



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

DAILTON MORAIS DE CARVALHO

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA IRRIGAÇÃO COM O USO DA
PLATAFORMA ARDUINO**

CARAÚBAS

2023

DAILTON MORAIS DE CARVALHO

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA IRRIGAÇÃO COM O USO DA
PLATAFORMA ARDUINO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof.^a Dra. Ana Tereza de Abreu
Lima.

CARAÚBAS

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

C331d Carvalho, Dailton Morais De.
Desenvolvimento de um protótipo para irrigação
com o uso da plataforma Arduino / Dailton Morais
De Carvalho. - 2023.
67 f. : il.

Orientadora: Ana Tereza De Abreu Lima.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2023.

1. automação. 2. tecnologia. 3. irrigação. 4.
protótipo. 5. Arduino. I. Lima, Ana Tereza De
Abreu, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Caraúbas
Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

DAILTON MORAIS DE CARVALHO

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA IRRIGAÇÃO COM O USO DA
PLATAFORMA ARDUINO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 11 / 05 / 2023

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra Ana Tereza de Abreu Lima (UFERSA)
Presidente

Prof. Dr. Zenner Silva Pereira (UFERSA)
Membro Examinador

Prof. Dr. Hudson Pacheco Pinheiro (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico este trabalho aos meus pais que tanto se esforçaram para me proporcionar a oportunidade de cursar a minha graduação em Ciência e Tecnologia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus por me manter firme durante toda essa trajetória, me abençoando com muita saúde e me dando forças para enfrentar as dificuldades na busca pela realização dos meus sonhos.

Agradeço a toda a minha família, em especial, aos meus pais Ceição Paiva e Damião Carvalho por acreditarem em mim, e acima de tudo fazerem o possível e o impossível para que esse sonho se tornasse realidade. Que Deus em sua infinita bondade concedam-lhes vida longa aqui na terra, para que ainda possamos conquistar muitas coisas juntos.

Agradeço a minha orientadora Professora Ana Tereza, por se dispor enfrentar esse desafio comigo, por todo conhecimento compartilhado, pela cooperação e incentivo durante a realização deste trabalho, e acima de tudo pela excelente profissional que é.

Agradeço a todos os professores que contribuíram com a minha formação acadêmica, por partilharem do seu conhecimento e acima de tudo pelas palavras de apoio e incentivo no decorrer dos últimos anos. Sem dúvidas, foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

Agradeço a todos os colegas que tive a oportunidade de conhecer durante a vida acadêmica, por compartilharmos dessa experiência juntos, por dividirmos das mesmas aflições, e pela troca de conhecimento contínuo. Mas, acima de tudo pela amizade, aqui construí verdadeiros amigos, alguns que considero como um irmão.

Agradeço a todos os servidores da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), que fazem o campus de Caraúbas. Por se dedicarem diariamente para manter e zelar dessa estrutura, na qual, tive a oportunidade de usufruir durante a minha graduação em Ciência e Tecnologia.

O melhor plano para você conquistar seu objetivo é nunca desistir dele, o momento que você mais cresce é o período mais desafiador da sua vida.

Caio Carneiro

RESUMO

Devido aos avanços tecnológicos desenvolvidos pela sociedade, tem se tornado cada vez mais frequente as pessoas optarem pela automação de processos, substituindo atividades que antes eram feitas manualmente por sistemas totalmente autônomos e eficientes. A inserção da tecnologia tem sido muito comum em todos os segmentos da sociedade, inclusive no setor agrícola, possibilitando um cultivo mais eficiente nas lavouras através da técnica de irrigação automatizada. Porém, a maioria dos pequenos e médios agricultores não podem usufruir desta tecnologia, devido ao custo de implementação. Nesse sentido, foram realizados estudos relacionados aos principais sistemas de irrigação e à automação destes. Posteriormente foi desenvolvido um protótipo para uso caseiro com o uso da plataforma Arduino. O equipamento teve sua eficácia comprovada logo após a realização dos primeiros testes, mostrando o quão útil ele pode ser na vida das pessoas. Além disso, é possível desenvolver, para a agricultura projetos similares, proporcionando a todos a oportunidade de usufruir dessa tecnologia conforme a sua necessidade de irrigação, e por um valor considerável baixo.

Palavras-chave: automação; tecnologia; irrigação; protótipo; Arduino.

ABSTRACT

Due to the technological advances developed by society, it has become increasingly common for people to opt for process automation, replacing activities that were previously done manually by fully autonomous and efficient systems. The insertion of technology has been very common in all segments of society, including the agricultural sector, enabling more efficient cultivation in crops through the automated irrigation technique. However, most small and medium farmers cannot take advantage of this technology, due to the cost of implementation. In this sense, studies were carried out related to the main irrigation systems and their automation. Later, a prototype was developed for home use using the Arduino platform. The equipment's effectiveness was proven right after the first tests were carried out, showing how useful it can be in people's lives. In addition, it is possible to develop similar projects for agriculture, providing everyone with the opportunity to take advantage of this technology as required. its need for irrigation, and for a considerable low price.

Keywords: automation; technology; irrigation; prototype; arduino.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Irrigação por Inundação.	21
Figura 2 - Sistema de irrigação por sulcos.	21
Figura 3 - Irrigação por Aspersão.	23
Figura 4 - Irrigação por Pivô Central.	24
Figura 5 - Irrigação por gotejamento.	25
Figura 6 - Irrigação por microaspersão.	26
Figura 7 - Diagrama representativo dos principais elementos do circuito.	28
Figura 8 - IDE do Arduino.	30
Figura 9 - Arduino UNO.	32
Figura 10 - Sensor de umidade do solo.	34
Figura 11 - Módulo relé utilizado no projeto.	35
Figura 12 - Bomba de aquário utilizada no projeto.	36
Figura 13 - Display LCD 16x2 utilizado no projeto.	38
Figura 14 - Placa protoboard utilizada.	39
Figura 15 - LEDs utilizados no projeto.	40
Figura 16 – Resistores elétricos utilizados no projeto.	41
Figura 17 - Arquitetura do projeto.	42
Figura 18 - LEDs e Resistores ligados em série no circuito do projeto.	43
Figura 19 - Sensor de umidade e Relé durante a montagem do circuito do projeto.	44
Figura 20 - Display LCD 16x2 inserido no circuito do projeto.	44
Figura 21 - Representação do programa desenvolvido.	45
Figura 22 - Sensor de umidade inserido em um solo argiloso com umidade higroscópica.	46
Figura 23 - Sensor de umidade inserido em um solo argiloso com alto teor de umidade.	47
Figura 24 - Principais componentes físicos do projeto arranjados em um piquete de madeira.	49
Figura 25 - Piquete usado como suporte inserido no vaso utilizado para o experimento.	50
Figura 26 - Processo de plantação da cultura irrigada.	50
Figura 27 - Alguns pontos de aplicação da água com mais pressão que outros.	53
Figura 28 - Display LCD exibindo status do sistema em um determinado momento.	53
Figura 29 - Status do sistema sendo indicado por leds.	54
Figura 30 - Solo saturado devido a aplicação constante de água.	55
Figura 31 - Germinação da planta no quinto dia após ser plantada.	56

Figura 32 - Desenvolvimento da planta no décimo dia após a plantação.....	56
Figura 33 - Desenvolvimento da planta no décimo quinto dia após a plantação.	57
Figura 34 - Recipiente de 3 litros, responsável por fornecer água ao sistema.	58
Figura 35 - Uniformidade da área molhada.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações técnicas Arduino Uno.	33
Tabela 2 - Especificações técnicas do sensor de umidade utilizado.....	34
Tabela 3 - Especificações técnicas do módulo relé.	35
Tabela 4 - Especificações técnicas da bomba de aquário utilizada.	37
Tabela 5 - Especificações técnicas do display LCD 16x2.....	38
Tabela 6 – Especificações técnicas placa protoboard.....	39
Tabela 7 - Especificações técnicas dos LEDs utilizados.	40
Tabela 8 - Valores identificados durante a calibração do sensor para o solo seco/úmido.	46
Tabela 9 - Custo total do protótipo.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CODEVASF	Companhia de desenvolvimento do vale do São Francisco e do Parnaíba
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento básico
SHIELDS	Escudos
USB	Porta serial universal
LED	Diodo emissor de luz
IDE	Ambiente de desenvolvimento integrado
GND	Terra
VCC	Tensão em corrente contínua
DAS	Serial data
SCL	Serial clock
EEPROM	Memória somente de leitura programável apagável eletronicamente
SRAM	Memória estática de acesso aleatório
PWM	Modulação por largura de pulso
AC	Corrente alternada
DC	Corrente contínua

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Gerais	17
2.2	Específicos	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	A Irrigação	18
3.2	Métodos de Irrigação.....	19
3.2.1	Irrigação por superfície.....	20
3.2.2	Irrigação por Aspersão.....	22
3.2.3	Irrigação Localizada	24
3.3	Irrigação Automatizada	26
3.4	Introdução ao Arduino.....	27
3.5	A plataforma Arduino.....	27
3.5.1	Hardware Arduino	29
3.5.2	IDE do Arduino	29
3.6	Linguagem de programação	31
4	MATERIAIS E MÉTODOS	32
4.1	Materiais.....	32
4.1.1	Arduino Uno	32
4.1.2	Sensor de umidade do solo	33
4.1.3	Módulo Relé	34
4.1.4	Bomba de Aquário.....	36
4.1.5	Display LCD 16x2.....	37
4.1.6	Placa Protoboard.....	38
4.1.7	Leds.....	39
4.1.8	Resistores.....	40
4.2	Desenvolvimento do projeto.....	41
4.2.1	Localização e características do experimento.....	41
4.2.2	Arquitetura e montagem do circuito	42
4.2.3	Lógica da programação.....	44
4.2.4	Calibragem do sensor	45

4.2.5	Cultura irrigada.....	47
4.2.6	Método de irrigação.....	48
4.2.7	Decisão do momento de irrigar.....	48
4.2.8	Produto final e procedimento experimental.....	49
4.2.9	Custo total do protótipo	51
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
5.1	Desempenho do protótipo desenvolvido	52
5.2	Método de irrigação e decisão do momento de irrigar.....	54
5.3	Desenvolvimento da cultura irrigada.....	55
5.4	Características do experimento	57
5.5	Principais dificuldades durante a realização do experimento	58
5.6	Principais vantagens oferecidas pelo sistema desenvolvido.....	59
5.7	Considerações para a expansão do sistema	60
6	CONCLUSÕES.....	61
	REFERÊNCIAS	63
	APÊNDICE A – CÓDIGO DESENVOLVIDO	66

1 INTRODUÇÃO

A sociedade humana, atualmente, depende de dispositivos eletrônicos e, praticamente, todas as áreas do conhecimento utilizam da tecnologia para melhor desempenhar as suas atividades, seja no contexto profissional ou pessoal. Diariamente, há avanços tecnológicos que facilitam nossas vidas através da resolução de problemas, e é preciso que saibamos aproveitar o que ela tem a nos oferecer. Um exemplo de avanço tecnológico é a automação dos processos, que substitui procedimentos manuais, promovendo mais confiabilidade e eficiência.

A modernização dos processos produtivos abrange, praticamente, todos os segmentos da sociedade, exemplo disso é o setor agrícola. Conforme Barbosa (2013), O agricultor, visando resultados mais satisfatórios, tem investido em tecnologias recentes que, consequentemente, ajudam a melhorar suas plantações, da produtividade ao custo-benefício. Entre essas tecnologias destaca-se a irrigação que, segundo Guimarães (2011), é uma técnica que mesmo em épocas de escassez de chuvas, consegue fornecer elementos indispensáveis para o desenvolvimento adequado da planta. Porém, o manejo dessa técnica exige o monitoramento de diferentes variáveis para garantir um alto desempenho, e nem sempre esse monitoramento é feito da maneira correta quando dependente da atuação humana, ocasionando um rendimento inferior ao esperado.

Desta forma, o objeto de estudo deste trabalho é a irrigação automatizada, no qual pretende-se desenvolver um sistema de irrigação doméstico, mas que possa ser aplicado a qualquer atividade dessa natureza, com o intuito de substituir procedimentos que antes eram feitos manualmente, por um sistema automatizado e eficiente, que venha a garantir resultados mais satisfatórios na aplicação dessa técnica. Criar um sistema automatizado para irrigação significa cuidar de maneira correta da sua planta, destacando a possibilidade de oferecer água em quantidade necessária para sua sobrevivência e desenvolvimento saudável, substituindo assim o procedimento manual que está sujeito a diversas falhas humanas. Vale salientar a praticidade que esse sistema oferece, pois pode ser facilmente programado usando-se a tecnologia *Arduino*.

O *Arduino* é um *hardware* que permite desenvolver projetos dos mais simples aos mais complexos com o uso de um *software*. Esse dispositivo tem ganhado espaço cada vez maior entre as tecnologias atuais, principalmente pela sua facilidade em desenvolver diversos objetos eletrônicos com um baixo custo, e que são capazes de substituir objetos com tecnologias de ponta vendidos hoje no mercado por um valor consideravelmente elevado.

Segundo McRoberts (2011), o *Arduino* foi desenvolvido como uma ferramenta para envolver as pessoas com eletrônica de programação, desde que elas estejam dispostas a tentar, pois, a plataforma é simples e financeiramente não é cara. Além disso, utiliza um *software* gratuito, o que permite uma diversidade de fabricantes e modelos, proporcionando que maioria das pessoas tenham acesso a essa tecnologia e possam usufruir de acordo com a sua necessidade.

O sistema não visa somente o uso caseiro, já que na agricultura, segundo Guimarães (2011), os menores agricultores não têm acesso aos variados tipos de irrigação automatizada, pela falta de informação ou por questões financeiras. Tendo em vista a praticidade oferecida pelo *Arduino*, projetos similares poderão ser desenvolvidos e ampliados para o uso na agricultura, garantindo um melhor desempenho e maior produtividade para pequenos agricultores.

2 OBJETIVOS

2.1 Gerais

Realizar estudos sobre sistemas de irrigação e posteriormente desenvolver um protótipo caseiro para irrigação usando a plataforma *Arduino*. Automatizando procedimentos que antes eram feitos manualmente, beneficiando o público em geral de acordo com as suas necessidades de irrigação, proporcionando praticidade e confiabilidade.

2.2 Específicos

- Contribuir com a automação de processos;
- Compreender a estrutura eletrônica do projeto;
- Analisar as diferentes aplicações que o sistema pode oferecer;
- Analisar as vantagens e desvantagens do sistema desenvolvido.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A Irrigação

A irrigação é um método que segundo Barbosa (2013), assegura ao produtor uma colheita uniforme, mesmo diante da ausência de chuvas. Tem sido utilizado há anos em diversas regiões no mundo, em especial aquelas de clima árido e semiárido. Segundo a Companhia de desenvolvimento do vale do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF, 2017), essa tecnologia se propagou no Brasil, inicialmente com maior proporção por meio do cultivo de arroz no estado do Rio Grande do Sul e em vales na região central. Com apoios governamentais, e com a expansão da agricultura, esta técnica foi ganhando espaço, e consequentemente abrangendo uma área territorial maior. Hoje, existem diversas maneiras de irrigação, que dependem do que é cultivado, da cultura, clima, entre outras variáveis. Segundo o Atlas Irrigação da Agência Nacional de Águas e Saneamento básico (ANA, 2021), o Brasil possui hoje uma área irrigada de 8,2 milhões de hectares. As maiores áreas irrigadas estão nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Bahia.

Segundo Carvalho e Araújo (2010), a irrigação é um método utilizado na agricultura com a finalidade de fornecer água ao plantio em quantidades controladas, e no período adequado, garantindo a sobrevivência e a eficiência da plantação. De acordo com Prá (2009), irrigar não é somente captar, conduzir e fornecer a água ao plantio, é necessário o conhecimento amplo de vários fatores que se relacionam, como: o solo, água, planta e clima. Diante disso, podemos dizer que um sistema de irrigação necessita de estudos e conhecimentos de diversas outras áreas, como: topografia, física do solo, hidráulica, entre outras.

Quando as variáveis dos sistemas são bem monitoradas, o método é muito eficaz, e segundo Barbosa (2013) dentre as suas vantagens estão: inclusão de áreas improdutivas a produção agrícola; produção garantida, já que uma possível escassez hídrica é minimizada; colheita entre o fim de uma safra e o início de outra; mais de uma safra anualmente; permiti aplicar nutrientes ao solo cultivado por meio da água de irrigação; produção mais qualificada; maior eficiência na produção.

3.2 Métodos de Irrigação

Segundo Barbosa (2013), com a expansão da agricultura no Brasil, diversos problemas tem surgido em decorrência da falta de conhecimento das diferentes alternativas de métodos para irrigar, levando, algumas vezes, que o agricultor opte por um sistema inadequado para determinada situação. Nesse sentido, de acordo com o autor:

Para o desenvolvimento de um projeto de irrigação que atenda às necessidades do cultivo escolhido é preciso analisar requisitos básicos para que a planta tenha um melhor desenvolvimento com diminuição de doenças e otimização na utilização de recursos naturais como a água, que com o passar dos anos vão se tornando mais escassos e com alto valor, logo aumentando o valor da produção. (BARBOSA, 2013, pg.30).

De acordo com Aita (2017), os métodos de irrigação proporcionam uma melhora considerável quanto a eficiência do uso da água, e eleva o rendimento da cultura irrigada, o que os tornam indispensáveis para o desenvolvimento sustentável da biossistema. Segundo Nascimento (2022), não há um método de irrigação mais eficaz que outro, para quaisquer condições, porém, há métodos que são mais adaptáveis para uma determinada condição. Diante disso, é necessário conhecer as características da cultura que se deseja irrigar, assim como os diferentes métodos de irrigação. Nesse sentido, Prá (2009), afirma que é necessário que um projeto bem planejado seja desenvolvido, para que se obtenha resultados esperados, pois, cada planta necessita de uma quantidade adequada de água para se desenvolver.

Os principais métodos de irrigação são divididos em três, são eles: irrigação por superfície, irrigação por aspersão, e irrigação localizada. Para cada um dos métodos mencionados, existem pelo menos duas diferentes formas de irrigar que podem ser ainda separados em pressurizados e não pressurizados. O primeiro citado é caracterizado como um tipo de sistema não-pressurizado, pois, a água é conduzida por gravidade até o ponto de aplicação, geralmente, requer áreas com condições adequadas para que a água seja conduzida e distribuída. Ao contrário dos demais métodos citados, que são exemplos de pressurizados, e normalmente, necessitam de um sistema de bombeamento para condução da água até a aplicação, ou seja, é necessário que uma pressão seja exercida para a condução da água até o ponto de aplicação. No método por aspersão, a água é aplicada sobre a planta simulando uma precipitação, enquanto o método de irrigação localizada, a água se aplica na região da raiz da

planta, em pouco volume e em alta frequência (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2007).

3.2.1 Irrigação por superfície

Segundo Testezlaf (2017), a irrigação por superfície é provavelmente o método mais antigo do mundo, também pode ser chamado irrigação por gravidade, tendo em vista que a água escoar sob ação da gravidade, cobrindo o solo total ou parcialmente, o que possibilita a absorção no decorrer deste movimento, e após o seu represamento. Nesse sentido, Louro (2022) diz que é necessário que técnicas sejam desenvolvidas para o controle do avanço e infiltração da água, o autor complementa ainda que “Esse sistema é indicado a solo profundos, de camada fina e média que não possuam alta permeabilidade e terrenos de declives suaves”.

Entre as vantagens da implantação deste método destaca-se o pequeno investimento na instalação, energia e manutenção. Por outro lado, o sistema também conta com algumas desvantagens, entre elas podemos citar que a água parada reduz a respiração das plantas, o que pode levar a planta a se deteriorar, outro ponto não menos importante é a perda de nutrientes do solo por conta da lixiviação.

3.2.1.1 Irrigação por Inundação

Este é um dos tipos de irrigação por superfície, e segundo Testezlaf (2017), se caracteriza pela aplicação de água sobre o plantio, inundando a área de cultivo, conforme é mostrado na Figura 1. Esse tipo de irrigação é muito comum e bastante utilizado principalmente no cultivo do arroz, no qual, além da absorção da água durante o seu fluxo na área, a água pode manter-se permanentemente retida na superfície do solo, sem prejuízo algum para a cultura. Para as culturas intoleráveis a saturação de suas raízes, a água pode manter-se de forma temporária. Uma das principais vantagens oferecidas na implantação desse sistema é a possibilidade de aproveitamento da água das chuvas.

Figura 1 - Irrigação por Inundação.



Fonte: Luíza Pires (2021).

3.2.1.2 Irrigação por sulcos

É um outro tipo de irrigação por superfície bastante utilizado. Segundo Testezlaf (2017), a água é aplicada no plantio por meio de canais ou sulcos que são situados paralelamente às linhas de plantio, e escoam ao longo do declínio. A água é absorvida no momento do seu escoamento, enquanto permanecer retida na superfície do solo ao atingir o final do sulco e não tiver para onde escoar. Uma das principais vantagens oferecidas é o baixo custo de implantação e operação do sistema, já que esse método dispensa o uso de tubulações, tendo em vista que a condução da água se dá por canais ou sulcos, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Sistema de irrigação por sulcos.



Fonte: Terra Magma (2023).

3.2.2 Irrigação por Aspersão

Segundo Testezlaf (2017), a irrigação por aspersão é o método que mais se assemelha à chuva. Nesse método, a água é bombeada e distribuída em tubulações e em seguida pulverizada no ar, conseqüentemente cai sobre a planta e o solo em forma de gotas, que são formadas quando a água passa sob pressão pelos orifícios contidos na tubulação ou em dispositivos mecânicos. De acordo com Louro (2022), o sistema é mais vantajoso que o método superficial, tendo em vista que dispensa a necessidade de preparo do terreno, pode ser implantando em qualquer tipo de solo e em terrenos abruptos, e ainda proporciona a aplicação de agrotóxico e fertilizantes por meio do processo de irrigação. Nessa mesma linha o autor enfatiza que o sistema apresenta também algumas desvantagens por conta do maior gasto com energia, intervenção do vento, custo elevado para implantação, desperdício de água causado pela evaporação durante a pulverização e a exigência de um sistema de bombeamento para a água.

3.2.2.1 Irrigação Convencional

De acordo com Mantovani, Bernardo e Palaretti (2007), esse é o principal sistema de irrigação por aspersão e todos os outros sistemas originaram-se a partir deste. É caracterizado pelo uso de tubulações móveis que oferecem praticidade na montagem ou imóveis e enterradas, geralmente não é empregado em áreas de irrigação consideradas grandes. O autor discorre ainda que, o sistema é acessível a adaptações, o que o torna ainda mais viável, pois, é possível reduzir o custo com mão-de-obra, aumentar eficácia na irrigação, e ainda pode ser adequado a diferentes situações de campo. O sistema é classificado de acordo com sua movimentação em campo, diante disso eles podem ser portátil, semiportátil ou fixo. A Figura 3 apresenta o tipo de irrigação em questão.

Figura 3 - Irrigação por Aspersão.



Fonte: Marcelo Santoro (2021).

3.2.2.2 Irrigação pivô central

É uma tecnologia considerada importante para a agricultura e adequado para irrigação de grandes áreas de produção, conforme mostrado na Figura 4. O sistema conta com três etapas fundamentais para o seu funcionamento, são elas: captação da água, transporte para torre central e distribuição por aspersão. Atualmente o mercado disponibiliza de pelo menos três tipos de pivôs, cada um possui suas particularidades, e por isso são aplicados de acordo com a cultura que se deseja irrigar. São eles: pivô central rebocável, pivô central fixo, e pivô lateral. Entre as vantagens proporcionadas na implantação do sistema destaca-se o manuseio simplificado e redução do custo com mão-de-obra. O sistema garante ainda percorrer longas distâncias com alta eficiência, inclusive para aplicação de fertilizantes. Por outro lado, a sua principal desvantagem é relacionada ao custo de implantação e manutenção, que é considerado alto.

Figura 4 - Irrigação por Pivô Central.



Fonte: Luíza Pires (2021).

3.2.3 Irrigação Localizada

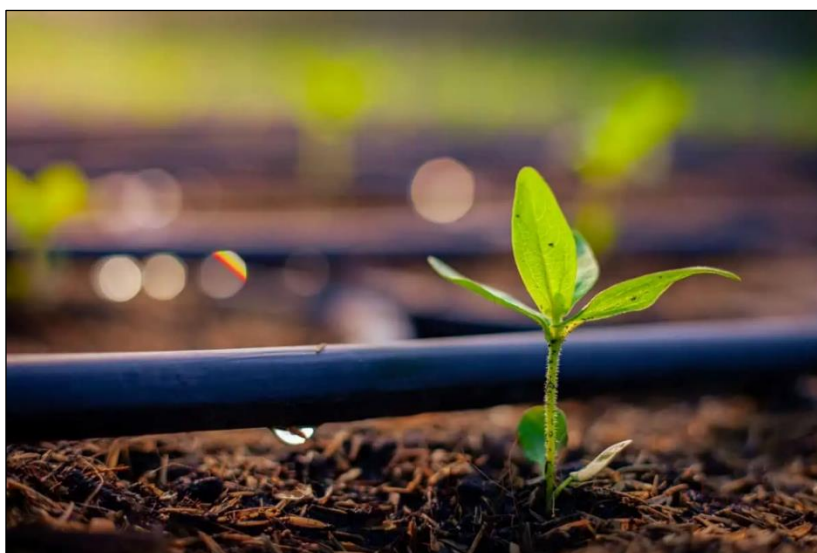
Segundo Testezlaf (2017), é um método no qual a água é distribuída e aplicada em pequena proporção e grande intensidade próxima a região da raiz da planta, molhando assim somente uma parte do solo, o que difere dos demais métodos, e consequentemente ocasiona racionalização no uso da água. Por ser um sistema mais aprimorado, inicialmente exige um alto custo de implantação, quando comparado aos demais métodos, pois, alguns cuidados são essenciais para a sua implantação (SENAR, 2019). Entre as suas vantagens pode-se destacar o pequeno custo com mão-de-obra e energia, alta eficiência de aplicação da água, simplicidade e eficiência na aplicação de fertilizantes, e a possibilidade de automatizar totalmente o sistema. O sistema também apresenta algumas desvantagens, além do alto custo de implantação já citado, vale salientar que o sistema é sensível a obstrução das saídas da água e o último, mas não menos importante, é que a estabilidade da planta pode ser comprometida devido a contínua disponibilidade de água, o que ocasiona a diminuição na profundidade das raízes.

3.2.3.1 Irrigação por gotejamento

Esse é um dos principais sistemas de irrigação localizada, e se caracteriza pela aplicação da água em forma de gotas por meio de um equipamento mecânico denominado gotejador,

conforme mostrado na Figura 5. A proximidade da fonte de água com a região radicular da planta proporciona uma melhor eficiência do uso da água, tendo em vista que as perdas por evaporação são menores, pois, uma menor área molhada está exposta. Nesse sentido, Barbosa (2013) diz que além da ótima eficiência proporcionada pelo sistema, o manejo da irrigação tem um pequeno gasto de água, racionalizando esse recurso que em algumas regiões é escasso. Diante disso, essa é uma ótima opção para irrigação, apesar que seu custo inicial de implantação seja considerado elevado, o sistema oferece vantagens que levarão o agricultor a ter bons resultados e consequentemente bons lucros com a sua plantação.

Figura 5 - Irrigação por gotejamento.



Fonte: João Paulo Pennacchi (2022).

3.2.3.2 Irrigação por microaspersão

De acordo com Testezlaf (2017), esse sistema caracteriza-se pela aplicação da água por meio de pequenos jatos lançados ao ar, que posteriormente atingem o solo fazendo a rega, conforme é mostrado na Figura 6. A implementação do sistema é semelhante à do sistema por gotejamento, sua única diferença está no emissor, que é o responsável por lançar os jatos de água, com pressões e vazões que podem variar de acordo com a cultura que se deseja irrigar. O método é uma ótima técnica e garante uniformidade na aplicação da água que é dada em forma circular, molhando toda a área ao redor da instalação do equipamento. É um sistema que, assim como, a irrigação por gotejamento tem um gasto inicial de implantação relativamente

elevado, porém, se torna viável tendo em vista as vantagens oferecidas pelo sistema, o que consequentemente ajudará o agricultor a obter bons resultados em suas lavouras.

Figura 6 - Irrigação por microaspersão.



Fonte: Luíza Pires (2021).

3.3 Irrigação Automatizada

Segundo Ribeiro (1999), a automação é o processo pela qual o trabalho humano ou animal é substituído por uma máquina, responsável por executar funções pré-definidas. Nesse sentido, Giomo (2019) fala que, a automação se faz presente em nossa rotina, através de mecanismos residenciais, comerciais ou industriais, e pode ser usada em projetos de pequeno e grande porte. Desse modo, Lima (2019) ressalta que o avanço tecnológico mudou as formas de trabalho do homem, pois, a possibilidade de se obter uma maior produtividade e lucratividade com o mínimo de esforço humano, tornou-se possível com a automação de sistemas.

De acordo com Ferreira (2018), nos últimos anos a automação de sistemas de irrigação intensificou-se no Brasil, como resultado da busca pelo aperfeiçoamento na produção agrícola, o que leva ao investimento de novas tecnologias que aprimorem os métodos de irrigação. Segundo Guimarães (2011), o mercado atualmente disponibiliza diversos sistemas de controle de irrigação, que variam a sua complexidade. Porém, estes sistemas apresentam dificuldades por serem sistemas fechados e privados, o que impossibilita a inserção ou extração de funções específicas. O autor complementa ainda que, os equipamentos mais elaborados, não são acessíveis ao pequeno e médio produtor por conta do alto investimento, possibilitando apenas

usufruírem das alternativas simples, que poderiam ser tão viáveis e objetivas quanto as demais, o que garantiria esses produtores administrarem e controlarem melhor a sua produção.

3.4 Introdução ao *Arduino*

Segundo Evans, Noble e Hochenbaum (2013), o *Arduino* surgiu no ano de 2005 na cidade de Ivrea, na Itália. Naquela época Massimo Banzi buscava por uma forma financeiramente acessível que proporcionasse aos estudantes de design a oportunidade de trabalharem com tecnologia, então, o professor contou e discutiu o seu problema com David Cuartielles, que procurava pela mesma solução. Tendo em vista que, os equipamentos oferecidos no mercado com essa finalidade eram caros e difíceis de usar, eles decidiram então criar um microcontrolador, possibilitando aos estudantes a oportunidade de usufruírem da tecnologia em seus projetos. As principais condições impostas por eles é que a plataforma desenvolvida fosse barata e simples, permitindo assim que qualquer pessoa pudesse usufruir dela. Outras pessoas foram convidadas para participar do projeto, como é o caso de David Mellis, que naquela época era aluno de Massimo Banzi, ele foi o responsável por programar o *software* para executar a placa, que por sua vez tinha sido desenhada por David Cuartielles.

O nome *Arduino* foi escolhido em homenagem a um bar que os idealizadores do projeto costumavam se reunir. O *Arduino* logo se popularizou, tendo em vista o custo de aquisição e praticidade, o que chamou atenção das pessoas, que viram a oportunidade de criar excelentes projetos com o uso da placa. De acordo com McRoberts (2011), desde a sua criação até o ano de 2011, mais de 150.000 placas oficiais foram vendidas pelo mundo, estima-se que o número de aquisição do *Arduino* superasse a casa dos 500.000 naquela época, tendo em vista que o número de placas-clone vendidas é bem maior em relação ao de placas oficiais.

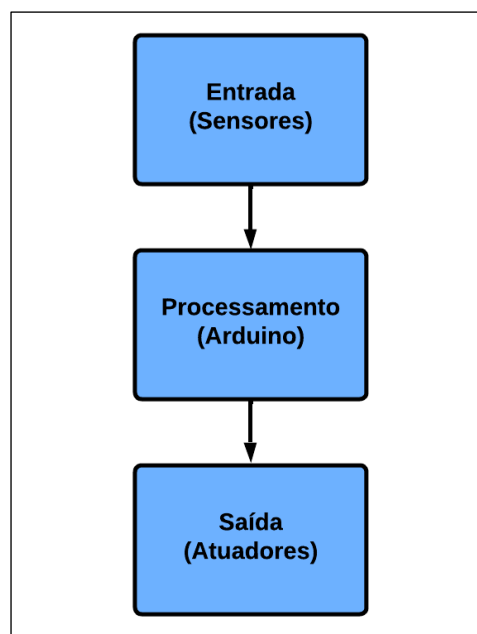
3.5 A plataforma *Arduino*

O *Arduino* consiste em uma placa microcontrolada, na qual componentes externos podem ser conectados por intermédio de terminais de entradas e saídas integrados a ele, o que possibilita que sofisticados programas possam ser desenvolvidos, com base na linguagem de programação interpretada pelo *Arduino*. Segundo Roberts (2011), o *Arduino* é um sistema que interage com o ambiente por meio de *hardware* ou *software*, o caracterizando como uma plataforma de computação física ou embarcada.

De acordo com Monk (2013), o microcontrolador é o principal componente do *Arduino*, em termos práticos, ele é um microcomputador encapsulado em um *chip*, que contém processador, memória e pinos de entrada/saída. Esses pinos de entrada/saída interpretam dados analógicos ou digitais, e são os responsáveis pela conexão entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele.

Nesse sentido, Fonseca e Beppu (2010) salientam que, a plataforma *Arduino* tem a capacidade de receber e interpretar variáveis, que são enviadas por um sensor conectado em seus periféricos de entrada, processar a informação transformando em um sinal elétrico correspondente, e posteriormente, fazer o controle ou acionamento de algum atuador que esteja conectado ao terminal de saída. O diagrama da Figura 7 apresenta um melhor entendimento dos principais elementos do circuito.

Figura 7 - Diagrama representativo dos principais elementos do circuito.



Fonte: Autoria própria (2023).

O *hardware* e o *software Arduino* são disponibilizados pelos desenvolvedores, isto é, possui um código-fonte aberto, possibilitando que seja modificado ou ampliado por qualquer pessoa com conhecimento em programação, e com várias finalidades.

3.5.1 Hardware Arduino

O *Hardware* é o conjunto de todos os componentes físicos responsáveis pelo funcionamento do *Arduino*, ou seja, é a placa. O mercado hoje dispõe de diversos modelos de placas que são classificadas conforme os recursos que oferecem, capacidade de processamento e controle. Segundo Mota (2021), apesar da gama de modelos de placas *Arduino* disponíveis no mercado, a *Arduino Uno* é sem dúvidas a mais usada entre os usuários, o que provavelmente se justifique pelo fato que esta placa é subsequente as placas *Arduino Duemilanove* e *Arduino Diecimila*, que foram as primeiras placas lançadas.

De acordo com Monk (2013), as placas anteriormente citadas são muito parecidas, pois possuem os mesmos conectores e um soquete *USB* e são, em geral, compatíveis. A principal diferença entre essas placas é que o *Arduino Uno* faz o uso de um *chip* diferente, o que simplifica a instalação do *software* e garante que a comunicação com o computador seja mais ágil. O autor discorre ainda que, o microcontrolador do *Arduino Uno* é sempre um *ATmega328*, enquanto que as placas anteriores podem ser equipadas com o *ATmega328* ou *ATmega368*. A única diferença entre os dois microcontroladores é que o *ATmega328* possui uma memória maior, porém, isso só tem relevância quando o programa desenvolvido for muito grande.

Além do *Arduino Uno*, existem outras placas que também são muito populares, como é o caso do *Arduino Mega* e do *Arduino Nano*. Sabendo que, a maioria das placas faz uso das mesmas conexões para interagir com o ambiente externo, faz-se necessário tomar conhecimento dos principais componentes que compõe uma placa, são eles: microcontrolador, conector *USB*, pinos de entrada ou saída, pinos de alimentação, botão de *reset*, conversor *serial-USB* e *LEDs TX/RX*, conector de alimentação, *led* de alimentação, e *led* interno.

Segundo McRoberts (2011), a placa *Arduino* pode ser ampliada fazendo o uso de placas de circuito impresso, que são denominadas de *shields*, o que permite que demais funcionalidades possam ser usufruídas. Porém, não necessariamente essa é a única forma de ampliar a placa, o mesmo pode ser feito com o uso de uma *protoboard*.

3.5.2 IDE do Arduino

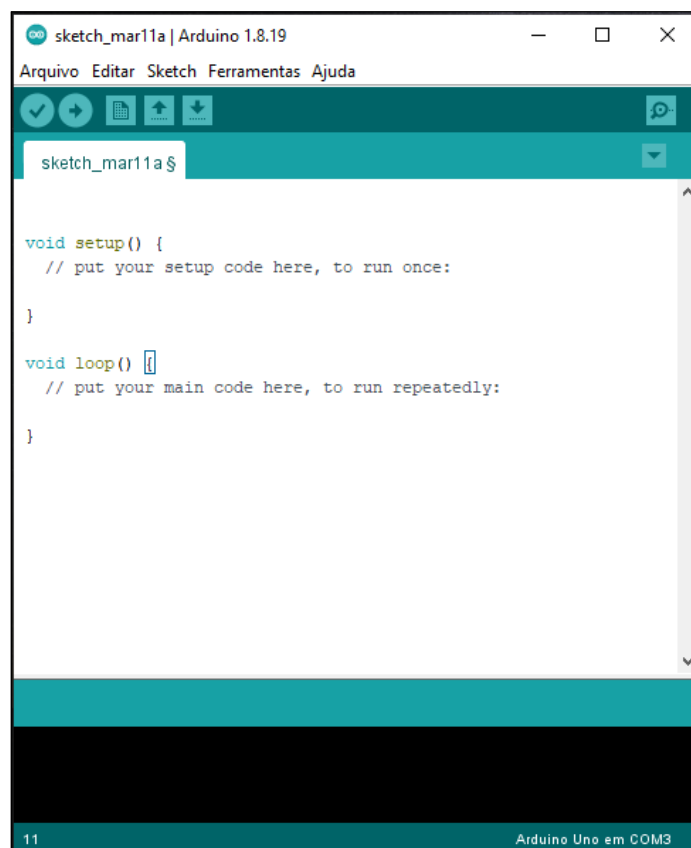
A *IDE* é o *software* instalado no computador para programar o *Arduino*, ou seja, é o ambiente que o programador usa para descrever o conjunto de instruções que deseja carregar no *Arduino*. Nesse sentido, Ferreira (2018) diz que, “as funções da *IDE* do *Arduino* são

basicamente duas: permitir o desenvolvimento de um *software* e enviá-lo à placa para que possa ser executado.”

Segundo Mota (2021), a *IDE do Arduino* é uma das grandes vantagens oferecidas pela plataforma, tendo em vista a simplicidade na linguagem de programação utilizada para elaboração de projetos. Nesse sentido, McRoberts (2011) complementa que, a *IDE do Arduino* é simples, e conforme você desenvolve habilidades com o uso do *Arduino* e na linguagem em C, irá adquirir experiência para utilizar com agilidade e simplicidade, até que chegue ao ponto de você considerar a *IDE do Arduino* muito básica.

O *download* da versão mais atual do programa pode ser feito gratuitamente no site oficial *Arduino*, e está disponível para os principais sistemas operacionais utilizados pelos usuários. Após realizar o *download* e finalizar todo o processo de instalação do *software*, quando executar o programa em seu computador você irá se deparar com um visual semelhante ao que é mostrado na Figura 8, pois, independentemente do sistema operacional usado, a *IDE do Arduino* é praticamente igual.

Figura 8 - IDE do Arduino.



Fonte: Autoria própria, (2023).

O *Arduino software* contém quatro áreas principais, que são elas: uma barra de ferramentas com botões para funções comuns e uma série de menus, editor de texto, área de mensagens, e console de texto. Os programas desenvolvidos nesse ambiente são conhecidos como *sketches* (rascunho, ou esboço), que por sua vez são escritos no editor de texto e salvos com a extensão de arquivo.ino.

3.6 Linguagem de programação

A linguagem de programação faz-se necessária, pois, até os dias atuais a máquina é incapaz de interpretar a nossa linguagem na forma natural que usamos comumente. Vale salientar que, as linguagens de programação são independentes do idioma do país e isso uniformiza e facilita o uso. Nesse sentido, Cândido (2017) diz que, a linguagem de programação é responsável pela interação entre computadores e humanos, estas se caracterizam como linguagens de baixo ou alto nível. As linguagens de baixo nível são interpretadas diretamente pelo computador, enquanto que, as linguagens de alto nível necessitam de um compilador para converter na linguagem de máquina.

A linguagem de programação utilizada para programar o *Arduino* é baseada em C/C++, que são linguagem muito populares. É uma linguagem de alto nível, e a compilação ocorre na própria *IDE* do *Arduino*, ao carregar o programa desenvolvido. De acordo com Fonseca e Beppu (2010), a linguagem em C++ é a linguagem de referência para programar o *Arduino*, conservando sua sintaxe tradicional. As referências de linguagem se dividem em pelo menos três, que são elas: as estruturas, os valores (variáveis e constantes) e as funções. Nesse sentido, Monk (2013) complementa que, geralmente os programas de *Arduino* são pequenos, e o uso da linguagem C funciona bem, porém, a linguagem de programação do *Arduino* é C++, que por sua vez é a linguagem em C ampliada, orientada a objetos.

Portanto, para qualquer um que já tenha familiaridade com a linguagem em C/C++, programar o *Arduino* não será novidade alguma. Já aqueles que possuem pouca ou nenhuma habilidade com a linguagem em questão, também não terão muita dificuldade em programar o *Arduino* dependendo da complexibilidade do programa, desde que se dedique um pouco, pois, a linguagem não é tão complicada, e existem várias bibliotecas que irão auxiliar.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

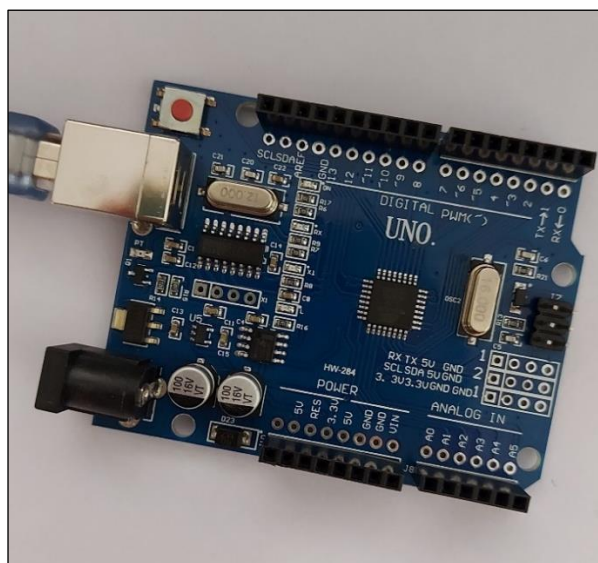
Neste capítulo serão apresentados todos os componentes e as suas especificações técnicas, utilizados na montagem do circuito. Serão abordados também os métodos que foram utilizados para a aplicação do sistema em um caso prático de irrigação.

4.1 Materiais

4.1.1 Arduino Uno

A placa adotada para o desenvolvimento deste protótipo foi o *Arduino Uno*, tendo em vista que é a mais comum entre os usuários, e diversos tutoriais de como usá-la são disponibilizados na internet. Esse fato proporciona que pessoas inexperientes em eletrônica não encontrem dificuldades em utilizá-la. Vale salientar que, além de ser considerada de baixo custo, esse modelo dispõe de uma significativa quantidade de portas e grande compatibilidade com *Shields Arduino*, módulos e sensores. A alimentação elétrica dá-se por meio de um cabo *USB* conectado ao computador, ou conectando-se uma fonte externa a ele. A placa em questão é mostrada na Figura 9.

Figura 9 - Arduino UNO.



Fonte: Autoria própria (2023).

As especificações técnicas desta placa são apresentadas na Tabela 1, mostrada abaixo.

Tabela 1 - Especificações técnicas *Arduino Uno*.

Microcontrolador	<i>ATmega328P</i>
Tensão operacional	5V
Tensão de entrada (recomendado)	7-12V
Tensão de entrada (limite)	6-20V
Pinos de E/S digitais	14 (dos quais 6 fornecem saída <i>PWM</i>)
Pinos de E/S digitais <i>PWM</i>	6
Pinos de entrada analógica	6
Corrente CC por pino de E/S	20 mA
Corrente CC para pino de 3,3 V	50 mA
Memória flash	32 KB (<i>ATmega328P</i>) dos quais 0,5 KB usados pelo <i>bootloader</i>
<i>SRAM</i>	2 KB (<i>ATmega328P</i>)
<i>EEPROM</i>	1 KB (<i>ATmega328P</i>)
Velocidade do relógio	16 MHz

Fonte: *Arduino* (2023).

4.1.2 Sensor de umidade do solo

Foi utilizado um sensor do tipo *Moisture Sensor v2.0*, que é um dos principais componentes do projeto, pois, ele é responsável pelo monitoramento da umidade do solo, de acordo com funções pré-definidas na programação. O sensor utilizado é mostrado na Figura 10. Esse componente atua baseado na capacitância, logo, a sua estrutura é semelhante a um capacitor, ou seja, ele contém duas placas condutoras, separadas por um isolante, e a variação na umidade do solo acarreta uma variação na capacitância. O próprio circuito do módulo é responsável pela conversão do sinal de capacitância em uma saída de tensão, que por sua vez é interpretada pelo *Arduino*, possibilitando o registro dessa variável.

Figura 10 - Sensor de umidade do solo.

Fonte: Autoria própria (2023).

Uma das grandes vantagens dos sensores capacitivos de umidade do solo, é que eles possuem as suas placas condutoras protegidas por um material resistente a corrosão, garantindo uma vida útil maior. Outros modelos de sensores de umidade do solo encontrados no mercado, como os resistivos, que foi o adotado no início desse projeto, ainda na fase de testes, apresentou vestígios de corrosão em seus terminais, ocasionando uma grande variação na leitura, mostrando-se inviável para o projeto, e consequentemente foi substituído. As especificações técnicas do sensor de umidade usado são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Especificações técnicas do sensor de umidade utilizado.

Tensão de operação	3,3 V
Saída analógica	0 a 3 V
Dimensões	22 mm x 102 mm x 7 mm
Comprimento do cabo	20 cm

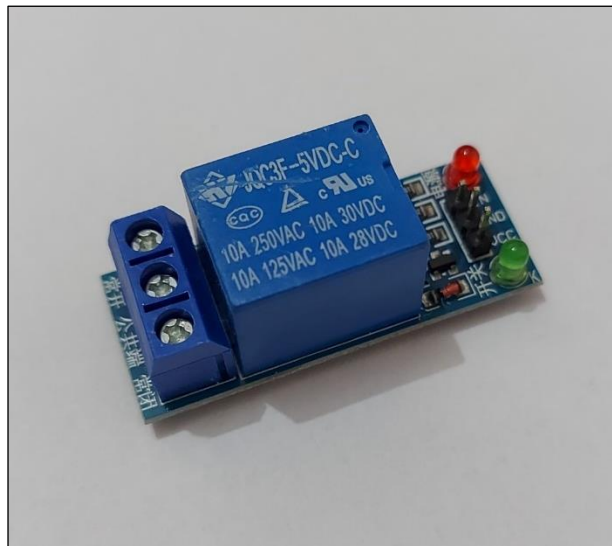
Fonte: MakerHero (2023).

4.1.3 Módulo Relé

Um módulo relé de um canal foi utilizado, conforme mostrado na Figura 11. Esse componente funciona como um interruptor, abrindo e fechando o circuito, fazendo o acionamento da bomba de água. O seu princípio de funcionamento é bastante interessante,

tendo em vista que ele é alimentado e controlado pelo *Arduino*. Quando uma corrente flui pela bobina do relé, surge um campo eletromagnético que é responsável por fechar um circuito independente, fazendo o acionamento da bomba. Quando a passagem de corrente é interrompida, o circuito abre, e consequentemente a bomba é desligada. Então, com o relé é possível acionar componentes que o microprocessador sozinho seria incapaz, e ainda deixar o *Arduino* isolado, ou seja, responsável apenas por mandar a informação de quando haverá ou não a passagem de corrente pela bobina.

Figura 11 - Módulo relé utilizado no projeto.



Fonte: Autoria própria (2023).

Na Tabela 3, são mostradas as especificações técnicas deste componente.

Tabela 3 - Especificações técnicas do módulo relé.

Modelo	FL-3FF-S-Z (<i>datasheet</i>)
Tensão de operação	5 VDC
Corrente nominal	71,4 Ma
Pinagem	Normal aberto, normal fechado e comum
Tensão de saída	(28VDC a 10A) ou (250VAC a 10) ou (125VAC a 15 ^a)
Tempo de resposta	5~10ms
Dimensões	26 mm x 33 mm x 18 mm
Peso	18 g

Fonte: MakerHero (2023).

4.1.4 Bomba de Aquário

Foi utilizada uma bomba de aquário, conforme mostrada na Figura 12. Ela é responsável por bombear a água até o ponto que se deseja irrigar, esse é um dos acessórios mais importantes no projeto. Pode-se também utilizar outros tipos de bombas, como a válvula solenoide por exemplo, que possui princípio de funcionamento semelhante. A principal diferença entre esses dispositivos, é que a bomba de aquário é instalada submersa na fonte de água, e bombeia essa água por meio de um condutor conectado a bomba, enquanto, a válvula solenoide é instalada isolada da fonte de água, ou seja, ela é conectada à fonte por meio de uma canalização externa, assim como acontece o bombeamento da água. Apesar disso, a bomba de aquário não fornece perigo algum, devido a sua instalação diretamente dentro do recipiente, pois opera com uma corrente muito baixa.

Figura 12 - Bomba de aquário utilizada no projeto.



Fonte: Autoria própria (2023).

As especificações técnicas deste equipamento são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Especificações técnicas da bomba de aquário utilizada.

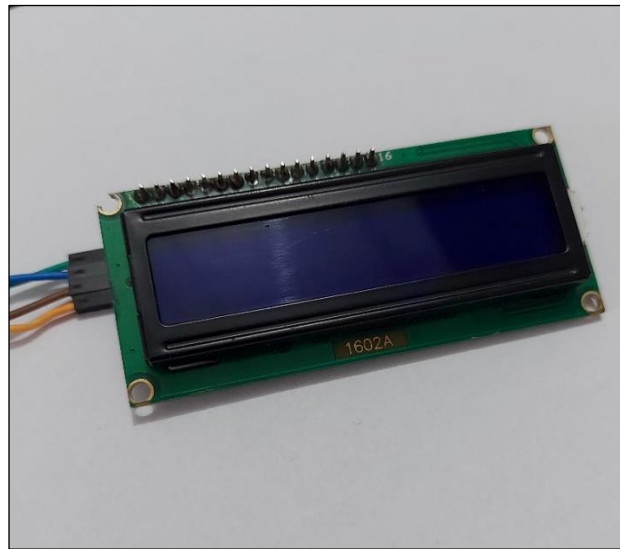
Tensão de entrada	3 V e 6 V
Corrente de carga nominal	180 mA
Altura máxima d'água	50 cm
Vazão nominal	100 Litros/hora
Material	ABS
Temperatura de operação	Até 50°
Diâmetro interno de saída	4 mm
Diâmetro externo de saída	6 mm
Comprimento do cabo	23 cm
Dimensões	39 mm x 25 mm x 46 mm
Peso	28 g

Fonte: MakerHero (2023).

4.1.5 *Display LCD 16x2*

Um *display* do tipo *LCD 16x2* foi utilizado, sendo responsável por indicar o status do solo sempre que o protótipo for acionado. Este é um equipamento opcional, tendo em vista que, a situação do solo pode ser indicada por *leds*, ou até mesmo, nem precisa sinalizar, pois o acionamento da bomba é independente dessa informação. Assim, o *display* mostrado na Figura 13. foi utilizado nesse projeto com o intuito de trazer uma informação a mais, assim como tornar o protótipo mais sofisticado.

Figura 13 - *Display LCD 16x2* utilizado no projeto.



Fonte: Autoria própria (2023).

As especificações técnicas desse componente são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Especificações técnicas do *display LCD 16x2*.

<i>Backlight</i>	Azul
Cor dos caracteres	Branco
Controlador	HD44780
Tensão de operação	5V
Linhas	2
Colunas	16
Interface	I2C
Dimensões	80 mm x 36 mm x 12 mm
Área visível	64,5 mm x 16 mm
Pinos	SDA, SCL, VCC, GND

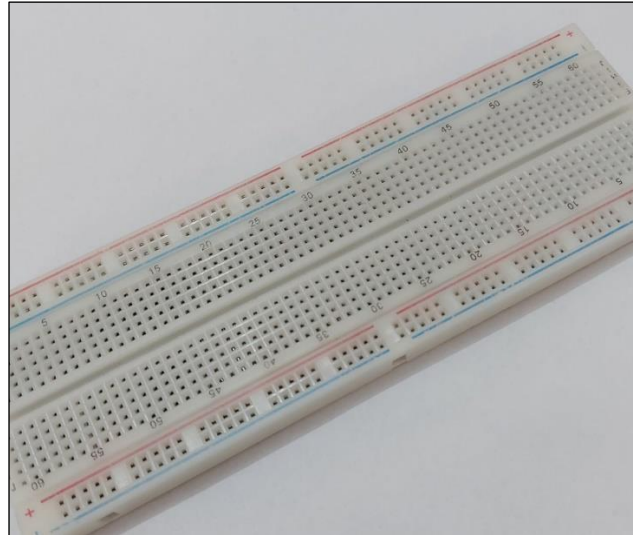
Fonte: MakerHero (2023).

4.1.6 Placa *Protoboard*

Uma placa *protoboard* foi utilizada para facilitar a montagem do circuito, tendo em vista que a placa dispensa a soldagem para conexão dos componentes, possibilitando a fácil alteração

do circuito e tornando-o flexível. A placa utilizada é mostrada na Figura 14, contém 830 furos, que são dispostos em linhas e colunas interligadas entre si.

Figura 14 - Placa *protoboard* utilizada.



Fonte: Autoria própria (2023).

As especificações técnicas desse acessório são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Especificações técnicas placa *protoboard*.

Furos	830
Faixa de temperatura	-20 a 80°
Resistência de isolamento	100M Ω min
Tensão máxima	500v AC por minuto
Dimensões	165 mm x 57 mm x 10 mm

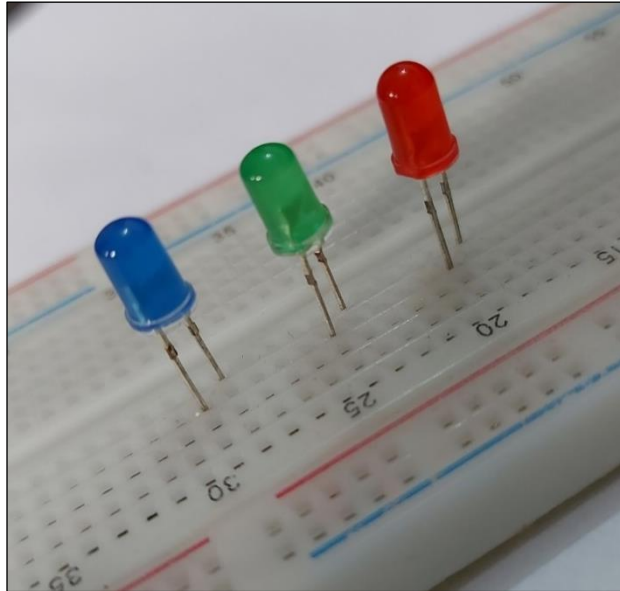
Fonte: MakerHero (2023).

4.1.7 Leds

Foram utilizados três *leds*, nas cores verde, vermelho e azul, mostrados na Figura 15. Esses componentes possuem a propriedade de transformar energia elétrica em luz, sendo assim o responsável por indicar a situação do solo de acordo com a leitura do sensor. É um componente que possui polaridade, o que significa que é necessário atenção para ligá-lo. Um dos seus terminais é maior, justamente para indicar que aquele terminal é o polo positivo

(ânodo), enquanto que o outro é o terminal negativo (cátodo). Caso a polaridade seja invertida o *led* não funcionará.

Figura 15 - *LEDs* utilizados no projeto.



Fonte: Autoria própria (2023).

A Tabela 7 apresenta as especificações técnicas desses acessórios.

Tabela 7 - Especificações técnicas dos *LEDs* utilizados.

Tamanho	5 mm
Tensão	1.9 ~ 2.21V
Corrente	20 mA
Intensidade luminosa	800 a 1000 MCD
Vida útil	50.000 horas
Ângulo de abertura	120°

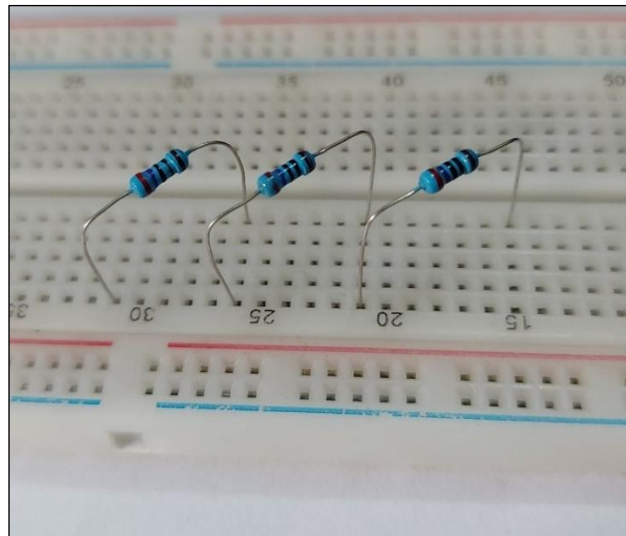
Fonte: MakerHero (2023).

4.1.8 Resistores

Foram utilizados três resistores elétricos, cada um deles ligado em série com um *led*, com o intuito de limitar o fluxo de corrente que passa para o *led*, evitando assim que venha a

ser danificado. O valor nominal da resistência desses componentes é determinado durante sua fabricação e é representada por faixas em diferentes cores, necessitando que seja decodificado manualmente com o uso de uma tabela apropriada. Para este projeto as resistências utilizadas foram de 270Ω , conforme mostradas na Figura 16.

Figura 16 – Resistores elétricos utilizados no projeto.



Fonte: Autoria própria (2023).

4.2 Desenvolvimento do projeto

4.2.1 Localização e características do experimento

O desenvolvimento do projeto foi dividido em duas etapas principais, sendo a primeira delas uma pesquisa relacionada aos sistemas de irrigação e a automação destes por meio da plataforma *Arduino*. A pesquisa foi realizada na Universidade Federal Rural do Semi-árido - Ufersa, campus de Caraúbas-RN. Essa etapa do projeto foi realizada entre os meses de agosto de 2022 e janeiro de 2023.

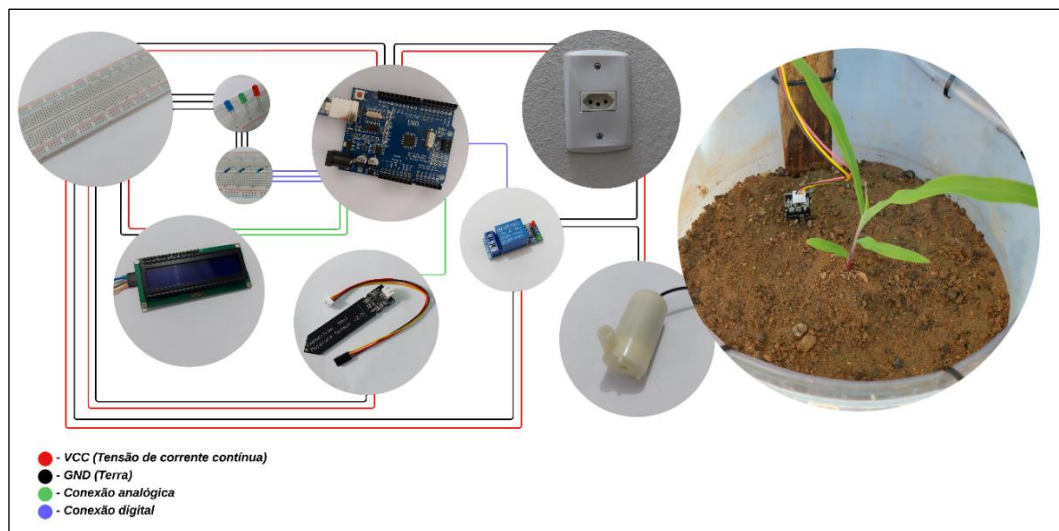
A segunda etapa do estudo, foi a parte experimental, na qual foi feita a montagem do circuito, desenvolvido o programa e realizados todos os testes, até a que o protótipo fosse colocado em funcionamento. Essa parte do projeto foi desenvolvida na cidade de Apodi-RN. Esta é uma região de clima tropical semi-árido muito quente, o que ocasiona uma maior perda de umidade por conta da evaporação, essa é uma informação relevante e deve ser considerada nesse sistema. Os ensaios experimentais foram realizados durante os meses de fevereiro e março

de 2023, sendo as últimas duas semanas do último mês destinadas a aplicação do protótipo em um caso prático.

4.2.2 Arquitetura e montagem do circuito

A arquitetura do projeto está mostrada na Figura 17, com todos os materiais necessários, e as conexões elétricas para o funcionamento do protótipo.

Figura 17 - Arquitetura do projeto.



Fonte: Autoria própria (2023).

A montagem do circuito foi feita de forma rápida e prática, as poucas dificuldades encontradas estão relacionadas à programação. O código do programa foi desenvolvido em paralelo com a montagem do circuito, tendo em vista que, se torna mais fácil desenvolver o código à medida que os componentes são inseridos.

Para a montagem do sistema, o primeiro passo foi alimentar a placa *protoboard*, através da conexão dos pinos de 5V e GND da placa *Arduino*. Em seguida, os *leds* e resistores foram ligados em série sobre a *protoboard*, e posteriormente ligados às porta digitais do *Arduino* por intermédio de *jumpers*. Na programação, as portas do *Arduino* ligadas aos *leds* foram configuradas para atuarem como saída.

Em seguida, o sensor de umidade foi inserido no circuito e sua conexão foi feita alimentando o componente por intermédio de *jumpers* ligados a placa *protoboard*, o seu terceiro terminal foi ligado a porta analógica A0 do *Arduino* para envio de informação. Na programação,

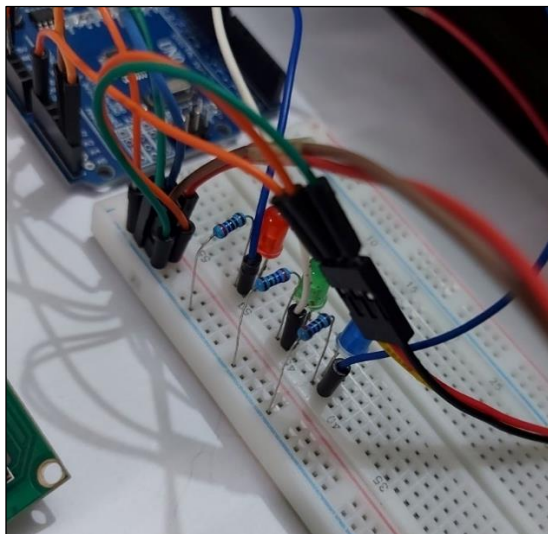
essa porta foi configurada como entrada, e uma variável foi criada para guardar os valores recebidos nessa porta.

Dando sequência a montagem, o relé foi inserido no circuito. A sua inserção foi semelhante aos demais componentes, sendo alimentado através de *jumpers* ligados a *protoboard*, e o cabo de sinal conectado em uma das portas digitais do *Arduino*. Na programação, a porta do *Arduino* ligada ao relé foi configurada com uma porta de saída.

Por fim, fechando a lista de componentes do circuito, foi inserido o *display LCD*, que semelhante aos demais componentes do circuito, foi alimentado pela placa *protoboard*, e a sua conexão com o *Arduino* foi realizada por meio das portas analógica A4 e A5. Por se tratar de um componente mais complexo, uma biblioteca com funções pré-definidas foi usada para facilitar a configuração do dispositivo.

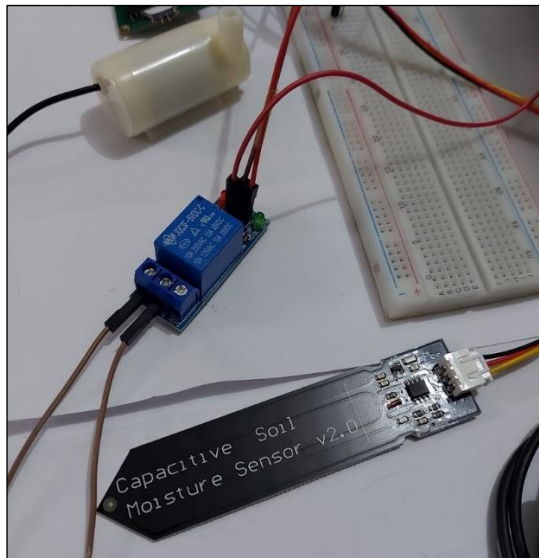
As Figuras 18, 19 e 20 mostram, respectivamente, os componentes citados anteriormente após a inserção no circuito.

Figura 18 - *LEDs* e Resistores ligados em série no circuito do projeto.



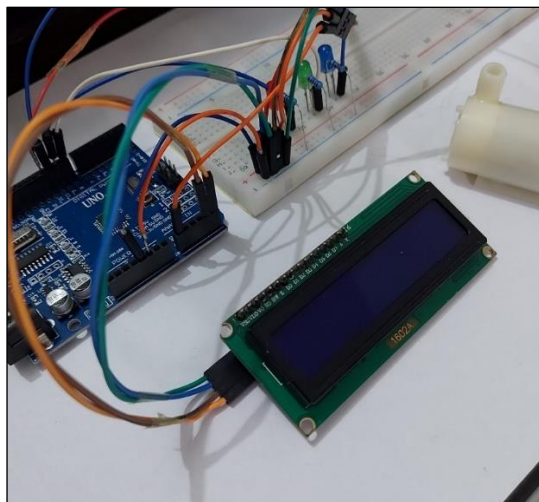
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 19 - Sensor de umidade e Relé durante a montagem do circuito do projeto.



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 20 - Display LCD 16x2 inserido no circuito do projeto.



Fonte: Autoria própria (2023).

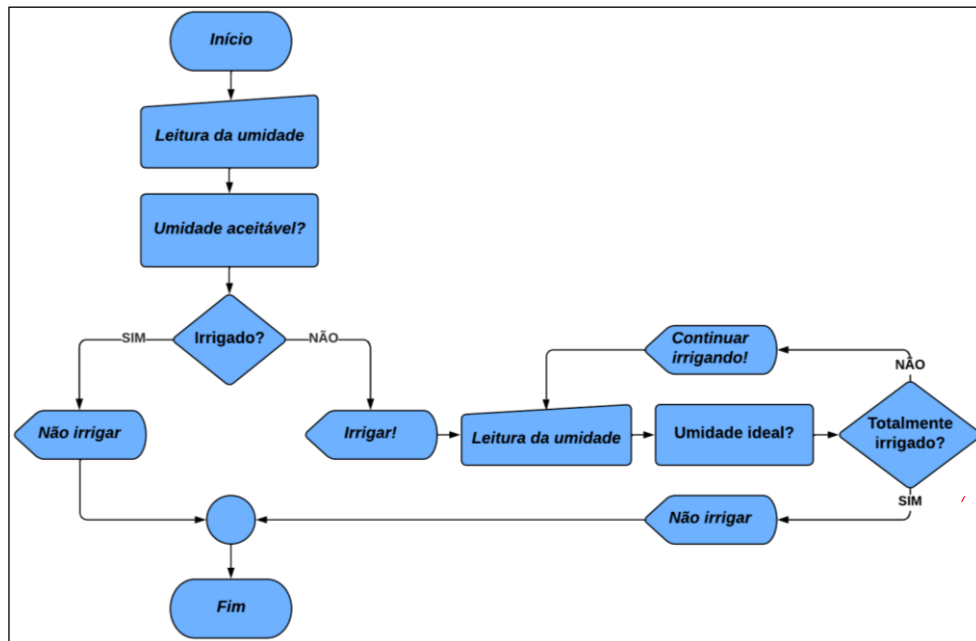
Feito isso, o programa foi desenvolvido baseado na estrutura de decisão e repetição, uma sequência lógica de instruções é executada pelo programa conforme os valores de entrada.

4.2.3 Lógica da programação

O programa desenvolvido foi bem simples e objetivo, conforme mostrado no diagrama da Figura 21. Toda a lógica do projeto está centralizada na estrutura de decisão e repetição, na

qual, uma sequência de instruções é executada pelo *Arduino* de acordo com o valor de umidade identificado pelo sensor.

Figura 21 - Representação do programa desenvolvido.



Fonte: Autoria própria (2023).

Inicialmente o algoritmo testa se a umidade detectada pelo sensor é considerada aceitável (irrigado), a depender da resposta o programa pode percorrer dois caminhos. Em casos afirmativos, o programa exibirá o status do sistema no *display* e acenderá um *led* verde. Depois de um tempo pré-determinado, o protótipo desliga-se e aguarda o momento da próxima leitura. Quando a condição testada não é positiva (Sim), o programa exibirá o status do sistema no *display* e acenderá um *led* vermelho, e após um intervalo de tempo, o programa entra em uma estrutura de repetição, na qual, a rega automatizada inicia-se até que a umidade lida pelo sensor seja a ideal. Durante esse processo, o *display* mostra o status do sistema e um *led* azul é ligado. Quando a condição de repetição for satisfeita o status do sistema é exibido no *display* e o *led* verde é aceso, após um instante de tempo o protótipo desliga-se e aguarda a próxima leitura.

4.2.4 Calibragem do sensor

Durante a realização dos testes, foi observado que os valores lidos pelo sensor variavam entre um e três inteiros em relação ao último valor lido, ou seja, o valor máximo ou mínimo

identificado pelo sensor não era exatamente o mesmo, para cada nova medida. Diante disso, foram feitas várias leituras conforme mostradas na Tabela 8, e em seguida foi tirada a média aritmética. Os valores encontrados caracterizam o valor máximo e mínimo de umidade que pode ser lido pelo sensor.

Tabela 8 - Valores identificados durante a calibração do sensor para o solo seco/úmido.

Solo Seco	Solo úmido
515	296
518	296
521	295
518	295
520	293
517	293
518	292
517	292
517	291
520	291

Fonte: Autoria própria (2023).

A medida da umidade foi feita imergindo o sensor em um recipiente de 0,001 m³, ocupado por um solo argiloso em sua umidade higroscópica, conforme mostrado na Figura 22. O sensor realizou 10 medidas consecutivas, com intervalo de 30 segundos entre cada medida. A média dos valores identificados é considerada o valor máximo que pode ser medido pelo sensor, o que caracteriza o solo como totalmente seco.

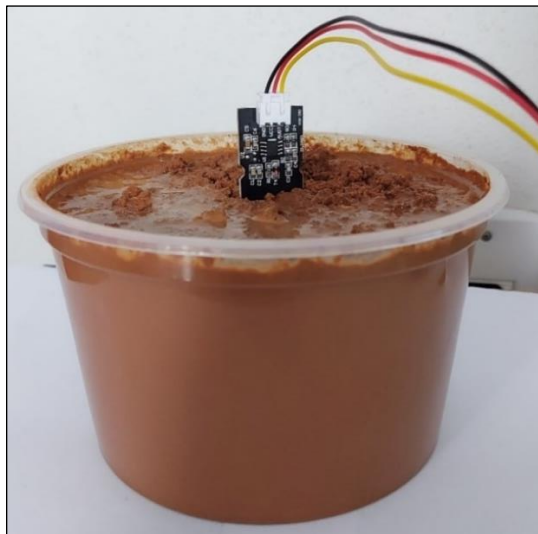
Figura 22 - Sensor de umidade inserido em um solo argiloso com umidade higroscópica.



Fonte: Autoria própria (2023).

O mesmo procedimento foi realizado com o solo úmido, ou seja, o sensor foi inserido no mesmo recipiente, contendo o mesmo tipo de solo, porém, bastante úmido conforme mostrado na Figura 23. Após as 10 leituras, foi novamente calculada uma média com os valores identificados, então, o valor encontrado é igual à maior umidade que o sistema pode adquirir, caracterizando assim o solo como totalmente úmido.

Figura 23 - Sensor de umidade inserido em um solo argiloso com alto teor de umidade.



Fonte: Autoria própria (2023).

4.2.5 Cultura irrigada

A cultura a ser irrigada pelo sistema desenvolvido é o milho, e foi definida levando-se em consideração a sua popularidade em nossa região, disponibilidade da semente, e principalmente as características dessa planta. Segundo Barros e Calado (2014), o milho é uma cultura que necessita de altas temperaturas e demanda muita água, quando essas condições são bem atendidas a semente do milho germina de 5 a 6 dias. Diante das altas temperaturas em nossa região semiárida e da frequência na qual a água será aplicada no solo, o curto período de germinação, concluiu-se que o milho é adequado para mostrar a eficiência do sistema. Vale salientar a importância dessa cultura, que é uma das principais atividades agrícola em nosso país, e tem uma contribuição significativa em nossa economia.

4.2.6 Método de irrigação

O sistema desenvolvido é baseado na irrigação localizada, tendo em vista que a água é aplicada diretamente na região radicular da planta. O método é semelhante à irrigação por gotejamento, o que difere é que, no nosso sistema, a planta está sendo irrigada por vários pontos de aplicação da água e em formato circular, o que se justifica pelo fato de estarmos irrigando uma única planta. A quantidade de pontos de aplicação da água garante agilidade ao processo, tendo em vista que não se tornaria viável manter o sistema em funcionamento constante irrigando com baixa intensidade e alta frequência, ocasionando um gasto maior com energia para uma única planta. Em relação ao formato circular, se explica pelo motivo do sensor ler constantemente a umidade durante o processo de irrigação, com a aplicação da água nesse formato objetiva-se que o valor lido seja igual em toda região irrigada. A depender da área que se deseje irrigar, outros métodos podem se adequar melhor, sem que necessariamente seja o método adotado para esse projeto.

Vale salientar as vantagens que podem ser usufruídas pelo sistema desenvolvido, como: poucas perdas ocasionadas pela evaporação, solo uniformemente úmido, não há interferência do vento na aplicação da água, a fertilização pode ser aplicada junto com a irrigação, e baixo custo com energia.

4.2.7 Decisão do momento de irrigar

Para garantir a máxima eficiência no processo de irrigação, é necessário que tenhamos conhecimento dos sistemas que interagem entre si, como solo, água e cultura a se irrigar, o que demandaria outros estudos, que inclusive são de outras áreas. Porém, para esse experimento não é viável monitorar todas essas variáveis, tendo em vista que o projeto desenvolvido é para o uso caseiro, e centralizado em provar que o sistema é útil para a automatização de processos manuais.

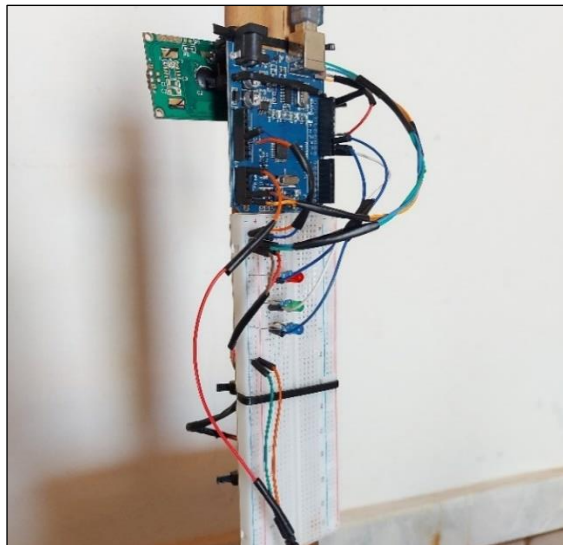
Então, a decisão do momento de irrigar é tomada de acordo com os valores-limite determinados quando o sistema está totalmente irrigado ou totalmente seco. Foi definido que, se a leitura no sensor for superior 60% da umidade total que o sistema pode adquirir, o sistema é considerado como irrigado. Caso contrário, o sistema é considerado seco, e então é feito o acionamento da bomba, que irrigará até o que o sistema obtenha mais que 90% da sua umidade total, ficando assim com o status de irrigado. Esses valores foram definidos com o objetivo de

proporcionar que a planta esteja sempre úmida, como também evitar que a planta fique muito encharcada, o que acaba não sendo bom para qualquer que seja o tipo de planta.

4.2.8 Produto final e procedimento experimental

Após a montagem do circuito, desenvolvimento do programa e a realização dos testes necessários, o protótipo estava pronto para o procedimento experimental. Antes, foi necessário construir um suporte para os equipamentos, de forma que eles pudessem funcionar sem riscos de falhas de conexões, tendo em vista que as ligações elétricas realizadas durante o desenvolvimento do protótipo, dispensou o uso de soldas. Então, foi utilizado um piquete de madeira como suporte, onde toda a parte física do projeto foi arranjada, conforme é mostrado na Figura 24.

Figura 24 - Principais componentes físicos do projeto arranjados em um piquete de madeira.



Fonte: Autoria própria (2023).

Posteriormente, o piquete foi inserido no recipiente que serviria como vaso para a planta, que já estava adaptado com a mangueira de irrigação e foi ocupado por um solo previamente preparado para o experimento, conforme é mostrado na Figura 25.

Figura 25 - Piquete usado como suporte inserido no vaso utilizado para o experimento.



Fonte: Autoria própria (2023).

Após certificar-se que o sistema estava funcionando perfeitamente, as sementes foram plantadas, conforme mostrado na Figura 26. Em seguida, o sistema ficou em funcionamento durante duas semanas, onde a planta era irrigada de forma totalmente autônoma.

Figura 26 - Processo de plantação da cultura irrigada.



Fonte: Autoria própria (2023).

4.2.9 Custo total do protótipo

De acordo com os materiais utilizados para a montagem do protótipo, é possível estimar um custo total para o projeto, conforme mostrado na Tabela 9.

Tabela 9 - Custo total do protótipo.

Descrição	Referência	Valor unitário (R\$)	Quant.	Valor total (R\$)
<i>Arduino UNO</i>	Site <i>Arduino</i>	121,17	1	121,17
Sensor capacitivo de umidade do solo	Site MakerHero	15,90	1	15,90
Módulo relé	Site MakerHero	8,46	1	8,46
Bomba de aquário	Site MakerHero	19,90	1	19,90
<i>Display LCD</i>	Site MakerHero	39,90	1	39,90
Placa <i>protoboard</i>	Site MakerHero	23,90	1	23,90
<i>Led</i>	Site MakerHero	0,49	3	1,47
Resistor	Site MakerHero	0,15	3	0,45
Mangueira de nível	Comércio local	2,00/m	1 m	2,00
Abraçadeiras plásticas	Comercio local	0,40	17	6,80
Custo total do produto				239,95 R\$

Fonte: Autoria própria (2023).

Os valores acima mensurados foram pesquisados em sites na internet, e considera apenas o valor líquido do produto, ou seja, para aquisição desses componentes deve-se ainda incluir o valor cobrado de frente dependendo da sua região. Diante disso, é mostrada uma estimativa do custo total, que pode ainda ser reduzido, toda via que, componentes como os *leds* e o *display LCD* não são essenciais para o funcionamento do protótipo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo são abordados os resultados e discussões relacionados ao procedimento experimental realizado com o protótipo de irrigação caseiro desenvolvido com o uso da plataforma *Arduino*.

5.1 Desempenho do protótipo desenvolvido

No decorrer do procedimento experimental, no qual o protótipo desenvolvido foi submetido à um caso prático de irrigação, observou-se que o sistema de forma geral, se comportou perfeitamente bem. Todo o conjunto de *hardware* apresentou um excelente desempenho, principalmente aqueles cujo funcionamento é indispensável para a eficiência do projeto.

O *Arduino* é uma ferramenta eficaz para o desenvolvimento de protótipos, devido a sua praticidade na montagem dos componentes e a sua facilidade oferecida para criar o programa, sua eficiência foi comprovada pela ausência de falhas durante o experimento. O sensor de umidade é um dos principais componentes do circuito e se mostrou muito preciso e eficiente, o que era possível observar em cada uma de suas leituras de umidade, que na prática eram coerentes com o que era visualizado no solo, sendo este indicado para futuros projetos de irrigação. A bomba de aquário utilizada atendeu perfeitamente a demanda de água para esse projeto, porém, para projetos de irrigação mais amplos, o ideal é a utilização de bombas com uma maior vazão. Pois, mesmo suprimindo a demanda por água, foi possível observar que a água não saía com tanta pressão de alguns orifícios da mangueira de irrigação conforme mostrado na Figura 27.

Figura 27 - Alguns pontos de aplicação da água com mais pressão que outros.



Fonte: Autoria própria (2023).

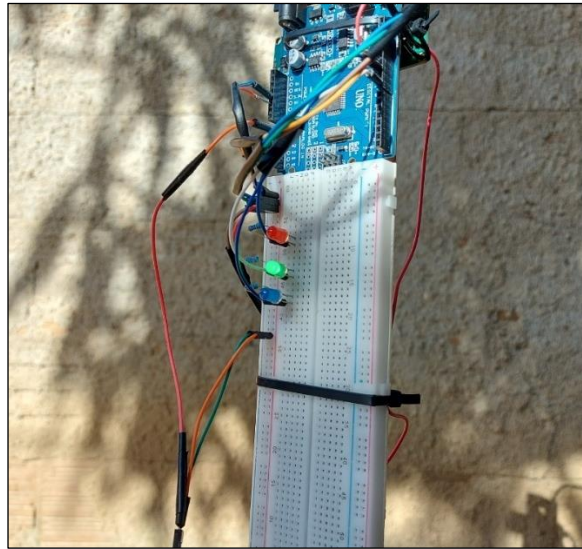
Os demais *hardwares*, como os *leds* e o *display LCD* tiveram sua importância comprovada, visto que, são componentes que possibilitam ao usuário acompanhar o status do sistema, conforme mostrados nas Figuras 28 e 29, respectivamente. Porém, em projetos futuros, a sua utilização fica a critério do desenvolvedor, pois, o processo de irrigação independe destes componentes.

Figura 28 - *Display LCD* exibindo status do sistema em um determinado momento.



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 29 - Status do sistema sendo indicado por *leds*.



Fonte: Autoria própria (2023).

5.2 Método de irrigação e decisão do momento de irrigar

O método de irrigação adotado nesse projeto foi bastante eficaz, todavia, a aplicação da água na região radicular da planta possibilita menores perdas por evaporação e garante assim o uso racional da água, que pôde ser comprovado pelas poucas vezes que o sistema necessitou ser acionado durante o período experimental. A aplicação da água em formato circular contribuiu para a validação do método, tendo em vista que a água era uniformemente distribuída ao redor da planta, possibilitando que toda a área fosse irrigada igualmente sem necessidade do sistema funcionar por muito tempo, garantindo assim um gasto ainda menor com energia elétrica.

A decisão do momento de irrigar comprovou-se na prática, ter sido bem empregada. Pois, durante o experimento os parâmetros de irrigação foram ajustados, com a intuito de fazer o sistema entrar em acionamento com mais frequência. Porém, feito isso, observou-se que o sistema estava entrando em acionamento com mais frequência, mas, essa intensidade de água aplicada proporcionou uma saturação no solo, o que dificultava a absorção da água e consequentemente inundava a planta conforme mostrado na Figura 30, o que não é conveniente para planta nenhuma. Então, os parâmetros de irrigação foram reajustados para o que foi definido inicialmente, e o sistema comportou-se normalmente.

Figura 30 - Solo saturado devido a aplicação constante de água.



Fonte: Autoria própria (2023).

Diante do que foi abordado acima, o método de irrigação e a decisão do momento de irrigar mostraram-se ideais para esse projeto de irrigação. A depender do que se deseje irrigar, outros métodos de irrigação podem ser encaixarem melhor na situação, assim como a intensidade de aplicação da água, necessitando um bom planejamento e a realização de testes.

5.3 Desenvolvimento da cultura irrigada

O desempenho da planta irrigada com o protótipo desenvolvido foi acompanhado no decorrer do experimento. Exatamente após cinco dias da plantação a semente começou a germinar, conforme mostra a Figura 31. Essa é uma característica dessa cultura quando semeada em suas condições adequadas, o que evidencia o desenvolvimento saudável da planta, mostrando que o sistema foi eficaz na irrigação da cultura escolhida, pois, supriu a necessidade hídrica da planta, e favoreceu o seu crescimento saudável.

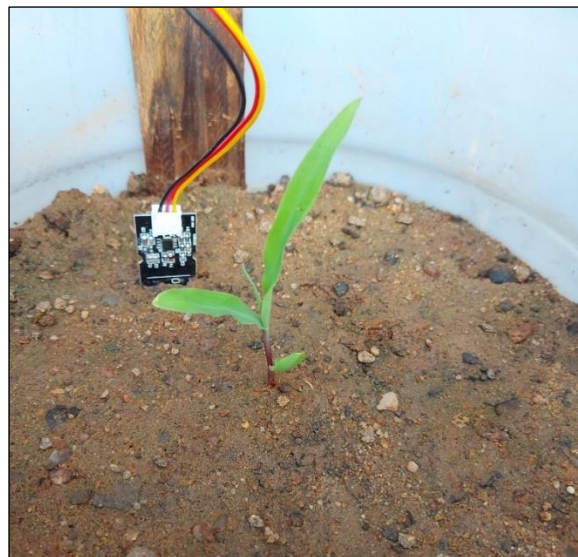
Figura 31 - Germinação da planta no quinto dia após ser plantada.



Fonte: Autoria própria (2023).

No décimo dia de experimento, o desenvolvimento da planta foi constatado pelo seu crescimento significativo em relação à última observação, assim como o surgimento de novas folhas, que podiam ser facilmente visualizadas conforme mostrado na Figura 32.

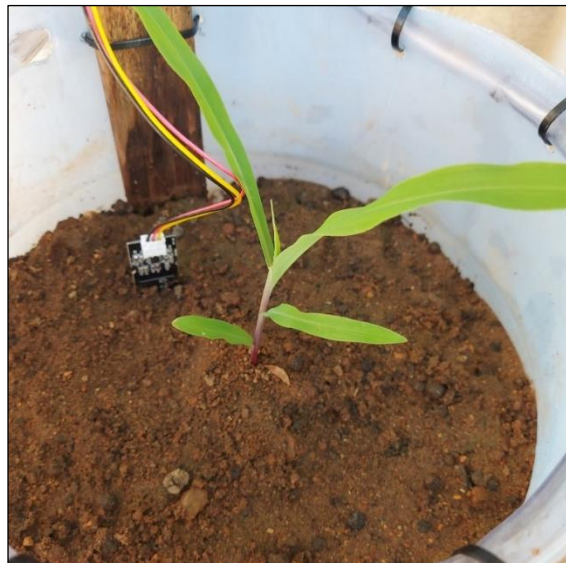
Figura 32 - Desenvolvimento da planta no décimo dia após a plantação.



Fonte: Autoria própria (2023).

Na observação realizada no último dia de experimento, ratificou-se o que já vinha acontecendo desde os primeiros dias após a germinação da planta. Foi notório um crescimento na planta, no número de folhas e um aumento na grossura do seu tronco. A Figura 33 mostra a planta nesse estágio de desenvolvimento.

Figura 33 - Desenvolvimento da planta no décimo quinto dia após a plantação.



Fonte: Autoria própria (2023).

Apesar do curto período experimental, mas diante do que foi observado, tem-se que a planta teve um desenvolvimento saudável, sendo comprovado pela sua germinação e o seu crescimento progressivo visualizado diariamente.

5.4 Características do experimento

Tendo em vista que o sistema desenvolvido foi para o uso caseiro, e que para esse experimento não foram levadas em consideração todas as variáveis que proporcionam a melhor eficiência da irrigação, os registros do sistema se fazem dispensáveis. Mesmo diante da ausência desses dados, foi observada uma regularidade no acionamento da irrigação, sendo essa geralmente a cada dois dias, no máximo três, o que todo dia era averiguado no momento de guardar o equipamento. Foi possível observar que nos dias que o sistema foi acionado, a quantidade de água nunca excedeu o limite de 3 litros, que era a quantidade do recipiente que é mostrado na Figura 34. Porém, não se pode dizer com precisão a quantidade de água que foi

usada devido as perdas por evaporação e a dificuldade de medir a quantidade de restante de líquido no recipiente.

Figura 34 - Recipiente de 3 litros, responsável por fornecer água ao sistema.



Fonte: Autoria própria (2023).

Para sistemas mais complexos, como na agricultura, é necessário que os dados do sistema sejam monitorados com precisão, necessitando que o programa desenvolvido seja mais complexo, e sejam criadas variáveis para guardar informações como: número de acionamentos em um período de tempo, hora do acionamento, e quantidade de água utilizada para rega.

5.5 Principais dificuldades durante a realização do experimento

As principais dificuldades encontradas durante o experimento foram em relação aos dias chuvosos na região em que o experimento foi realizado. A princípio, era desejado que o sistema fosse monitorado durante 24 horas por dia, porém, devido a constância de precipitações diariamente fez-se necessário deixar o sistema em atividade somente durante o dia. Todavia, o local de instalação não assegurava que os componentes do circuito ficassem protegidos contra a chuva, porém, assegurava que a planta ficasse exposta a luz solar, o que é necessário para o desenvolvimento de toda planta. Com isso, todo dia era necessário a movimentação do vaso da planta, da área externa para a interna do local, sendo o horário de atividade entre as sete da manhã e a cinco da tarde.

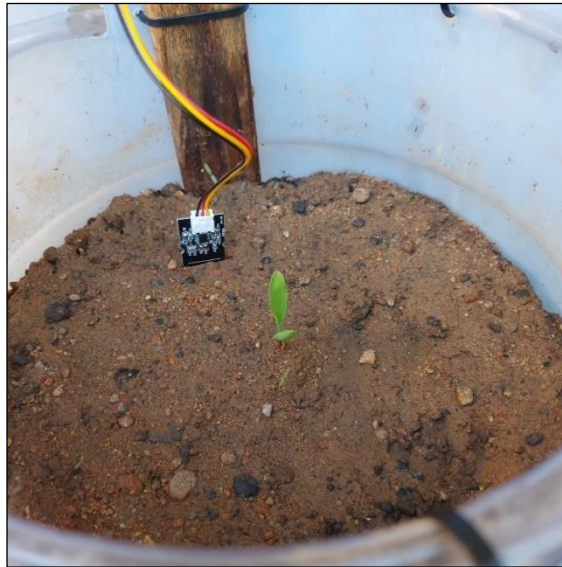
Diante disso, é necessário que em projetos futuros seja desenvolvido um envoltório que proporcione proteção aos componentes do circuito, não só contra chuva, mas também contra sol. Tendo em vista que, a exposição ao sol pode submeter o circuito a falhas devido ao ressecamento dos componentes, ou elevadas temperaturas. Com isso, o sistema possa ser instalado em qualquer local sem que o usuário tenha preocupações.

5.6 Principais vantagens oferecidas pelo sistema desenvolvido

Diante da realização do experimento foi possível usufruir das vantagens oferecidas pelo sistema. Além da total autonomia no processo de irrigação, pôde-se acompanhar o bom uso da água, todavia que, poucas vezes o sistema entrou em acionamento, estando praticamente em um nível de umidade sempre acima de 60%, o que é muito bom, tendo em vista as necessidades hídricas na região que o experimento foi realizado. Esse é um ponto importante, porquê além de garantir o crescimento saudável da planta, garante o uso racional da água, pois, é bem provável que a quantidade de água utilizada fosse maior se a planta fosse regada manualmente.

Outra grande vantagem que pôde-se observar foi em relação a uniformidade da área molhada conforme mostrada na Figura 35. Pressupõe-se que, se tivéssemos mais de uma plantinha no vaso teríamos um desempenho igual, tendo em vista que ambas estariam sob as mesmas condições. Essa é uma consideração importante em projetos voltados para a agricultura, mas que é preciso que seja tratado igualmente em projetos menores, como para a rega de uma grama residencial. Então, essa é uma característica que pode ser usufruída com o sistema desenvolvido, e análogos a esse.

Figura 35 - Uniformidade da área molhada



Fonte: Autoria própria (2023).

5.7 Considerações para a expansão do sistema

O sistema desenvolvido com o uso da plataforma *Arduino* pode ser otimizado e ampliado de acordo com a necessidade de irrigação, assim como para a atividade agrícola. A depender da complexibilidade do sistema, pode ser necessário a inserção de mais sensores de umidade, ou a substituição do módulo relé e bomba de aquário. Porém, é importante enfatizar que projetos mais sofisticados dispensam o uso de mais de uma placa *Arduino*, o que é muito bom, tendo em vista que este é o componente mais caro. Vale salientar que, cada projeto tem as suas particularidades, a quantidade de componentes a serem utilizados e a suas especificações técnicas dependem dos resultados almejados. O mesmo é válido para o método de irrigação, outras formas de aplicação de água ao solo podem ser melhores a depender das características do projeto. Diante disso, é necessário que seja feito um bom planejamento, para que se garanta uma melhor eficiência nesse processo.

6 CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido foi fundamentado em estudos relacionados ao tema proposto, no qual, foi feita uma abordagem sobre a irrigação e os seus principais métodos, assim como a automação dessa técnica. O *Arduino* também foi o objeto de estudo desse trabalho, assim, foi pesquisado sobre o seu surgimento, *hardware* e linguagem de programação. Diante de toda fundamentação teórica o trabalho voltou-se ao desenvolvimento de um protótipo caseiro para a irrigação fazendo o uso da plataforma *Arduino*.

O objetivo principal desse trabalho é que o protótipo desenvolvido, possa contribuir com a automação de processos, tendo em vista que, isso tem se tornado cada vez mais frequente em todos os âmbitos da sociedade. Com a realização dos devidos testes, espera-se identificar as principais vantagens e desvantagens do sistema, de forma que essas características possam ser consideradas em projetos futuros e garanta a eficiência do processo. As diferentes aplicações do sistema é um dos principais objetivos do trabalho, tendo em vista as dificuldades enfrentadas pelos pequenos agricultores na implantação de sistemas de irrigação. Por fim, a estrutura eletrônica do circuito deve ser compreendida, de forma que, os componentes essenciais possam ser identificados, assim como os equipamentos adequados de acordo com a complexibilidade do sistema.

Diante da realização de toda pesquisa, foi perceptível a quantidade de trabalhos com o uso da plataforma *Arduino*, o que reflete o interesse das pessoas no uso dessa ferramenta. Porém, é evidente a ausência de estudos semelhantes a esse, o que muito provavelmente seja justificado pelo fato de o mercado já dispor de sistemas de irrigação, todavia que, geralmente as pessoas optam por idealizar algo totalmente do zero.

O desenvolvimento do protótipo possibilitou que os objetivos do trabalho fossem alcançados, tendo em vista que o sistema mostrou o quanto pode ser útil na vida das pessoas através da automatização de processos. Com isso, fica nítido a possibilidade da comercialização de um produto semelhante ao que foi desenvolvido, proporcionando ao público em geral usufruir dessa tecnologia, que além do seu preço acessível, mostrou-se muito eficiente.

Foi observado que o *Arduino* é uma excelente ferramenta para o desenvolvimento de projetos de automação, todavia que, o alto poder de processamento da placa *UNO*, a praticidade oferecida na montagem do circuito e no desenvolvimento do programa foram aspectos essenciais para o desempenho do protótipo. Os demais componentes utilizados também atenderam perfeitamente as exigências demandadas pelo projeto, e contribuíram diretamente

com os resultados alcançados. Porém, projetos mais sofisticados podem necessitar que outros componentes sejam inseridos no circuito, ou que estes sejam substituídos por componentes de melhores especificações técnicas.

A forma de aplicação da água ao solo mostrou-se muito eficiente, proporcionando o uso racional deste recurso natural que em algumas regiões é escasso. Porém, o método de irrigação a ser utilizado dependerá da finalidade do projeto, haverá situações que um determinado método se adequará melhor que outro, sendo necessário um bom planejamento e a realização de testes.

Diante dos resultados obtidos com a realização desse trabalho, outros estudos podem ser realizados, com o intuito de ampliar ou aperfeiçoar o projeto desenvolvido. Entre esses estudos, destaca-se o desenvolvimento de um sistema semelhante totalmente voltado para a produção agrícola, proporcionando que o agricultor de médio e pequeno porte tenham uma melhor eficiência nas suas lavouras, e com um investimento mais acessível quando comparado aos sistemas oferecidos atualmente no mercado. Uma excelente alternativa é também o desenvolvimento de um programa para monitoramento do sistema, possibilitando ao usuário acompanhar remotamente os dados relacionados ao seu projeto de irrigação, como: a umidade do solo em determinado momento, o número de acionamentos em um período de tempo, a quantidade de água utilizada, e o status que se encontra recipiente responsável por armazenar a água utilizada para irrigar.

REFERÊNCIAS

- AITA, Ricardo Hahn. **SISTEMA DE IRRIGAÇÃO LOCALIZADA E AUTOMATIZADA**. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul Faculdade de Engenharia – Feng, 2017. Disponível em: <https://www.politecnica.pucrs.br/conclusao/files/20172-ricardo-hahn-aita-VOLUME-2644.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2023.
- ARDUINO. **Arduino**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>>. Acesso em: 21 jan. 2023.
- Atlas Irrigação atualiza área irrigada total no Brasil em 8,2 milhões de hectares**. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/atlas-irrigacao-atualiza-area-irrigada-total-no-brasil-em-8-2-milhoes-de-hectares>>.
- BARBOSA, José Wilian; **Sistema de Irrigação Automatizado utilizando a plataforma Arduino**. Trabalho de conclusão de curso, Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA - Assis, 2013. 57 p.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A Cultura do Milho**. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10174/10804>>. Acesso em: 20 mar. 2023.
- CÂNDIDO, P. L. DE O. **A importância do ensino da programação nas escolas**. <<https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/8376>>, 16 dez. 2017.
- CARVALHO, Everton Silva; ARAUJO, Luis Antônio O. IRRIGAÇÃO INTELIGENTE. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA INSTITUTO SUSTENTAR, 17. 2010, Valinhos - SP. **Anuário de Iniciação científica discente**. Valinhos– SP: Anhanguera Educacional Ltda., 2010. p. 323 - 336.
- COUTINHO, T. **O que é Arduino e para que ele serve?** Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/arduino-o-que-e>>.
- EVANS, Martin; NOBLE, Joshua; HOCHENBAUM, Jordan. **Arduino em ação**. Novatec Editora, 2013.
- FERN et al. **Irrigação por Gotejamento: Aumente sua Produtividade!** | AgroPós. Disponível em: <<https://agropos.com.br/irrigacao-por-gotejamento/>>. Acesso em: 9 jan. 2023.
- FERREIRA, Marlon Luan da Costa. **Sistema de aquisição de dados para monitorar a umidade do solo e automatizar as irrigações**. 53 f. Monografia (Graduação em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.
- FONSECA, Erika Guimarães Pereira da; BEPPU, Mathyan Motta. **Apostila Arduino**. Niterói-RJ: Universidade Federal Fluminense Centro Tecnológico, 2010. 23 p.

GIOMO, Diogo. **Desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado de baixo custo**. 2019.107 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel - PR.

GUIMARÃES, V.G., (2011). **Automação e Monitoramento Remoto de Sistemas de Irrigação Visando Agricultura Familiar**. Trabalho de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Publicação FT.TG-nº 008/2011, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 81p.

Histórico da irrigação no Brasil. Disponível em: <<https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/a-irrigacao-no-brasil/historico-da-irrigacao-no-brasil>>.

Irrigação: manejo e gestão em sistema localizado. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/251-IRRIGA%C3%87%C3%83O.pdf>>.

LIMA, Karoline Rodrigues. **Desenvolvimento de protótipo para automação de sistema de irrigação utilizando IoT**. 8 f. Mossoró, 2019.

LOURO, P. V. C. **Desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado e controlado por aplicativo para um quintal produtivo**. 2022.74 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Divinópolis – MG.

MANTOVANI, Everardo Chartuni; BERNARDO, Salassier; PALARETTI, Luiz Fabiano. **IRRIGAÇÃO: princípios e métodos**. 2. ed. Viçosa - Mg: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 358p.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. Tradução Rafael Zanolli. São Paulo – SP: Editora Novatec, 2011.

MONK, Simon. **Programação com Arduino: começando com Sketches**. Bookman Editora, 2013.

MOTA, A. **O que é Arduino e como funciona?** Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/o-que-e-arduino-e-como-funciona/#Arduino_Uno_-_A_placa_mais_popular>. Acesso em: 13 jan. 2023.

NASCIMENTO, G. N. **Métodos de irrigação: tradicional e automatizada através da plataforma Arduino**. 2022. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil, 2022.

PEREIRA, I. **Histórico da irrigação - Agro Insight Curadoria de conteúdos do Agro**. Disponível em: <<https://agroinsight.com.br/historico-da-irrigacao/>>. Acesso em: 03 jan. 2023.

PRÁ, Bruno Rover Dal. **DESENVOLVIMENTO DE SISTEMA PARA CONTROLE DE UMIDADE DE SOLO EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS**. 2009. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso Aprovado Como Requisito Para Obtenção do Grau de Mestre (Superior) - Curso de Pós-graduação em Desenvolvimento de Tecnologia (prodetc),

Departamento de Prodetec – Programa De Pós-graduação Em Desenvolvimento De Tecnologia, Lactec – Instituto De Tecnologia Para O Desenvolvimento, Curitiba, 2009.

RIBEIRO, M. A. **Automação industrial**. 4. ed. Salvador: Tek, 1999. 498p.

SANTOS, D. 3 **Principais Tipos De Irrigação: Vantagens E Desvantagens**. Disponível em: <<https://agrosmart.com.br/blog/vantagens-tipos-de-irrigacao/#Vantagens>>. Acesso em: 7 jan. 2023.

SOUSA, E. **Saiba tudo sobre a Irrigação por Pivô Central**. Disponível em: <<https://terramagna.com.br/blog/pivo/>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

TESTEZLAF, Roberto. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, fevereiro, 2017.

VIQUA (ED.). Disponível em: <<https://www.viqua.com.br/blog/voce-sabe-o-que-e-irrigacao-conheca-tecnica-e-seus-sistemas>>. Acesso em: 03 jan. 2023.

APÊNDICE A – CÓDIGO DESENVOLVIDO

```
// ATRIBUIÇÃO DE VARIÁVEIS
int leituraSensor;

// INCLUSÃO DE BIBLIOTECAS
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// DEFINIÇÕES
#define endereco 0x3F
#define colunas 16
#define linhas 2

// INSTANCIANDO OBJETOS
LiquidCrystal_I2C lcd(endereco, colunas, linhas);

void setup() {

    pinMode(leituraSensor, INPUT);
    pinMode(8, OUTPUT); // Led verde
    pinMode(9, OUTPUT); // Led vermelho
    pinMode(10, OUTPUT); // Led azul
    pinMode(11, OUTPUT); // Atuador
    analogRead(A0); // Porta digital (lê a informação do sensor)

    lcd.init(); // Comando usado para iniciar a comunicação com o display
    lcd.backlight(); // Comando usado para ligar a iluminação dos display
    lcd.clear(); // comando usado para limpar o display
}

void loop() {

    leituraSensor == analogRead(A0); // A leitura do sensor será o valor recebido na porta
    analógica

    lcd.backlight(); // Acender o display
    lcd.setCursor(7, 0); // Centralizar o texto
    lcd.print("OLA!"); // Texto mostrado no display
    lcd.setCursor(0, 1); // Centralizar o texto
    lcd.print("FAZENDO LEITURA!"); // Texto mostrado no display
    delay(15000); // Tempo que o texto acima é exibido
    lcd.clear(); // Limpar o display

    if (analogRead(A0) < 380) {
        // SISTEMA ESTÁ IRRIGADO, MAIS DE 60% DA UMIDADE QUE O SISTEMA
        PODE ADQUIRIR (1-((380-293)/225)*100)
    } else {
```

```

// SISTEMA NÃO ESTÁ IRRIGADO
digitalWrite (9, HIGH); // led vermelho ligado
lcd.setCursor(2, 0); // Centralizar o texto
lcd.print("NAO IRRIGADO!"); // Texto mostrado no display
lcd.setCursor(7, 1); /// Centralizar o texto
lcd.print (analogRead(A0)); // Texto mostrado no display
delay(15000); // Tempo que o texto acima é exibido
lcd.clear(); // Limpar o display

while (analogRead(A0) >= 315) {
    // INÍCIO DA REGA ATÉ QUE O SISTEMA OBTENHA 90% DA UMIDADE QUE
    TOTAL QUE PODE ADQUIRIR. (1-((315-293)/225)*100)
    lcd.setCursor(3, 0); // Centralizar o texto
    lcd.print("IRRIGANDO!"); // Texto mostrado no display
    lcd.setCursor(6, 1); /// Centralizar o texto
    lcd.print (analogRead(A0)); /// Mostrar a umidade
    digitalWrite (9, LOW); // led vermelho desligado
    digitalWrite (10, HIGH); // Led azul ligado
    digitalWrite (11, HIGH); // Atuador é acionado
    delay (15000); // Tempo de acionamento do atuador (15 seg)
    digitalWrite (11, LOW); // Atuador é desligado
    delay (15000); // Tempo de espera do atuador para verificar se a condição é ou não
    satisfeita (15 seg)
    lcd.clear(); // Limpar o display
}
}

digitalWrite(8, HIGH); // Led verde ligado indicando que o sistema está irrigado
digitalWrite (9, LOW); // Led vermelho desligado
digitalWrite (10, LOW); // led azul desligado
lcd.clear(); // Limpar o display
lcd.setCursor(4, 0); // Centralizar o texto
lcd.print("IRRIGADO!"); // Texto mostrado no display
lcd.setCursor(6, 1); // Centralizar o texto
lcd.print (analogRead(A0)); // Mostrar a umidade
delay(15000); // Tempo de exibição da instruções definidas acima

digitalWrite(8, LOW); // Led verde desligado
lcd.clear(); // Limpar o display
lcd.noBacklight(); // Apagar o display

delay (7200000); // Tempo até a próxima leitura (2 horas);
}

```