

ESTUDO DE UM PROTÓTIPO DE IRRIGAÇÃO UTILIZANDO O ARDUÍNO: SISTEMA DE AUTOMAÇÃO NA AGRICULTURA FAMILIAR

Ediglebison de Sousa¹, Thiago Antônio Sidônio Coqueiro¹

¹Faculdade de Computação – Universidade Federal do Pará (UFPA)
– Castanhal, PA – Brasil

ediglebison.sousa@castanhal.ufpa.br, tcoqueiro@ufpa.br

Abstract. *In recent decades, agriculture has become more visible in Brazil. However, small producers suffer from scarcity and limitation of technological equipment in their crops. For an automation irrigation system to be implemented on a farm, there are several situations that must be taken into consideration. For example, the characteristics of the crop such as soil, climate, water resources, among other aspects that contribute to good agricultural production, therefore this makes it more expensive to implement any system in this scenario, in this context, the objective of this work was to develop a prototype of a low-cost irrigation system for family farming. This automation system will be controlled using an Arduino microcontroller, allowing small producers to automate several processes on their farm, at a lower cost.*

Resumo. *Nas últimas décadas a agricultura vem tendo mais visibilidade no Brasil. Porém os pequenos produtores sofrem com a escassez e limitação de equipamentos tecnológicos em suas lavouras. Para um sistema de irrigação por automação ser implantado em uma lavoura existem várias situações que devem ser levadas em consideração. Como por exemplo, as características da lavoura como solo, clima, recursos hídricos, entre outros aspectos que contribuem para uma boa produção agrícola, logo isso encarece a implantação de qualquer sistema nesse cenário, nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi de desenvolver um protótipo de um sistema de irrigação de baixo custo para a agricultura familiar. Esse sistema de automação será controlado por meio de um microcontrolador Arduino, permitindo o pequeno produtor de automatizar vários processos em sua lavoura, com um menor custo.*

1. INTRODUÇÃO

No Brasil 15,1 Milhões de habitantes vive da agricultura, sendo destes, 67% de agricultura familiar (Senso Agro, 2017), tendo em vista que a agricultura proporciona a geração de renda e até mesmo a alimentação de uma família. Grande parte desses agricultores utilizam habilidades manuais, passadas de geração a geração, o que dificulta os processos e o torna ainda mais trabalhoso e demorado.

Enquanto as grandes indústrias utilizam tecnologia de ponta, o agricultor está limitado muitas vezes apenas a ferramentas manuais, isso ocorre pelo desconhecimento e também pelo alto custo desses sistemas, que tem custos de instalação elevados. De acordo com estudos do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), a agricultura é responsável pelo consumo de quase 70% da água disponível no Brasil (EMBRAPA, 2018).

No entanto, esses recursos são em grande parte desperdiçados, especialmente na distribuição. Os sistemas de irrigação adotados no País são responsáveis pelo desperdício de água na agricultura (EMBRAPA, 2018). Por isso, é muito importante procurar novas tecnologias e conhecimentos que não só ajudarão a preservar os recursos naturais, mas também resultarão em maior eficiência de distribuição.

Atualmente existem no mercado plataformas de baixo custo que permitem a automação de processos com um ótimo custo-benefício. Exemplo disso seria o Arduíno (componente utilizado no projeto), placa de prototipagem eletrônica que permite o controle de automatização e interatividade através de sua programação, além de ter seu hardware compacto e ser de fácil manuseio, é compatível com diversos sistemas operacionais e outros componentes como sensores, para obter informações do ambiente, displays para visualizar estas informações e dispositivos elétricos como relés e solenoides que podem ser ligados e desligados por comandos enviados pela programação inserida no Arduíno.

Este artigo tem como objetivo desenvolver um protótipo para automação da irrigação para agricultores familiares. Tendo como objetivos específicos: implementar o protótipo utilizando um microcontrolador Arduíno, para permitir controlar os sensores e atuador (válvula solenoide) no ambiente; fazer o sensoriamento do solo através de múltiplos sensores de umidade; ajustar o nível de sensibilidade dos sensores de forma flexível, em função do tipo de solo e plantio; automatizar o sistema de irrigação evitando desperdícios de água, e também, educar e ajudar tecnologicamente o pequeno produtor para que ele possa utilizar dos meios tecnológicos em sua produção, para um maior suporte quanto as variáveis que influenciam em sua produção e automatizar processos.

Este artigo foi organizado da seguinte forma: as seções 2 e 3 descrevem sobre o contexto da agricultura familiar e o processo de irrigação; a seção 4, apresenta outros trabalhos correlatos; na seção 5, são apresentados os componentes para montagem do sistema; as seções 6 descrevem a metodologia com o funcionamento do sistema e sua montagem no ambiente; e a seção 7 apresenta a conclusão, com os resultados esperados e possíveis trabalhos futuros.

2. AGRICULTURA FAMILIAR

Conforme a constituição Brasileira, normatizada na Lei nº 11.326, o agricultor familiar ou empregador familiar é o indivíduo que exerce atividades econômicas no âmbito rural e atende a alguns requisitos estabelecidos pela lei, como, utilizar predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; não possuir uma extensão territorial maior que 4 módulos fiscais; ter renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento, (BRASIL, 2006).

De acordo com dados levantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 76,8% dos 5,073 milhões de estabelecimentos rurais do Brasil foram caracterizados como pertencentes à agricultura familiar, conforme estabelecido pelo Decreto 9.064, de 31 de maio de 2017. Em termos de valor de produção, os dados do Censo Agropecuário precitado, indicam que a produção da agricultura familiar gerou receita de 106,5 bilhões de reais (23% do total), enquanto a geração de receita da agricultura não familiar foi de 355,9 bilhões de reais (77% do total). Comparando com o levantamento anterior, de 2006, houve redução de 10,2% no valor gerado pela produção

agropecuária familiar.



Figura 1. Família de agricultores. Fonte: Diário do Nordeste (2020).

3. IRRIGAÇÃO

A irrigação foi desenvolvida durante o império persa Aquemênida, o objetivo dessa técnica era fornecer uma quantidade de água para as plantas, de forma controlada e de acordo com a necessidade de cada espécie. No início do século XXI no Brasil, foram desenvolvidos vários projetos de irrigação no vale do rio São Francisco, projetos que transformaram o solo dessa região em grande produtor de frutas, com destaque para a manga e a uva.

Nomeado pelo governo brasileiro como “Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional”, conhecido como transposição do São Francisco, está em andamento desde 2007, o projeto visa a construção de mais de 700 quilômetros de canais, divididos em dois grandes eixos. O objetivo final do projeto seria levar parte da água do São Francisco ao semiárido nordestino, com o intuito de proporcionar à população dessa região, a possibilidade do uso dessa água para a irrigação de hortas e lavouras.

Atualmente, segundo o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), estão concluídos 548 km da extensão total, de 699 km, da Transposição (considerando eixos Norte, Leste e ramais). A quilometragem finalizada corresponde a ambos os eixos e o Ramal do Agreste, que foi entregue em 2021. Por enquanto, o Ramal do Apodi tem 27% das obras concluídas e a previsão do governo federal é entregá-lo em 2025. Já o Ramal do Salgado está em fase inicial. O edital de licitação para a execução das obras foi publicado em 2022.



Figura 2. Irrigação. Fonte: Vértice (2019).

4. TRABALHOS CORRELATOS

Nesta seção serão descritos sobre os trabalhos relacionados da literatura, e seus diferenciais perante o trabalho proposto.

4.1. SISTEMA AUTÔNOMO DE IRRIGAÇÃO COM ARDUINO

A autora (FLEXA, 2021) propôs a criação de um sistema de irrigação para hortas particulares, plantações e que possivelmente poderia ser utilizada em jardins, aumentando e melhorando sua produtividade, fazendo o uso racional de água, reduzindo a mão de obra nesse setor além de diminuir as frequentes visitas ao local. Desta forma espera-se fazer com que o plantio ou jardim se torne praticamente autônomo.

Para que isso aconteça, eram feitas análises das variáveis de solo e temperatura, para se obter o melhor ponto de eficiência na produção das plantas. E ainda, para que os objetivos deste trabalho fossem atendidos eram definidos o microcontrolador e os componentes necessários para a eficiência da aplicação, através de parâmetros pré-programados que eram capazes de identificar as necessidades de cada cultura na qual for utilizado o sistema, contribuindo para um melhor aproveitamento da água, evitando o desperdício.

4.2. DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO E CONTROLADO POR APLICATIVO PARA UM QUINTAL PRODUTIVO

O autor (LOURO, 2022) relata no trabalho o objetivo principal desenvolver um sistema automatizado para irrigação de um quintal produtivo que seja capaz de realizar regas de acordo com a leitura dos sensores de solo e condições climáticas. Somado a isso, desenvolver um aplicativo de smartphone para o controle remoto do mesmo, com uso da rede de internet. Com objetivos específicos em:

- Estudo e escolha do método de irrigação.
- Construir o mecanismo físico de irrigação local.
- Construir o circuito eletrônico.
- Desenvolver mecanismo para comunicação Wireless.
- Desenvolver o código de programação do aplicativo
- Validar a comunicação entre aplicativo e o sistema mecatrônico.
- Aplicar o sistema em um quintal para uso real.

4.3. CONTROLE DE IRRIGAÇÃO INTELIGENTE: ARDUÍNO

Os autores (SALLES, Maíke Eduardo et al, 2023) citam o objetivo de demonstrar a utilização correta do sistema de irrigação, como também o de apresentar alguns cálculos aplicados para fabricação da mesma, a elaboração de desenhos (projeto do sistema) com modelagem utilizando software SolidWorks e um microcontrolador.

Um sistema de irrigação inteligente é um sistema usado para irrigar qualquer tipo de jardinagem ou agente físico. Esses sistemas em geral, eram equipados com sensores de umidade, que ativavam a bomba quando a terra se seca.

O objetivo desse sistema era automatizar a mão de obra fazendo com que os próprios sensores ativem a função de irrigação, com que a terra ficasse sempre úmida para melhor rendimento e crescimento.

4.4. A PLATAFORMA ARDUINO COMO ESTRATÉGIA TECNOLÓGICA NA CRIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA HORTALIÇAS

O autor (SALINDO, 2023) propõe um sistema de irrigação automatizado de baixo custo, adaptado à realidade ambiental local e acessível para pequenos agricultores de hortaliças. Com objetivos específicos em desenvolver um protótipo em uma protoboard (placa que permite a montagem e teste de circuitos sem a necessidade de soldar, apenas acoplando os componentes na placa) e testar o protótipo no processo de irrigação automatizado.

4.5. GERÊNCIA E AUTOMAÇÃO DE IRRIGAÇÃO DE PLANTIO COM A UTILIZAÇÃO DE ARDUINO

O autor (CUNHA, 2022) cita brevemente o objetivo de desenvolver um protótipo com uso de Arduino para irrigação automatizada elaborando um protótipo do tipo funcional e executar um modelo de protótipo com proposta de utilização para o cultivo de soja, buscando reduzir os custos com a irrigação com a utilização de Arduino para automação. Além disso, reduzir o desperdício da área de plantio, pois a implantação do protótipo proposto poderá ser realizada de forma linear na área de plantio.

4.6. COMPARATIVO ENTRE TRABALHOS CORRELATOS E O TRABALHO EM QUESTÃO

A tabela abaixo mostra um comparativo entre os trabalhos anteriormente citados e este protótipo em questão. Os trabalhos estão ordenados de acordo com a ordem apresentada anteriormente.

Tabela 1. Comparativo de características entre trabalhos. Fonte: Autor (2023).

CARACTERISTICA	TRABALHO 01 (FLEXA, 2021)	TRABALHO 02 (LOURO, 2022)	TRABALHO 03 (SALLES, Maíke Eduardo et al, 2023)	TRABALHO 04 (SALINDO, 2023)	TRABALHO 05 (CUNHA, 2022)	TRABALHO DESENVOLVIDO
PLATAFORMA UTILIZADA	UNO	MEGA	UNO	UNO	MEGA	UNO
SENSOR DE UMIDADE	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
QUANTIDADE DE SENSORES DE UMIDADE	01	01	01	04	03	03
PARAMETROS DE IRRIGAÇÃO REGULÁVEIS	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
MONITORAVEL REMOTAMENTE	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO

Conforme se nota na tabela 1, mostrada acima, com exceção dos trabalhos 02 e 04, que utilizaram Arduino Mega, todos outros utilizaram o Arduino Uno, que apesar de ter um desempenho menor, comparado ao Mega, o Arduino Uno pode cumprir a tarefa proposta sem maiores problemas.

Todos os trabalhos utilizaram sensores de umidade de solo para leitura do parâmetro que iniciaria a irrigação, porém apenas os trabalhos 04, 05 e o trabalho proposto neste artigo utilizaram mais de um sensor, com objetivo de obter parâmetros mais precisos.

Apenas o trabalho proposto tem parâmetros de irrigação reguláveis pelo usuário através de potenciômetros, todos outros trabalhos devem ser regulados diretamente no código fonte do Arduino. Apenas o trabalho 02 tem o sistema monitorável remotamente, possibilitando obter o status atual do sistema.

5. COMPONENTES DO PROTOTIPO DE IRRIGAÇÃO

Esta seção descreve sobre os principais componentes a proposta deste artigo. Bem como o microcontrolador Arduino, os sensores de humidade, o relé, a válvula solenoide, o display LCD, e o potenciômetro.

5.1. ARDUÍNO

Arduino é uma placa de controle de entrada de dados (IN), como sensores, e saída de dados (OUT), é basicamente um computador dedicado e independente, que geralmente é programado para realizar uma determinada função. Foi produzido por Massimo Banzi e David Cuartielles, com o objetivo de tornar a tecnologia mais acessível a estudantes e universitários, já que o Arduino é conhecido por ter um baixo custo.

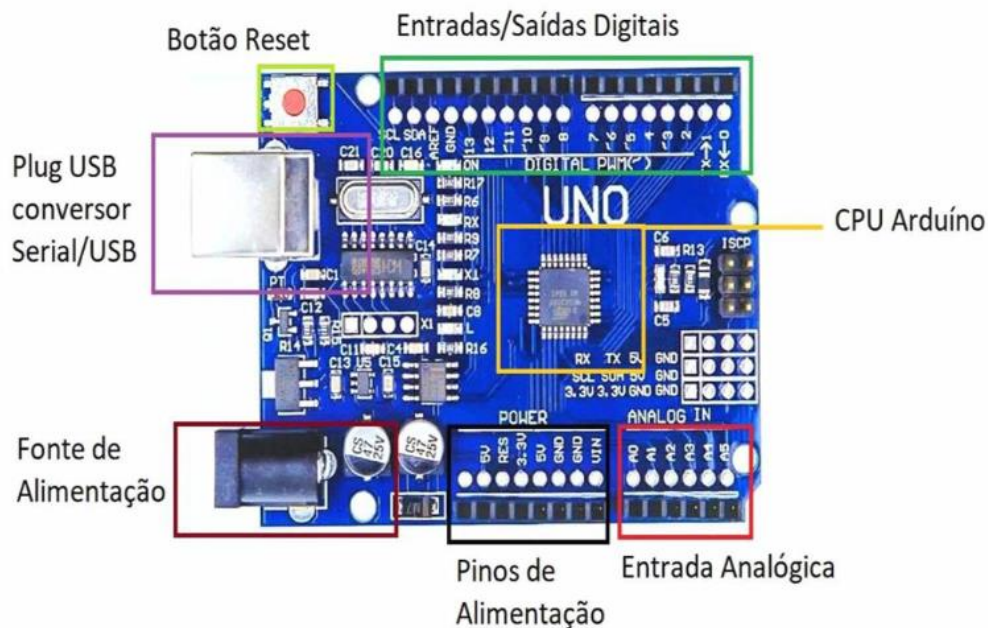


Figura 3. Dispositivo Arduino. Fonte: Autor (2023).

Entradas/saídas digitais: Se conectam dispositivos como entrada ou saída digital (HIGH/LOW, 1/0, verdadeiro/falso).

Entradas analógicas: São utilizados sensores de leitura para sinais analógicos integrados à placa como (temperatura, luz, movimento, etc.)

Fonte de alimentação: Pode-se usar a conexão USB, ou uma fonte externa como, baterias, pilhas, entre outros.

Plug USB e conversor serial/USB: É utilizado como alimentação da placa Arduino é por meio dele que as informações programadas são gravadas no microcontrolador.

Pinos de alimentação: regulam-se tensões mínimas e máximas da voltagem recomendada ao Arduino provenientes de fontes externas.

CPU do Arduino: local onde são armazenadas as informações, ela dispõe de uma memória RAM e uma memória de programa ROM, assim o Arduino gerencia toda a placa, como os pinos de entrada, saída, analógicos, comunicação, alimentação, entre outros.

Botão de reset: serve para apagar todas as configurações existentes na placa.

5.2. MÓDULO DE UMIDADE DO SOLO

O módulo de umidade do solo tem a função de informar o nível de umidade que o solo se encontra e com isso repassar esta informação ao Arduino.

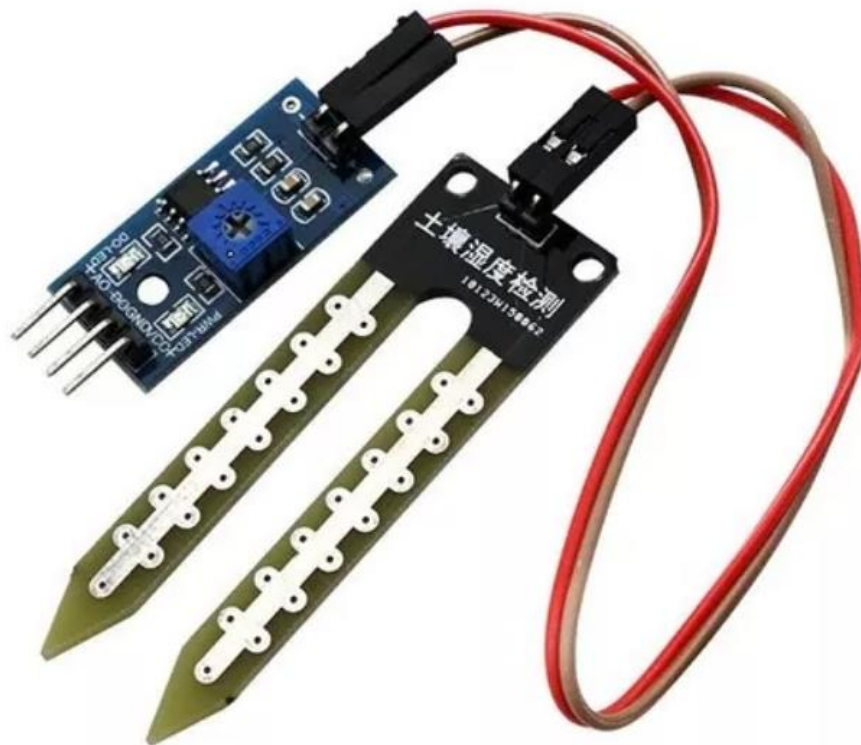


Figura 4. Módulo de Umidade de Solo. Fonte: Mercado Livre (2023).

5.3. RELÉ

O relê é um equipamento eletrônico que permite a abertura e fechamento de um circuito elétrico, ou seja, pode bloquear ou não o fluxo de corrente elétrica. A atividade desse interruptor acontece quando a corrente elétrica passa pelas espiras da bobina do relê, na qual é criado um campo magnético que atrai a alavanca encarregada pela mudança do estado dos contatos.

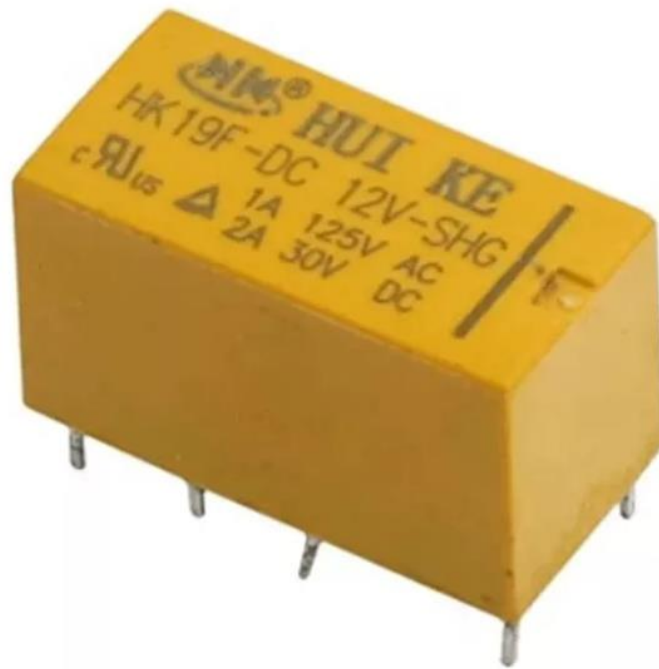


Figura 5. Relé. Fone: Mercado Livre (2023).

5.4. VÁLVULA SOLENOIDE

A válvula solenoide nada mais é do que uma válvula eletromecânica controlada. Ela recebe o nome de solenoide devido ao seu componente principal ser uma bobina elétrica com um núcleo ferromagnético móvel no centro, sendo este núcleo chamado de êmbolo.

Em uma posição de repouso, o êmbolo tampa um pequeno orifício por onde é capaz de circular um fluido. Quando uma corrente elétrica circula através da bobina, esta corrente cria um campo magnético que por sua vez exerce uma força no êmbolo.

Como resultado, o êmbolo é puxado em direção ao centro da bobina de modo que o orifício se abre e este é o princípio básico que é usado para abrir e fechar uma válvula solenoide.



Figura 6. Válvula Solenoide. Fonte: Mercado Livre (2023).

5.5. DISPLAY LCD 12C

O display LCD 12c possibilitará o usuário visualizar informações importantes do nosso sistema, ele tem como vantagem sobre os outros displays, a redução de pinos que serão ligados ao Arduino, onde em outros modelos genéricos se tem cerca de 16 pinos enquanto o 12c precisa de apenas 4, tendo assim menos fios para serem conectados e consequentemente uma maior facilidade de instalação e uso.



Figura 7. Display lcd 16x2 c/ módulo i2c. Fonte: Eletrônica Ômega (2023).

5.6. POTENCIOMETRO

A válvula solenoide nada mais é do que uma válvula eletromecânica controlada. Ela recebe o nome de solenoide devido ao seu componente principal ser uma bobina elétrica com um núcleo ferromagnético móvel no centro, sendo este núcleo chamado de êmbolo.

Em uma posição de repouso, o êmbolo tampa um pequeno orifício por onde é capaz de circular um fluido. Quando uma corrente elétrica circula através da bobina, esta corrente cria um campo magnético que por sua vez exerce uma força no êmbolo.

Como resultado, o êmbolo é puxado em direção ao centro da bobina de modo que o orifício se abre e este é o princípio básico que é usado para abrir e fechar uma válvula solenoide.



Figura 8. Potenciômetro Logarítmico A10k. Fonte: Mercado Livre (2023).

6. METODOLOGIA

Nesta seção serão descritos os procedimentos de implementação do protótipo e seu funcionamento de programação lógica no Arduino por meio de um fluxograma.

Com o intuito de facilitar a produção do pequeno agricultor, foi implementado um protótipo de automação de um sistema de irrigação feito em placa Arduino, como mostra a figura abaixo.

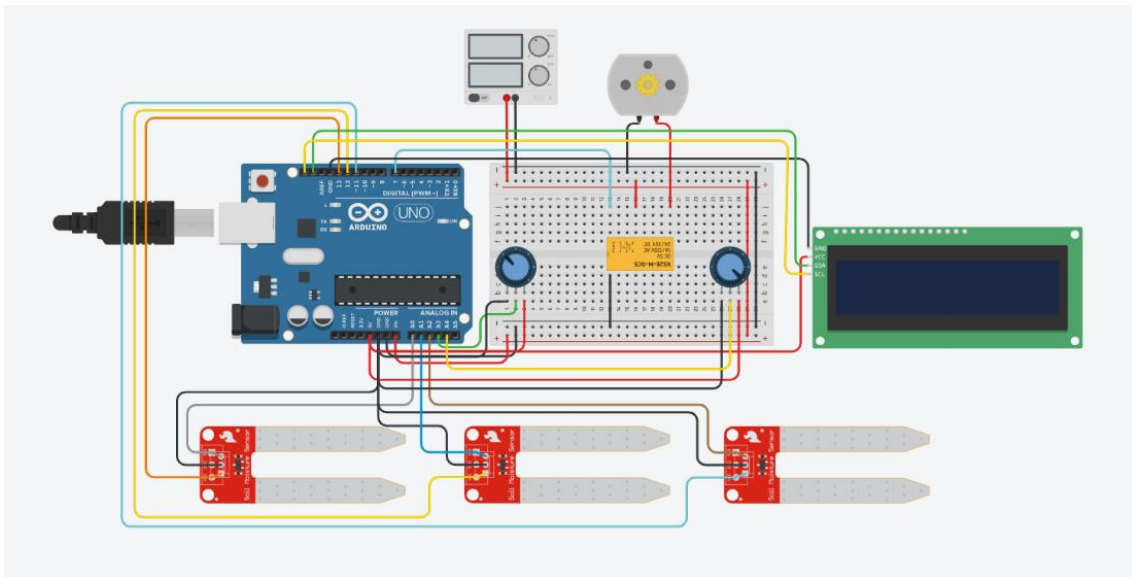


Figura 9. Prototipação feita no Thinkercad. Fonte: Autor (2023).

Os sensores de umidade do solo têm a função de analisar a presença de água no solo onde a planta está inserida. Eles foram distribuídos na área para obter uma leitura de diversos pontos e com esses valores será calculado uma média da umidade do solo da área.

Os potenciômetros serão utilizados para que o usuário defina os valores mínimos e máximos, que foram os parâmetros onde a irrigação irá ser iniciada e parada respectivamente. Os valores de Parâmetro mínimo, máximo e a média calculada serão exibidos no display LCD.

Ao detectar uma média de umidade igual ou menor que o mínimo, o Arduino mandará o sinal para o relé, que por sua vez, irá ligar a válvula solenoide, representado na imagem acima pelo motor, liberando a passagem de água vinda a uma fonte de água, seja um reservatório ou caixa d'água. A irrigação será realizada até que o nível de umidade do solo atinja o parâmetro máximo definido pelo usuário.

O sistema todo pode ser alimentado a partir de uma fonte de energia de 12V. A Figura 10 descreve o fluxograma de funcionamento lógico do controle do Arduino sobre os sensores de humidade e válvula solenoide.

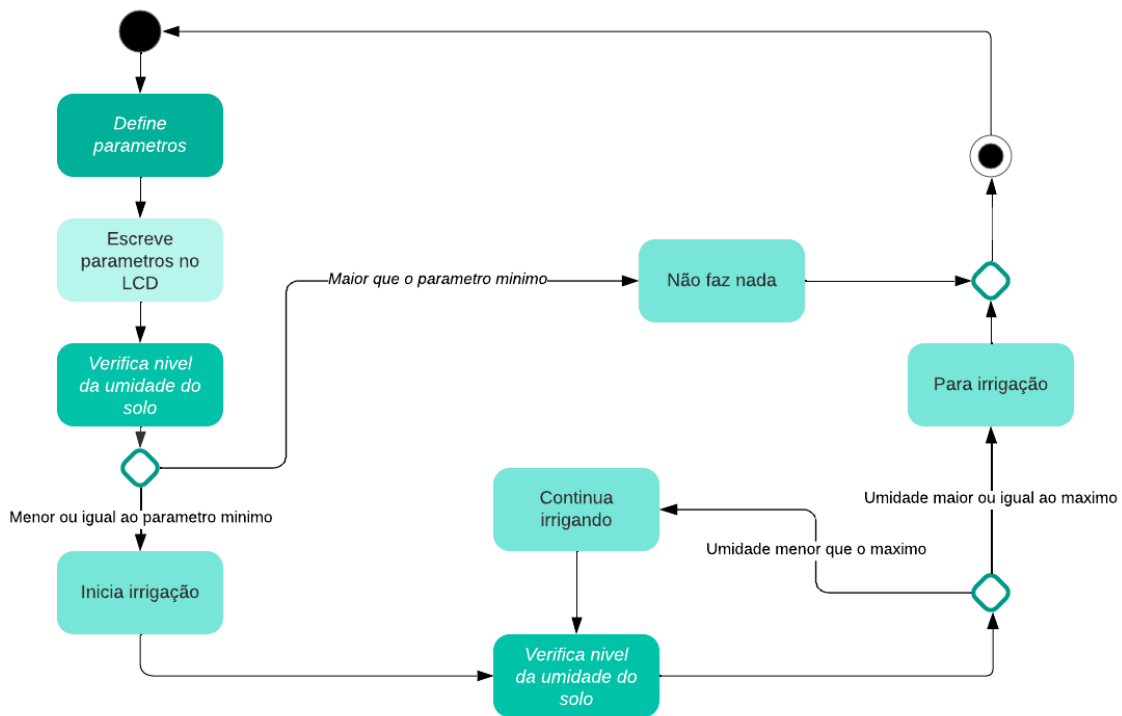
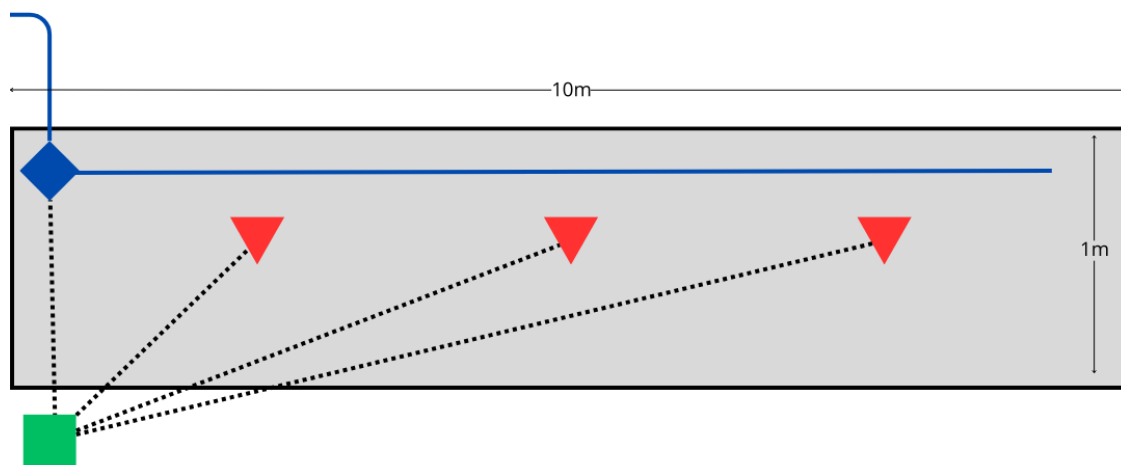


Figura 10. Fluxograma de uso do sistema. Fonte: Autor (2023).

6.1. INSTALAÇÃO NO AMBIENTE

Na imagem abaixo foi proposto um possível ambiente de instalação o sistema, contendo cerca de 10 metros de comprimento e 01 metro de largura, tendo em mente que muitas vezes as hortas são projetadas em configurações semelhantes. Assim podemos ter uma visão da disposição dos componentes, como os sensores dispostos de modo que consiga obter parâmetros de toda área. A válvula solenoide ligada entre a rede hídrica e as mangueiras que irrigarão o ambiente por gotejamento. Podemos também visualizar o Arduino, que estará em um ambiente externo e seco, ligado à rede elétrica e aos outros componentes.



Legenda

- Arduino
- ▼ Sensor de umidade
- ◆ Válvula solenoide
- Mangueiras de água
- Fios de ligação

Figura 11. Desenho esquemático do ambiente. Fonte: Autor (2023).

7. CONCLUSÃO

Neste artigo foi possível mostrar como aplicar tecnologias de baixo custo para o agricultor familiar obter meios tecnológicos para auxiliar em sua produção, através de sensores e microcontroladores automatizando e otimizando processos diários, que anteriormente eram realizados manualmente. Sendo possível também escalar este projeto para qualquer tamanho, desde o uso doméstico até grandes produções.

Nos trabalhos futuros é possível fazer a implantação do sistema proposto no artigo em parte de uma determinada plantação e daí fazer a comparação dos resultados ao final de um período para efeitos de comparação de qualidade, gasto de água e etc. Também é possível a implantação de componentes que façam a ligação deste sistema a internet, para obter o gerenciamento remoto e dados em tempo real, para que o produtor tenha acesso e gerência deste equipamento em seu celular ou computador remotamente.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Embrapa. Alimentação também é fonte de desperdício de água, diz pesquisador; março de 2018. Disponível em < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/32792440/alimentacao-tambem-e-fonte-de-desperdicio-de-agua-diz-pesquisador> > Acesso em 01 de dezembro de 2023.

Diário do Nordeste. Novas formas de vender a produção levam agricultores familiares a

- movimentar R\$ 300 mil no Ceará; setembro de 2020. Disponível em < <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br> > Acesso em 15 de maio de 2023.
- Vértice. Vantagens e desvantagens dos Principias tipos de irrigação; agosto de 2019. Disponível em < <https://verticemt.com.br/> >; Acesso em 15 de maio de 2023.
- Mercado Livre. Módulo Sensor De Umidade De Solo Higrômetro Arduino Pic Rasp; Disponível em < <https://produto.mercadolivre.com.br/> >; Acesso em 15 de maio de 2023.
- Mercado Livre. Relé Hk19f-dc 12v Relé Contato Duplo Hk19f 12v 8 Pinos Dpdt; Disponível em < <https://produto.mercadolivre.com.br/> >; Acesso em 15 de maio de 2023.
- Mercado Livre. Válvula Solenoide Entrada Reta /automação Arduino Irrigação; Disponível em < <https://produto.mercadolivre.com.br/> >; Acesso em 15 de maio de 2023.
- Eletrônica Ômega. DISPLAY LCD 16×2 C/ MÓDULO I2C INTEGRADO BACKLIGHT AZUL; Disponível em < <https://www.eletronicaomega.com/> >; Acesso em 29 de novembro de 2023.
- Mercado Livre. Potenciômetro Logarítmico A10k; Disponível em < <https://produto.mercadolivre.com.br/> >; Acesso em 29 de novembro de 2023.
- FLEXA, Vanessa do Socorro Neves. Sistema autônomo de irrigação com Arduino. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Faculdade de Computação, Campus Universitário de Castanhal, Universidade Federal do Pará, Castanhal, 2021. Disponível em < <https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/handle/prefix/4387> >; Acesso em 30 de novembro de 2023.
- LOURO, Pedro Victor Corrêa. Desenvolvimento de um sistema de irrigação automatizado e controlado por aplicativo para um quintal produtivo. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecatrônica) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Divinópolis, 2022. Disponível em < <https://www.eng-mecatronica.divinopolis.cefetmg.br/tcc-2021/> >; Acesso em 30 de novembro de 2023.
- SALLES, Maike Eduardo et al. Controle de irrigação inteligente: arduino, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Técnico em Mecatrônica) - Etec Paulino Botelho: São Carlos, 2023. Disponível em < <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/13567> >; Acesso em 30 de novembro de 2023.
- SALINDO, Anthony Bruno Pereira. A plataforma Arduino como estratégia tecnológica na criação de um sistema de irrigação de baixo custo para hortaliças. 2023. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Ciências Agrárias e do Ambiente) - Universidade Federal do Amazonas, Benjamin Constant (AM), 2023. Disponível em < <https://riu.ufam.edu.br/handle/prefix/6746> >; Acesso em 30 de novembro de 2023.
- CUNHA, Mateus Spindula Souza. Gerência e automação de irrigação de plantio com a utilização de arduino. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica de Goiás,

Goiânia (GO), 2022. Disponível em <
<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/4431> >; Acesso em 30 de
novembro de 2023.

Anexo 01 – Código fonte do Arduino

```
// Inclusão da biblioteca do LCD
#include <Adafruit_LiquidCrystal.h>
// Definição das variáveis
int sensor1 = 0;
int sensor2 = 0;
int sensor3 = 0;
int total = 0;
int media = 0;
int minimo = 0;
int maximo = 0;

Adafruit_LiquidCrystal lcd_1(0);

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  // Inicia os pinos seriais de saída
  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);
  pinMode(12, OUTPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);
  // Inicia o LCD
  lcd_1.begin(16, 2);
  // Inicia os pinos seriais de entrada
  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
  pinMode(A2, INPUT);
  pinMode(A3, INPUT);
  pinMode(A4, INPUT);
  // Inicia os pinos digitais como inicialmente ligado (11, 12, 13) ou desligado (7)
  digitalWrite(7, LOW);
  digitalWrite(11, HIGH);
  digitalWrite(12, HIGH);
  digitalWrite(13, HIGH);
}
```

```

void loop()
{
  sensor1 = map(analogRead(A0), 0, 872, 0, 100); // Mapeia o valor dos sensores como sendo de 0 a 100
  sensor2 = map(analogRead(A1), 0, 872, 0, 100);
  sensor3 = map(analogRead(A2), 0, 872, 0, 100);
  delay(1000); // Espera 1s
  total = (sensor1 + sensor2 + sensor3); // Soma o valor total dos 3 sensores
  media = (total / 3); // Calcula a media
  minimo = map(analogRead(A3), 0, 1023, 0, 100); // Mapeia a leitura dos potenciometros para valor
  maximo = map(analogRead(A4), 0, 1023, 0, 100);
  delay(1000); // Espera 1s
  if (media <= minimo) { // Se o valor medio da leitura dos sensores for igual ou menor que o minimo
    digitalWrite(7, HIGH); // Liga o Relé que ligará a solenoide
  }
  if (media >= maximo) { // Quando a media, atingir o valor maximo, desliga o relé
    digitalWrite(7, LOW);
  }
  lcd_1.setCursor(0, 0); // Mostra as leituras de minimo, maximo e media no LCD
  lcd_1.print("M:");
  lcd_1.print(minimo);
  lcd_1.print(" ");
  lcd_1.setCursor(8, 0);
  lcd_1.print("Max:");
  lcd_1.print(maximo);
  lcd_1.print(" ");
  lcd_1.setCursor(0, 1);
  lcd_1.print("Media: ");
  lcd_1.print(media);
  lcd_1.print(" ");
  Serial.println(total);
}

```