

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
ENGENHARIA ELETRÔNICA E DE TELECOMUNICAÇÕES

VALTER CARLOS AGUIAR

SISTEMA AUTOMATIZADO DE IRRIGAÇÃO E MONITORAMENTO PARA
PLANTAS EM AMBIENTES INDOOR

UBERLÂNDIA

2021

VALTER CARLOS AGUIAR

SISTEMA AUTOMATIZADO DE IRRIGAÇÃO E MONITORAMENTO PARA
PLANTAS EM AMBIENTES INDOOR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para a obtenção do diploma de graduação em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações.

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Elise Saraiva

UBERLÂNDIA

2021

VALTER CARLOS AGUIAR

SISTEMA AUTOMATIZADO DE IRRIGAÇÃO E MONITORAMENTO PARA
PLANTAS EM AMBIENTES INDOOR

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Eletrônica e Telecomunicações – Campus Uberlândia.

Aprovado em: 08 de Dezembro de 2021

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Dr.^a Elise Saraiva

(Orientador)

Prof.^a Dr.^a Karine Barbosa Carbonaro

(Examinador 1)

Prof. Dr. Daniel Costa Ramos

(Examinador 2)

Agradecimentos

Gostaria de agradecer e dedicar esta dissertação às seguintes pessoas:

Minha família, minha avó Dirce, minha companheira Larissa por todo o apoio, minha mãe Flávia, meu tio Sebastião e por fim meu pai Valter pela ajuda financeira.

A todos os amigos que de alguma forma fizeram parte dessa jornada eu agradeço com um forte abraço.

À instituição – Universidade Federal de Uberlândia, por ter oferecido docentes, diretores, coordenadores e administração que proporcionaram o melhor dos ambientes para que essa graduação fosse realizada.

Aos professores, que com muita paciência e dedicação, ensinaram-me não somente o conteúdo programado, mas também o sentido da amizade e do respeito.

A professora Elise Saraiva eu agradeço a orientação, pela paciência e confiança que tornaram possível a realização desse trabalho.

Resumo

Visto que o conceito de automação está difundido em nossa atualidade, o objetivo deste trabalho é facilitar o cultivo de plantas em ambientes internos. Através dos conceitos e tecnologias desenvolvidas em sala de aula, tem-se disponíveis suporte para melhorar a qualidade das plantas evitando o consumo desnecessário de água. Com o uso da tecnologia, é possível ter uma longevidade da planta em ambientes internos, sem preocupação de aguar. Para tornar possível este projeto, foi utilizada uma placa Arduino UNO, que tem o papel de controlar o processo, realizando o tratamento dos sinais oriundos do meio externo, criando comandos a partir desses sinais. Foi implantado um sensor de umidade na área de plantio, que faz esse monitoramento. É estabelecida uma umidade média do solo, para acionar as válvulas solenoides, até atingir uma umidade ideal. O sistema implementado no Arduino interrompe a irrigação, fechando as válvulas assim que o solo alcançar a umidade de referência. O sistema disponibiliza o acompanhamento da umidade do solo e o *status* das válvulas solenoides em tempo real através de uma tela LCD. O estudo prático foi produzido em uma muda de aveia. A partir dos resultados, pode-se concluir que é possível criar um sistema de irrigação automatizado viável financeiramente, possibilitando o uso para ambientes indoor.

Palavras-chave: Irrigação, Arduino UNO, Automação, Sensor de Umidade, Tela LCD.

Abstract

Since the concept of automation is widespread nowadays, the objective of this work is to facilitate the cultivation of plants indoors. Through the concepts and technologies discussed in the classroom, a support system was developed to improve the quality of plants while preventing unnecessary water consumption. With the aid of technology, it is possible to improve the longevity of indoor plants without the need of manual watering. In order to make this project possible, an Arduino UNO board was used, which has the role of controlling the system through the processing of incoming signals from the external environment and outputting commands in answer to these signals. A humidity sensor was implemented in the planting area, in which an average soil moisture was established as the trigger to activate solenoid valves and perform irrigation until an ideal moisture level could be reached. As soon as the reference moisture is reached, the system implemented in Arduino stops irrigation through the closure of the valves, thereby blocking water flow. The system also provides real-time monitoring of soil moisture and solenoid valve status via an LCD screen. The practical study was undertaken using a fern sapling as a model. From the results, it can be realized that it is possible to create a financially viable automated irrigation system, enabling the use for indoor.

Keywords: Irrigation, Arduino UNO, Automation, Moisture Sensor, LCD screen.

Lista de Ilustrações

Figura 1 – Planta Avenca.....	15
Figura 2 – Sistema de Irrigação Automatizada NAANDANJAIN.....	16
Figura 3 – Sistema de automação para irrigação ACQUACONTROLL.	17
Figura 4 – Sistema de irrigação aspersão convencional.	18
Figura 5 – Sistema de irrigação aspersão mecanizada.	20
Figura 6 – Sistema de Irrigação localizada por microaspersão.	21
Figura 7 – Sistema de Irrigação localizada por gotejamento subsuperficial.	22
Figura 8 – Sistema de irrigação de Superfície.	22
Figura 9 – Sensor de umidade do solo.....	25
Figura 10 – Válvula solenóide aberta e fechada.....	26
Figura 11 – Válvula Solenóide.	26
Figura 12 – Esquema de um relé.	27
Figura 13 – Módulo Relé de dois canais.	27
Figura 14 – Real Time Clock RTC – DS1307.	28
Figura 15 – Display LDC 20x4.	29
Figura 16 – Módulo Serial I2C para Display LCD Arduino.	29
Figura 17 – Ambiente IDE do Arduino.	31
Figura 18 – Placa Arduino UNO.	32
Figura 19 – Microcontrolador Atmega328p.....	33
Figura 20 - Esquema do sistema proposto.....	34
Figura 21 - Fluxograma de execução do protótipo.....	35
Figura 22 – Arduino conectado no <i>display</i> LCD e módulo RTC.....	38
Figura 23 – Arduino conectado no sensor de umidade.	39
Figura 24 – Arduino conectado no relé e na válvula solenóide.....	41
Figura 25 – Esquema completo do protótipo.....	42
Figura 27 – Código Fonte Inicialização do sistema	43
Figura 28 – Código Fonte <i>looping</i>	43
Figura 29 – Código Fonte leitura do sensor.	44
Figura 30 – Projeto irrigação automatizado.	45
Figura 31 – Sensor de umidade fixado no solo.	45
Figura 32 – Válvula solenoide fixada no solo.	45

Figura 33 – *Display* LCD com os dados. 45

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Modelos de plataforma Arduino e suas respectivas características.	31
Tabela 2 – Descrição dos principais menus da IDE do Arduino.	32
Tabela 3 – Bibliotecas padrão do Arduino.	34
Tabela 4 – Resultados dos testes realizados no projeto.	43
Tabela 5 – Custo do projeto.	50

Lista de Gráficos

Gráfico 1 – Controle de Umidade.....	44
--------------------------------------	----

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. OBJETIVOS GERAIS	14
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.3. HIPÓTESE.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1. HISTÓRICO DA IRRIGAÇÃO	18
2.2. TIPOS DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO.....	19
2.2.1. Irrigação por Aspersão	19
2.2.2. Sistema Irrigação Aspersão Convencional	19
2.2.3. Sistema Irrigação Aspersão Mecanizada	20
2.3. Irrigação Localizada	20
2.3.1. Irrigação localizada por microaspersão	21
2.3.2. Irrigação localizada por gotejamento subsuperficial	21
2.4. IRRIGAÇÃO DE SUPERFÍCIE.....	22
3. AUTOMAÇÃO	23
4. COMPONENTES	24
4.1. SENSOR DE UMIDADE DO SOLO	24
4.1.1. Características e especificações do sensor de umidade do solo.....	24
4.2. VÁLVULA SOLENOIDE.....	25
4.3. MÓDULO RELÉ	26
4.4. MÓDULO RTC	28
4.4.1. Características do módulo RTC	28
4.5. <i>DISPLAY</i> LCD.....	29
5. PLATAFORMA ARDUINO E METODOLOGIAS	30
5.1. AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO IDE	32
5.2. BIBLIOTECAS ARDUINO E PACOTES DE SUPORTE.....	32
5.3. Placa Arduino.....	34
6. DESENVOLVIMENTO	36
6.1. APRESENTAÇÃO GERAL DO PROCESSO.....	36
6.2. SISTEMA DE LEITURA E MONITORAMENTO DOS PARAMETROS	37
6.3. SISTEMA DE LEITURA DE UMIDADE.....	38

6.4.	SISTEMA DE ACIONAMENTO DA VÁLVULA SOLENOIDE.....	39
6.5.	CÓDIGO FONTE DO PROJETO.....	40
7.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
7.1.	RESULTADOS	43
7.2.	DISCUSSÕES	46
8.	CONCLUSÕES.....	48
9.	TRABALHOS FUTUROS	51
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

Pensando na história da irrigação, esta vai em contrapartida com a do desenvolvimento e prosperidade econômica dos povos pensando no lado sustentável, pois a água é um recurso limitado e o consumo na agricultura é elevado [1]. Nas últimas décadas, a irrigação, técnica milenar no cultivo de plantas, tem sofrido mudanças significativas para o desenvolvimento da agricultura, utilizando equipamentos e sistemas mais sofisticados para as mais distintas condições.

Várias questões sociais e ambientais vêm preocupando instituições e entidades governamentais, como as mudanças climáticas, observadas em diferentes regiões do planeta; o crescimento da população mundial, resultando num aumento exponencial da demanda por alimentos; e o uso excessivo e descontrolado da água, observado principalmente na área da agricultura, pela irrigação, e na indústria [2].

É sabido do desperdício de água, em todo o mundo, através de diversas práticas, principalmente das duas destacadas anteriormente e, por conta disso, com o passar do tempo, a escassez desse recurso passou a ficar cada vez mais evidente [3]. Diante de tal situação, pensando na necessidade de um uso racional e consciente desse recurso na agricultura, setor responsável pelo maior consumo e desperdício de água no mundo, uma alternativa é a implantação da irrigação automatizada e adoção de técnicas que permitem um aproveitamento eficiente da mesma [4][5].

A Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento foi criada na Organização das Nações Unidas para propor e discutir formas de equilibrar dois objetivos, sendo eles a conservação do meio ambiente e o desenvolvimento econômico e industrial. A partir dos dados da Organização das Nações Unidas [6], “aproximadamente 70% de toda a água potável disponível no mundo é utilizada para a irrigação, enquanto as atividades industriais consomem 20% e o uso doméstico 10%.” De acordo com o relatório dos Recursos Hídricos, da Agência Nacional de Águas (ANA), 66,1% do consumo de água no Brasil é destinada às atividades de irrigação agrícola [7][8].

A evolução da tecnologia aumenta gradativamente, e com isso os sistemas de automação permitem monitorar e gerenciar o funcionamento dos sistemas de forma controlada, segura e eficiente. Usando a automação, há uma substituição dos modelos de irrigação tradicionais, sendo responsáveis por monitorar tarefas rotineiras e atividades comuns na agricultura, para todos os graus de complexidade [9].

O monitoramento do solo através da tecnologia facilita no manejo das atividades agrícolas, apesar dos inúmeros fatores do sistema também interferirem no cultivo da planta, como: água, atmosfera e solo. Há alguns anos, o controle automatizado de sistemas de irrigação vem sendo estudado, sem a necessidade da intervenção humana, resultando em um bom desempenho. No meio rural, esses sistemas apresentam vantagem para o agricultor, tais como: custos reduzidos, controle

do tempo de irrigação, controle da quantidade de água, economia de mão de obra, facilidade de acionamento de bombas ou registros [10].

O desperdício de fertilizantes, levados pelo excesso de água utilizada nas lavouras, é responsável pelas principais perdas dos agricultores, aumentando o custo da produção dos alimentos, devido ao maior consumo de energia, às doenças provocadas pela proliferação de fungos nas raízes e à sua conseqüente falta de aeração [11].

Para o controle do desperdício da água na agricultura, é necessário estimar a necessidade hídrica da cultura desejada, retornando a quantidade ideal de água para o solo, garantindo o melhor desenvolvimento da planta. A maior dificuldade da agricultura familiar, ou seja, proprietários de pequenas propriedades é a falta de monitoramentos meteorológicos, sendo possível prever a demanda hídrica das culturas [12].

A partir de todos os dados, até aqui apresentados, sobre o excesso ou o déficit de água, principalmente no Brasil, vê-se a necessidade de criação de um sistema simples, acessível às pessoas, que forneça controle automático da irrigação de seu jardim, ou plantas em ambientes internos. Os principais critérios são: baixo custo de aquisição e manutenção, facilidade de uso para usuários comuns, entre outros.

Diante disso, a plataforma Arduino tem sido empregada em diversas pesquisas [13], sendo um sistema de baixo custo para o controle, monitoramento e aquisição do sistema de irrigação, acompanhados pelo *display* LCD.

No presente trabalho, serão apresentados os componentes necessários para a criação de um sistema de irrigação automatizado para ambientes internos, bem como as etapas a serem seguidas antes, durante a após sua montagem e aplicação, além dos resultados obtidos a partir de sua utilização.

1.1. OBJETIVOS GERAIS

O objetivo geral desse trabalho é verificar a possibilidade de associar a automação do sistema de irrigação ao cultivo de plantas, especificamente a aveia, de forma controlada, a partir de um Arduino e sensores.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Tendo em vista os cuidados que cada planta requer, como calor, intensidade de luz solar, e, no caso do presente trabalho, a umidade do solo para o desenvolvimento de uma muda de aveia, os objetivos específicos desse projeto são desenvolver um protótipo de um sistema de automação de um processo de irrigação, que controle a umidade do solo, adequada ao desenvolvimento dessa planta, bem como o uso da água, evitando assim, o desperdício desse recurso.

Para melhor explicação, foram criadas três etapas no projeto. A primeira etapa é a verificação do *status* do solo, após a aferição deste valor a segunda etapa entra em ação, acionando a válvula solenóide através do módulo relé e aguando a planta. A válvula é desligada após o solo estar com a umidade ideal, que no caso a terceira e última etapa.

Como mencionado anteriormente, a planta utilizada neste projeto é a avenca, uma planta delicada, com folhagem densa, que se desenvolve em locais quentes e úmidos, ou seja, necessita de uma quantidade controlada de água para viver. Apreciada no Brasil, a avenca é comumente cultivada próxima a lagos e rios ou em ambientes internos [14]. A Figura 1 mostra um exemplar de avenca.

Figura 1 – Planta Avenca.



Fonte: [35].

1.3. HIPÓTESE

É possível desenvolver um protótipo de um sistema de automação de um processo de irrigação onde a automação pode gerar benefícios ao usuário?

1.4. JUSTIFICATIVA

Existe uma grande diversidade de sistemas de automatização com a aplicação direcionada na agricultura e em especial, na irrigação. A diversidade é pelos diversos tipos e características de cada planta, sendo foco de diversos trabalhos como apontado a seguir.

O controle da irrigação automatizada é por meio de um painel digital, instalado próximo

ao conjunto de bombas, interligando tubos a um sistema de válvulas nas áreas a serem irrigadas. O produtor precisa ir até o painel de controle e programar os módulos a serem irrigados. Após ligar o conjunto a água é bombeada pelo encanamento até chegar aos emissores, a Figura 2 a seguir mostra o funcionamento do sistema de controle completo da NaanDanJain.

Figura 2 – Sistema de Irrigação Automatizada NAANDANJAIN.



Fonte: [36].

Os programadores para o controle completo e gerenciamento do sistema de irrigação é devido os programadores Spirit PRO Gavish. Estes programadores podem ser instalados e configurados independentemente ou montados em unidade de fertização e irrigação ou em ambientes de controle, no caso ambientes *indoor*. A empresa promete uma modularidade e flexibilidade do *hardware* e do *software*, sendo versátil, intuitivo e fácil de utilizar.

O sistema de automação para irrigação da ACQUACONTROLL é projetado para ambientes *indoor*, permite um maior controle sobre os processos, fazendo com que a planta seja irrigada na quantidade necessária de água. Possibilita programar a frequência, os horários, e a quantidade de água a ser utilizada. Esse sistema consiste, basicamente de um programador, válvulas, aspersores, acessórios e todos e fios.

Figura 3 – Sistema de automação para irrigação ACQUACONTROLL.



Fonte: [37].

Todos os trabalhos demonstram a variedade e características de diversos modelos de sistemas automatizados com foco na irrigação. Sendo assim, este trabalho será o desenvolvimento de um protótipo de um sistema de irrigação automatizado, com resultados mostrando a possibilidade de implantação em uma residência com baixo valor de investimento e fácil implementação.

1.5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Capítulo 2 será apresentado o referencial teórico que será utilizado para o desenvolvimento do projeto, mostrando os principais tipos de irrigação, características dos componentes utilizados e a montagem. No Capítulo 3 será apresentado a história e o conceito de automação para irrigação, no Capítulo 4 os componentes utilizados, descrevendo suas características. No Capítulo 5 é mostrado o que é um Arduino UNO e suas características, no Capítulo 6 será feita a montagem do projeto, mostrando todas as etapas, o desenvolvimento e finalização do trabalho. Por fim, no Capítulo 7 será mostrado os resultados e discussões. Os Capítulos 8, 9, 10 e 11 são destinados a conclusão, custo do projeto, trabalhos futuros, e as referências bibliográficas do trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. HISTÓRICO DA IRRIGAÇÃO

A irrigação é uma técnica consolidada e fundamental para a produção de alimentos, presente em todas as civilizações já existentes. As grandes civilizações se instalaram e desenvolveram às margens de grandes rios, o que garantiu água para a sua subsistência, para o desenvolvimento das plantas e dos animais. Isso permitiu que desfrutassem de alimentos de melhor qualidade e mais seguros [15].

Há indícios que a irrigação era utilizada em meados de 6.000 a.C, no Egito, às margens do Rio Nilo, na Mesopotâmia, e nas margens dos Rios Tigre e Eufrates por volta de 4.000 a.C. Na América do Sul e no México as civilizações Incas e Maias já desenvolviam a irrigação há mais de 2.000 anos [16].

Na época cristã, a produção agrícola tinha o uso da prática da irrigação, possibilitando o deslocamento da água de uma determinada região para outro, com o objetivo de irrigar áreas de plantação na falta de chuva, isso garantiu a produção agrícola em níveis sustentáveis [15].

Por meio de incentivos governamentais nos anos 1970 a 1980, a irrigação no Brasil começou a se desenvolver e expandir, ocupando maiores áreas. Atualmente, segundo o Atlas Irrigação da Agência Nacional de Águas [17], os estados de Goiás, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul são os estados que possuem as maiores áreas irrigadas, contabilizando uma área irrigada no Brasil de 8,2 milhões de hectares aproximadamente.

No Brasil, a técnica da irrigação teve seu início em 1881, com o primeiro projeto de reservatório para o suplemento de água, utilizada para a plantação de milho e arroz no Sul do Brasil [18].

A irrigação é descrita como a técnica que estuda a aplicação artificial de água no solo, no momento e na quantidade adequada, com o uso de diferentes métodos, sistemas e tecnologias, conforme a necessidade da cultura. Busca garantir e assegurar a produção de grãos, fibras e proteínas em regiões com pouca distribuição de chuvas. É possível satisfazer as necessidades hídricas das culturas de forma eficiente, constante e racional preservando a água [19].

A partir do desenvolvimento da tecnologia de automação direcionado para o uso da agricultura, foi possível desenvolver projetos com ambientes perfeitos criando condições ideais para o desenvolvimento das plantações indoor, acelerando o crescimento, controlando todos os processos e aumentando a colheita. É possível oferecer nutrição, irrigação e iluminação para o crescimento de flores mais densas [20].

A tecnologia vinculada à irrigação permite o controle do desenvolvimento de plantas. A possibilidade de programar horários, a quantidade de água, a frequência e a duração das regas, além de ter facilidade para preparar a solução com fertilizantes. Inúmeras empresas oferecem esses

e outros benefícios através do investimento da automatização da irrigação, oferecendo menores riscos de perder as plantas por falta ou excesso de água.

2.2. TIPOS DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

Segundo CALBO [21] existem três métodos de irrigação, sendo eles: aspersão, localizada e a de superfície os quais serão vistos a seguir.

2.2.1. Irrigação por Aspersão

A técnica de irrigação por aspersão simula uma chuva artificial onde um aspersor expede água para o ar, que por resistência aerodinâmica se transformam em pequenas gotículas de água que caem sobre o solo e nas plantas. O aspersor é o mecanismo principal pela pulverização do jato de água. Esse sistema por ser classificado em dois grupos principais: sistemas convencionais e sistemas mecanizados. Cada um pode ser subdividido em tipos diferentes.

Esse tipo de irrigação se desenvolveu após a segunda guerra mundial, com a produção de tubos de alumínio, por meio de acoplamentos rápidos, sendo possível o transporte manual, facilitando a operação e o manejo dos equipamentos no campo.

2.2.2. Sistema Irrigação Aspersão Convencional

Considerado o sistema básico de irrigação por aspersão, utiliza tubos na sua área com a troca de aspersores de forma manual, havendo a necessidade do produtor entrar na área molhada para retirar o aspersor e colocá-lo em outra área a ser irrigada. Esse sistema denominado básico de irrigação é constituído por: sistema de captação, sistema de bombeamento, tubulação de recalque ou linha principal, ramal ou linha lateral e os aspersores [19]. Conforme pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 – Sistema de irrigação aspersão convencional.



Fonte: [38].

2.2.3. Sistema Irrigação Aspersão Mecanizada

A aspersão mecanizada tem como finalidade a irrigação de grandes áreas, aonde não são possível sistemas convencionais, sendo necessário uma alta eficiência de aplicação de água e diminuição dos custos com mão-de-obra. A partir de um sistema mecânico dotado de rodas, ocorre a movimentação dos aspersores [19]. Conforme pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – Sistema de irrigação aspersão mecanizada.



Fonte: [39].

2.3. Irrigação Localizada

A irrigação localizada é um método que permite irrigar com baixo volume e alta frequência de água, ou seja, a água é aplicada diretamente nas raízes das plantas, permitindo total automação do sistema. É o método mais eficiente na aplicação de água, contudo é necessário um sistema mais

complexo, cuidados com a implantação, entre outros fatores [19].

2.3.1. Irrigação localizada por microaspersão

Requer filtragem menos rigorosa do que ao sistema de gotejamento, visto que é usado um microaspersor, que é um componente que apresenta vários orifícios, e nesse caso são maiores para a passagem de água ter maior vazão. Esse sistema é apropriado para irrigação de culturas com espaçamento mais largo [19]. Conforme pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 – Sistema de Irrigação localizada por microaspersão.



Fonte: [40].

2.3.2. Irrigação localizada por gotejamento subsuperficial

É semelhante ao sistema de gotejamento convencional, o que diferencia é toda a rede de distribuição ser enterrada. A principal vantagem disso é ter uma maior economia de água, devido a menor perda por evaporação da água na superfície do solo [19]. Conforme pode ser visto na Figura 7.

Figura 7 – Sistema de Irrigação localizada por gotejamento subsuperficial.



Fonte:[41].

2.4. IRRIGAÇÃO DE SUPERFÍCIE

Esse sistema é um dos métodos mais utilizados, apesar que geralmente operam com baixa eficiência de aplicação. Apresenta um grande impacto na disponibilidade hídrica dos mananciais de água, isso acontece por causa do grande consumo desse recurso. Esse sistema de irrigação distribui a água diretamente sobre a superfície do solo, com início em uma extremidade da cultura e cobrindo a área de forma gradual [19]. O exemplo de irrigação de Superfície é visto na Figura 8.

Figura 8 – Sistema de irrigação de Superfície.



Fonte: [42].

Também chamado de sistemas de irrigação por gravidade, por que a água é aplicada diretamente sobre a superfície do solo, conseqüentemente com o efeito da gravidade, se movimenta e se infiltra.

3. AUTOMAÇÃO

Automação pode ser definida como uma tecnologia capaz de executar processos ou procedimentos sem a necessidade de interferência humana. É realizada combinando o programa de instrução com o sistema de controle que a executa. Para automatizar o processo, é necessária energia, procedimentos operacionais e sistemas de controle [22].

Assim sendo, é uma importante aliada para otimizar o desempenho de processos, a otimização dos processos para auxiliar no gerenciamento é através de indicadores técnicos elaborados. As tarefas ergonomicamente inviáveis estão sendo aos poucos menores. Logo, a automação ajuda a alcançar um melhor desempenho do gerenciamento de processos.

Na automação, existem vários níveis, onde a tecnologia é aplicada em cada um de uma forma específica e diferente, por exemplo na área industrial, em que a tecnologia é aplicada em maquinários, para ter uma maior eficiência no processo e assim garantir o melhor custo-benefício do produto.

Pesquisas técnicas preliminares são importantes para desenvolver a automação de um determinado processo. A decisão do *hardware* e *software* requisitados na aplicação vem a partir da melhor estratégia de controle, baseado no levantamento de dados de todos os requisitos do processo, levando em conta: identificação, análise e determinação.

Atualmente, a automação está presente em todas as residências em diferentes níveis, com o controle residencial, no controle de tráfego e sistemas de sinalização no trânsito, e nos processos de vendas e transporte.

Paralelamente a história do desenvolvimento de sistemas e equipamentos de irrigação, houve o nascimento e a evolução da irrigação para atender áreas *indoor*. Em 1926, o primeiro aspersor foi desenvolvido, girava por meio de engranagens para ser utilizado em irrigação de jardins.

Pensando no uso racional da água e na melhoria da qualidade de vida nas áreas urbanas, a preocupação com o meio ambiente e a utilização otimizada de água tornaram possível o controle da água, luz, nutrientes para as plantas, criando os sistemas de irrigação automatizados [23].

4. COMPONENTES

Assim como a placa Arduino UNO, foram usados outros componentes para a realização do projeto, sendo eles um módulo sensor de umidade do solo, válvula solenóide, módulo relé com acionamento por 5V, módulo RTC, e por último o *display* LCD. Nesta secção será mostrado todas as catacterísticas dos componentes utilizados.

4.1. SENSOR DE UMIDADE DO SOLO

O sensor de umidade do solo tem como finalidade captar as variações de umidade do solo, e retornar como dados a situação do solo, sendo ele em estado seco no qual a saída do sensor seta em estado alto, e em estado de umidade o sensor fica setado embaixo.

O sensor é separado em duas partes, a primeira é o módulo sensor de umidade do solo, que se baseia em duas sondas que realizam a medição da umidade por meio da aferição da corrente entre as sondas. Ademais possui um circuito com trimpot, ou seja, é possível ajustar a sensibilidade para aferição.

É um componente de fácil manuseio, pois apresenta dois tipos de saídas, A0 e D0, onde A0 é o canal analógico, obtendo precisão, e D0 é o canal digital, funcionando somente com 0 e 1 (desligado ou ligado), necessitando apenas ajustar o limite entre o solo considerado seco e úmido através de um potenciômetro, situado em cima do sensor de umidade [24].

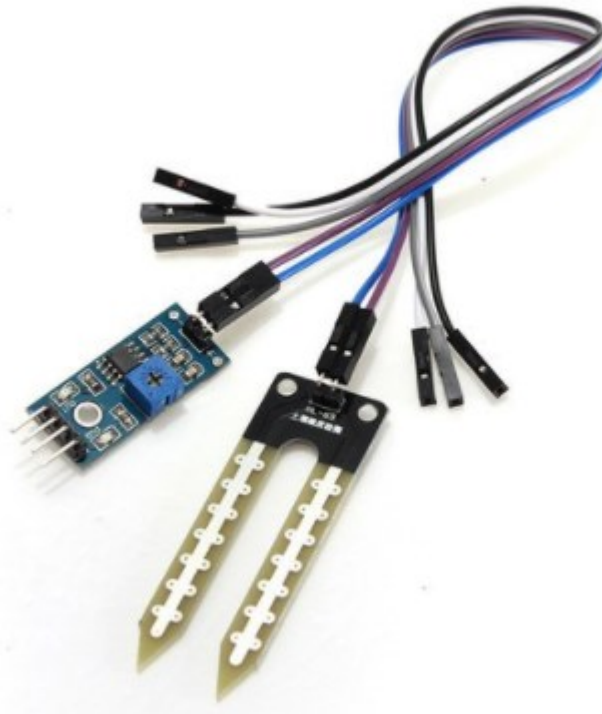
4.1.1. Características e especificações do sensor de umidade do solo

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

No protótipo o sensor de umidade do solo será conectado ao Arduino UNO, sendo responsável pela aferição da umidade do solo. Dependendo da condição do solo, a placa pode acionar o relé para o sistema de irrigação funcionar. A Figura 9 mostra o sensor utilizado neste

projeto.

Figura 9 – Sensor de umidade do solo



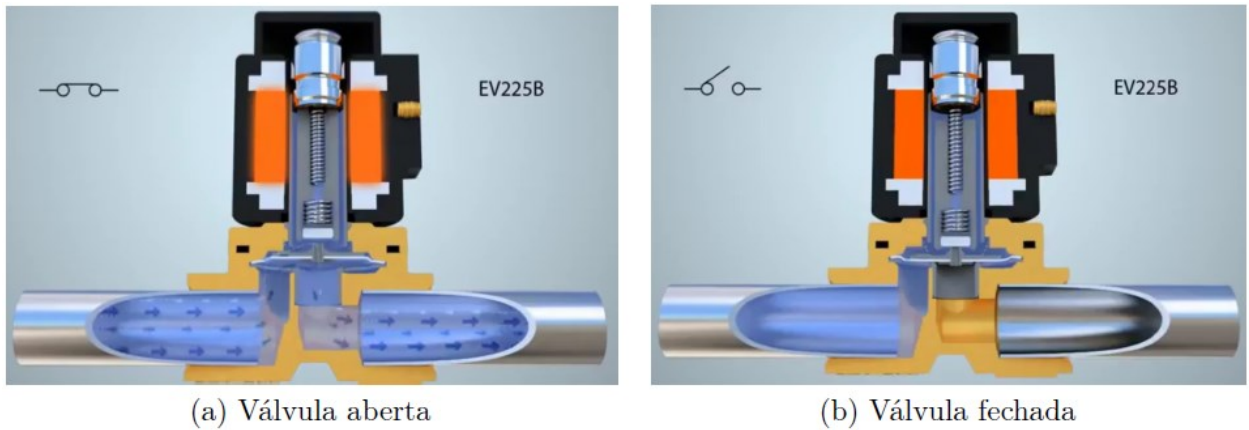
Fonte: [43].

4.2. VÁLVULA SOLENOIDE

Este componente é responsável pela irrigação da muda escolhida no projeto, possui várias utilizações. É constituída pelo corpo e a bobina solenóide, tendo como utilização nas aplicações: Água, Óleo, Ar, Gases entre outros fluídos. A válvula solenóide apresenta uma bobina, que é formada por um cilindro todo enrolado por um fio, quando uma corrente elétrica é conduzida pela fio, é gerado uma força no centro da bobina solenóide, forçando o êmbolo da válvula acinar, abrindo ou fechando o sistema de passagem de fluído.

O corpo é um dispositivo que permite o fluído passar, quando a força bobina aciona a sua haste. A força exercida pela bobina faz com o que o pino seja direcionado para o centro da bobina, abrindo a passagem para o fluído [25]. Para o processo de fechamento, este ocorre quando a bobina perde energia, fazendo com que o pino exerça uma força através de seu peso e da mola instalada, a Figura 10 mostra o esquema de abertura e fechamento da válvula.

Figura 10 – Válvula solenóide aberta e fechada.

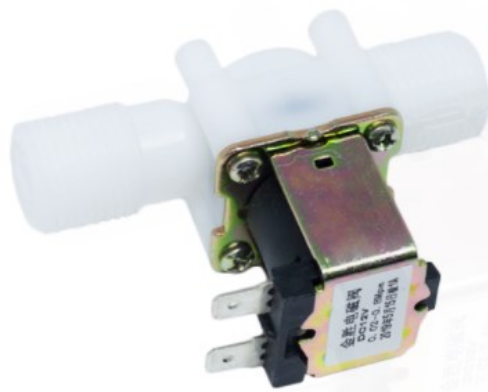


Fonte: [44].

A operação das válvulas solenóides que determinam o seu tipo, podendo ser Ação Direta ou Ação Indireta, dependendo do seu tipo de ação. Para usos com pequena passagem de fluido, as válvulas de Ação Direta são as mais usadas, em contra partida, as válvulas de Ação Indireta, é usada em sistemas de grande porte, por ser controladas por piloto.

A Figura 11 mostra a válvula solenóide que será utilizada neste projeto.

Figura 11 – Válvula Solenóide.



Fonte: [45].

4.3. MÓDULO RELÉ

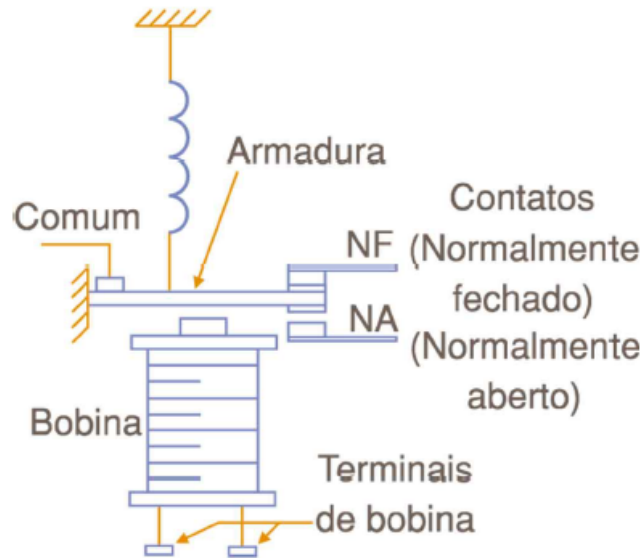
Relés são componentes eletromecânicos responsáveis por controlar circuitos externos com grandes correntes usando pequenas correntes ou tensões. Um relé com valores de 5 miliamperes e 5 Volts, pode controlar outro dispositivo de 220 Volts com 2 Ampères.

O funcionamento dos relés se baseiam na corrente que circula a bobina, quando a bobina está energizada é criado um campo magnético que atrai uma série de contatos fechando ou abrindo vários circuitos. Sem a corrente o campo magnético é interrompido, forçando os contatos voltarem para as suas posições originais.

Os relés podem ser Normalmente Abertos, Normalmente fechados ou ambos. Os contatos

Normalmente Abertos são os que estão abertos enquanto a bobina não está conduzindo corrente, quando a bobina é energizada eles se fecham. O funcionamento dos contatos Normalmente Fechados é ao contrário do Aberto, enquanto a bobina recebe corrente estão abertos e vice-versa. A Figura 12 mostra o esquema de um relé.

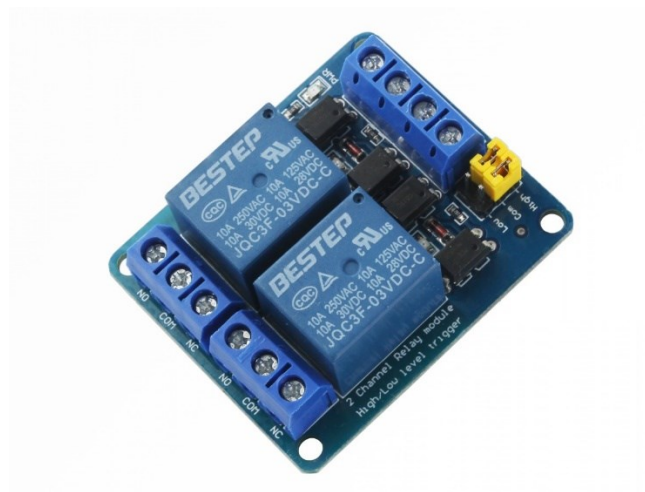
Figura 12 – Esquema de um relé.



Fonte: [46].

O relé tem como principal objetivo utilizar uma pequena quantidade de energia eletromagnética para empurrar uma armadura que é capaz de gerar uma quantidade de energia muito superior. É importante se atentar a quantidade de corrente e tensão suportadas pelos relés, podendo comprometer a vida útil do componente. A Figura 13 mostra o relé de dois canais utilizado no projeto.

Figura 13 – Módulo Relé de dois canais.



Fonte: [47].

4.4. MÓDULO RTC

O relógio de tempo real (Real Time Clock – RTC) com calendário completo com uma memória não volátil de mais de 56 bytes de SRAM, é capaz de fornecer dados como segundo, minuto, dia, mês e ano. O que permite que os dados sejam preservados é a bateria de lítio acoplada nele [26].

Além do protótipo, o componente pode ser usado para medir temperatura do ambiente, através de uma porta para um sensor de temperatura DS18B20, sendo possível ler os dados a partir do pino DS do módulo RTC.

O módulo conta com um circuito que detecta falhas de energia, acionando automaticamente a bateria para que não ocorra perda de dados. O protocolo I2C que transfere as informações e endereços. Funciona no formato de 12 horas e 24 horas, fazendo correções automáticas de meses com mais ou menos de 31 dias e anos bissextos.

4.4.1. Características do módulo RTC

O DS1307 tem em sua placa um circuito que detecta falhas de energia, acionando automaticamente a sua bateria acoplada para evitar perda de dados. O endereço e as informações são enviadas para o arduino via protocolo I2C [27]. O módulo RTC é mostrado na Figura 14.

- Consome menos de 500nA em funcionamento
- Circuito integrado de detecção de falha de energia
- Interface I2C com 2 fios.
- 56 bytes de SRAM que podem ser usadas como RAM estendida de um microcontrolador.
- Processa segundos, minutos, horas, dias da semana, dias do mês, meses e anos.
- Chip: DS1307

Figura 14 – Real Time Clock RTC – DS1307.



Fonte: [48].

4.5. DISPLAY LCD

No projeto foi escolhido um *display* 20x4, ou seja, 20 colunas por 4 linhas, com um módulo Serial I2C para *display* LCD, sendo possível usar com vários modelos de placas e microcontroladores. O *display* foi utilizado para fazer a verificação da umidade do solo, acompanhar o status da válvula solenoide e exibir data e hora atuais. A Figura 15 mostra respectivamente o *display* LCD

Figura 15 – Display LDC 20x4.

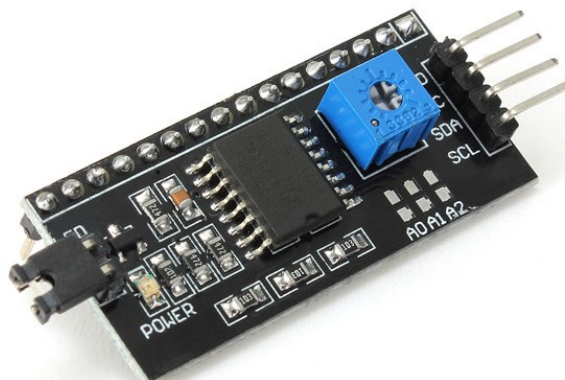


Fonte: [49].

4.6. MÓDULO SÉRIELA I2C

O módulo I2C é um componente comumente utilizado para ligar *displays* LCD junto ao arduino, ele oferece uma instação rápida e de qualidade, utilizando poucas portas do arduino, a Figura 16 mostra o módulo I2C usado no projeto [28].

Figura 16 – Módulo Serial I2C para Display LCD Arduino.



Fonte: [50].

5. PLATAFORMA ARDUINO E METODOLOGIAS

Criado em 2015, o Arduino foi desenvolvido por um grupo de 5 pesquisadores: Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis. Os pesquisadores tinham como objetivo elaborar um dispositivo que ao mesmo tempo fosse barato, funcional e tivesse facilidade de programar. Isso tornou acessível o uso dessa placa de prototipagem eletrônica de código aberto, por estudantes e projetistas amadores. O conceito de *hardware* livre foi adotado, ou seja, qualquer usuário pode montar, modificar, melhorar e personalizar o arduino no mesmo *hardware* básico [29].

Composta por um microcontrolador Atmel, circuitos de entrada/saída e que pode ser facilmente conectada à um computador e programada via IDE (Integrated Development Environment) utilizando uma linguagem baseada em C/C++, havendo necessidade apenas de um cabo USB [29].

A principal característica dessa plataforma é que seus projetos compilador tem a opção de ser stand-alone, ou seja, apresenta um código já compilado em seu chip, ou pode se comunicar com algum *software* que esteja funcionando por um computador. A Tabela 1 mostra versões disponibilizadas de placas e as suas respectivas características.

Tabela 1 – Modelos de plataforma Arduino e suas respectivas características.

Arduino	Microcontrolador	Memória *	Clock	Portas	Tensão de entrada	Tensão de operação	Corrente Pinos Dig.
Pro Mini	ATmega328	Flash: 32KB SRAM: 2KB EEPROM:1KB	16 MHz	Digital: 14 Analogico: 6 PWM: 6	5 - 12 V	5 V	40 mA
Fio	ATmega328P	Flash: 32KB SRAM: 2KB EEPROM:1KB	8 MHz	Digital: 14 Analogico: 8 PWM: 6	3.3 - 12 V	3.3 V	40 mA
Nano	ATmega328	Flash: 32KB SRAM: 2KB EEPROM:1KB	16 MHz	Digital: 22 Analogico: 8 PWM: 6	7-12 V	5 V	40 mA
Micro	ATmega32U4	Flash: 32KB SRAM: 2.5KB EEPROM:1KB	16 MHz	Digital: 20 Analogico: 12 PWM: 7	7 - 12 V	5 V	20 mA
Uno	ATmega328P	Flash: 32KB SRAM: 2KB EEPROM:1KB	16 MHz	Digital: 14 Analogico: 6 PWM: 6	7 - 12 V	5 V	20 mA
Leonardo	ATmega32U4	Flash: 32KB SRAM: 2.5KB EEPROM:1KB	16 MHz	Digital: 20 Analogico: 12 PWM:7	7-12	5V	40 mA
Mega	ATmega2560	Flash: 256KB SRAM: 8KB EEPROM:4KB	16 MHz	Digital: 54 Analogico: 16 PWM:15	7-12	5 V	40 mA
Lilypad	ATmega168 ou ATmega328V	Flash: 16KB SRAM: 1KB EEPROM: 512bytes	8 MHz	Digital: 14 Analogico: 6 PWM:6	2.7 - 5.5 V	2.7 - 5.5 V	40 mA
Duo	AT91SAM3X8E	Flash: 512KB SRAM: 96KB EEPROM:	84 MHz	Digital: 54 Analogico: 12 PWM:12	7-12	3.3V	130 mA
Yun	ATmega32U4	Flash: 32KB SRAM: 2.5KB EEPROM:1KB	16 MHz	Digital:20 Analogico: 12 PWM: 7	5V	5V	40 mA
Esplora	ATmega32U4	Flash: 32KB SRAM: 2.5KB EEPROM:1KB	16 MHz	Digital: - Analogico:- PWM:-	5 V	5 V	
Robot	ATmega32U4	Flash: 32KB SRAM: 2.5KB EEPROM:1KB	16 MHz	Digital: 5 Analogico:4 PWM:6	5 V	5 V	40 mA
Ethernet	ATmega328P	Flash: 32KB SRAM: 2KB EEPROM:1KB	16 MHz	Digital: 14 Analogico: 6 PWM:4	7-12	5	40 mA
Pro	ATmega328	Flash: 32KB SRAM: 2KB EEPROM:1KB	16 MHz	Digital: 14 Analogico: 6 PWM:6	7 - 12 V	5 V	40 mA
Tre	ATmega32U4	Flash: 32KB SRAM: 2.5KB EEPROM:1KB	16 MHz	Digital: 14 Anal: 6 PWM:7		5 V	

Fonte: [51].

Além das características citadas, o Arduino possui uma forma padrão de como os conectores são distribuídos na placa, isso permite ligações de outros módulos expansivos, chamados de Shields. Esses módulos se acoplam sobre as placas principais. Existem vários módulos disponíveis no mercado atualmente, sendo eles: sensores, relés, *display* LCD, entre outros.

5.1. AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO IDE

O Ambiente de Desenvolvimento é um *software* gratuito disponibilizado pela própria fabricante do Arduino. Com o cabo USB conectado é possível fazer a comunicação do *hardware* pelo IDE, para carregar o código de desenvolvimento para a placa. Os *Sketches* são os códigos escritos no IDE, eles são salvos com a extensão *.ino*.

Quando o *software* é iniciado, exibe uma área para escrever o programa que deseja ser complicado, a barra de ferramentas, o console de textos, responsável por mostrar uma lista completa de erros no código e o resultados das informações enviado ao Arduino. A Tabela 2 mostra alguns botões de operações básicas.

Tabela 2 – Descrição dos principais menus da IDE do Arduino.

Verify/Compile	Verifica se há erros no código
Stop	Interrompe o monitor serial, ou desmarca os outros botões
New	Cria um sketch em branco
Open	Mostra uma lista de sketches, em seu Sketchbook, para abrir
Save	Salva o sketch atual em seu sketchbook
Upload	Faz o upload do sketch atual para o Arduino
Serial Monitor	Exibe os dados seriais enviados do Arduino

Fonte: [52].

A fabricante também disponibiliza alguns comandos para facilitar o desenvolvimento, como: Copy for forum, que é um comando encontrado dentro do menu editar, que torna possível copiar o código desenvolvido para compartilhar em fóruns da internet, outro comando é o Copy as HTML, que oferece opção de copiar no formato HTML para inserir em páginas Web, entre outros comandos disponíveis.

A IDE do Arduino é exibida na Figura 17, o *Sketche* selecionado na imagem é o código de exemplo Blink, onde é mostrado que o pino 13 será de saída de dados e no loop principal o código diz que esse pino estará em estado alto, dado um delay de 1000 milissegundos; o pino 13 fica em nível lógico baixo e dando mais um delay de 1000 milissegundos, o loop se repetirá enquanto a placa do arduino estiver sendo alimentada.

5.2. BIBLIOTECAS ARDUINO E PACOTES DE SUPORTE

Bibliotecas são conjuntos de códigos disponibilizados pela desenvolvedora do Arduino, isso tem como objetivo de beneficiar a comunicação dos componentes acoplados à placa. Atualmente

existem diversas bibliotecas disponíveis, algumas estão instaladas no *software* e outros são adquiridas via *download* para instalação.

A Figura 17 mostra o Sketche do exemplo Blink comentado.

Figura 17 – Ambiente IDE do Arduino.

The screenshot shows the Arduino IDE interface. The main editor displays a C++ sketch for the Blink example. The code includes comments in Portuguese explaining the LED pin and provides a link to the Arduino website for more information. The code defines a setup function to initialize the LED pin and a loop function to toggle the LED on and off with a 1-second delay. Below the code, a terminal window shows the compilation status: 'Compilação terminada.' and memory usage details: 'O sketch usa 924 bytes (2%) de espaço de armazenamento para programas. O máximo são 32256 bytes. Variáveis globais usam 9 bytes (0%) de memória dinâmica, deixando 2039 bytes para variáveis locais.' The IDE title bar indicates 'sketch_oct06a | Arduino 1.8.16 (Windows Store 1.8.51.0)'. The status bar at the bottom shows '14' and 'Arduino Uno em COM1'.

```

sketch_oct06a $
the correct LED pin independent of which board is used.
If you want to know what pin the on-board LED is connected to on your Arduino
model, check the Technical Specs of your board at:
https://www.arduino.cc/en/Main/Products

modified 8 May 2014
by Scott Fitzgerald
modified 2 Sep 2016
by Arturo Guadalupi
modified 8 Sep 2016
by Colby Newman

This example code is in the public domain.

https://www.arduino.cc/en/Tutorial/BuiltInExamples/Blink
*/

// the setup function runs once when you press reset or power the board
void setup() {
  // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
}

// the loop function runs over and over again forever
void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000); // wait for a second
}

Compilação terminada.
O sketch usa 924 bytes (2%) de espaço de armazenamento para programas. O máximo são 32256 bytes.
Variáveis globais usam 9 bytes (0%) de memória dinâmica, deixando 2039 bytes para variáveis locais.

14 Arduino Uno em COM1

```

Fonte: Próprio autor.

A Tabela 3 mostra as bibliotecas padrão disponíveis, como estamos tratando de uma plataforma de código aberto, o usuário tem a opção de criar sua própria biblioteca.

Tabela 3 – Bibliotecas padrão do Arduino.

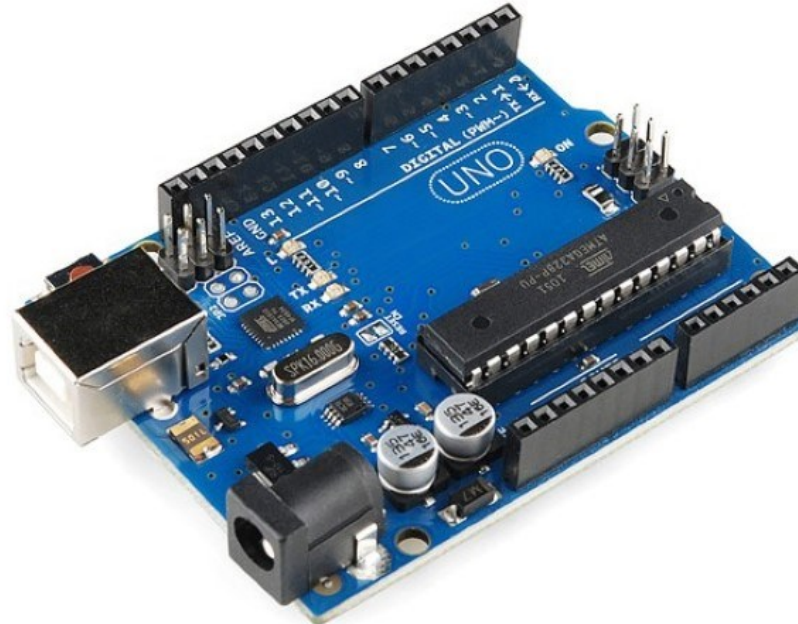
Biblioteca	Descrição
EEPROM	Leitura e escrita para armazenamento permanente
<i>Ethernet</i>	Para conexão com a internet usando o Arduino® <i>Ethernet Shield</i>
Firmata	Para se comunicar com os aplicativos no computador utilizando um protocolo serial padrão
GSM	Para conectar a uma rede GRPS/GSM com o GSM Shield
<i>LiquidCrystal</i>	Para controlar telas de cristal líquido (LCDs)
SD	Para ler e escrever cartões SD
Servo	Para controlar servomotores
SPI	Para se comunicar com dispositivos que utilizam a Interface Periférica Serial (SPI)
<i>SoftwareSerial</i>	Para comunicação serial em qualquer pino digital
<i>Stepper</i>	Para controlar motores de passo

Fonte: [53].

5.3. Placa Arduino

Para o protótipo criado foi utilizada a placa Arduino UNO, da figura 18.

Figura 18 – Placa Arduino UNO.

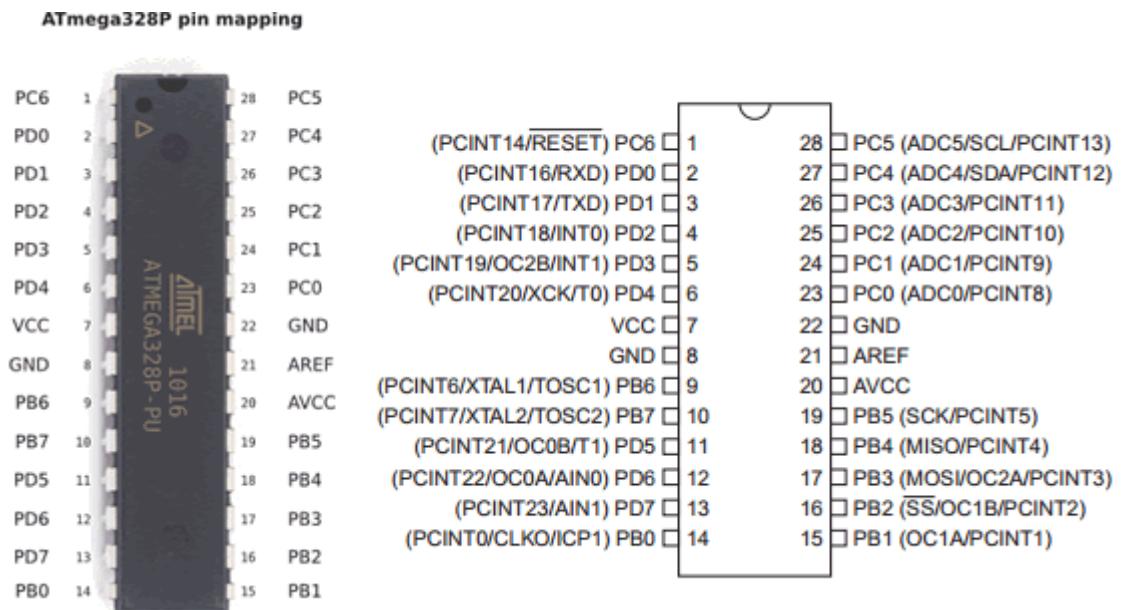


Fonte: [54].

Essa placa tem um microcontrolador baseado no Atmega328, mostrado na Figura . Contém 14 canais digitais de entrada/saída, sendo 6 deles podendo ser usados como PWM outputs, 6 entradas analógicas, botão de reset, block de 16 MHz, ICSP header, entrada para conexão USB e para uma fonte de alimentação. Para o funcionamento da placa é necessário conecta-lo a um

computador com um cabo USB ou liga-lo a um adptador AC-DC ou bateria. Apresenta o Atmega16U2, programado como um conversor USP para serial (THOMSEN, 2021). O microcontrolador Atmega328p é mostrado na Figura 19.

Figura 19 – Microcontrolador Atmega328p.



Fonte: [55].

O Arduino opera com uma tensão de 6 a 20 volts, abaixo de 7V o pino de 5V pode acabar funcionando com menos do que cinco volts e fazendo com que a placa se torne instável. O intervalo ideal recomendado é entre 7 a 12 volts. O Atmega328p fornece UART TTL (5V) de comunicação serial, disponível nos pinos digitais 0 (RX) e 1 (TX). Além de possuir um polyfuse reajustável, protegendo a conexão USB de curtos e sinais de sobrecorrente. Assim como todos os computadores que possuem um sistema de proteção interna, o polyfuse é um fusível que implementa uma camada a mais de proteção, acima de 500mA na porta USB, o fusível automaticamente abre a ligação até que tudo volte ao normal.

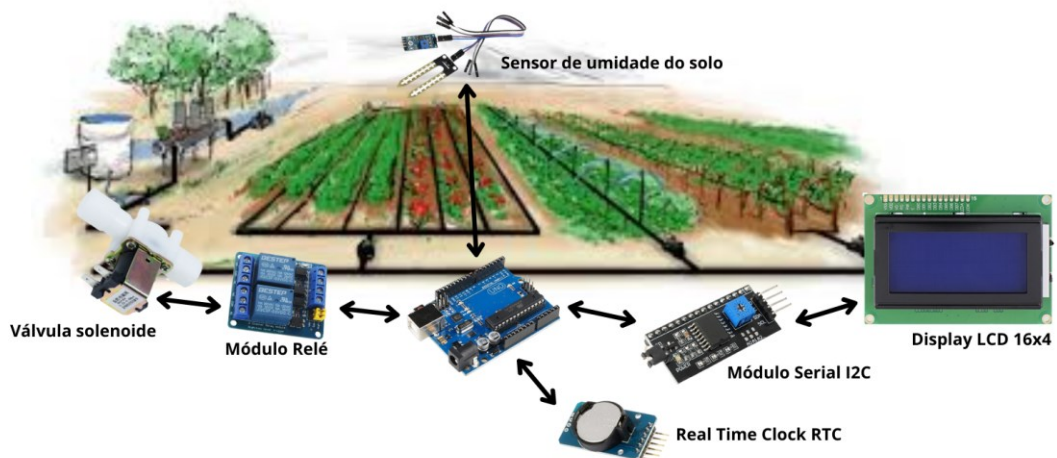
6. DESENVOLVIMENTO

A plataforma Arduino foi usada nesse projeto aliado ao seu ambiente de desenvolvimento (IDE). Todas as etapas e procedimentos do setor de controle e monitoramento no processo de automação do projeto serão descritos nesse capítulo.

6.1. APRESENTAÇÃO GERAL DO PROCESSO

A Figura 20 abaixo mostra um esquema geral do funcionamento do projeto.

Figura 20 - Esquema do sistema proposto.



Fonte: Próprio autor.

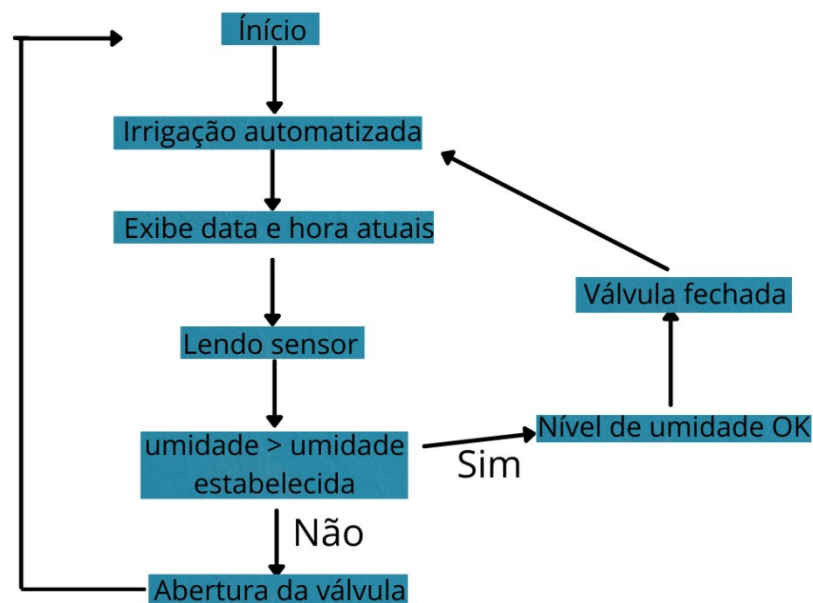
Os componentes foram escolhidos a partir de um estudo baseado no lado financeiro e na complexidade, e posteriormente foi criado um fluxograma do sistema. A priori, o projeto foi desenvolvido com o intuito de ter um gasto financeiro de no máximo R\$400,00 e qualquer usuário comum com uma mínima noção de eletrônica conseguir manusear. O fluxograma da Figura 21 foi importante para a elaboração do código fonte, na definição dos componentes e na montagem do protótipo.

A princípio, o sistema é inicializado, o *display* fornece as informações iniciais, o sensor começa medir os dados uma vez por dia, analisar se a umidade está ideal, caso esteja, a válvula

será fechada e novamente vai realizar outra leitura do solo. Caso a umidade do solo for menor do que a estabelecida no sistema, a válvula será aberta e o fluxograma começará todas as análises novamente, até o momento em que a umidade do solo fique ideal.

Para nível de programação, foi setado os valores analógicos lidos pelos sensor de umidade para definir um solo seco, ideal e úmido. Esses valores foram escolhidos a partir de testes em uma muda de Avenca, para o solo seco, o valor analógico está entre 800 e 1024; solo ideal entre 400 e 800 e o solo úmido entre 0 e 400. Os testes foram realizados adicionando fracionadamente quantidades entre 20 mililitros de água e analisando o comportamento do sensor para um solo ideal para a planta de avenca.

Figura 21 - Fluxograma de execução do protótipo



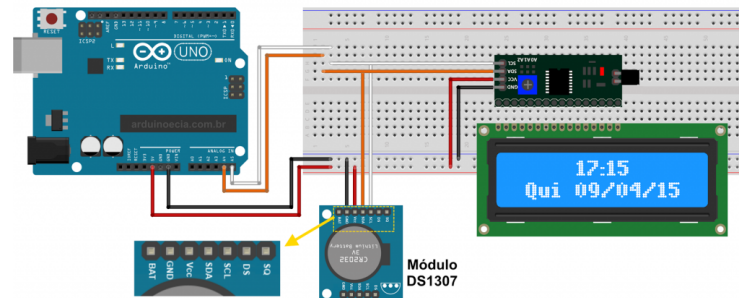
Fonte: Próprio autor.

Para um melhor entendimento e montagem, o processo foi separado em três partes. A primeira parte é mostrada pelo módulo RTC e o display LCD, a segunda parte é o módulo sensor de umidade e por último o módulo relé e a válvula solenóide.

6.2. SISTEMA DE LEITURA E MONITORAMENTO DOS PARAMETROS

No protótipo foi utilizado o Arduino UNO, que é responsável por controlar todo o processo, receber os dados de umidade do solo e enviar para o *display* LCD que é responsável por exibir as informações oriundas do Arduino para o usuário. O monitoramento e registro dos horários dos acontecimentos são exibidos na data atual no *display* LCD, devido o módulo RTC exercer o trabalho de um relógio de tempo real. A Figura 22 mostra um esboço de como foram feitas as ligações utilizando o *software* fritzing.

Figura 22 – Arduino conectado no *display* LCD e módulo RTC.



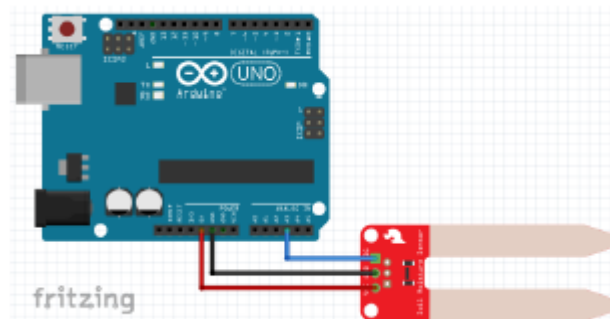
Fonte: [56].

A partir da figura 22 é possível notar que foi usado um módulo I2C para acoplar o *display* LCD na placa arduino através das portas SDA e SDL, evitando o uso excessivo de portas utilizadas, através do módulo I2C é possível controlar a tensão distribuída para o *display*, ajustando o contraste da tela. O I2C é um barramento de comunicação serial, desenvolvido pela Philips e usado para conectar periféricos de baixa velocidade a uma placa mãe, sistema embarcado ou a um telefone celular.

6.3. SISTEMA DE LEITURA DE UMIDADE

O sensor de umidade coleta os dados através do pino A0 do arduino, responsável pelas medidas analógicas. A leitura do sensor é revertida em um número de 10 bits, através desses dados é possível programar por linha de código qual será o valor analógico para ativar o relé e ligar a válvula, liberando a vazão de água. Na Figura 23 pode-se analisar o esquema de ligação do arduino com o sensor de umidade do solo.

Figura 23 – Arduino conectado no sensor de umidade.



Fonte: Próprio autor.

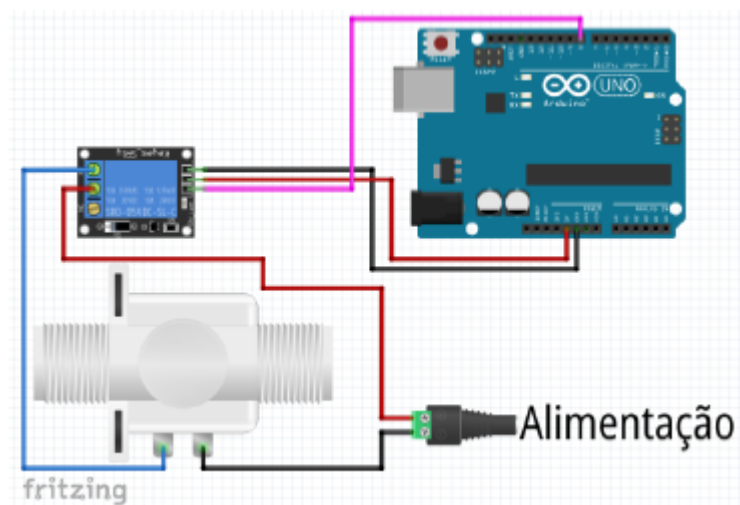
Através de testes, pode-se concluir que mudas de avança precisam em média de 200 mililitros de água por dia, necessitando de um solo sempre úmido. O sensor faz a leitura do solo em relação a umidade, sendo 800 a 1024 solo seco; 400 a 800 solo ideal e 0 a 400 na água. O arduino foi

programado para uma umidade ideal da muda de aveia entre 650. No caso da umidade do solo fique inferior ao valor estabelecido, a válvula solenóide é acionada, até que o solo possa atingir o valor ideal.

6.4. SISTEMA DE ACIONAMENTO DA VÁLVULA SOLENOIDE

O projeto possui uma válvula solenóide de tensão de entrada de 12V, o relé é responsável pela interface entre a válvula solenóide e o microcontrolador que possui tensão de entrada de 5V. Logo, foi preciso uma fonte de 12V de saída, para alimentar a válvula solenóide. A Figura 24, exibe o esquema das ligações feitas no projeto.

Figura 24 – Arduino conectado no relé e na válvula solenóide.

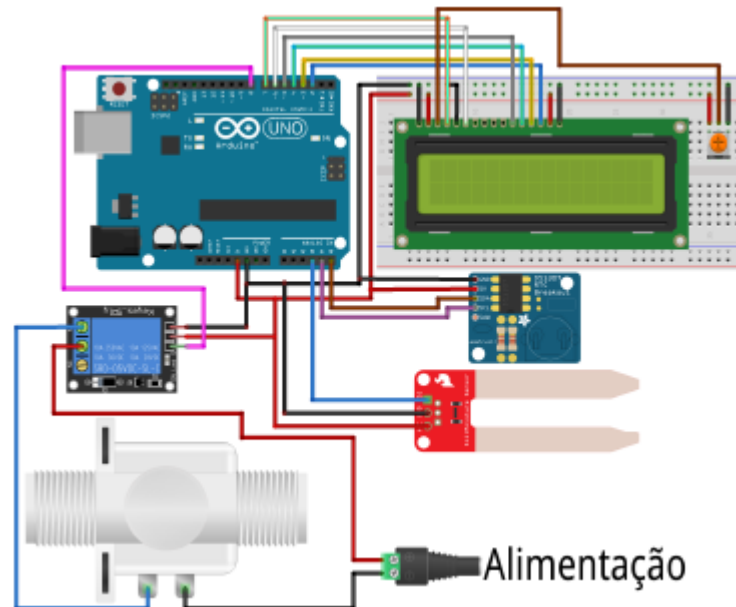


Fonte: Próprio autor.

O módulo RTC faz o monitoramento do intervalo entre as irrigações, a válvula é acionada para fazer a irrigação todos os dias. O monitoramento da umidade é oriunda do sensor que informa se o valor está abaixo ou acima do valor estabelecido, sendo o ideal 650, representando um solo úmido, o *display* LCD é responsável por mostrar as leituras e mudanças.

A Figura 25 mostra o esquema completo do protótipo, os testes foram realizados em uma muda no vaso.

Figura 25 – Esquema completo do protótipo.



Fonte: Próprio autor.

6.5. CÓDIGO FONTE DO PROJETO

Nesta seção será explicado as funções de cada linha de código do projeto. A primeira parte do código é mostrado na Figura 26.

Figura 26 – Código Fonte Endereçamento.

```
Sistema_irriga_o $
//Programa: Display LCD 16x4 e modulo I2C
//Programa: Monitoracao de planta usando Arduino
//Programa : Relogio com modulo RTC DS1307
//Autor: Valter

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <DS1307.h>

#define DS1307_ADDRESS 0x68

#define pino_sinal_analogico A0 //sinal de entrada para leitura do sensor
#define rele 13 //sinal de saída para o módulo relé

//Inicializa o display no endereço 0x27
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

int valor_analogico;
```

Fonte: Próprio autor.

A princípio é necessário a inclusão das bibliotecas para o módulo serial I2C, o sensor de umidade e o módulo RTC. Como o módulo serial I2C compartilha dois componentes conectados juntos, sendo eles o Display LCD e o Módulo RTC, após encontrar o endereço do módulo RTC é setado no endereço 0x68.

É definido o sinal de entrada e saída para o sensor relé, nas portas A0 e 13 do arduino. O display LCD fica setado no endereço 0x27 e configurado a quantidade de linhas e colunas, sendo 20 linhas e 4 colunas. O valor analógico para a medição da umidade é criado.

A Figura 27 mostra os códigos para a inicialização do sistema.

Figura 27 – Código Fonte Inicialização do sistema

```

void setup()
{

    rtc.halt(false); //aciona o relógio
    lcd.begin(20, 4);
    Wire.begin();

    rtc.setDOW(SUNDAY); //Define o dia da semana
    rtc.setTime(00, 17, 0); //define o horario
    rtc.setDate(22, 11, 2021); //Define o dia, mes e ano

    //Definicoes do pino SQW/Out
    rtc.setSQWRate(SQW_RATE_1);
    rtc.enableSQW(true);

    pinMode(pino_sinal_analogico, INPUT); //Configura entrada para leitura do sensor
    pinMode(rele, OUTPUT); //Configura saída para sinal do relé

    digitalWrite(rele,LOW); //rele inicia desligado

    lcd.init();
    lcd.setBacklight(HIGH);
    delay(200);
    lcd.setBacklight(LOW);
    delay(200);
    lcd.setBacklight(HIGH);
    delay(200);
    lcd.setBacklight(LOW);
    delay(200);
    lcd.setBacklight(HIGH);

    Serial.begin(9600);
}

```

Fonte: Próprio autor.

O módulo RTC é inicializado, com o display LCD. O módulo RTC é configurado para definir o dia, horário, mês e ano para a colheita dos dados do nosso sistema. Os pinos SQW e Out são configurados, além da leitura do sensor de entrada e configuração da saída do sinal para o relé ser acionado. O relé inicia desligado, o display LCD foi configurado para piscar a tela 3 vezes após a inicialização, para mostrar o funcionamento correto.

O código que será rodado em laço mostra as informações para o display LCD e o no monitor do computador, exibindo nome do projeto, horário e dia, valor analógico que o sensor está captando. Na Figura 28 mostra o código referente a esta etapa.

Figura 28 – Código Fonte *looping*.

```

Sistema_irriga_o $
void loop()
{

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Projeto Irrigacao");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Hora:");
    lcd.print(rtc.getTimeStr());
    Serial.print("Hora:");
    Serial.print(rtc.getTimeStr());
    Serial.print(" ");
    lcd.setCursor(0,2);
    lcd.print("Data:");
    lcd.print(rtc.getDateStr());
    Serial.print("Data:");
    Serial.print(rtc.getDateStr());
    Serial.print(" ");
    lcd.setCursor(12,2);
    lcd.print(rtc.getDOWStr());
    Serial.println(rtc.getDOWStr());

    //Le o valor do pino A0 do sensor
    valor_analogico = analogRead(pino_sinal_analogico);
    Serial.print(valor_analogico);
}

```

Fonte: Próprio autor.

Por fim, a Figura 29 é apresentado o código que faz a leitura do sensor de umidade do solo e aciona as válvulas solenoides para o caso de uma leitura do solo com umidade seca. O *looping* de 5 minutos foi utilizado para testes, como mostrado no *delay* da Figura abaixo.

Figura 29 – Código Fonte leitura do sensor.

```
//Solo umido, acende o led verde
if (valor_analogico > 0 && valor_analogico < 400)
{
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("Status: Solo umido");
}

//Solo com umidade moderada, acende led amarelo
if (valor_analogico > 400 && valor_analogico < 800)
{
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("Status: Solo ideal");
}

//Solo seco, acende led vermelho
if (valor_analogico > 800 && valor_analogico < 1024)
{
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("Status: Solo seco");
}

//Desliga relé se o sinal do sensor estiver em LOW
if(!digitalRead(pino_sinal_analogico)) digitalWrite(rele,LOW);

//caso contrário, liga relé (sinal do sensor em HIGH)
else digitalWrite(rele, HIGH);

Serial.print(digitalWrite);

delay(50000);
}
```

Fonte: Próprio autor.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo será apresentado os resultados e as discussões acerca do projeto, mostrando algumas informações coletadas e imagens do projeto em funcionamento.

7.1. RESULTADOS

A umidade foi acompanhada durante alguns dias, para entender o funcionamento do sensor a irrigação foi desativa. Isso mostra o funcionamento dos sensores de forma esperada.

Os dados da Tabela 4 foram capturados exatamente as 12:00 horas de todos os dias para facilitar na construção da tabela, estes dados foram exibidos pelo serial monitor. O cálculo para a porcentagem de umidade foi tomada como base o valor analógico de 800 em relação ao valor obtido pelo sensor.

Tabela 4 – Resultados dos testes realizados no projeto.

Horário	Status do solo	Porcentagem de umidade	Válvula solenoide
03/dez	Seco	20%	ON
04/dez	Ideal	87%	OFF
05/dez	Umido	53%	OFF
06/dez	Umido	47%	OFF
07/dez	Seco	18%	ON
08/dez	Ideal	91%	OFF
09/dez	Umido	57%	OFF
10/dez	Seco	19%	ON

Fonte: Próprio autor.

7.1.1. Resultado Geral

Foram estabelecidas as faixas de valores (Secção 6.1) para a irrigação da muda de Avenca. Caso o nível de umidade medido fosse menor seria necessário a irrigação, caso contrário não era necessário o despejo de água.

A válvula solenoide possui o estado (aberto ou fechado), ela é acionada quando o nível de umidade medido é menor que o necessário, realizando a irrigação na muda. Após o funcionamento, é possível visualizar os dados dos sensores de forma aceitável, foi possível medir corretamente o estado que se encontra o solo, fazendo acionar a válvula solenoide se for necessário.

A partir de análises durante um período de 7 dias com o projeto em funcionamento, foi obtido os dados a seguir n Gráfico 1.

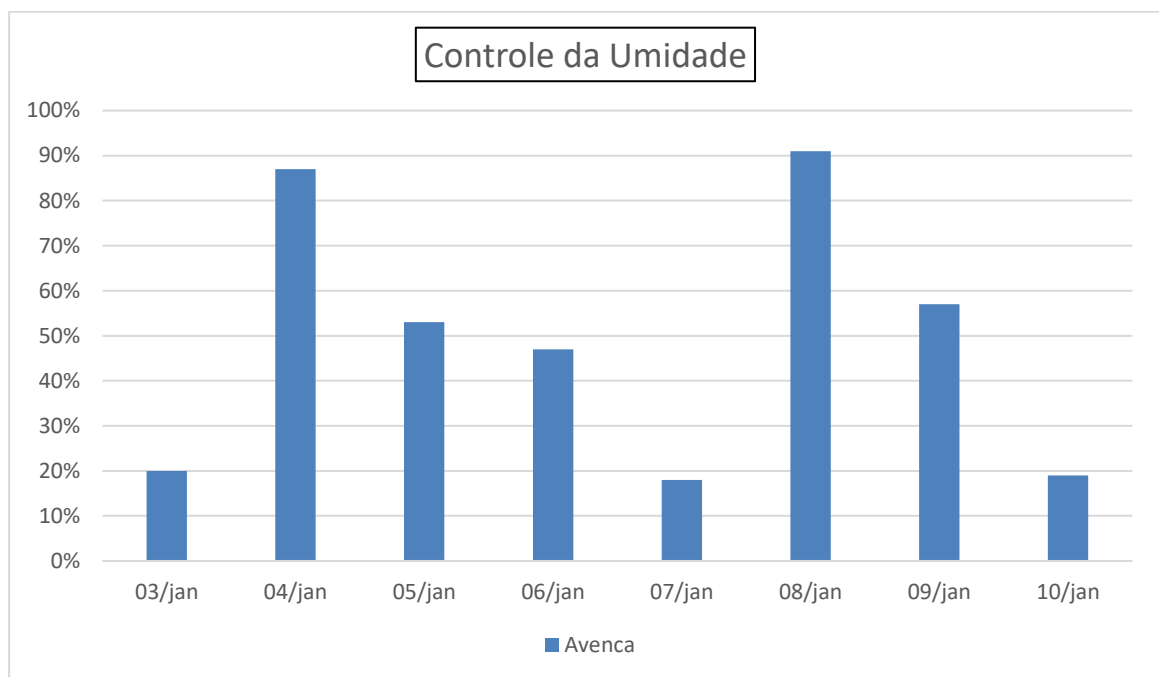
A Figura 30, mostra o projeto em funcionamento, a partir da leitura do sensor de umidade, dependendo do resultado do *status* do solo o Arduino envia um sinal para o módulo relé fazendo

com que a válvula solenóide entre em ação e libera água para a muda. A medição é realizada a cada 5 minutos, a partir dos testes realizados são utilizados aproximadamente 15 ml de água a cada acionamento da válvula solenóide.

No dia 3 de janeiro o vaso com a avenca foi irrigado, pois a leitura do sensor indicava uma umidade inferior ou igual a 20%. Após a irrigação, a umidade no seu sensor estava em 87%. A planta foi colocada em um ambiente aberto, devido a incidência do sol direta em alguns horários do dia, a umidade foi caindo durante o dia.

Conforme mostrado no Gráfico 1, a umidade ideal esta nos valores acima de 80%, entre 20% a 80% são considerados valores ideais, abaixo de 20% são considerados valores criticos, a válvula solenóide é acionado imediatamente.

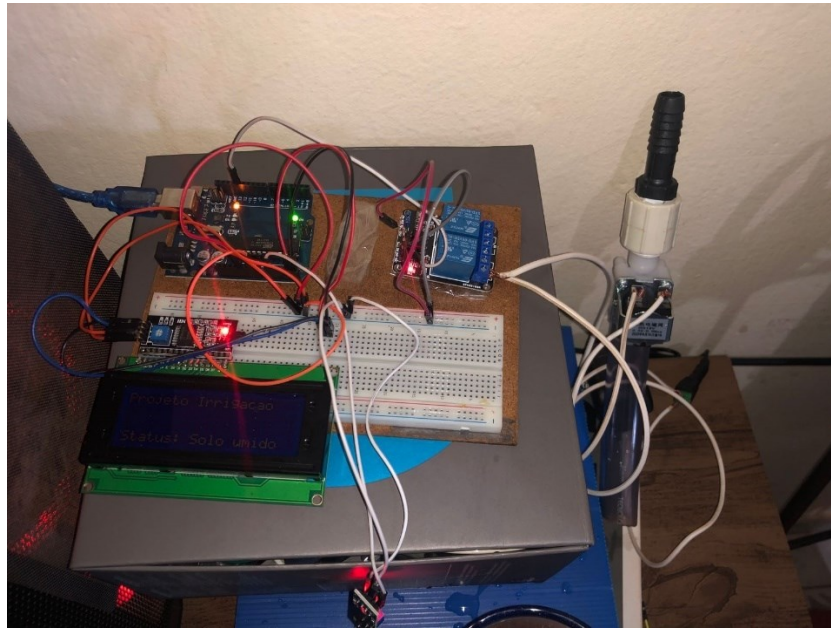
Gráfico 1 – Controle de Umidade.



Fonte: Próprio autor.

Como podemos analisar, a variação de calor de cada dia influencia na perda mais rápida de umidade do solo no qual a planta está inserida. A Figura 30 é mostrado o projeto do sistema de irrigação montado.

Figura 30 – Projeto irrigação automatizado.



Fonte: Próprio autor.

O sensor de umidade foi fixado ao lado da raiz da planta de avenca, com o intuito de obter a umidade com o valor mais preciso. A Figura 31 mostra o local onde o sensor foi colocado, a partir dos testes como pode ser visto na tabela a leitura do sensor esta como esperada.

Figura 31 – Sensor de umidade fixado no solo.



Fonte: Próprio autor.

Para a válvula solenoide, fixamos este componente para que a vazão da água caia de forma direta na raiz da planta, almejando uma irrigação mais eficiente. A Figura 32 mostra como a válvula foi fixada.

Figura 32 – Válvula solenoide fixada no solo.



Fonte: Próprio autor.

O *display* LCD com o status do solo e os dados da data e hora estão mostrado na Figura 33.

Figura 33 – *Display* LCD com os dados.



Fonte: Próprio autor.

7.2. DISCUSSÕES

O principal desafio do trabalho foi encontrar a referência para calibrar o sensor de umidade para a muda escolhida. A Avenca é uma planta que necessita de um solo sempre úmido, nesse sentido foi necessário realizar vários testes para que os parâmetros se adequassem as características da planta.

O projeto foi montado, como mostrado na Figura 25 foi utilizado uma pequena muda para fazer os testes e a calibração do sensor. Para fazer a calibração foi colocado 5 ml de água a cada 5 minutos no vaso onde estava a muda, foram realizadas medições com o uso do Arduino para

diferentes quantidades de água, através do sensor de umidade do solo.

O trabalho sugere uma implantação de um sistema viável, no ponto de vista comercial. Os componentes utilizados são comercializados por cerca de R\$300 e a montagem é simples. O código de desenvolvimento não possui complexidade, pois é utilizado poucos sensores. Os testes do *display* LCD e do módulo RTC foram feitos para setar data e hora, e a exibição dos dados.

Com a realização dos testes foi possível analisar a leitura do sensor, que tem uma variação de aproximadamente um ou dois números depois de convertido para o digital. Esses dados não comprometem o desenvolvimento do projeto, pois a margem de erro é desprezível em relação aos valores medidos no sensor.

8. CONCLUSÕES

Foram encontrados vários problemas durante a criação do protótipo. Os maiores problemas foram a calibração do sensor de umidade do solo e o módulo RTC, para o sensor de umidade foram realizados inúmeros testes para que os parâmetros ajustassem na cultura desejada, para não haver excesso de água ou falta dela para que a muda não tenha o seu desenvolvimento e longevidade afetada. Outro problema foi o *display* LCD que parou de funcionar *backlight* sem nenhum motivo, porém foi possível visualizar os dados usando uma luz direcionada para o *display*.

A priori foi montado o esquema (Figura 12) das ligações com a válvula solenoide utilizando uma muda de aveia para fazer os testes e a calibração do sensor. Para realizar a calibração foi despejado 5 ml de água a cada 5 minutos no vaso onde estava a muda e foram feitas medições utilizando o Arduino para diferentes níveis de água. Depois de vários testes, foi possível observar que a leitura feita pelo sensor e visualizada pela *display* LCD tem uma variação de aproximadamente um ou dois números quando convertido para digital, contudo não tem relevância no andamento do protótipo, porque a margem de erro é muito pequena em relação aos dados obtidos pelo sensor.

As faixas de valores para o solo ideal (400 a 800, secção 4.3) para irrigação da muda de aveia, não considera-se apenas um valor para irrigar caso o nível de umidade, se o valor medido for menor não vai acionar a válvula solenóide, caso o nível medido for maior vai acionar. Esses dados foram obtidos a partir das medidas realizadas durante a calibração.

Após a calibração e os ajustes no *display* LCD, o módulo RTC apresentou problemas e precisou ser retirado, foi comprado outro módulo, contudo este chegou quebrado. O monitoramento dos *status* do solo foi realizado através das medidas em horários estabelecidos como mostrado na Tabela 4.

A forma na qual foi realizado a calibração, poderia ser mais fácil e menos trabalhosa, utilizando um Módulo Cartão SD [33] conectado no Arduino. Através desse módulo poderia registrar medições e armanezá-las em um arquivo de texto, isso tornaria possível processar diversos valores reais ao mesmo tempo. Com esses valores seria possível representar graficamente a relação entre a quantidade de água e a umidade lida pelo sensor de umidade, evitando falta ou desperdício.

Armazenando um maior número de dados relacionado à variação do sensor de umidade e a quantidade de água a fim de analisar, experimentalmente, uma relação entre as duas quantidades. Além disso, o armazenamento dos dados poderia ser usado para medir a evolução temporal da absorção de água da terra. Através destes dados, seria possível construir um modelo dinâmico de irrigação, um exemplo seria a função de transferência, esta permite um esquema de irrigação através das técnicas básicas de controle automático.

O controle implementado no protótipo é do tipo ON/OFF, esta estratégia não linear é

limitada, pois não possui aspectos preditivos, sendo útil para impedir o acúmulo de água através de chuva no solo.

Por mais que não tenha sido implementado em uma plantação real, o protótipo sugere a implantação de um sistema viável, do ponto de vista financeiro e de complexidade. Os componentes utilizados são de baixo custo e a montagem é relativamente simples, são disponibilizados vários tutoriais na *internet* com tutoriais. Devido ao pequeno número de módulos e sensores, a complexidade do sistema é baixa. Sem dúvidas, a complexidade poder aumentar se for considerados aspectos como: maior número de mudas, variáveis monitoradas, entre outros aspectos.

O módulo RTC e o *display* LCD foram os componentes que mais demandaram tempo, depois da calibração. Os ajustes no módulo I2C para a constrate do *display* foram realizados, e foi setado o horário, dia da semana, mês e ano no módulo RTC.

Com o sistema em funcionamento foi possível visualizar que o Arduino conseguiu ler os dados disponibilizados pelo sensor de umidade de forma aceitável e foi capaz de aferir se o solo estava ou não na faixa de umidade ideal estabelecida no sistema, podendo acionar ou desligar a válvula solenoide como esperado.

É possível concluir que os resultados obtidos estão dentro do esperado, e cumpriram com as propostas e objetivos almejados para este trabalho e o protótipo encontra-se em funcionamento operando de acondor com a programação criada.

8.1. CUSTO DO PROJETO

O custo detalhado do projeto é mostrado na Tabela 5. É possível perceber que o componente de maior custo para o trabalho é o Arduino Uno. Os valores podendo sofrer reajuste conforme o tempo, estes valores foram capturados no dia 01/10/2021.

Tabela 5 – Custo do projeto.

Item	Quantidade	Modelo	Valor R\$
Arduino Uno	1 unidade	UNO R3	84,90
Protoboard	1 unidade	830 Pontos	17,90
Fonte 12 Volts	1 unidade		17,15
Válvula Solenoide	1 unidade	12 VDC	48,90
Mangueira	1 unidade		15,00
Resistências	5 unidade		4,00
Fios 1mm	2 metros		5,00
Sensor de umidade	1 unidade		10,00
Módulo Serial I2C	1 unidade		8,00
Módulo RTC	1 unidade		9,90
Display LCD	1 unidade		56,90
Jumpers	20 unidades		4,00
Valor total			281,65

Fonte: Próprio autor.

9. TRABALHOS FUTUROS

O protótipo criado aborda um assunto amplo e com muitas possibilidades de melhorias. Como proposta para trabalhos futuros, alguns pontos são possíveis de dar continuidade para o projeto, sendo eles:

- Criar vários modos para que possa ser implementados para diversas culturas e utilizando outros métodos de irrigação, selecionando através do *display* LCD a cultura desejada e em que fase do cultivo a planta está. O monitoramento de umidade do solo pode aumentar ou diminuir a frequência de irrigação no solo de acordo com a necessidade de casa cultura.
- Implantar um sistema de comunicação sem fio entre o Arduino e um dispositivo móvel através do Módulo WiFi ESP8266 [34] podendo ser visualizado as informações, como umidade do solo e se a válvula solenóide está acionada ou não.
- Fazer o uso de energia fotovoltaica para alimentar o projeto, acionando a válvula solenóide, pois na plantação há uma grande incidência de sol.
- Utilizar um *display* OLED no lugar do LCD para exibir os dados, pois o *display* consome menos energia que o LCD.
- Utilizar uma válvula solenóide para funcionar juntamente com uma muda, para mapear detalhes como umidade, tensão e quantidade de água lançada no solo e encontrar uma relação entre eles, permitindo um ajuste ideal de umidade.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BERNARDO, S.; SOARES, A.; MANTOVANI, E. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: Editora UFV, 2006.
- [2] CORREIA, Gustavo Rissari; ROCHA, Helder Roberto de Oliveira; RISSINO, Silvia das Dores. **Automação de Sistema de Irrigação com Monitoramento via Aplicativo WEB**. Viçosa: Engenharia na Agricultura, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/609/408>. Acesso em: 17 out. 2021.
- [3] GOMES, A. **Irrigação informatizada: a fase superior da automação do trabalho na agricultura moderna**. Revista Cronos, v. 2, n. 1, p. 85-93, 2017.
- [4] DUARTE, A. **Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (Capsicum annun L)**. 2006. 187f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.
- [5] OLIVEIRA JUNIOR, Angelo Gomes de. **Utilização de acionador simplificado de baixo custo para manejo de irrigação de mudas de Aroeira - Pimenteira (Schinus terebinthifolius)**). Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Instituto de Agronomia, 2016. Disponível em: https://cursos.ufrrj.br/posgraduacao/ppgao/files/2017/07/dissetacao_final_angelo.pdf. Acesso em: 17 out. 2021.
- [6] NACOES UNIDAS NO BRASIL. Disponível em <<https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>>. Acessado em 15 de out. 2021.
- [7] DISTRITO FEDERAL. ADALBERTO MELLER. (ed.). **Conjuntura Recursos Hídricos Brasil 2019**. 10. ed. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2019. 110 p. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>. Acesso em: 15 out. 2021.
- [8] DISTRITO FEDERAL. ADALBERTO MELLER. (ed.). **Conjuntura Recursos Hídricos Brasil 2020**. 12. ed. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2020. 129 p. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>. Acesso em: 15 out. 2021.
- [9] MELLO, J.L.P.; SILVA, L.D.B. **Irrigação**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia/Departamento de Engenharia, Rio de Janeiro, 2007. 180p.
- [10] MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 355p.
- [11] ALBUQUERQUE, P.E.P.; DURÃES, F.O.M. **Uso e manejo de irrigação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 528p
- [12] ELIAS, A.A.A.; SILVA, J.C.P.; GONÇALVES, R.N.; SILVA, T.S. **ArdWeather: Uma estação meteorológica baseada no Arduino e em Web Services RESTful**. In: Safety Health and Environment World Congress, 14, 2014, Cubatão-SP. Anais... Cubatão-SP, 2014. p.44-48. <https://doi.org/10.14684/shewc.14.2014.44-48>
- [13] GALANTE, A.C.; GARCIA, R.F. **Sistema de aquisição de dados de sensores de baixo custo baseado no Arduino**. In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, 6, 2014, São Pedro-SP. Anais...Jaboticabal: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2014.

- [14] INSON, Nathalia. **Avenca: Cultive e atraia prosperidade e boas energias para o lar:** flores e plantas. São Paulo: Vivadecora, 2020. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/revista/avenca/>. Acesso em: 17 out. 2021.
- [15] MONTEIRO, Alex Becker. **Histórico da Irrigação.** Brasília: Agroinsight, 2021. Disponível em: <https://agroinsight.com.br/historico-da-irrigacao/>. Acesso em: 17 out. 2021.
- [16] SILVA, Soraya Grams da. **AGRICULTURA: origens e desenvolvimento.** Brasília: Monografias, 2020. Disponível em: <https://monografias.brasilecola.uol.com.br/agricultura-pecuaria/agricultura.htm>. Acesso em: 17 out. 2021.
- [17] BRASILIA. JOÃO GILBERTO LOTUFO CONEJO. (ed.). **Atlas Irrigação: uso da água na agricultura irrigada.** Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Ana), 2017. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/AtlasIrrigacao-UsodaAguanaAgriculturaIrigada.pdf>. Acesso em: 17 out. 2021.
- [18] OLIVEIRA, Fabiano. **Irrigação.** Barra da Estiva: Instituto Formação Técnico em Agricultura, 2012. Disponível em: <http://www.ifcursos.com.br/sistema/admin/arquivos/18-12-35-apostiladeirrigacao.pdf>. Acesso em: 17 out. 2021.
- [19] TESTEZLAF, Roberto (ed.). **Irrigação: Métodos, Sistemas e Aplicações.** Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2017. Disponível em: https://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/testezlaf_irrigacao_metodos_sistemas_aplicacoes_2017.pdf. Acesso em: 17 out. 2021.
- [20] AGRICULTURA Inteligente. *In: Seyva Tech - Agricultura Inteligente*. [S. l.], 2020. Disponível em: https://seyva.tech/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=g&utm_content=534779116034&utm_term=sistema%20de%20irriga%C3%A7%C3%A3o%20automatico&gclid=CjwKCAiAtouOBhA6EiwA2nLKHyrURqk-BrAT1y0KYdw2g1g2CLdFRIVphXxaMOjpBy-BJJoqMZi46YtBoCjp4QAvD_BwE. Acesso em: 22 dez. 2021.
- [21] CALBO, A.G; SILVA, W.L. DE C. **Sistemas Irrigadas para manejo de irrigação: fundamentos, aplicações e desenvolvidos.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2005. 174 p.
- [22] GROOVER, M. P. **Automação industrial e sistemas de manufatura.** [S.l.]: Editora Pearson, 2010.
- [23] HISTÓRIA da Irrigação Automatizada. *In: História da Irrigação Automatizada*. [S. l.], 22 dez. 2021. Disponível em: <https://itograss.com.br/noticias/historia-e-evolucao-da-irrigacao/>. Acesso em: 22 dez. 2021.
- [24] THOMSEN, Adilson. **Monitore sua planta usando Arduino.** Florianópolis: Filipeflop, 2016. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/monitore-sua-planta-usando-arduino/>. Acesso em: 17 out. 2021.
- [25] NASCIMENTO, Felipe Santos do. **Controle uma válvula solenoide com Arduino.** Florianópolis: Filipeflop, 2021. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/controle-uma-valvula-solenoide-com-o-arduino/>. Acesso em: 17 out. 2021.
- [26] FILIPEFLOP. **Real Time Clock RTC DS3231.** Florianópolis: Filipeflop, 2021. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/real-time-clock-rtc-ds3231/>. Acesso em: 17 out. 2021.
- [27] CURTOCIRCUITO: Funcionamento módulo RTC. *In: Funcionamento do componente elétrico módulo Real Time Clock*. [S. l.], 30 nov. 2021. Disponível em:

<https://www.curtocircuito.com.br/modulo-real-time-clock-rtc-ds1307.html>. Acesso em: 30 nov. 2021.

[28] FILIPEFLOP. **DISPLAY LCD 20×4 Backlight Azul**. Florianópolis: Filipeflop, 2021. O QUE é Arduino?. *In: Comparação entre Arduinos apresentados*. [S. l.], 8 jan. 2022. Disponível em: <https://blog.smartkits.com.br/tipos-de-arduino/>. Acesso em: 8 jan. 2022.

[29] THOMSEN, Adilson. **O que é Arduino?** Florianópolis: Filipeflop, 2014. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>. Acesso em: 17 out. 2021.

[30] LOUSADA, Ricardo. **O que é Arduino: Para que serve, vantagens e como utilizar**. São Paulo: Eletrogate, 2020. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/o-que-e-arduino-para-que-serve-vantagens-e-como-utilizar/>. Acesso em: 17 out. 2021.

[31] THOMSEN, Adilson. **Placa Uno R3**. Florianópolis: Filipeflop, 2021. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/placa-uno-r3-cabo-usb-para-arduino/>. Acesso em: 17 out. 2021.

[32] CONCEIÇÃO, Yago Gomes da. **Proposta de um sistema automatizado de irrigação por gotejamento utilizando arduino**. Tucuruí: Universidade Federal do Pará - Ufpa, 2016. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-20x4-backlight-azul/#tab-blogrelacionados>. Acesso em: 29 nov. 2021.

[33] MÓDULO Cartão SD: Funcionamento Módulo Cartão SD. *In: Funcionamento Módulo Cartão SD*. [S. l.], 30 nov. 2021. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/cartao-sd-com-arduino/>. Acesso em: 30 nov. 2021.

[34] MÓDULO WiFi: ESP8266. *In: Módulo WiFi ESP8266*. [S. l.], 30 nov. 2021. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp8266-esp-12e/>. Acesso em: 30 nov. 2021.

[35] AVENCA. *In: Avenca*. [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <http://www.uemurafloreseplantas.com.br/fc8d6/avenca-br-cuia-21-cm>. Acesso em: 29 dez. 2021.

[36] AUTOMAÇÃO em sistema de irrigação. *In: Automação em sistema de irrigação*. [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://naandanjain.com.br/automacao-em-um-sistema-de-irrigacao-o-que-saber/>. Acesso em: 29 dez. 2021.

[37] IRRIGAÇÃO automática. *In: Irrigação automática*. [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://www.acquacontrol.com.br/irrigacao-automatica>. Acesso em: 29 dez. 2021.

[38] IRRIGAÇÃO por aspersão convencional. *In: Irrigação por aspersão convencional*. [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/cursos-irrigacao-agricultura/artigos/a-irrigacao-por-aspersao-convencional>. Acesso em: 29 dez. 2021.

[39] IRRIGAÇÃO mecanizada. *In: Irrigação mecanizada*. [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <http://www.traxco.pt/rega-pivot/rega-mecanizada>. Acesso em: 29 dez. 2021.

[40] IRRIGAÇÃO localizada. *In: Irrigação localizada*. [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/dicas-cursos-cpt/irrigacao-localizada-gotejadores-e-microaspersores>. Acesso em: 29 dez. 2021.

[41] IRRIGAÇÃO por gotejamento. *In: Irrigação gotejamento*. [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <http://www.revistaagropecuaria.com.br/2016/08/16/a-irrigacao-por-gotejamento/>. Acesso em: 29 dez. 2021.

- [42] IRRIGAÇÃO. *In: Irrigação* . [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/253-IRRIGA%C3%87%C3%83O.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2021.
- [43] SENSOR de umidade. *In: Sensor de umidade*. [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://www.vidadesilicio.com.br/sensor-umidade-solo-higrometro>. Acesso em: 29 dez. 2021.
- [44] VÁLVULA solenoide. *In: Válvula solenoide* . [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=wM58el_Hvic. Acesso em: 29 dez. 2021.
- [45] FUNCIONAMENTO válvula solenoide. *In: Funcionamento válvula solenoide* . [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/valvula-de-vazao-solenoide-agua-12vdc/>. Acesso em: 29 dez. 2021.
- [46] MÓDULO relé. *In: Módulo relé* . [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://www.electronica-pt.com/rele>. Acesso em: 29 dez. 2021.
- [47] MÓDULO relé 2 canais. *In: Módulo relé 2 canais*. [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://www.eletrogate.com/modulo-rele-2-canais-3v-10a-com-borne-kre-para-esp32>. Acesso em: 29 dez. 2021.
- [48] MÓDULO RTC. *In: Módulo RTC*. [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/real-time-clock-rtc-ds3231/>. Acesso em: 29 dez. 2021.
- [49] DISPLAY LCD. *In: Display LCD* . [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/display-lcd-20x4-backlight-azul/>. Acesso em: 29 dez. 2021.
- [50] MÓDULO serial I2C. *In: Módulo serial I2C*. [S. l.], 22 dez. 2021. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-serial-i2c-para-display-lcd-arduino/>. Acesso em: 22 dez. 2021.
- [51] TIPOS de arduino. *In: Tipos de arduino* . [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://blog.smartkits.com.br/tipos-de-arduino/>. Acesso em: 29 dez. 2021.
- [52] IDE arduino. *In: IDE arduino* . [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/index.php/IDEArduino_IDE_Arduino_Menu. Acesso em: 29 dez. 2021.
- [53] BIBLIOTECAS arduino. *In: Bibliotecas arduino* . [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://labdegaragem.com/profiles/blogs/tutorial-arduino-instalando-bibliotecas>. Acesso em: 29 dez. 2021.
- [54] ARDUINO UNO. *In: Arduino UNO*. [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/placa-uno-r3-cabo-usb-para-arduino/>. Acesso em: 29 dez. 2021.
- [55] DATASHEET ATMEGA 328. *In: Datasheet ATMEGA 328*. [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://datasheetgo.com/atmega328p-datasheet-pdf-microcontroller/>. Acesso em: 29 dez. 2021.
- [56] MÓDULO I2C. *In: Módulo I2C*. [S. l.], 29 dez. 2021. Disponível em: <https://www.arduinoecia.com.br/arduino-lcd-16x2-modulo-i2c-rtc-ds1307/>. Acesso em: 29 dez. 2021.