# UNIVERSIDADE PAULISTA INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA CAMPUS BRASÍLIA

# LEVI ARAUJO LIMA

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMÁTICO INTELIGENTE

BRASÍLIA

# LEVI ARAUJO LIMA

# SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMÁTICO INTELIGENTE

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO apresentado como requisito parcial, para obtenção do grau de bacharelado de Engenharia de Controle e Automação (Mecatrônica) do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Paulista, Campus Brasília.

Orientadora: Elizete Rocha da Costa

#### CIP - Catalogação na Publicação

Lima, Levi

Sistema de Irrigação Automático Inteligente / Levi Lima. - 2019.

63 f. : il. color

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) apresentado ao Instituto de Ciência Exatas e Tecnologia da Universidade Paulista, Brasilia - DF, 2019.

Área de Concentração: Automação, Sistemas inteligentes,. Orientador: Prof. Dra. Elizete Rocha Da Costa.

Sistemas Inteligentes. 2. Irrigação Automática. 3. Automação. 4.
 Internet das Coisas. 5. Microcontroladores. I. Da Costa, Elizete Rocha (orientador). II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da Universidade Paulista com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LIMA, Levi. Sistema de irrigação automático inteligente. 2019. 63f. Curso de Bacharelado em

Engenharia de Controle e Automação (Mecatrônica) do Instituto de Ciências exatas e tecnologia

da Universidade Paulista - UNIP, Campus Brasília, 2019. 50p.

**CESSÃO DE DIREITO** 

AUTOR: Levi Araujo Lima

TÍTULO: Sistema de Irrigação Automático inteligente

**GRAU**: Bacharel

ANO:2019

É concedida à Universidade Paulista, permissão para reproduzir cópias deste trabalho de

conclusão de Curso, para emprestar, ou vender tais cópias, somente para propósitos acadêmicos

e científicos. O autor/autores reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desse

Trabalho de conclusão de Curso, pode ser reproduzido sem autorização por escrito do autor.

Levi Araujo Lima

Autoria de Levi Araujo Lima intitulado "SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMÁTICO INTELIGENTE", TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação (Mecatrônica) do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, da Universidade Paulista, Campus Brasília, em 10/12/2019, defendido e aprovado pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof.ª Elizete Rocha da Costa, Ma. UNIP-DF

(Orientadora)

Co-Orientador: (se houver) (titulação). UNIP-DF

(Co-Orientador)

(Nome do membro da banca) (titulação). UNIP-DF

(Examinador)

(Examinador)

#### **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente venho agradecer a Deus, por nunca ter me deixado desmotivar, até mesmo nos momentos de dificuldades, onde pensei que não seria capaz de vencer tais obstáculos. Quero agradecer aos meus pais, por todo apoio dado até aqui e que se não fosse por eles, eu nunca teria chegado até onde cheguei. Agradecer também a minha irmã, que foi uma mãe pra mim, que me deu um caminho para que eu pudesse caminhar, deu um ponto de início para que eu pudesse assim seguir meu próprio caminho e me encontrar nessa longa estradas de dúvidas e escolhas. Outra pessoa importante que quero agradecer é meu cunhado, que junto com minha irmã, me deram abrigo, apoio e sempre acreditaram nas minhas capacidades, para que eu pudesse conquistar meus objetivos. Quero agradecer a minha irmã Yasmine, meu irmão Jesus, por todo o carinho que tiveram por mim, e por ser pessoas que eu pude contar, quando precisei. Também gostaria de agradecer a uma pessoa que foi meu abrigo, minha alegria e sempre acreditou em mim, quando eu pensava em desistir, meu grande amor Jessica Azevedo. Essas meras palavras não conseguem descrever o quanto sou grato por tudo que puderam fazer pela minha vida. Deixo aqui esse trabalho de curso em homenagem a minha família, amigos e profissionais que me ajudaram no crescimento da minha formação em especial meu grande amigo Caio Barbosa e Jhonathas Jansen.

"É necessário ter o caos dentro de si para gerar uma estrela "

Friedrich Nietzsche

LIMA, Levi Araujo. **Sistema de Irrigação automático inteligente**. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO. Curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação (Mecatrônica) do Instituto de Ciências e Tecnologia, da Universidade Paulista, Campus Brasília, 2019.

#### **RESUMO**

A automação está presente cada vez mais no nosso dia a dia, desde a utilização no controle de grandes fabricas, como no simples ligar de uma lâmpada utilizando um comando por voz. Devido a sua grande utilidade a automação começou a ser utilizada no âmbito residencial. Hoje muitas casas já possuem a maioria dos seus sistemas sendo controlados automaticamente. O trabalho em questão visa projetar um sistema inteligente para realizar o controle de irrigação utilizando o microcontrolador ATMEGA328p. O sistema se baseia no controle de umidade do solo de uma planta, utilizando um sensor higrômetro. Dependendo do nível de umidade, será acionado uma válvula solenoide que permitirá a passagem da água para que a planta seja irrigada. Com esse controle automático, a planta será irrigada na quantidade correta e pelo tempo correto até suprir todas as suas necessidades. O sistema projetado cumpriu seu objetivo de ter um menor custo de produção e atendeu às necessidades de analisar a umidade do solo e fazer o acionamento do solenoide, assim irrigando a planta até atingir o limite de umidade que foi estabelecido na programação. Nos testes realizados o sensor captou uma faixa de valor que variava de 38% a 90%, dependendo da hora do dia. Nessa faixa de umidade o solo se encontrava seco, então para o projeto foi utilizado uma faixa mínima de 50% de umidade para determinar que a planta seja regada. Atingindo o valor de 50% de umidade, o dispositivo acionava a solenoide, para que a planta fosse irrigada até atingir o limite de 90% de umidade, sem que ela ficasse encharcada, para evitar danos tanto pelo excesso quanto pela falta de água. Pode se concluir que o sistema apresentou seus resultados satisfatórios relacionado ao controle de irrigação de uma planta, e garantiu a mínima utilização da água, utilizando apenas a quantidade necessária para que a planta cresça e se desenvolva.

Palavras-chave: Automação; Irrigação; Controle; Sensores; Sistemas controlados.

LIMA, Levi Araujo. **Sistema de Irrigação automático inteligente**. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO. Curso de Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação (Mecatrônica) do Instituto de Ciências e Tecnologia, da Universidade Paulista, Campus Brasília, 2019.

#### **ABSTRACT**

The automation is increasingly present in our day to day, from the use in the control of large factories, as in the simple connection of a lamp using a voice command. Due to its great usefulness, the automation started to be used in the residential area. Today many houses already have most of their systems being controlled automatically. The work in question aims to design an intelligent system to perform irrigation control using the ATMEGA328p microcontroller. The system is based on the soil moisture control of a plant, using a hygrometer sensor. Depending on the level of humidity, a solenoid valve will be activated that will allow the water to pass through to the plant to be irrigated. With this automatic control, the plant will be irrigated in the correct amount and for the correct amount of time to meet all its needs. The designed system fulfilled its objective of having a lower production cost and met the needs of analyzing soil moisture and activating the solenoid, thus irrigating the plant until it reaches the moisture limit that was established in the programming. In the tests performed, the sensor captured a value range that ranged from 38% to 90%, depending on the time of day. In this humidity range the soil was dry, so for the project a minimum humidity range of 50% was used to determine that the plant should be watered. Reaching the 50% humidity value, the device activated the solenoid, so that the plant could be irrigated until it reached the 90% humidity limit, without getting soaked, in order to avoid damage by both excess and lack of water. It can be concluded that the system presented its satisfactory results related to the irrigation control of a plant, and guaranteed the minimum use of water, using only the amount necessary for the plant to grow and develop.

**Keywords:** Automation; Irrigation; Control; Sensors; Controlled systems.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Irrigação por aspersão	22
Figura 2 - Irrigação por Microaspersão	23
Figura 3 - Irrigação por Sulco	23
Figura 4 - Irrigação por Gotejamento	24
Figura 5 - ATMEGA328P	28
Figura 6 - Sensor de Umidade	29
Figura 7 - Válvula Solenoide	29
Figura 8 - Materiais utilizados no projeto	31
Figura 9 - Placa de controle do sistema de irrigação	32
Figura 10 – Esquema elétrico	33
Figura 11- Fluxograma do projeto	34
Figura 12 - Teste de controle de umidade	39

# LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Materiais utilizados no projeto.	30
Quadro 2 - Preços dos projetos já existentes no mercado.	35
Quadro 3 - Dados de Umidade	37
Quadro 4 – Umidade máxima e mínima de cada planta	39

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Iot Internet das coisas

CA Corrente alternada

CC Corrente contínua

IDE Ambiente de desenvolvimento integrado

MHz Mega Hertz

WI-FI Sem Fio

CI Circuito Integrado

PVC Policloreto de Vinila

RF Radiofrequência

# LISTA DE SIMBOLOS

A Área

D Diâmetro

Q Vazão volumétrica

V volume

T tempo

V(s) Velocidade

m³ Metro cúbico

cm² centímetro quadrado

m/s metro por segundo

m³/s metro cúbico por segundo

l/s litros por segundo

	,		
m	ná	11	0

1 INTRODUÇÃO	16
1.2 MOTIVAÇÃO	17
1.3 JUSTIFICATIVA	17
1.4 OBJETIVOS	17
1.4.1 Objetivos Gerais	17
1.4.2 Objetivos Específicos	17
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	18
1.6 ESTADO DA ARTE	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	
2.1 IRRIGAÇÃO	22
2.2 IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO	22
2.3 IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO	23
2.4 IRRIGAÇÃO POR SULCO	23
2.5 IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO	24
2.6 IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA	
3 METODOLOGIA	27
3.1 MATERIAIS E CONSTRUÇÃO	27
3.2 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO	30
3.2.1 Imagens da construção	31
3.3 SOFTWARES UTILIZADOS	32
3.3.1 IDE do Arduino	32
3.3.1.1 Código Arduino comentado	32
3.3.2 Protheus	33
3.4 COMPARAÇÃO COM OUTROS SISTEMAS DISPONÍVEIS NO MERCADO	34
4 ANÁLISE DE RESULTADOS	37
4.1 DISCUSSÃO SOBRE OS TESTES REALIZADOS	40
5.1 CONCLUSÃO	42
5.2 IMPLEMENTAÇÕES EM TRABALHOS FUTUROS	42
5.2.1 Sistema de irrigação IOT	42
APÊNDICES	44

CAPÍTULO I Introdução

# 1 INTRODUÇÃO

A maior utilização da água no Brasil e no resto do mundo é feita pelo na irrigação de plantas, cultivos e grandes fazendas. A irrigação provoca um aumento de riqueza para o país, ajuda a produzir alimentos para população e está presente nas atividades do cotidiano, seja nos gramados de campo de esportes, condomínios residenciais, ou ainda no consumo de feijão, arroz, frutas, verduras e legumes, alimentos produzidos em grande medida por irrigação (ATLAS IRRIGAÇÃO, 2019).

A irrigação é uma técnica que visa o fornecimento de água na quantidade e no tempo necessário, como uma forma de complementar a chuva em regiões áridas, onde a escassez de chuva é frequente. Serve para o manejo de plantas e hortaliças não só dentro da agricultura de grandes fazendas, mas também em simples hortaliças domésticas (MAROUELLI et al,2000).

Existem vários tipos de irrigação, como por aspersão, microaspersão, por sulco, gotejamento e sistemas automáticos, que utilizam sensores e controladores. Estes atuam para melhorar a qualidade com que o plantio é irrigado, sua economia e a forma com que a água é utilizada, evitando o desperdício e os danos causadas tanto pela falta de água, quanto pelo seu excesso (SUZUKI; HERNANDEZ, 2012). A técnica de irrigação por gotejamento é a mais eficiente e barata, devido à sua forma simples de ser projetada e por ser uma forma de irrigação localizada, onde a água e aplicada diretamente na raiz da planta e em alta frequência, segundo Coelho (COELHO et al, 2007).

A evolução da sociedade atual, relacionado com o crescimento do avanço tecnológico da agricultura, houve o aumento do uso da água para irrigação, que é uma prática adotada pela agricultura para eliminar a falta total ou parcial da água utilizada para produção. A agricultura irrigada é a forma de utilização que mais consome água no Brasil e no mundo, em nosso país obteve expansão com a ajuda de políticas públicas a partir das décadas de 1970 e 1980 (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA),2019).

Em locais atacados pela escassez de água em períodos determinados do ano, como na região Sudeste e Centro-Oeste, algumas plantações só se desenvolvem com aplicação adicional de água nestes períodos, embora a produção possa ser realizada com menores riscos na época de chuva.

### 1.2 MOTIVAÇÃO

As pessoas passam mais tempo longe de casa, as plantas caseiras devido à falta de água acabam morrendo. Um sistema de irrigação automático serve pra suprir essa necessidade, onde a irrigação das plantas e feita no tempo certo e na quantidade correta, devido a seu controle automático. Esse controle é feito através de sensores de umidade, que verificam e analisam se a planta está precisando de água ou não. Assim, quando for necessário, o sistema será acionado e a planta irá receber água, até que o sistema mostre que a quantidade de água foi suficiente para alimentar a planta.

#### 1.3 JUSTIFICATIVA

O cultivo de plantas em ambientes caseiros ainda é um desafio, pois nem sempre são fornecidos suprimentos para que elas se desenvolvam de maneira correta, devido à falta de tempo e cuidados no que tange a irrigação das plantas. Sistemas controlados são uma forma de garantir que as plantas recebam água de acordo com sua necessidade. Com o desenvolvimento de tecnologias, já é possível realizar esse controle, tanto de forma manual, quanto automática. Sensores são utilizados para medir a umidade da planta, com isso o sistema automaticamente pode enviar um comando para acionar válvulas, para liberação da água; Ou enviar uma mensagem, alerta para o usuário indicando que a planta não está com um índice de umidade normal, o usuário pode realizar o acionamento das válvulas manualmente, ou enviar comandos pelo celular para que o acionamento seja feito, eliminando a deficiência de água para que a planta possa se desenvolver adequadamente.

#### 1.4 OBJETIVOS

#### 1.4.1 Objetivos Gerais

O objetivo desse trabalho é a implementação de um sistema automático de irrigação para plantas e hortas caseiras, utilizando um sistema de controle que será capaz de analisar o nível de umidade do solo e com isso realizar o acionamento de uma válvula que permitirá a passagem da água, para que a planta seja irrigada.

#### 1.4.2 Objetivos Específicos

Desenvolver um sistema de baixo custo.

- Diminuir o desperdício de água utilizando apenas a quantidade necessária para irrigar a planta.
- Controle automático da irrigação utilizando sensores de umidade.
- Estudar o funcionamento de controles automáticos para ser implementado em outros projetos relacionados a automação.

# 1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho de conclusão de curso estrutura-se em 5 capítulos: Capítulo 1- introdução, Capítulo II – Fundamentação Teórica, Capítulo III – Metodologia, Capítulo IV – Análise dos Resultados, Capítulo V – Considerações finais. No primeiro capítulo além dos tópicos que já foram abordados, será apresentado o estado da arte, que fala sobre trabalhos semelhantes que foram utilizados como fonte de pesquisa, para a construção desse trabalho. No capítulo II é apresentado um breve histórico do tema, conceitos, principais definições sobre o assunto. No capítulo III é tratado sobre a metodologia aplicada ao trabalho, tipo de pesquisa, abordagem, local, os meios utilizados para a construção do projeto, os materiais e softwares que foram utilizados para o projeto do Hardware e Software. O Capítulo IV mostra como os dados e resultados foram analisados, estudados para validar a eficiência do projeto em questão. O capítulo V aborda a conclusão e os resultados alcançados pelo trabalho, além de trabalhos que podem ser implementados a partir deste.

#### 1.6 ESTADO DA ARTE

Nesse tópico será abordada a bibliografia de trabalhos semelhantes que ajudaram na construção desse projeto. Os trabalhos escolhidos abordavam o tema e utilizavam o mesmo controlador para realizar a programação do projeto, apenas diferenciando no tipo de programação, sensores escolhidos e dispositivos de atuação, mas com o mesmo objetivo, de realizar a irrigação automaticamente. Os trabalhos consultados serão apresentados em ordem cronológica. O primeiro trabalho importante que pode ser utilizado como referência na construção do trabalho em questão foi o trabalho de Sistema automático de irrigação (SILVA, DANILO EDUARDO LASTÓRIA, 2010.). O objetivo era desenvolver um sistema para realizar o controle da irrigação de cultivos automaticamente, tendo como referência a umidade do solo, eliminando assim a má utilização da energia e água. Neste trabalho, foi criado um sistema inteligente para acionar automaticamente um projeto de sistema de irrigação, avaliando para isso as necessidades de cada tipo de cultivo, utilizando como meio principal a medição da

umidade do solo. Para realizar este processo, o sistema utiliza uma ferramenta em forma de sonda (sensor) que irá realizar a medição da umidade do solo. Este tem a função de converter os dados medidos em níveis de tensão que são analisados e processadas por um microcontrolador. Após este processamento o software é responsável por acionar/desligar uma bomba que controlara o processo de irrigação.

O trabalho de "Sistema de Irrigação Automatizado utilizando a plataforma Arduino" (JOSÉ WILIAN, 2013) que tinha por objetivo de pesquisar e entender os conceitos de sistema de irrigação, plataforma arduino e a utilização de sensores para o monitoramento de grandezas físicas, com a intenção de unir os conceitos estudados e criar um protótipo de um sistema de irrigação automatizado, utilizando as três tecnologias, podendo assim desenvolver um produto barato, preciso e acessível.

Sistema Automatizado para Irrigação de Estufas (DALOSSO, EMANOELI, 2014) é um projeto que fala sobre a automatização de um projeto de irrigação dos mais simples aos mais complexos, que realizam o desenvolvimento de sistemas mecânicos e eletro-eletrônicos que possibilitam o acionamento sem intervenção humana, por exemplo, a ativação e/ou desativação de um dispositivo. Este trabalho apresenta o projeto de um protótipo para irrigar estufas que utilizam aspersão. O protótipo utiliza sensores de umidade, válvulas solenoides, um microcontrolador com interface de rede. O projeto utiliza um servidor gratuito para armazenar uma base de dados contendo os valores de níveis de umidade para diferentes plantações. Também foi construído um site onde o usuário pode realizar cadastros e acompanhar informações do sistema.

O Sistema de Controle Aplicado à Automação Agrícola feito por (REIS, JÉSSICA SARTO DOS, 2015) tinha como objetivo mostrar e analisar os resultados obtidos a partir do projeto de um controlador eletrônico a ser utilizado em sistemas de irrigação que utilizam o método de irrigação por aspersão, buscando à economia de energia elétrica, mão-de-obra e água, aumentando, assim, a qualidade da rega do projeto. Esse controle se dá através do monitoramento da umidade do solo por um sensor, e o monitoramento da luminosidade, para saber se é dia ou noite, por um sensor de luminosidade, utilizando para o controle desses dados uma placa de desenvolvimento Arduino Uno.

O trabalho feito por (JOÃO MONLEVADE, 2018) Sistema de irrigação automatizado para plantas caseiras, consiste na construção de um projeto de um sistema automatizado de irrigação para plantas residenciais objetivando garantir a sobrevivência das plantas e o uso eficiente da água. O sistema utiliza dados captados por sensores de umidade e temperatura para controlar o processo de irrigação. A interface do sistema permite a sua fácil configuração a

partir de qualquer dispositivo que possua a tecnologia WI-FI, possibilitando a sua operação à distância.

# CAPÍTULO II

Fundamentação teórica

# 2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

## 2.1 IRRIGAÇÃO

"Irrigação é o nome dado ao método que fornece água as plantas no momento e na quantidade exata" (MAROUELLI, WALDIR, et al.., 2000), são procedimentos que utilizam mecanismos para levar a água até o local onde se deseja irrigar, os métodos mais utilizados no sistema de irrigação são: por aspersão, microaspersão, por sulco, gotejamento e sistemas automáticos de irrigação. Na tabela 1 mostra a eficiência de cada tipo de irrigação, o quanto é capaz de utilizar a água para realizar a irrigação, sem perda da água por evaporação.

Tabela 1 - Eficiência dos sistemas de Irrigação

Sistema de irrigação	Eficiência (%)	Perda evaporação/arraste (%)
Sulcos	75	0
Aspersão	85	8
Microaspersão	90	12,6
Localizada (Gotejamento)	90	0
Outros métodos	60	0

Fonte – (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), 2019)

# 2.2 IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO

O sistema de irrigação por aspersão (Figura 1) consiste em aplicar pressão sobre a água, para que ela seja fracionada formando uma chuva artificial. Nesse método a água cai uniformemente e em alta quantidade sobre a área abrangida pelo dispositivo aspersor (STONE, 2011). É um sistema bastante utilizado em grandes lavouras, pois reduz a quantidade de equipamentos necessários para cobrir grandes áreas. Esse sistema permite o controle da lâmina de água possibilitando que chegue ao solo suavemente. Isso permite sua atuação em vários tipos de agricultura. Apresenta uma vasta quantidade de equipamento, dos simples aos mais complexos, como os automáticos (TESTEZLAF, 2011).

Figura 1- Irrigação por aspersão



Fonte – (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR), 2013).

# 2.3 IRRIGAÇÃO POR MICROASPERSÃO

O microaspersor (Figura 2) é uma forma reduzida do aspersor. Sua utilização é mais localizada na região radicular das plantas. Isso se deve a distribuição em pequenas áreas evitando o desperdício e garantindo o fornecimento do recurso (SOUSA, 2016). Esse sistema é bastante utilizado em fruticulturas, jardins, casas de vegetação, e se adapta a qualquer tipo de horta e topografia (TESTEZLAF, 2011). O sistema pode ser implantado por tubos de polietileno (mangueiras) ou fixados em tubos de pvc em estacas, onde os aspersores são fixados.



Figura 2 - Irrigação por Microaspersão

Fonte - (RIVULIS EURODRIP, 2012)

# 2.4 IRRIGAÇÃO POR SULCO

O sistema de irrigação por sulco (Figura 3), é feito por aberturas na superfície da terra onde se criam caminhos (sulcos) para que a água chegue à plantação, seu custo é o de menor aplicação e também pode ser automatizado. É utilizado em diversos tipos de plantio, porém é o que apresenta o maior desperdício de água, pois sua irrigação não é uniforme. A eficiência da sua aplicação depende, principalmente, do movimento da água nos sulcos (TESTEZLAF, 2011).



Figura 3 - Irrigação por Sulco

Fonte - (REDE AGRONOMIA, 2017)

# 2.5 IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO

O sistema de gotejamento (Figura 4) funciona através de um sistema de tubulação que passa por cima da plantação. Nessa tubulação, são feitos vários furos por onde ocorre a distribuição da água pela cultura. Devido ao sistema ser de fácil implantação, não exige conhecimentos avançados pelo agricultor (GEISENHOFF et al., 2016). O sistema de irrigação por gotejamento é muito utilizado para irrigar jardins de flores, hortas, estufas, cestos e vasos com plantas, e até mesmo cercas-vivas e arbustos (GARDENA, 2013). É o método mais econômico, com menos custo por área de irrigação.

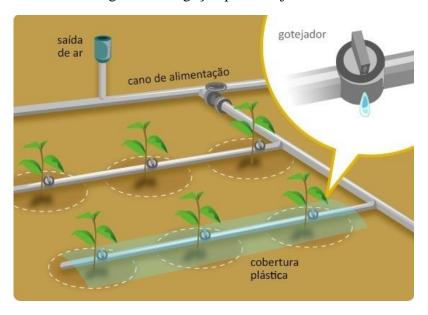


Figura 4 - Irrigação por Gotejamento

Fonte – (FLORES CULTURA MIX, 2012)

# 2.6 IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADA

Nos projetos de automação para irrigação, o controle de quando e quanto irrigar é feito por meio de sensores, que podem utilizar tanto a umidade quanto a temperatura do ambiente, como parâmetros. Esses sensores são calibrados para cada tipo de plantação, assim evitando o desperdício e tende o controle total da irrigação (DURSON & OZDEN, 2011). Além da utilização de sensores, também é utilizada a tecnologia de IOT (internet das coisas) que visa realizar o controle da irrigação através da internet (CONTENT, 2017). Nesta seção foram apresentados vários tipos de irrigações e suas características, mas pode se observar que nenhuma possui um controle automático de sua operação. Quando se fala em irrigação automatizada, refere-se a qualquer tipo de irrigação, pois todas podem ser automatizadas, apenas se atentando a necessidade de cada uma. Esse controle da irrigação pode ser feito por

meio de sensores (umidade, luminosidade, temperatura) ou por controles sem fio, utilizando Infravermelho (IR), radiofrequência (RF), Bluetooth e dispositivos WI-FI.

Em residências mais modernas, pode se encontrar sistemas que realizam o controle de rega da grama. Esses dispositivos são integrados com as diversas tecnologias existentes no mercado como sensores, controle sem fio, conexão com dispositivos de meteorologia para saber quando terá chuva ou não. Esses dispositivos são os mais modernos e tem os custos mais elevados no mercado.

# CAPÍTULO III

Metodologia

#### 3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho, foi necessário definir a metodologia de pesquisa que será utilizada. O objetivo da pesquisa é descritiva: pois o protótipo interage como forma de controle da umidade através da coleta de dados por um sensor e interpreta essas variáveis, caso o valor da umidade esteja abaixo do valor que foi estipulado ele irá acionar o dispositivo que fará a liberação da água, para que a planta seja regada. A abordagem utilizada será a qualiquantitativa, onde serão utilizados tabelas e gráficos para analisar os dados coletados. Foi realizado um teste onde o sensor permaneceu ligado durante o dia e gravou a porcentagem da umidade a cada 1 hora. Desse teste pode se obter o valor mínimo de umidade que o sensor atingia e quanto tempo demorava para a porcentagem de umidade cair. Esses valores serão tradados no tópico de Análise de Resultados do trabalho. Com esses dados em porcentagem é possível programar um valor determinado de umidade para acionar o solenoide. Essa determinação pode ser feita por planta, ou pode se utilizar um padrão de 20% de umidade. Após atingir o valor de 20%, o sensor irá acionar a solenoide para que a planta seja irrigada. O procedimento utilizado é o estudo de caso, onde serão estudados casos onde se necessita automatizar o sistema de irrigação de uma residência. Os projetos estudados para a construção desse protótipo se baseiam em casos em que a planta por falta de irrigação acaba morrendo devido ao descaso do dono. O projeto visa suprir essa necessidade de irrigação manual, substituindo por uma automática onde a planta irá receber a quantidade de água correta, no tempo certo. O tipo de pesquisa utilizado será a aplicada, onde o projeto será aplicado em casas, hotéis, grandes fazendas, onde será utilizado para fazer a irrigação automática das plantas.

# 3.1 MATERIAIS E CONSTRUÇÃO

O dispositivo foi construído visando o baixo custo de produção, sendo capaz de atender às demandas solicitadas no processo de controle de uma irrigação automática e eficiente. Seu controle é feito utilizando um CI controlador ATMEGA328P da empresa ATMEL. Além do seu controlador foram utilizados sensores de umidade higrômetro para captar a umidade do solo e válvulas solenoides que controlam o fluxo da água. Também foram utilizados outros componentes eletrônicos em sua construção como: resistores, capacitores, cristal oscilador e fios jumps.

O ATmega328P (Figura 5) é um microcontrolador CMOS de 8 bits de baixa potência baseado no Arquitetura RISC aprimorada do AVR®. Ao executar instruções em um único ciclo de clock, os dispositivos alcançam taxa de transferência da CPU aproximando-se de um milhão

de instruções por segundo (MIPS) por MHz, permitindo que o projetista do sistema otimize o consumo de energia em relação à velocidade de processamento.

ATmega328P pin mapping O Arduino function Arduino function @ reset PC6 PC5 analog input 5 PD0 PC4 digital pin 0 RX analog input 4 digital pin 1 TX PD1 PC3 analog input 3 digital pin 2 PD2 PC2 analog input 2 25 digital pin 3 PWM PD3 PC1 analog input 1 digital pin 4 PD4 PC0 analog input 0 VCC VCC 22 GND GND GND GND AREF analog reference crystal PB6 20 AVCC AVCC PB7 PB5 SCK crystal digital pin 13 digital pin 5 PWM PD5 PB4 digital pin 12 PB3 MOS digital pin 6 PWM PWM digital pin 11 PD<sub>6</sub> digital pin 7 PD7 16 PB2 PWM digital pin 10 digital pin 8 PB0 PB1 PWM digital pin 9

Figura 5 - ATMEGA328P

Fonte – (ARDXOP, 2018)

O Sensor de Umidade do Solo – Higrômetro (Figura 6) é construído basicamente de dois bastões, hastes achatadas que entram em contato com o solo que que será monitorado, para gerar um circuito que irá realizar a comparação retornando o nível de condutividade elétrica do solo. Essas duas hastes são dois eletrodos condutores que conduzirão uma corrente passando pelo solo. É possível ler o nível de umidade por comparação com a resistência do potenciômetro do módulo do sensor. Quando o solo estiver seco, a sua resistência entre os eletrodos do sensor de umidade de solo dificulta a passagem de corrente. Quando o solo absorve água, isto é maior umidade, a resistência entre os eletrodos diminuirá permitindo a passagem de corrente. Através da resistência entre esses dois eletrodos é possível descobrir se o solo está muito molhado ou muito seco. Esse Sensor de Umidade do Solo – Higrômetro - conta tanto com uma saída digital e uma saída analógica.

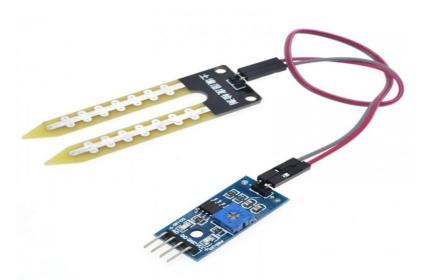


Figura 6 - Sensor de Umidade

Fonte – (ELETROGATE, 2018)

A válvula Solenóide (Figura 7) é usada para controlar o fluxo de saída de água. Seu controle é feito utilizando um sinal de alimentação de 12 VDC, que quando acionado, abre a válvula e permite a vazão de água enquanto permanecer energizado. Quando fica sem energia, fecha e corta o fluxo. Seu funcionamento é baseado em uma bobina (solenoide), que ao ser energizada gera um campo eletromagnético responsável por movimentar o êmbolo da válvula.



Figura 7 - Válvula Solenoide

Fonte – (ARDUINOMOGI, 2015)

O projeto foi desenvolvido utilizando uma placa de fenolite como base, onde serão soldados os componentes eletrônicos. Como os materiais são de baixo custo, foram soldados direto na placa. Por ser apenas um protótipo, o ATMEGA328P não foi soldado diretamente na placa como os outros componentes, foi utilizado um soquete como suporte para o CI.

O (Quadro 1) apresenta um resumo dos materiais utilizados no projeto com seus específicos preços de custo.

Quadro 1 - Materiais utilizados no projeto.

MATERIAL	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO(R\$)	TOTAL(R\$)
CRISTAL QUARTZO 16MHz	1	0,84	0,84
MODULO RELÉ 5V/2CANAIS	1	10,99	10,99
SOQUETE CI 28P (ESTAMPADO ESTREITO)	1	0,45	0,45
RESISTOR DE FILME DE CARBONO 10K - 1/4W	8	0,04	0,32
RESISTOR DE FILME DE CARBONO 330R - 1/4W	8	0,04	0,32
CONECTOR BARRA DE PINOS FEMEA (1X40X11,2	4	0,45	1,8
ATMEGA328P-PU	1	20,24	20,24
Modulo Sensor de Umidade do Solo	2	6,15	12,3
Válvula Solenoide para Água 12V 180 (1/2 x 1/2)	2	33,9	67,8
TOTAL	28		115,06

Fonte - (Autor, 2019)

As ferramentas utilizadas na construção do projeto foram ferramentas de fácil acesso, como: ferro de solda, multímetro, tesoura, pistola de cola quente, chave de fenda. Além dos materiais principais que compõem o projeto, foram utilizados materiais de consumo na ajuda para construção do mesmo, como cola quente, veda rosca, cola para cano PVC.

#### 3.2 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

O processo de irrigação escolhido para o protótipo foi por gotejamento, que consiste na abertura de pequenos furos sobre canos de PVC, pois o consumo de água é menor. O controle do sistema será automático, agindo de acordo com os valores de umidades captados pelo sensor que são utilizados para saber o nível de umidade que a planta possui, caso esteja baixo, o sistema irá acionar as válvulas para que a água passe pelo sistema de gotejamento, irrigando as plantas.

O protótipo foi desenvolvido para que todo o sistema de irrigação fosse autônomo. Foram utilizadas 2 válvulas solenoides acionadas eletricamente pelo sistema controlador. No caso de sistemas manuais a irrigação é feita diretamente pelo próprio agricultor. No sistema automático esse controle é feito por sensores que verificam o nível de umidade do solo e acionam o sistema para que a horta seja irrigada.

#### 3.2.1 Imagens da construção

Foram soldados todos os componentes necessários para o projeto numa placa de fenolite (Figura 8). Por causa do seu tamanho, os relés foram adicionados em um outro suporte e a ligação deles com o resto do circuito foi realizada utilizando jumpers. Assim como o relé, as válvulas solenoides foram ligadas ao sistema por fio. Devido a tensão de operação de 12V, foi utilizado um fio com uma espessura maior.



Figura 8 - Materiais utilizados no projeto

Fonte – (Autor, 2019)

A Figura 9, apresenta o modulo do sensor de umidade, que controla seus níveis lógicos e seus terminais de controle. Foram soldados juntos ao chip controlador, resistores e cristal oscilador, por não necessitar de estar próximo ao sistema onde os sensores de umidade irão ficar.

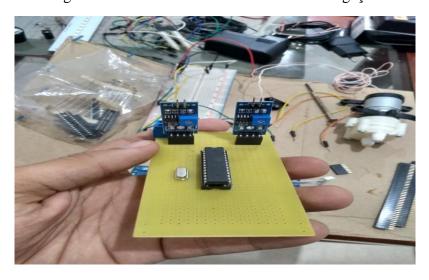


Figura 9 - Placa de controle do sistema de irrigação

Fonte - (AUTOR, 2019)

#### 3.3 SOFTWARES UTILIZADOS

#### 3.3.1 IDE do Arduino

O primeiro software utilizado no sistema é o Arduino IDE, que é um ambiente de desenvolvimento integrado de código aberto que utiliza uma linguagem própria de programação baseada na linguagem C, para escrever e fazer upload de programas em placas compatíveis com o Arduino. Esse software possui bibliotecas para realizar funções de entrada e saída de dados, cálculos matemáticos e análise de valores.

#### 3.3.1.1 Código Arduino comentado

No código são incluídas duas variáveis de controle, variáveis globais, que são utilizadas para controlar o limite que define a umidade e a variável que define em quanto tempo vai verificar os dados lidos pelo sensor. Esses valores são definidos em relação a planta que será utilizada, local, temperatura ambiente. O sistema possui duas variáveis de entrada (dois sensores) e duas variáveis de saída (válvula solenoide). Essas válvulas por serem 12V, serão acionadas por relés que serão controlados pelo próprio microcontrolador. Os sensores e os demais componentes do sistema funcionam com uma tensão de 5V ou inferior. O código do programa comentado se encontra no Anexo A do trabalho.

#### 3.3.2 Protheus

O Protheus foi o software utilizado para confecção do esquemático da placa desenvolvida para controlar o sistema de irrigação (Figura 10). Com ele foi possível testar os valores necessários para garantir o bom funcionamento do projeto e verificar os dados dos resistores, cristal oscilador e o código do programa feito no Arduino IDE. A montagem da placa de circuito impresso foi desenvolvida no Protheus, para evitar possíveis erros no momento da soldagem dos componentes na placa.

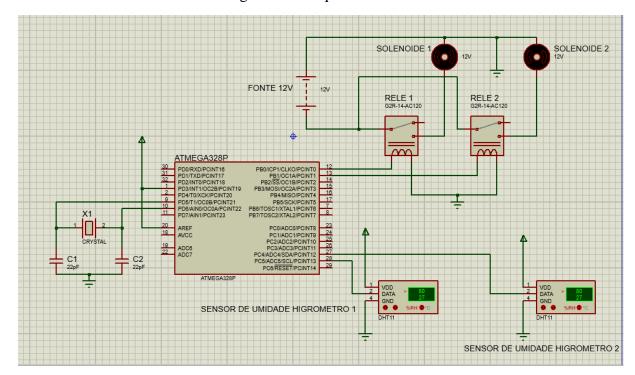


Figura 10 – Esquema elétrico

Fonte - (AUTOR, 2019)

#### 3.3.3 Fluxograma do Projeto

A Figura 11, que apresenta o fluxograma do projeto, serve para descrever o processo do início ao fim. O valor de 50% de umidade é utilizado como SetPoint, o processo vai ler o valor do sensor, se estiver acima de 50% de umidade, o processo de leitura do sensor vai se repetir. Caso o valor esteja abaixo de 50% de umidade, vai ligar a solenoide, fazendo com que a planta seja irrigada até atingir o valor de 90%. Atingindo o valor determinado, a solenoide irá desligar, finalizando o processo e repetindo o ciclo de leitura do sensor.

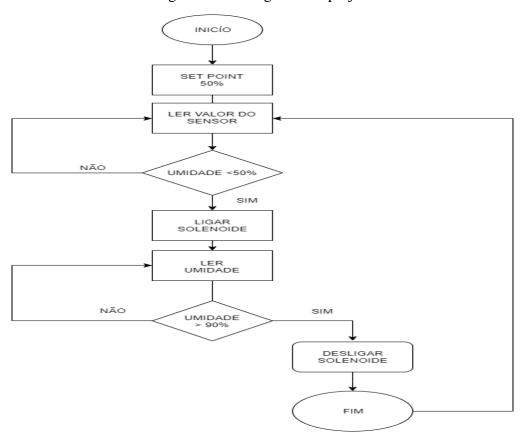


Figura 11- Fluxograma do projeto

Fonte - (Autor, 2019)

### 3.4 COMPARAÇÃO COM OUTROS SISTEMAS DISPONÍVEIS NO MERCADO

Para comprovar que o sistema desenvolvido era de baixo custo, foi realizada uma pesquisa no mercado para poder comparar o projeto desenvolvido com projetos já existentes, foram encontrados dispositivos similares e outros mais complexos comparado ao protótipo projetado. De acordo com a comparação realizada entre o sistema projetado e os sistemas existentes no mercado (Quadro 2), pode-se verificar que os dispositivos mais baratos encontrados não possuíam função de controle por umidade, e sim por timers, que são

dispositivos construídos para poder executar uma função dentro de determinado tempo. Os sistemas mais caros como o Controlador X-core de 8 estações, da Hunter, e o Irrigador automático temporizador via celular, da Fujin, possuíam sistemas de controle WI-Fi controlador por aplicativos de celular, Tablets e controles RF. Devido sua complexidade, os sistemas mais avançados exigem profissionais capacitados para realizar sua instalação e calibragem, pois dependendo da utilização precisa ser instalador em pontos determinados. O projeto realizado nesse trabalho custou R\$ 115,00. Esse valor, caso o projeto seja feito em grande escala, pode chegar a 80 reais de acordo com os valores pesquisados, comprando materiais no atacado. Pensando no custo e benefício para pessoas que querem apenas manter sua horta bem irrigada, o projeto atendeu de forma eficiente as suas necessidades, tanto pelo custo, quanto pela facilidade de instalação. De acordo com os testes realizados o sistema foi acionado quando a umidade da planta atingia seu limite de umidade garantindo, assim, que a planta seja irrigada completamente.

Quadro 2 - Preços dos projetos já existentes no mercado.

Sistema	Valor(R\$)
Irrigador Temporizador Automático Jardins E	120,00
Hortas Amanco	
Irrigador Automático Temporizador Hortas E	119,00
Jardins Aqualin	
Controlador X-core 8 Estações Hunter Irrigação	620,00
Automát. 220v	
Irrigador Automático Temporizador Via Celular	400,00
Hortas Jardins (Fujin)	
Válvula Solenóide 1" RainBird 100-HV	101,66
(H01000)	
Temporizador para Irrigação Ambiente Interno 4	382,90
Estações ESP RZX Rain Bird (F452)	
	(FOR 2010)

Fonte – (AUTOR, 2019)

# CAPÍTULO IV

Análise dos resultados

### 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Para se obter o valor mais preciso de porcentagem para que o sistema fosse acionado, foi realizado um teste com o sensor. Foi realizado um teste de medição de umidade, utilizando 3 plantas domésticas: Babosa - *aloe vera*, Espada de são Jorge - *Sansevieria trifasciata* e Samambaia. As plantas foram regadas até que o sensor marcasse o maior valor de umidade sem que as mesmas ficassem encharcadas, o que se deu 95%, esse valor está na faixa de tolerância descrita no Datasheet do sensor. Foi desenvolvido um programa no Arduino Ide, que fizesse a leitura dos valores de umidade da planta, ao longo do dia, até que o sensor alcançasse o menor valor possível de umidade. Em uma das plantas, a Espada de São Jorge, após 12 horas de teste foi possível coletar a umidade em cada horário do dia e verificar a diferença de umidade entre cada hora (Quadro 3).

Quadro 3 - Dados de Umidade

Espada de são Jorge - Sansevieria trifasciata			
Horário	Umidade	Diferença de umidade	
08:00	95%	4%	
09:00	91%	4%	
10:00	87%	5%	
11:00	82%	5%	
12:00	77%	12%	
13:00	65%	11%	
14:00	54%	5%	
15:00	49%	4%	
16:00	45%	3%	
17:00	42%	3%	
18:00	39%	0%	
19:00	39%	1%	
20:00	38%		

Fonte - (Autor, 2019)

No Gráfico 1 de umidade da planta pode-se observar como a umidade da planta decaiu ao longo do dia, chegando no final das 12 horas de análise, com 38% de umidade. De acordo com o gráfico, no período da manhã até o meio dia ocorreu a maior perda de umidade, tanto pela evaporação quanto por absorção da água pela terra.

No período entre 15hrs e 20hrs a umidade da planta começou a diminuir em um ritmo lento, até completar o ciclo de 12horas, que foi o período estipulado para análise.

UMIDADE DA PLANTA 98% 91% 87% 88% 77% 78% 68% 58% 42% 48% 39% 38% 38% 08:00 09:00 10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 16:00 17:00 18:00 19:00 20:00 15:00 **HORÁRIO** 

Gráfico 1 - Umidade da planta

Fonte - (AUTOR, 2019)

Outro gráfico importante, para realizar a análise dos dados, é o gráfico de diferença de umidade (Gráfico 2) com ele pode-se observar o quanto de umidade era perdido entre cada horário. Entre 12:00 e 13:00 teve o maior pico de perda de umidade, entre esse horário a planta teve uma redução de 12% da sua umidade, devido ao calor e a posição do sol no momento.

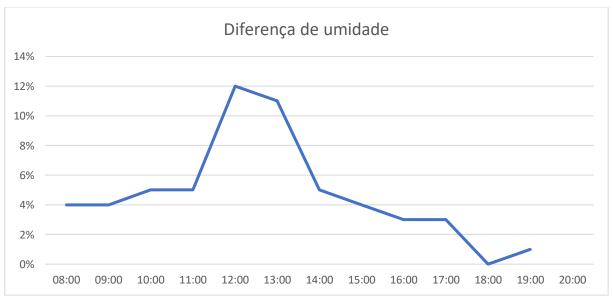


Gráfico 2 - Diferença de umidade

Fonte - (AUTOR, 2019)

As outras plantas analisadas (Quadro 4) tiveram os seguintes dados: 35% de umidade, que foi o menor valor obtido, na segunda e terceira planta, elas alcançaram 38% e 40 % de umidade, o valor que foi utilizado na programação para acionar o sistema foi a média desses 3 resultados

Quadro 4 – Umidade máxima e mínima de cada planta

Planta	Máxima Umidade atingida	Umidade mínima
Babosa - <i>aloe vera</i>	95%	35%
Espada de são Jorge - Sansevieria		
trifasciata	95%	38%
Samambaia	95%	40%

Fonte - (AUTOR, 2019)

Com os dados obtidos pelo sensor, pode-se obter o valor mínimo de 38% umidade que a planta atingiu e o valor máximo de 90% que a planta possa ser irrigada, sem que o excesso de água a prejudique. Os valores obtidos foram utilizados para criar os limites mínimos e máximos de umidade. O setpoint que é o valor utilizado para o controle da umidade, foi definido em 50%. A Figura 12 mostra como os componentes foram aplicados a planta, para realizar o controle de umidade. Mais imagens relacionadas aos testes se encontram o Apêndice C do trabalho.

Figura 12 - Teste de controle de umidade



Fonte - (AUTOR, 2019)

O Gráfico 3, apresenta os dados obtidos durante o teste realizado durante o período de 24 horas em que o projeto foi instalado para realizar o controle da umidade, mantendo o valor da umidade acima de 50% e abaixo de 90%.

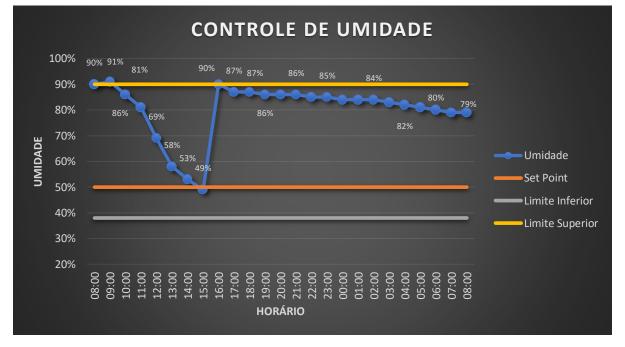


Gráfico - 3 – Controle de umidade

Fonte - (Autor, 2019)

O Gráfico mostrou que o sensor conseguiu captar os valores de umidade a cada 1h, quando ficou abaixo dos 50%, valor do Setpoint, a válvula solenoide foi acionada e a planta foi irrigada, até atingir o limite superior 90%. Durante as 24 horas de testes devido a baixa diminuição da umidade durante o período da noite, o sistema apenas pode ser acionado 1 vez, mas provou sua eficiência na coleta de dados e garantiu que a planta não ficasse com a umidade abaixo dos 50%. Os dados obtidos pela comunicação serial, do software IDE Arduino se encontram no anexo A do trabalho.

#### 4.1 DISCUSSÃO SOBRE OS TESTES REALIZADOS

Os testes realizados serviram para validar o funcionamento do sistema, pode-se observar que o projeto monitorou os valores de umidade da planta, e com isso manteve sua umidade acima dos 50% e abaixo dos 90%. Evitando que a planta recebesse mais água que o necessário. O projeto pode ser utilizado para diversos tipos de plantas e ambiente, pois seu monitoramento interage diretamente com o nível de umidade do solo. Avaliando os valores que foram utilizados para a construção do projeto, pode-se perceber que teve um baixo custo se comparado aos já existentes no mercado.

# CAPÍTULO V

Considerações finais

#### 5.1 CONCLUSÃO

Analisando os dados obtidos, o projeto mostrou no seu desenvolvimento que a automação é conveniente no dia a dia, tanto para coisas simples, quanto para assuntos mais complexos. A automatização do processo de irrigação é uma de muitas áreas onde a automação pode atuar. O software utilizado pode ser facilmente manipulado para se adequar a diferentes tipos de plantas. Com os resultados obtidos dos testes realizados, pode-se comprovar a exatidão do sensor e a capacidade de processamento do atmega328 atingiu. Pode - se concluir que o projeto atingiu seu objetivo de realizar o controle de umidade de uma planta doméstica mantendo sua umidade nos limites determinados. O teste foi realizado durante 24h, onde o projeto foi instalado numa residência para realizar o sistema de rega automaticamente, o projeto atendeu os fins propostos de manter a planta com níveis de umidade adequados, ser de baixo custo e minimizar o desperdício da água utilizando apenas a quantidade que a planta necessitava.

# 5.2 IMPLEMENTAÇÕES EM TRABALHOS FUTUROS

### 5.2.1 Sistema de irrigação IOT

Hoje quando se fala de internet das coisas, refere-se à comunicação que não necessita de fios, a comunicação WI-FI, com essa tecnologia pode ser implantada em sistemas microcontrolados remotamente, onde o usuário possa acionar seus dispositivos sem que esteja presente no local. Com aplicações voltadas para esse meio de comunicação, pode-se enviar todos os sinais vindo dos sensores, para diversos dispositivos como: celulares, tablets, nootbook, onde o usuário possa verificar como está o sistema e realizar os acionamentos necessários. Sistemas de irrigação controlados remotamente, já existem no mercado, bastante utilizados em indústria de grandes plantios, onde as plantações são regadas remotamente, através de controle, IF e RF. O projeto apresentado nesse trabalho, pode ser combinado com outras tecnologias, para um controle mais completa.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, C. L. T. Seleção do Sistema de Irrigação. 1. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular técnica, nº14).

Arduino Uno. Disponível em: < http://www.embarcados.com.br/arduinouno/>Acesso em: 08 de agosto. de 2019.

ARDUINO. Arduino Uno. Disponível em: <a href="http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoard">http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoard</a> U no>. Acesso em: 17 set. 2019.

Anuário de Iniciação cientifica discente. Valinhos—SP: Anhanguera Educacional Ltda., 2010. p. 323 - 336.

COELHO, E. F., TEIXEIRA, A. H. C., COSTA, E. L., LIMA, M. B., & BORGES, A. L. 2007.Irrigação por aspersão. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia40/AG01/arvore/AG01\_19\_41020068055.html Acessado em: 21 de junho de 2019.

CARVALHO, Everton Silva; ARAUJO, Luis Antônio O. IRRIGAÇÃO INTELIGENTE. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA INSTITUTO SUSTENTAR, 17. 2010, Valinhos - SP.

CARVALHO, Professor Daniel Fonseca de. ENGENHARIA DE ÁGUA E SOLO. 2010. 66 f. Dissertação - Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro, Seropédica-RJ, 2010.

Datasheet ATmega328P. Disponível em: < http://www.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A48PA-88A-88PA-168A-168PA328-328P\_datasheet.pdf>. Acesso em: 08 de setembro. de 2019.

EMBRAPA. Irrigação: sistemas e manejo. Disponível em: <a href="http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/UvasSemSementes/irrigacao.htm">http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/UvasSemSementes/irrigacao.htm</a> Acesso em 15 outubro, 2019.

FERREIRA, R. A. C. 2016. Gestão de um Estufa. Escola Superior de Tecnologia e Gestão - Instituto Politécnico da Guarda. Guarda. Portugal.

FUENTES, Prof. Rodrigo C. Apostila de Automação Industrial. 2005. 31 f. - Curso de Eletrotécnica, Universidade Federal De Santa Maria Colégio Técnico Industrial De Santa Maria, Santa Maria - RS, 2005.

INSTITUTO NEWTON C. BRAGA. Como funciona o solenoide. Disponível em: <a href="http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3890-mec095.html">http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/3890-mec095.html</a> Acesso em 12 outubro, 2019.

MACEDO, A. B. M., MIRANDA, F. R., FILHO, R. R. G., TEIXEIRA, A. S., JÚNIOR, J. A.H. C., & ARAÚJO, H. F. 2010. Desempenho de um sistema de irrigação automatizado através da tensão de água no solo. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, 4(2), 78–81.

MAROUELLI, W. A. 2012. Irrigação. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cenoura/arvore/CONT000gnhp6ryj02wx5ok0ed acxlwt4ys1a.html Acessado em: 21 de julho de 2019.

OLITTA, A.F.L. Os Métodos de Irrigação. 1. ed. São Paulo: Editora Nobel, 1983.

RIBEIRO, Marco Antônio. Instrumentação industrial. 9ª Ed. São Paulo, Tek Treinamento & Consultoria Ltda., 1999.

TOMAZINI, Daniel. ALBUQUERQUE, Pedro U. B. Sensores Industriais -Fundamentos e aplicações. 5ª ed. São Paulo: Érica, 2005. 222p.

DENARDIN, Gustavo Weber. Apostila Microcontroladores. Disponível em: <a href="http://www.pessoal.utfpr.edu.br/gustavo/apostila\_micro.pdf">http://www.pessoal.utfpr.edu.br/gustavo/apostila\_micro.pdf</a>> Acesso em 28 mar. 2019.

# **APÊNCIDES**

# APÊNDICE A – DADOS COLETADOS PELA COMUNICAÇÃO SERIAL



vericando úmidade da planta:

95% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

91% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

90% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

86% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

81% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

69% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

vericando úmidade da planta:

53% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

49% de Úmidade na planta, precisa ser regada REGANDO

%59 de Úmidade na planta, umidade abaixo dos 90%
REGANDO

%68 de Úmidade na planta, umidade abaixo dos 90% REGANDO

%77 de Úmidade na planta, umidade abaixo dos 90%
REGANDO

%84 de Úmidade na planta, umidade abaixo dos 90% planta regada

vericando úmidade da planta:

90% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

87% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

87% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

# сомз

vericando úmidade da planta:

86% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

85% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

85% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

84% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

84% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

83% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

83% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

82% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

81% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

80% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

79% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

79% Úmidade na planta Úmidade normal, não precisa regar

vericando úmidade da planta:

# APÊNDICE B – CÓDIGO DO PROGRAMA UTILIZADO

```
1 #define sensor1 A0 // define porta analogica A0 como sensor1
 2 #define sensor2 A1 // define porta analogica A1 como sensor2
 3 int rele1 = 7; // solenoide que se refere ao pino digital 7.
 4 int rele2 = 8: // solenoide que se refere ao pino digital 8.
 5 int regar = 10; // tempo que o sistema irá regar.
 6 | int limiteseco = 30; //Variável Global que define limite de úmidade que a horta deve ser regada.
   int verificar = 10; // variável Global que define em quanto tempo a horta deve ser verificada para ser regada.
10
11 void setup() {
12 pinMode(rele1,OUTPUT); // Define o pino digital 7 como saída.
13 pinMode(rele2,OUTPUT); // define o pino digital 8 como saida.
14 Serial.begin(9600); // inicia a comunicação serial.
15 }
16
17 void loop() {
18 int valorsel = analogRead(sensorl); // le o valor do pino AO.
19 int valorse2 = analogRead(sensor2); // le o valor do pino Al.
20
        valorsel = map(valorsel, 1023, 0, 0, 100); // transforma o valor lido do arduin em porcentagem de umidade.
21
          valorse2 = map(valorse2, 1023, 0, 0, 100); // transforma o valor lido do arduin em porcentagem de umidade.
22
            Serial.println("vericando úmidade das hortas");// Mostra no monitor serial que as horas estão sendo verificadas.
23 delay(1000);
             Serial.print( valorsel); // valor em porcentagem de úmidade do pino AO.
25
               Serial.println("% Úmidade na Horta 1"); // mostra no monitor serial a úmidade da horta.
                  Serial.println();// salta l linha.
28
                    Serial.print( valorse2 ); // valor em porcentagem de úmidade do pino Al.
29
                      Serial.println("% Úmidade na Horta 2");// mostra no monitor serial a úmidade da horta.
 30
                            Serial.println();// salta l linha.
 31 if(valorsel >= limiteseco && valorse2 >= limiteseco){ Serial.println("Úmidade normal, não precisa regar");}
 32
                              Serial.println();
 33
 34 delay(verificar*1000);
 35
     if (valorsel <= limiteseco | | valorse2 <= limiteseco) { // teste condicional .
       if (valorsel <= limiteseco) {
 36
 37
          Serial.print(valorsel); // mostra o valor de A0 no monitor serial.
 38
            Serial.println("% de Úmidade na Horta 1, precisa ser regada");
 39
              digitalWrite(rele1,LOW); // Aciona o rele1
                 Serial.println("REGANDO");
                   delay(regar*1000); // Rega de acordo com o valor estipulado
 42
                     Serial.println("Horta 1 regada");
 43
                       digitalWrite(rele1, HIGH); // desliga o rele1
 44
 45 delay(1000); // espera 1 segundo pra ir pra proxima instrução}
 46 }
 47
     if ( valorse2 <= limiteseco) {
 48
        Serial.print(valorse2);
          Serial.println("% de Úmidade na Horta 2. precisa ser regada");
 49
            digitalWrite(rele2.LOW):// Aciona o rele2
 50
              Serial.println("REGANDO");
 51
                delay(regar*1000); // Rega de acordo com o valor estipulado
 52
                  Serial.println("Horta 2 regada");
 53
 54
                    digitalWrite(rele2, HIGH); // desliga o rele2
 55
                       Serial.println();
 56 }}
 57
     }
```

# Código do Arduino para cópia #define sensor1 A0 // define porta analogica A0 como sensor1 #define sensor2 A1 // define porta analogica A1 como sensor2 int rele1 = 7; // solenoide que se refere ao pino digital 7. int rele2 = 8; // solenoide que se refere ao pino digital 8. int regar = 10; // tempo que o sistema irá regar. int limiteseco = 30; //Variável Global que define limite de úmidade que a horta deve ser regada. int verificar = 10; // variável Global que define em quanto tempo a horta deve ser verificada para ser regada. void setup() { pinMode(rele1,OUTPUT); // Define o pino digital 7 como saída. pinMode(rele2,OUTPUT); // define o pino digital 8 como saida. Serial.begin(9600); // inicia a comunicação serial. } void loop() { int valorse1 = analogRead(sensor1); // le o valor do pino A0. int valorse2 = analogRead(sensor2); // le o valor do pino A1. valorse1 = map(valorse1, 1023, 0, 0, 100); // transforma o valor lido do arduin em porcentagem de umidade. valorse2 = map(valorse2, 1023, 0, 0, 100); // transforma o valor lido do arduin em porcentagem de umidade. Serial.println("vericando úmidade das hortas");// Mostra no monitor serial que as horas estão sendo verificadas. delay(1000); Serial.print(valorse1); // valor em porcentagem de úmidade do pino A0. Serial.println("% Úmidade na Horta 1"); // mostra no monitor serial a úmidade da horta. Serial.println();// salta 1 linha. Serial.print(valorse2); // valor em porcentagem de úmidade do pino A1.

```
Serial.println("% Úmidade na Horta 2");// mostra no monitor serial a úmidade da
horta.
              Serial.println();// salta 1 linha.
if(valorse1 >= limiteseco && valorse2 >= limiteseco){ Serial.println("Úmidade normal, não
precisa regar");}
               Serial.println();
delay(verificar*1000);
 if (valorse1 <= limiteseco || valorse2 <= limiteseco) { // teste condicional .
  if (valorse1 <= limiteseco){</pre>
   Serial.print(valorse1); // mostra o valor de A0 no monitor serial.
     Serial.println("% de Úmidade na Horta 1, precisa ser regada");
      digitalWrite(rele1,LOW); // Aciona o rele1
       Serial.println("REGANDO");
         delay(regar*1000); // Rega de acordo com o valor estipulado
          Serial.println("Horta 1 regada");
           digitalWrite(rele1,HIGH); // desliga o rele1
delay(1000); // espera 1 segundo pra ir pra proxima instrução}
 if ( valorse2 <= limiteseco){</pre>
  Serial.print(valorse2);
   Serial.println("% de Úmidade na Horta 2, precisa ser regada");
     digitalWrite(rele2,LOW);// Aciona o rele2
      Serial.println("REGANDO");
       delay(regar*1000); // Rega de acordo com o valor estipulado
         Serial.println("Horta 2 regada");
          digitalWrite(rele2,HIGH); // desliga o rele2
           Serial.println();
}}
}
```

APÊNDICE C – IMAGENS DOS TESTES REALIZADOS

