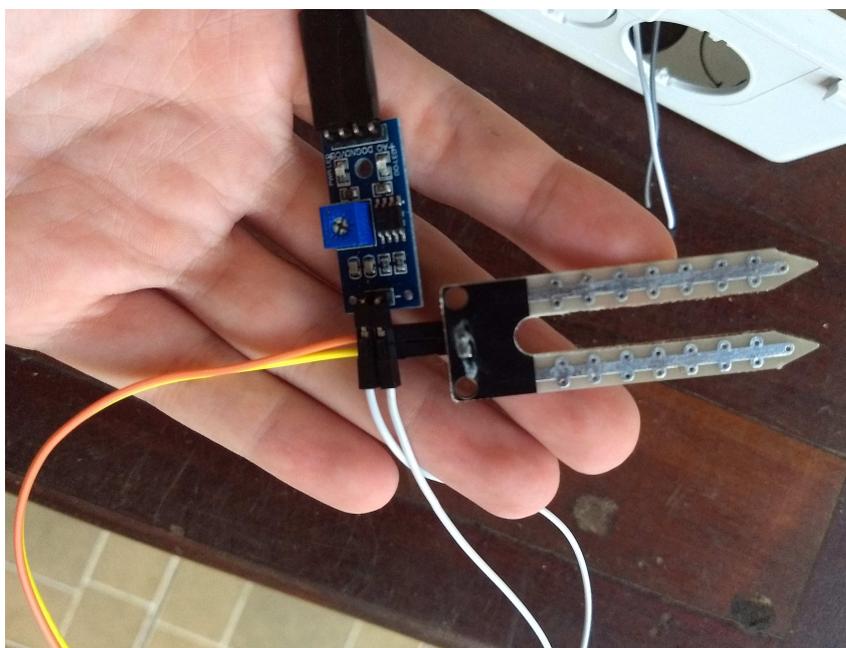
Fonte: Elaborado pelo Autor.

A aplicação móvel utilizada é a Blynk, ela é responsável pela interação do usuário com a plataforma de prototipagem. O agricultor através do aplicativo pode configurar o sistema para automático ou manual. A plataforma de prototipagem que utilizamos foi a Arduino UNO, a qual é responsável por interagir com o ambiente, tendo a capacidade de coletar dados sobre o solo e controlar a saída de água. A Figura 4 também demonstra os módulos e o sensor utilizados que serão comentados nos tópicos em seguida.

## 3.2 Sensoriamento

O sensoriamento do solo é feito através do sensor de umidade do solo FC-28 (Figura 5). Ele foi utilizado para detectar a variação de umidade do solo através da resistência e funciona da seguinte maneira: quando há mais água, o solo conduz mais eletricidade e conseqüentemente há menos resistência, portanto, o nível de umidade será maior e a saída do sensor ficará em estado baixo. Já o solo seco conduz a eletricidade, portanto, quanto menos água, menos eletricidade conduzida e menor a umidade do solo, deixando o sensor em estado alto.

Figura 5 – Sensor de umidade do solo.



Fonte: Filipeflop.

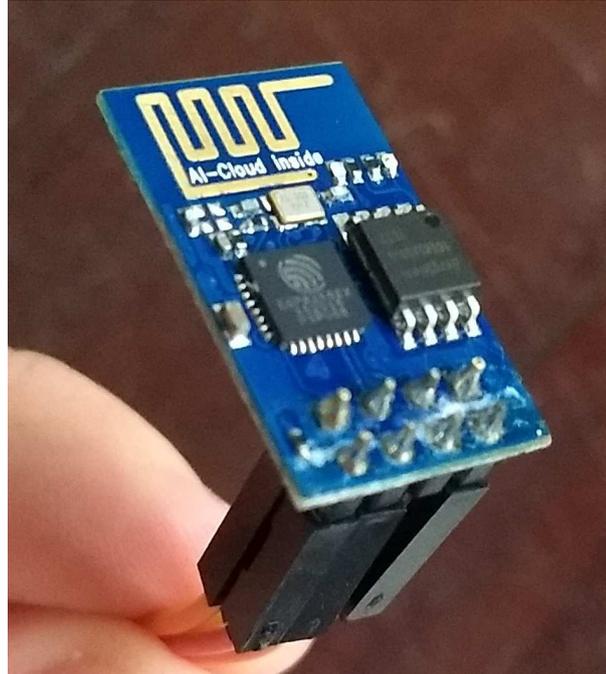
## 3.3 Módulo Wi-Fi

A conexão entre a placa de prototipagem e a internet é feita através do Módulo Wi-Fi ESP8266 (Figura 6). Esse módulo é um SOC (System on Chip) com protocolo TCP/IP integrado que consegue dar a qualquer microcontrolador acesso a sua rede via Wi-Fi, também tem um ótimo custo x benefício e possui uma comunidade de usuários enorme em constante crescimento.

O módulo ESP8266 já vai pré-programado com um comando 'AT' setando seu firmware. Isso significa que o usuário pode simplesmente ligá-lo ao Arduino que funcionará, no entanto nesse projeto foi necessário mudar a configuração UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) e o Baud Rate (Taxa de Transmissão) para que o parâmetro

possa salvar as informações na memória flash daqui em diante. A configuração padrão da UART do ESP8266 não salva as mudanças de configuração.

Figura 6 – Módulo Wi-Fi ESP8266.



Fonte: FilipeFlop.

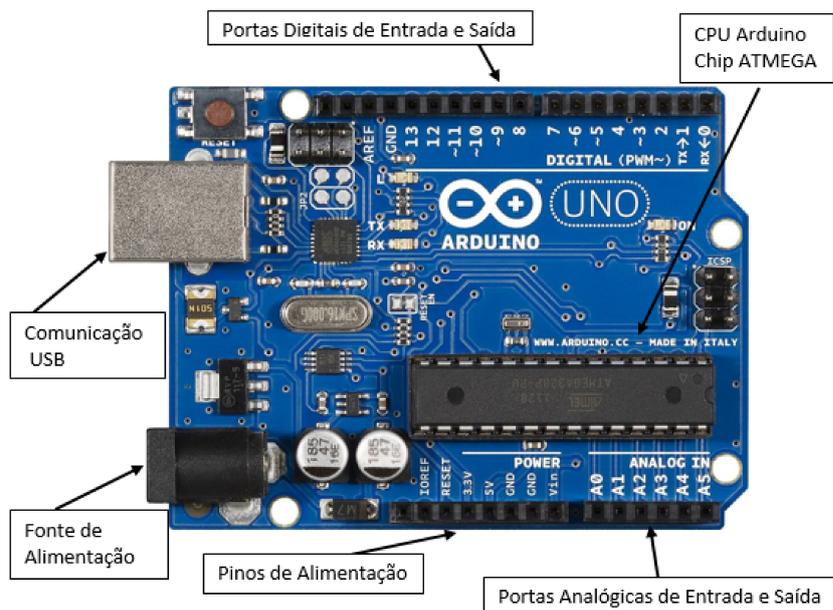
### 3.4 Plataforma de Prototipagem

A plataforma de prototipagem escolhida para o desenvolvimento do sistema foi a Arduino UNO, os principais fatores para essa escolha são: o baixo custo, visto que o sistema é feito para agricultores familiares; a facilidade de programação e uso; além de que por ser uma plataforma de código aberto, a comunidade fornece bastante suporte.

A plataforma Arduino irá ler os dados coletados pelo sensor de umidade do solo através das portas analógicas, conforme ilustrado na Figura 7, e convertê-los (através de um conversor analógico-digital interno) em um valor digital compreendido entre 0 (0%) e 1023 (100%).

Através do código escrito na IDE Arduino, a plataforma irá processar as informações coletadas e depois enviá-las para o aplicativo através de comunicação serial. Baseado nas informações recebidas, o usuário enviará um comando para a placa e por meio desse comando, a plataforma tomará a decisão de abrir ou fechar a válvula solenóide.

Figura 7 – Plataforma Arduino UNO



Fonte: Elaborada pelo Autor.

### 3.5 Aplicação Móvel

O aplicativo escolhido para complementar o trabalho é chamado de Blynk, ele foi escolhido pelo fato de que já existe nas lojas gratuitamente de Androids e Iphones então o custo de produção é reduzido, além de que ele encaixa perfeitamente no que foi necessário para a criação do sistema de irrigação.

O único problema que encontramos com o aplicativo, é que em cada projeto criado, o usuário tem um limite de 2000 de energia e essa energia é gasta através de Widgets para a interface do aplicativo. No entanto, existe a possibilidade de comprar mais energia, o que em nosso projeto não foi necessário.

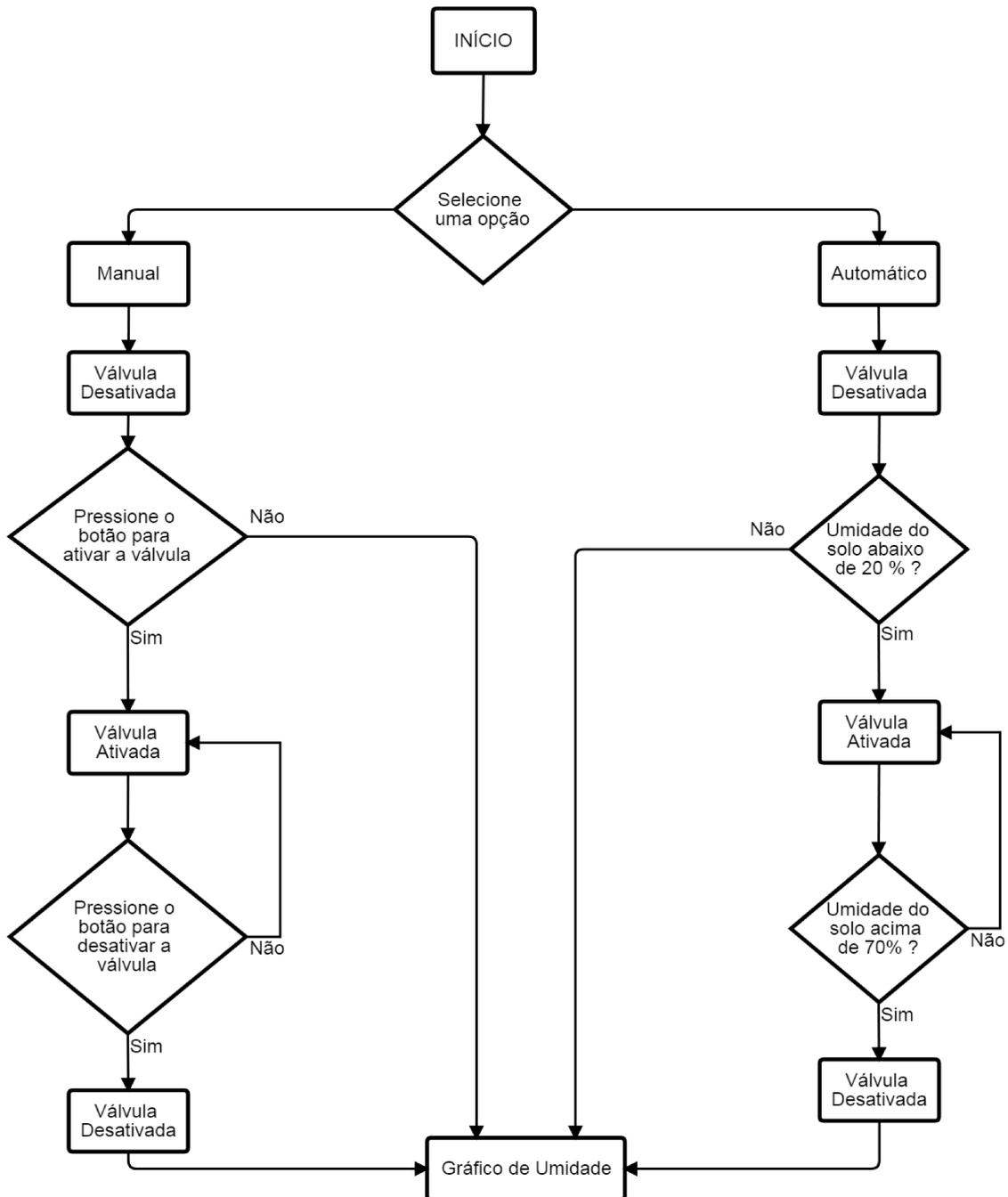
Os Widgets utilizados no projeto foram os seguintes:

- **Segmented Switch:** utilizado para que o usuário escolha qual modo ele quer operar o sistema de irrigação: manual ou automático.
- **Button:** o botão serve para o usuário ativar ou desativar a válvula solenóide, ou seja, ativar ou desativar o sistema de irrigação. Esse botão tem funcionamento caso seja escolhido a opção 'Manual' no Widget falado anteriormente.
- **Gauge:** o indicador funciona somente para mostrar a umidade do solo em tempo real.
- **SuperChart:** e por fim temos o gráfico que mostra as informações de umidade do solo. O usuário pode escolher ver a umidade naquele momento, 1 hora atrás, 6 horas

atrás, 1 dia, 1 semana, 1 mês e 3 meses. Esses dados também podem ser exportados em formato CSV (Comma Separated Values) para o e-mail do usuário, podendo assim analisar dados de até 3 meses atrás.

O fluxograma de funcionamento do aplicativo é demonstrado na Figura 8 abaixo:

Figura 8 – Fluxograma de funcionamento do App Móvel



Fonte: Elaborada pelo Autor.

## 3.6 Dados

Os dados coletados pelo sensor de umidade serão exibidos na interface do aplicativo. O widget indicador irá mostrar a umidade em tempo real e o widget de gráfico disponibilizará a umidade das últimas horas. O app móvel também disponibiliza através do gráfico, a opção de exportar os dados coletados de até 6 meses.

A disponibilização desses dados é feita através de um arquivo CSV, que será enviado para o e-mail cadastrado pelo usuário no aplicativo. As informações providenciadas no arquivo CSV são: a umidade e a marca de tempo em Unix.

Para analisarmos os dados com o horário exato em que aconteceu foi preciso converter de Unix para data e hora através do comando `'=((B1/1000)/86400)+25569+(-3/24)'` no excel.

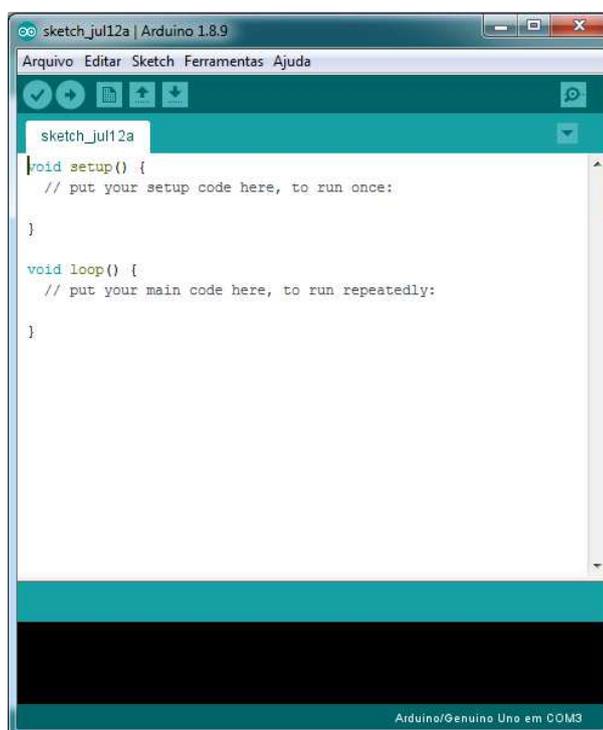
## 3.7 Desenvolvimento do Algoritmo

O algoritmo do sistema foi desenvolvido na IDE Arduino (Figura 9), como mencionado anteriormente, utilizando a linguagem de programação C++. O Blynk tem uma plataforma em que é disponibilizado esboços de exemplos baseados na placa e no tipo de conexão em que o usuário está utilizando. Dessa forma, neste projeto foi utilizado como base os esboços fornecidos para receber e fornecer informações, entre o aplicativo Blynk e a placa Arduino.

Primeiramente foram adicionadas as bibliotecas do módulo Wi-Fi ESP8266, Blynk, LCD (Liquid Crystal Display) e as variáveis utilizadas foram declaradas. Após isso, é preciso colocar o token, o qual é disponibilizado pelo aplicativo através do e-mail quando o usuário se cadastra e também o nome e senha do Wi-Fi em que o módulo vai ficar conectado.

No criação do núcleo do código é utilizado um switch case para escolher entre as opções manual ou automático e é feito um if especificando quando a válvula vai ser ativada e desativada automaticamente. Por fim, é feita a configuração em que o sensor de umidade do solo vai executar.

Figura 9 – IDE Arduino



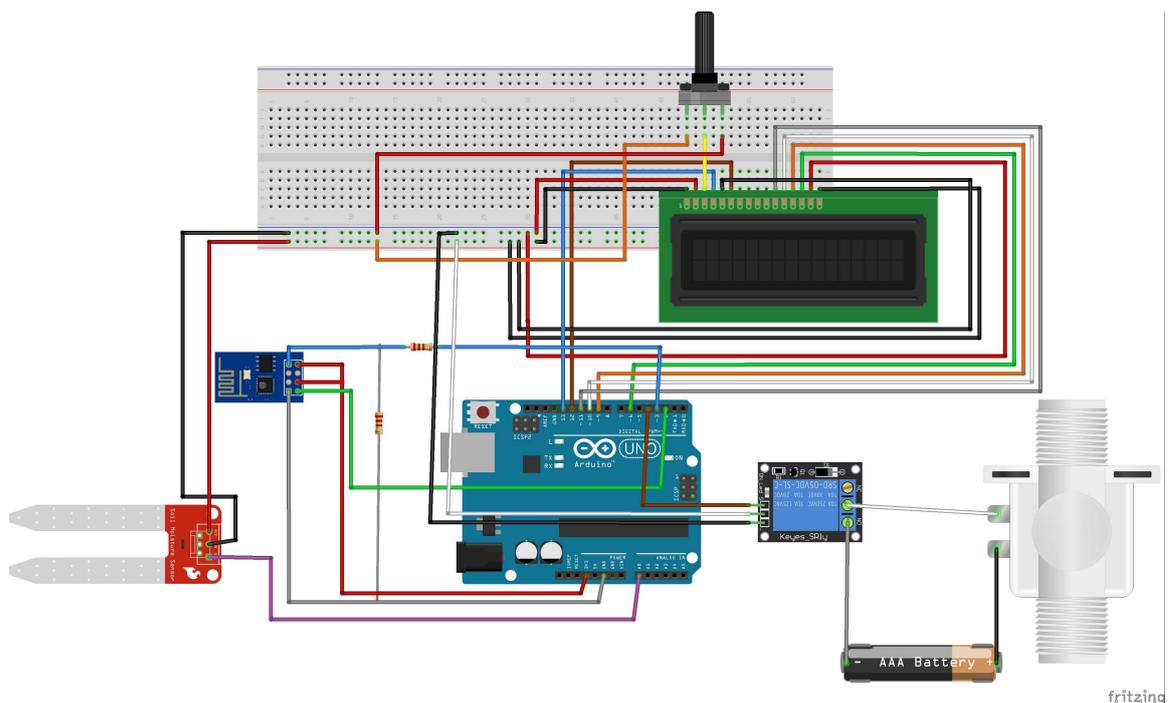
Fonte: Elaborada pelo Autor.

## 4 Resultados

Este capítulo aborda e discute a respeito dos resultados obtidos na execução da metodologia proposta, aplicando módulos e sensores em busca da criação de um sistema de irrigação inteligente. O trabalho proposto teve sua validação ao ser implementado em uma área real de teste.

Os testes foram organizados da seguinte maneira: primeiramente foi realizada a montagem dos componentes do sistema baseado no esquemático a seguir (Figura 10) e enquanto isso a interface do Blynk e quais Widgets seriam utilizados ia sendo constituída. Após a conclusão da montagem (Figura 11) a interface do Blynk também foi finalizada, ficando dessa maneira (Figura 12).

Figura 10 – Esquemático do Sistema de Irrigação

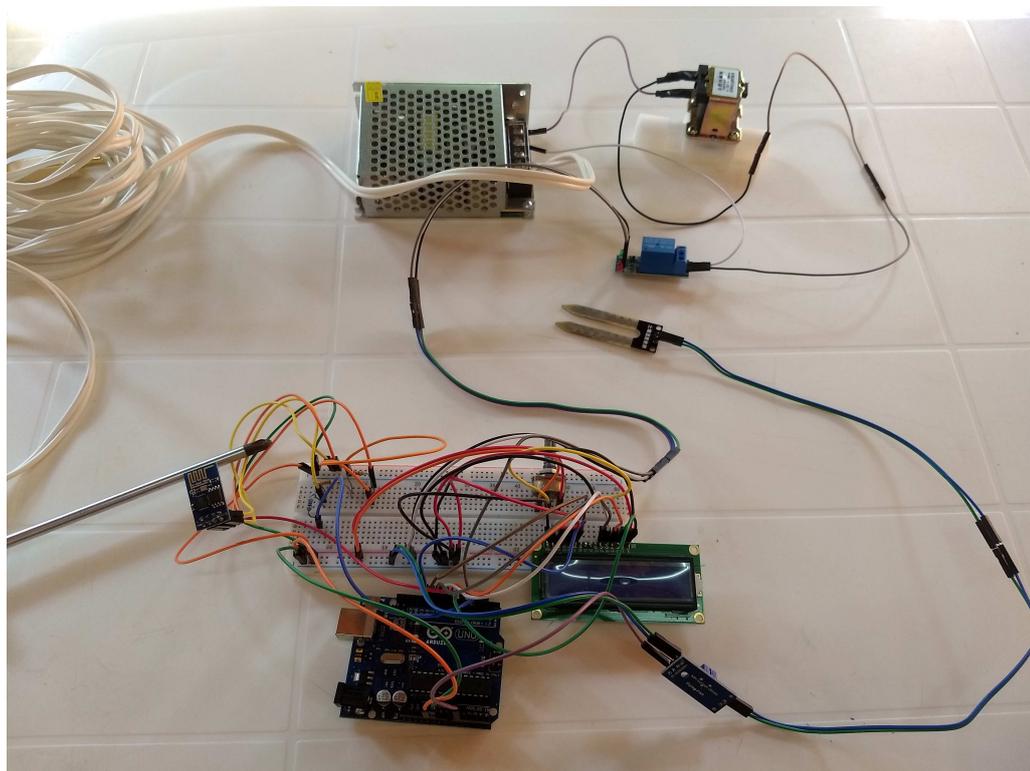


Fonte: Elaborada pelo Autor.

Foram feitos testes antes de aplicarmos em situação real. O sistema funcionou de acordo com o esperado e o próximo passo era por em prática.

Em função dos testes o sistema foi situado em um limoeiro e o método de irrigação utilizado foi a irrigação localizada pelo fato de estar irrigando somente uma plantação. Agora por meio desse gráfico (Figura 13) poderemos analisar a situação do solo durante 1 semana.

Figura 11 – Protótipo do Sistema de Irrigação



Fonte: Elaborada pelo Autor.

## 4.1 Discussão

Analisando os resultados obtidos com a fase de teste, foi possível observar que, o local em que o sistema foi aplicado não é apropriado para o teste, visto que a localização pega sol somente 2 horas por dia (11 as 13). Além de que, durante essa semana de teste choveu durante alguns dias.

Com base nas informações acima, percebemos que, o sistema foi impossibilitado de funcionar de forma automática, visto que o solo em nenhum momento chegou a ficar seco como se era esperado.

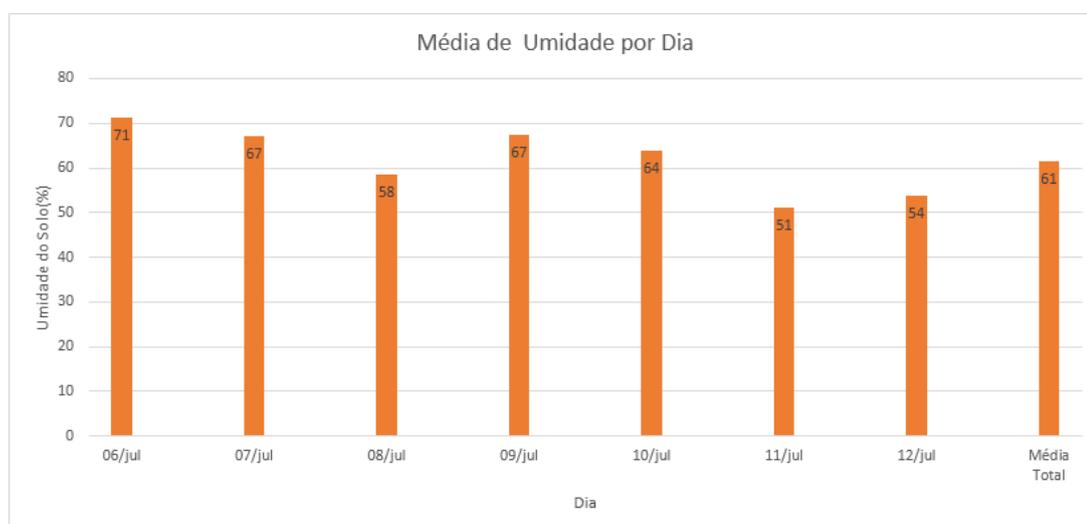
Porém no quesito manual, o sistema funcionou e cumpriu seus requisitos e obteve o sucesso esperado.

Figura 12 – Interface do Aplicativo Blynk



Fonte: Elaborada pelo Autor.

Figura 13 – Gráfico de Umidade Média



Fonte: Elaborada pelo Autor.

## 5 Conclusão

Neste projeto foi revelada possibilidade de um sistema de irrigação automatizado, visto que a maioria dos sistemas utilizados hoje em dia são manuais e isso provoca o desperdício de água. Durante o desenvolvimento do projeto foram encontrados alguns problemas que não afetaram o objetivo proposto do trabalho, a solução para esses problemas será colocada para trabalhos futuros.

Quanto ao propósito do projeto, concluímos que o objetivo de montar um sistema de irrigação capaz de tomar a decisão automática de irrigar o solo baseado na umidade e também capaz de fornecer o controle para o usuário de forma que ele possa controlar quando irrigar. Além disso foi possível verificar a eficiência da placa Arduino e da utilização da Internet das Coisas para automatizar um sistema de irrigação.

Neste estudo foi proposto a construção de um sistema de irrigação com auxílio de automação e de Internet das Coisas, de modo que o usuário tem controle sobre o tempo necessário para irrigação. O método proposto foi organizado em sete etapas: (1) Arquitetura do sistema; (2) Sensoriamento; (3) Módulo Wi-Fi; (4) Plataforma de Prototipagem; (5) Aplicação Móvel; (6) Dados; (7) Desenvolvimento do Algoritmo.

### 5.1 Material e Custo

Além disso, o objetivo de construir um sistema de baixo custo, visto que o principal propósito do trabalho é favorecer os agricultores familiares, foi bem sucedido.

Tabela 3 – Custo do Projeto.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

<b>Descrição do Item</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Protoboard 830 pinos	14
Arduino UNO	55
Módulo Wi-Fi ESP8266	25
Válvula Solenóide	45
Fonte Colméia 12V 5A	35
Display LCD	20
Jumpers	15
Resistores	2
Potenciometro	10
Sensor Umidade do Solo FC-28	10
Custo Total	231

## 5.2 Trabalhos Futuros

Devido ao fato do crescimento da tecnologia e do interesse em sistemas automatizados, com o intuito de ampliar o sistema, não se limitando somente a primeira versão, sugere-se que:

- Ampliar o sistema para funcionar também com bluetooth, visto que em algumas áreas não se pega internet;
- Aumentar as opções dos usuários, adicionando o módulo RTC, fornecendo a capacidade do usuário de programar um horário futuro para o sistema ligar.
- Mandar avisos para o agricultor de quando o sistema for ativado e desativado na opção automática;
- Colocar o sistema para funcionar em um ambiente próprio, com solo apropriado e plantações;
- Desenvolver um servidor Web capaz de receber e enviar informações para a placa e para o aplicativo móvel.

## Referências

- ALBERTIN, A. L.; ALBERTIN, R. M. de M. A internet das coisas irá muito além as coisas. *GV-executivo*, v. 16, n. 2, p. 12–17, 2017. Citado na página 24.
- ALTAFIN, I. Reflexões sobre o conceito de agricultura familiar. *Brasília: CDS/UnB*, p. 1–23, 2007. Citado na página 17.
- BANZI, M.; SHILOH, M. *Getting started with Arduino: the open source electronics prototyping platform*. [S.l.]: Maker Media, Inc., 2014. Citado na página 25.
- GUANZIROLI, C.; CARDIM, S. et al. Novo retrato da agricultura familiar: o brasil redescoberto. Basilia (Brasil) FAO/INCRA, 2000. Citado na página 17.
- GUANZIROLI, C. E.; BUAINAIN, A. M.; SABBATO, A. D. Dez anos de evolução da agricultura familiar no brasil:(1996 e 2006). *Revista de Economia e Sociologia Rural*, SciELO Brasil, v. 50, n. 2, p. 351–370, 2012. Citado na página 18.
- JADHAV, S.; HAMBARDE, S. Android based automated irrigation system using raspberry pi. *International Journal of Science and Research*, v. 5, n. 6, p. 2345–51, 2016. Citado na página 14.
- KAMIENSKI, C.; VISOLI, M. Swamp: uma plataforma para irrigação de precisão baseada na internet das coisas. *Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, Fonte, Belo Horizonte, v. 15, n. 20, p. 76-84, dez. 2018., 2018. Citado na página 15.
- KOKKONIS, G.; KONTOGIANNIS, S.; TOMTSIS, D. A smart iot fuzzy irrigation system. *Power (mW)*, v. 100, n. 63, p. 25, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.
- LIMA, J.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no brasil. *O estado das águas no Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica. CD-ROM*, 1999. Citado 3 vezes nas páginas 12, 13 e 19.
- MADAKAM, S.; RAMASWAMY, R.; TRIPATHI, S. Internet of things (iot): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, Scientific Research Publishing, v. 3, n. 05, p. 164, 2015. Citado na página 22.
- MAROUELLI, W.; SILVA, W. Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças. *Embrapa Hortaliças-Circular Técnica (INFOTECA-E)*, Brasilia: EMBRAPA-CNPB, 1998., 1998. Citado na página 19.
- PAZ, V. P. d. S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. SciELO Brasil, 2000. Citado na página 12.
- SANTOS, B. P. et al. Internet das coisas: da teoria à prática. *Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos*, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 23.
- SERRANO, T. M.; NUNEZ, R. Introdução ao blynk app. Embarcados, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 27.

---

SUNDMAEKER, H. et al. Vision and challenges for realising the internet of things. *Cluster of European Research Projects on the Internet of Things, European Commission*, v. 3, n. 3, p. 34–36, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.

TESTEZLAF, R. Irrigação: Métodos, sistemas e aplicações. Faculdade de Engenharia Agrícola Unicamp-FEAGRI, 2011. Citado 5 vezes nas páginas 18, 19, 20, 21 e 22.

TUCCI, C. E. M. Existe crise da água no brasil? 2009. <<http://rhama.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/04/EXISTE-CRISE-DA-AGUA.pdf>>. Citado na página 12.

# Anexos

# 1. Anexo A: Código Fonte

```
1 #include <ESP8266_Lib.h>
2 #include <BlynkSimpleShieldEsp8266.h>
3 #include <LiquidCrystal.h> //inicia lib do LCD
4 LiquidCrystal lcd(12, 11, 10, 9, 8, 6); // seta portas do LCD
5 #include <SoftwareSerial.h>
6 SoftwareSerial EspSerial(2, 3); // RX, TX
7
8 #define sensorUmidade A0 // Sensor de umidade de solo do m dulo
9 #define pinRele 4
10 #define BLYNK_PRINT Serial
11 // Your ESP8266 baud rate:
12 #define ESP8266_BAUD 9600
13
14 int estado;
15 int rele = HIGH;
16 float percentual;
17 unsigned long tAnterior = 0; // Variavel utilizada para guardar o tempo anterior
18 unsigned long intervalo = 5000; // Intervalo de tempo em MS para cada leitura
19
20 // You should get Auth Token in the Blynk App.
21 char auth[] = "2a1309c37024460ead7e338265a850a6";
22
23 // Your WiFi credentials.
24 // Set password to "" for open networks.
25 char ssid[] = "Trojan123";
26 char pass[] = "baitola1076";
27
28 ESP8266 wifi(&EspSerial);
29
30 BlynkTimer timer;
31 void myTimerEvent()
32 {
33     // You can send any value at any time.
34     // Please don't send more than 10 values per second.
35     Blynk.virtualWrite(V5, millis() / 1000);
36 }
37
38 BLYNK_WRITE(V0)
39 {
40     // Blynk.virtualWrite(V2, rele);
41     switch (param.asInt())
42     {
43         case 1: { // Manual
44             Serial.println("Manual selected");
45             estado = 1;
46             break;
47         }
48         case 2: { // Autom tico
49             Serial.println("Autom tico selected");
50             estado = 2;
51             if (percentual <= 33 ) { // se a umidade tiver menor ou igual que 33%, liga o
52                 rel ; O rel fica ligado at chegar em 66%;
53                 digitalWrite(pinRele, LOW);
54             }
55             if (percentual >= 66 ) { // se tiver maior ou igual a 66%, desliga o
56                 rel . Caso o percentual comece a descer abaixo de 66% e a ultima a o foi
57                 desligar o rel ,
58                 digitalWrite(pinRele, HIGH); // o rel continuar desligado at
59                 alcan ar 33%;
60             }
61             break;
62         }
63     }
64 }
65
66 BLYNK_WRITE(V2)
67 {
```

```

64 int v2_state = (param.asInt());
65
66 if (estado != 1) // caso o segmented switch N O est na posi o 1, ent o
    queremos ignorar o fato que o V1(BOTO) foi pressionado
67 {
68     Blynk.virtualWrite(V2, !v2_state); // configurar o widget do bot o conectado V1
        de volta ao seu status original
69 }
70 else
71 {
72     // Esse ponto s acontece caso o segmented switch estiver na posi o 1
73     if (v2_state == 2) // If the button on V1 is now ON
74     {
75         digitalWrite(pinRele, LOW);
76         //Your code in here to turn the relay ON
77     }
78     else
79     {
80         digitalWrite(pinRele, HIGH);
81         // We get here if the button on V1 is now OFF
82         // Your code in here to turn the relay ON
83     }
84 }
85 }
86
87 void sendSensor()
88 {
89     Blynk.virtualWrite(V1, percentual);
90 }
91
92 void setup()
93 {
94     pinMode( pinRele, OUTPUT);
95     digitalWrite(pinRele, HIGH);
96
97
98     lcd.begin(16, 2);
99
100    // Debug console
101    Serial.begin(9600);
102
103    // Set ESP8266 baud rate
104    EspSerial.begin(ESP8266_BAUD);
105    delay(10);
106
107    Blynk.begin(auth, wifi, ssid, pass);
108    timer.setInterval(1001L, myTimerEvent);
109    timer.setInterval(2002L, sendSensor);
110 }
111
112 void loop()
113 {
114     unsigned long tAtual = millis(); // Realizar a leitura atual do tempo em que o
        Arduino UNO est ligado
115     if (tAtual - tAnterior > intervalo) { // Pequena l gica para realizar leituras
        temporizadas sem parar o microcontrolador
116         tAnterior = tAtual; // Guardamos o tempo anterior como o ultimo intervalo de tempo
        lido
117         int leitura = analogRead(sensorUmidade); // Leitura dos dados anal gicos vindos do
        sensor de umidade de solo
118         percentual = map(leitura, 1023, 0, 0, 100);
119         if (leitura <= 1023 && leitura >= 682) { // Se a leitura feita for um valor entre
        1023 e 682, o solo est com umidade baixa
120             Serial.println("N vel de Umidade Baixo");
121             Serial.print(percentual);
122             Serial.println(" %");
123             Serial.println(leitura);
124
125             lcd.setCursor(0, 0);
126             lcd.print( percentual);

```

```

127     lcd.print( "%");
128     lcd.setCursor(0, 1);
129     lcd.print("Umidade Baixa");
130
131 } else {
132     if (leitura <= 681 && leitura >= 341) { // Se a leitura feita for um valor entre
681 e 341, o solo est com umidade m dia
133         Serial.println("N vel de Umidade M dio");
134         Serial.print(percentual);
135         Serial.println(" %");
136         Serial.println(leitura);
137
138         lcd.setCursor(0, 0);
139         lcd.print( percentual);
140         lcd.print( "%");
141         lcd.setCursor(0, 1);
142         lcd.print("Umidade Media");
143     }
144     else {
145         if (leitura <= 340 && leitura >= 0) { // Se a leitura feita for um valor entre
0 e 340, o solo est com umidade alta
146             Serial.println("N vel de Umidade Alto");
147             Serial.print(percentual);
148             Serial.println(" %");
149             Serial.println(leitura);
150
151             lcd.setCursor(0, 0);
152             lcd.print( percentual);
153             lcd.print( "%");
154             lcd.setCursor(0, 1);
155             lcd.print("Umidade Alta ");
156         }
157     }
158 }
159 }
160 Blynk.syncAll();
161 Blynk.run();
162 timer.run(); // Initiates BlynkTimer
163 }

```