

ETEC DE EMBU
CENTRO PAULA SOUZA

ESTUFA INTELIGENTE PARA O CULTIVO DE PLANTAS E HORTALIÇAS

RELATÓRIO TÉCNICO

Autores:
Mario Silveira
Matheus Leal
Mikael Paes
Natasha Gascón
Pedro Henrique
Rafael Pinheiro de Almeida
Samir Silva
Samuel Militão
Sthefany Eloisa
Vitor Dourado

Orientadora: Professora Rosana

EMBU DAS ARTES
2025

Mario Silveira

Matheus Leal

Mikael Paes

Natasha Gascón

Pedro Henrique

Rafael Pinheiro de Almeida

Samir Silva

Samuel Militão

Sthefany Eloisa

Vitor Dourado

Relatório Técnico: Estufa automatizada com ESP32 - Semana Técnica

Trabalho apresentado à Escola Técnica Estadual de Embu (ETEC de Embu), do curso Técnico em Redes de Computadores para obtenção de menção.

Orientador: Professora Rosana.

EMBU DAS ARTES

2025

RESUMO

O projeto propõe uma estufa automatizada voltada ao cultivo de hortaliças, com uso do ESP32, sensores de solo, temperatura, luminosidade, pH, e um sistema de irrigação inteligente. A automação permite monitorar e controlar variáveis ambientais, exibindo os dados localmente (LCD) e remotamente (painel web). A equipe estruturou o projeto com fundamentação técnica obtida por meio de pesquisa de campo e entrevista com engenheiro agrônomo, abordando normas da ABNT, boas práticas agrícolas e requisitos de automação. Os sensores são protegidos contra poeira/umidade, e o sistema busca eficiência energética, sustentabilidade e possibilidade de replicação.

Palavras-chave: estufa inteligente; ESP32; automação agrícola; sensores.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Teste com Arduíno.....	19
Figura 2 – Resistores.....	20
Figura 3 - Conjunto de componentes (Arduino Uno R3, display LCD, Relé, sensor de umidade, luminosidade e temperatura)	20
Figura 4 - Display LCD.....	21
Figura 5 - Sensor de umidade do solo.....	21
Figura 6 - Sensor de luminosidade.....	22
Figura 7 - Conjunto de equipamentos (Relé, Placa de Ensaio, Tela, Arduino UNO)	24
Figura 8 - Relé.....	25
Figura 9 - Protótipo sendo testado com pés de alface.....	26
Figura 10 - Visão alternativa do protótipo sendo testado.....	27
Figura 11 – Tomada e fonte de alimentação.....	28
Figura 12 - Projeção base para a estrutura que suportará a cobertura da estufa.....	28
Figura 13 - Outro ângulo da estrutura que suportará a cobertura da estufa.....	29
Figura 14 - Ilustração da estrutura que sustentará a estufa.....	30
Figura 15 - Protótipo da estufa com cavidade interna.....	31
Figura 16 – Maquete do projeto.....	32
Figura 17 - Visão alternativa da maquete do projeto.....	33
Figura 18 – Maquete do projeto já com 2 mudas de hortaliças.....	34
Figura 19 – Integrantes realizando ajustes nas laterais da maquete.....	35
Figura 20 – Fazendo as conexões da parte eletrônica do circuito.....	36
Figura 21 - Imagem de um dos micro gotejadores juntamente ao sensor de umidade.....	37
Figura 22 - Instalação do reservatório de água para a estufa.....	37
Figura 23 – Adicionando a terra adubada à parte inferior da estrutura.....	38

Figura 24 – Display exibindo a inicialização.....	39
Figura 25 - Display exibindo o nível de iluminação.....	39
Figura 26 – Display exibindo a temperatura e o nível de umidade.....	40
Figura 27 – Display exibindo nível de luminosidade e armazenamento de água.....	40
Figura 28 – Display exibindo condições do reservatório de água e endereço IP.....	41
Figura 29 – Display exibindo a quantidade de luz e status.....	42
Figura 30 – Display exibindo nível de umidade e status.....	43
Figura 31 – Display exibindo a temperatura e status.....	44
Figura 32 - Informações descritivas do projeto apresentadas na página Web.....	45
Figura 33 - Tela inicial da página Web.....	46
Figura 34 - Exibição de informações para uso e manutenção na página Web.....	47
Figura 35 - Dashboard do ESP32 exibindo as informações em sua página Web.....	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	62
2 DESENVOLVIMENTO.....	6
2.1 Origem do projeto.....	6
2.2 Objetivos do projeto.....	6
2.3 Organização da equipe.....	7
2.3.1 Cronograma e metas.....	7
2.4 Relatório da Pesquisa de campo.....	7
2.4.1 Transcrição da Entrevista:.....	8
2.4.2 Contribuições Técnicas do Entrevistado	10
2.4.3 Normas que serão usadas no projeto.....	10
2.4.4 Benefícios da pesquisa de campo.....	11
2.5 Estrutura para o circuito.....	11
2.6 Sistema de automação.....	12
3 IMAGENS DOS COMPONENTES DO PROJETO	18
3.1 Imagens do protótipo para a estrutura física.....	27
3.2 Imagens da estrutura física da maquete.....	31
3.3 Imagens da montagem e instalação dos componentes da maquete.....	33
3.4 Exibição das informações de forma presencial e remota.....	39
4 DESENVOLVIMENTO DO CÓDIGO E INTEGRAÇÃO DOS COMPONENTES.....	47
4.1 Bibliotecas Utilizadas.....	48
4.2 Comunicação entre o ESP 32 e os sensores.....	49
4.3 Lógica do Código e Tratamento dos Dados.....	50
4.4 Segurança e robustez.....	50
5 CONCLUSÃO.....	51
6 REFERÊNCIAS.....	5

1 INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta o desenvolvimento de um sistema de automação para o cultivo de plantas, com foco em hortaliças, utilizando a plataforma ESP32. O projeto será apresentado na Semana Técnica da turma B do curso de Redes de Computadores. O objetivo principal é otimizar o controle de variáveis ambientais como temperatura, umidade, nutrientes do solo e luminosidade, essenciais para o cultivo saudável de plantas. A proposta busca eficiência energética, sustentabilidade e aplicação prática, podendo ser utilizada em hortas comunitárias ou ambientes urbanos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Origem do projeto

A ideia para o desenvolvimento da estufa automatizada surgiu da observação de um problema recorrente no cultivo de plantas em ambientes controlados: a dificuldade de manter condições ideais de irrigação, luminosidade e monitoramento, especialmente quando o acompanhamento humano não é constante. Essa necessidade prática foi percebida em pequenos produtores, hortas urbanas e até em projetos escolares, onde a falta de automação frequentemente leva ao desperdício de água, ao estresse hídrico das plantas ou à redução da produtividade.

Como solução, buscamos inspiração no avanço da agricultura 4.0 e no uso de tecnologias acessíveis, como microcontroladores Arduino e ESP32, que permitem criar sistemas de baixo custo e alta eficiência. Além disso, a proposta também tem caráter educacional, pois integra conhecimentos de eletrônica, programação e agronomia em um único projeto aplicado. Assim, a estufa automatizada não surgiu apenas como um protótipo funcional, mas como uma resposta prática e sustentável a um problema real: como garantir eficiência hídrica e produtiva em ambientes de cultivo controlados, utilizando recursos tecnológicos acessíveis.

2.2 Objetivos do projeto

O objetivo geral do projeto é criar uma estufa automatizada que monitore e controle, de forma inteligente, as condições ambientais por meio de sensores e atuadores conectados ao ESP32. Entre os objetivos específicos estão:

- Medir temperatura, umidade do solo, luminosidade e nutrientes do solo.
- Realizar irrigação automática quando necessário.
- Exibir os dados em um display LCD e em um painel web que utiliza o próprio ESP32 como servidor web.
- Apresentar um sistema funcional, fácil de instalar, visualmente atrativo e com potencial de replicação.

2.3 Organização da Equipe

Código e montagem: Matheus Leal, Rafael Pinheiro (Líder), Samir Silva, Vitor Dourado.

Relatório e Apresentação: Mario Silveira, Mikael Paes, Samuel Militão.

Maquete e Design Físico: Pedro Henrique, Natasha Gascón, Sthefany Eloisa.

2.3.1 Cronograma e metas

12/03/2025: Formação dos grupos na turma B.

13/03/2025: Criação do grupo de WhatsApp para comunicação.

03/04/2025: Votação das ideias de projeto;

10/04/2025: Definição do tema (cultivo de plantas com Arduino);

28/05/2025: Distribuição das funções entre os membros;

Até 30/06/2025: Aquisição de todos os componentes;

04/07: Iniciar o desenvolvimento do código, prototipação e estrutura física do projeto.

18/08: Término da estrutura da estufa.

22/08: Aquisição do sensor de luminosidade e fonte para a bomba submersível

24/08 Término dos acabamentos da estrutura

28/08 Código e sensores completamente funcionais

06/09 Página web da estufa finalizada e funcional

13/09 Configuração e implementação do sensor de PH no circuito

17/11 Apresentação

2.4 Relatório da pesquisa de campo

Para a pesquisa de campo, realizamos uma entrevista com um engenheiro agrônomo experiente, com 15 anos de profissão, tendo trabalho em empresas com a Embrapa e com registro CREA ativo. A entrevista teve como objetivo coletar informações técnicas com um profissional experiente na área de agronomia para apoiar o desenvolvimento de um projeto escolar sobre estufas inteligentes. O foco foi em normas técnicas, boas práticas, automação de sistemas agrícolas e sensores aplicáveis.

O meio de comunicação foi a rede social Reddit, na qual o grupo realizou uma postagem pedindo a ajuda de profissionais e estabeleceu uma conexão com um engenheiro agrônomo experiente e solícito.

Nossa entrevista teve como base duas importantes perguntas elaboradas para a entrevista: Quais boas práticas o senhor recomenda para o cultivo em estufas automatizadas? E quais normas técnicas devem ser seguidas em projetos como este?

2.4.1 Transcrição da entrevista

Rede social utilizada para comunicação da postagem: Reddit

Link da postagem:

Entrevistador: Rafael Pinheiro de Almeida (usuário Crowbr13).

Entrevistado: Dr. Marcelo Jordão Filho (usuário lasanha-with-pizza).

Profissão: Engenheiro Agrônomo.

Registro profissional: CREA-SP nº 506317892-3

Experiência: mais de 15 anos na área.

Rafael Pinheiro de Almeida (Crowbr13): [...] Estou desenvolvendo um projeto de estufa automatizada com sensores de umidade, temperatura, pH e nutrientes, controlados por um microcontrolador (ESP32). Poderia contribuir com informações sobre boas práticas de cultivo em estufas, aplicações da automação na agronomia e normas técnicas relacionadas?

Dr. Marcelo Jordão Filho (lasanha-with-pizza): As boas práticas no cultivo em estufas envolvem o monitoramento constante de fatores como umidade, temperatura, adubação e controle de doenças. Estufas permitem maior controle ambiental, essencial para culturas como morango e tomate, especialmente em regiões semiáridas. Sobre automatização, os sistemas mais comuns são irrigação automática com fertirrigação, ventiladores automáticos e sensores de umidade do solo, temperatura, e em projetos de pesquisa, sensores de luminosidade e câmeras. Na prática, os sensores mais utilizados são os de umidade relativa do ar, solo e temperatura. As normas técnicas incluem licenciamento ambiental, uso de defensivos agrícolas e normas da ABNT para construções. Recomendo material técnico da Embrapa sobre o tema.

Rafael Pinheiro de Almeida (Crowbr13): Agradeço pela resposta detalhada. Poderia compartilhar sua formação, registro profissional e, se possível, algum perfil profissional para que possamos referenciá-lo oficialmente no projeto?

Dr. Marcelo Jordão Filho (lasanha-with-pizza): Sou engenheiro agrônomo com CREA-SP, já atuei em projetos com a Embrapa e desenvolvimento de softwares para adubação alternativa. Hoje trabalho como fiscal após aprovação em concurso público, mas continuo buscando concursos na área de pesquisa e extensão. Sobre sensores, considero lumens pouco úteis — foram usados apenas em pesquisa — e as câmeras, melhores para segurança. Sugiro o uso de armadilhas específicas para monitoramento de pragas. Pode me referenciar como 'lasanha-with-pizza'.

2.4.2 Contribuições técnicas do entrevistado

- Calibração de sensores: Umidade e temperatura devem ser calibradas corretamente.
- Proteção eletrônica: Componentes precisam estar protegidos da umidade e da poeira.
- Automação recomendada: Uso de irrigação automática, fertirrigação, ventilação e sensores de solo.
- Tecnologias úteis: Sensores de umidade do ar e do solo, temperatura e armadilhas físicas para controle de pragas (em vez de sensores de luminosidade).
- Normas recomendadas: Normas da ABNT e materiais técnicos da Embrapa sobre construção e operação de estufas.
- Importância da coleta de dados: Para otimizar o uso de água e adubos e melhorar o desempenho das culturas.

2.4.3 Normas que serão usadas no projeto:

Nosso projeto técnico da estufa automatizada foi pensado não apenas na parte tecnológica, mas também no alinhamento com normas técnicas nacionais e internacionais, que garantem segurança, qualidade e sustentabilidade.

Começando pela ISO/IEC 25010, que trata da qualidade de software, seguimos seus princípios no desenvolvimento do sistema embarcado no ESP32 e no painel web. Isso se reflete na confiabilidade da coleta de dados, na segurança das informações e na experiência do usuário ao visualizar e controlar o sistema.

Na parte elétrica, seguimos a NBR 5410, que regulamenta instalações elétricas de baixa tensão. Essa norma foi fundamental para o dimensionamento correto dos circuitos, a proteção contra sobrecarga e a segurança no uso da bomba de água, dos relés e dos demais componentes. Assim, garantimos proteção tanto para as pessoas quanto para os equipamentos.

Do ponto de vista ambiental, buscamos nos alinhar à ISO 14001, que estabelece diretrizes para um sistema de gestão ambiental. Isso aparece no uso eficiente da água, na automação que evita desperdícios e no cuidado em reduzir impactos ambientais negativos. Também adotamos como referência as Boas Práticas Agrícolas propostas pela Embrapa, incorporando no projeto práticas de manejo responsável, controle da irrigação, segurança alimentar e sustentabilidade na produção agrícola.

Quanto à proteção dos sensores, consideramos a NBR IEC 60529, que define os graus de proteção IP contra poeira e umidade. Isso orientou nossa escolha e montagem dos sensores, assegurando que funcionem corretamente mesmo em ambientes úmidos, como dentro de uma estufa. Já a ISO/IEC 17025 é usada como base para a calibração e ensaio dos sensores de temperatura, umidade e pH, garantindo que as medições sejam precisas, confiáveis e replicáveis.

Além dessas, vale citar outras normas que são úteis ao projeto:

A ISO 9001, relacionada à gestão da qualidade, que norteia nossa preocupação em documentar todo o processo e manter uma metodologia de trabalho organizada.

A NBR 5419, que trata da proteção contra descargas atmosféricas, importante para projetos em áreas agrícolas sujeitas a raios, lembrando que a estufa utiliza sistemas elétricos sensíveis.

A NR-10, norma regulamentadora de segurança em instalações elétricas, que reforça as práticas seguras no manuseio e na montagem do sistema.

Portanto, nosso projeto não apenas entrega uma solução de automação agrícola, mas também demonstra alinhamento com normas reconhecidas nacional e internacionalmente. Isso assegura robustez, confiabilidade e sustentabilidade, ao mesmo tempo em que reforça o caráter educativo e comunitário da proposta.

2.4.4 Benefícios da pesquisa de campo

A pesquisa de campo, combinada com a entrevista técnica com um engenheiro agrônomo proporcionou uma base sólida para o desenvolvimento do projeto. O uso de normas técnicas e boas práticas garante a viabilidade, segurança e sustentabilidade da estufa automatizada, com potencial para replicação em ambientes urbanos e rural.

2.5 Estrutura para o circuito

Largura X Comprimento: (45 cm x 33 cm internamente).

Altura: 44 cm interna (2,5 cm acima dos 5 cm dos componentes) é suficiente para mexer no circuito e dissipar calor.

Furos para Ventilação: 4-6 furos de 5-8 mm na tampa (ou laterais superiores) e 2-4 furos nas laterais inferiores para fluxo de ar. Use telas de nylon para evitar poeira.

Por que?: Evita que o ESP32 e conversores passem de 70°C (conforme IPC-2221 adaptada).

2.6 Sistema de Automação

Ao detectar baixa umidade do solo, o sistema aciona automaticamente a bomba de irrigação. Todos os dados coletados são exibidos no display LCD e enviados ao painel online. O sistema conta com os seguintes componentes:

ESP32 DevKit v1 (38 pinos) - Tensão de Alimentação: 4,5 a 12,0 VDC (Pino Vin) - Serve como uma entrada de alimentação para a placa e seus componentes. Ele permite alimentar o ESP32 e seus periféricos com uma tensão externa regulada, sendo uma opção além da alimentação via USB (5V). Especificações:

Tensão de operação: 3,3V

Frequência do relógio: 240 MHz

Capacidade SRAM: 512 KB

Capacidade de EEPROM: 384 KB

Comprimento x Largura x Altura: 6.3 cm x 2.8 cm x 0.5 cm

Peso: 10 g

Quantidade de entradas analógicas: 32

Quantidade de pinos digitais de entrada e saída: 32

Display LCD 16X2 3V-5V 120 μ A - Permite ao usuário visualizar os dados em tempo real diretamente no ambiente físico do protótipo.

Sensor capacitivo de umidade do solo v1.2 3,3V 5mA - Tem o princípio de funcionamento por indução capacitiva para detectar a umidade do solo e informá-la ao display. Especificações:

Tensão de Operação: 3,3 V

Saída Analógica (0 a 3 V)

Dimensões: 22 mm x 102 mm x 7 mm

Comprimento Cabo: 20 cm

Sensor de temperatura DS18B20 (à prova d'água), 3,5-5V 1,5mA – Sua função é medir a temperatura da planta e informá-la ao display. Especificações:

Corpo Resistente: Feito de aço inoxidável de 6x50mm, é durável e à prova d'água, ideal para uso em ambientes aquáticos.

Tecnologia 1-Wire: Permite conectar vários sensores em um único pino digital, simplificando a montagem e expansão do seu projeto.

Cabo Durável: Possui um cabo de 1 metro revestido em PVC, que oferece durabilidade e flexibilidade.

Ampla Faixa de Medição: Opera entre -55°C e +125°C com alta precisão.

Sensor BH1750 (luminosidade) 3V-5V 120 μ A - Mede a intensidade da luz ambiente em lux, sendo capaz de detectar uma ampla faixa de intensidade luminosa, variando de 1 a 65535 lux, e oferece alta precisão e resolução.

Sensor de PH do solo 5V 10mA - mede a acidez ou alcalinidade do solo, utilizando a concentração de íons de hidrogênio (H⁺) como referência, e converte a medição em um sinal elétrico, e o envia para o display.

Relé 3V - É um dispositivo eletromecânico que funciona como um interruptor controlado eletricamente, permitindo o controle de circuitos de alta potência com um sinal de baixa potência, ele utiliza uma bobina para gerar um campo magnético que aciona um mecanismo para abrir ou fechar contatos, controlando o fluxo de corrente em outro circuito.

Mini bomba d'água: Tem a função de fazer circular o líquido refrigerante pelo motor, sendo assim, ela é uma das responsáveis por manter a temperatura ideal do motor evitando assim o famigerado superaquecimento e consequentes problemas maiores como um motor fundido. Especificações:

- Voltagem adequada: VDC 3 A 6V;
- Corrente em máxima eficiência: ~200mA;
- Elevação máxima: 40-110 cm
- Vazão: 80-120L/h
- Diâmetro externo de saída de água: 7,45 mm/0,3"
- Dentro interno de saída de água: 4,7 mm/0,18"
- Diâmetro: aprox. 24 mm/0,95"
- Comprimento: aprox. 45 mm/1,8"
- Altura: aprox. 33 mm/1,30"
- Material: plástico de engenharia
- Peso: 26g.

Protoboard e Jumpers - A Protoboard serve para montagem rápida e flexível de circuitos eletrônicos; E os Jumpers para interligar os componentes e a Protoboard.

Estrutura da estufa – Trata-se de toda a estrutura física que compõe a estufa, materiais como acrílico, plástico, madeira etc.

2.6.1 Apresentação dos dados e interação com o usuário

O sistema desenvolvido para a estufa automatizada visa não apenas captar os dados ambientais de forma precisa, mas também exibi-los de forma clara, acessível e amigável ao usuário, seja localmente ou remotamente.

2.6.2 Exibição Local – Display LCD 16x2

O display LCD I2C 16x2 instalado na estrutura da estufa permite ao usuário visualizar os dados em tempo real diretamente no ambiente físico do protótipo. Como o display tem apenas duas linhas, o sistema foi programado para alternar automaticamente as informações a cada intervalo de 5 segundos, exibindo dois parâmetros por vez. Abaixo o ciclo de exibição no LCD:

[Temperatura]

Temp: 25.4°C

[Umidade do Solo]

Solo: 53%

[Sensor de pH]

pH: 6.8

[Luminosidade]

Luz: 821 lx

O sistema usa um loop millis() para não bloquear o código com delay(), permitindo a rotação contínua de dados.

2.6.3 Exibição Remota – Painel Web Responsivo

O ESP32 também atua como servidor web, oferecendo uma interface acessível via navegador (PC ou celular) conectados à mesma rede Wi-Fi. O painel web foi projetado com HTML e CSS leve, usando recursos básicos do ESPAsyncWebServer para minimizar o uso de memória RAM e Flash. Abaixo as funcionalidades do painel:

- Exibição em tempo real dos dados dos sensores.
- Botões para ativar/desativar manualmente o sistema de irrigação.
- Gráfico estático (básico) das últimas leituras registradas (em futura versão).

Abaixo, exemplo de layout da interface conforme a imagem:



--- ESTUFA INTELIGENTE ---

Temperatura: 25.4°C

Umidade do Solo: 53%

pH da Água: 6.8

Luminosidade: 821 lx

[Histórico]

Arquivo: historico_23_07.txt

→ Download

O painel é responsivo, se adaptando à tela de smartphones. Isso permite que o agricultor ou o usuário possa monitorar o ambiente da estufa mesmo à distância, desde que esteja conectado à rede do ESP32 ou a uma rede roteada com ele.

Simulação de Leitura – Sensor de pH

O sensor de pH instalado mede a acidez da água utilizada para irrigação. Ele fornece um valor analógico entre 0 e 1023, o qual é convertido por uma função calibrada no código para um valor de pH entre 0.00 e 14.00. Abaixo, exemplo de conversão no código:

```
int leituraPH = analogRead(pinoPH);
float tensaoPH = leituraPH * (3.3 / 4095.0);
float valorPH = mapearPH(tensaoPH); // função de calibração
```

Simulação de exibição no painel:

Sensor de pH: 6.8 → Ideal para hortaliças

Condição: pH neutro

Histórico de Dados (Cartão SD)

Todos os dados captados pelos sensores também são gravados em um cartão microSD. Os arquivos são organizados por data e contêm registros como:

[23/07/2025 - 14:35]

Temp: 25.4°C

Umid: 53%

pH: 6.8

Lum: 821 lx

[23/07/2025 - 14:40]

Temp: 25.8°C

Umid: 49%

pH: 6.9

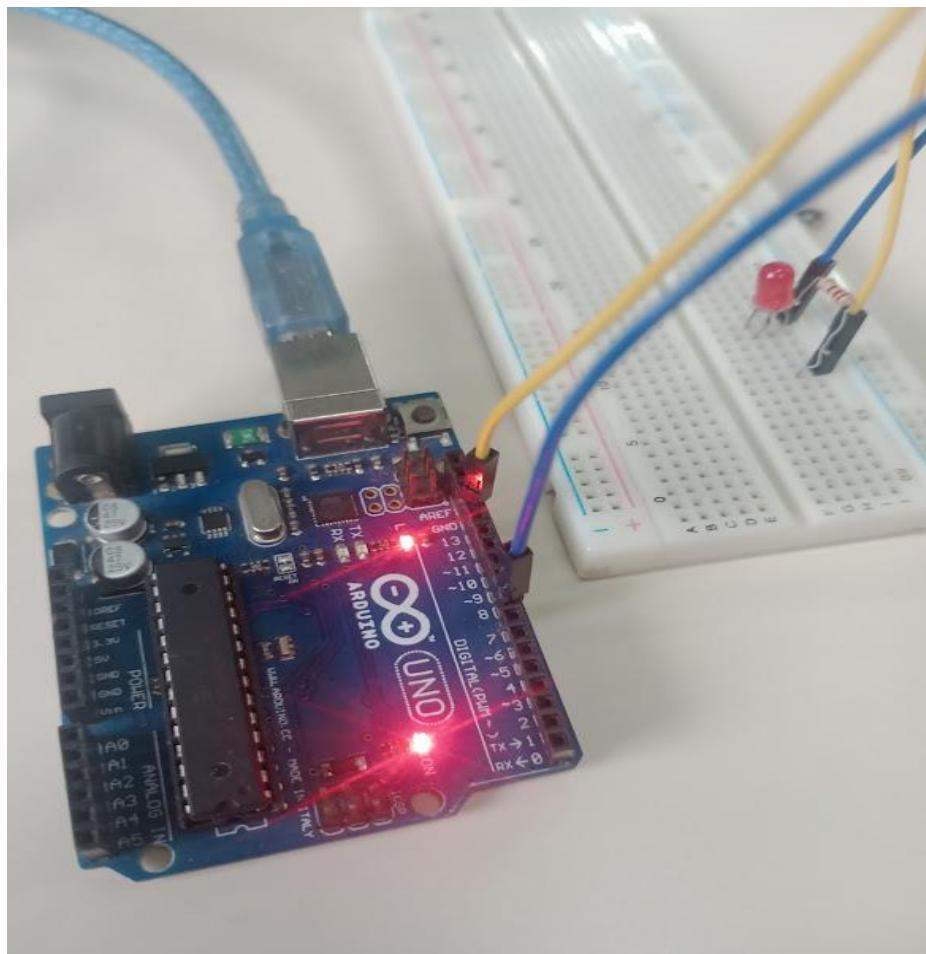
Lum: 803 lx

O painel web oferece um link para download do histórico atual, facilitando a análise posterior em ferramentas como Excel ou Google Sheets.

Com esse modelo de interação, o projeto oferece transparência, usabilidade e autonomia, permitindo que o usuário visualize as condições da planta em tempo real e tome decisões com base em dados precisos.

3. Imagens dos componentes eletrônicos do projeto:

Figura 1:



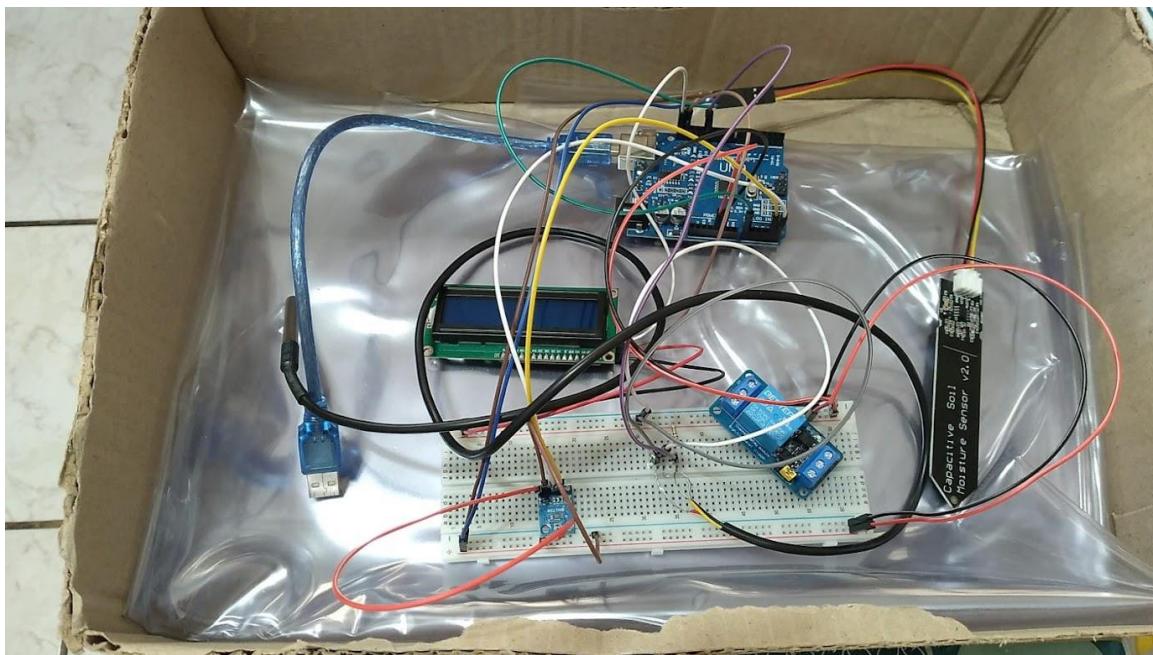
Descrição: Conforme a imagem vemos um teste do Arduino utilizando LEDs. O mesmo permite que os usuários controlem dispositivos externos, interajam com sensores e executem tarefas automatizadas.

Figura 2:



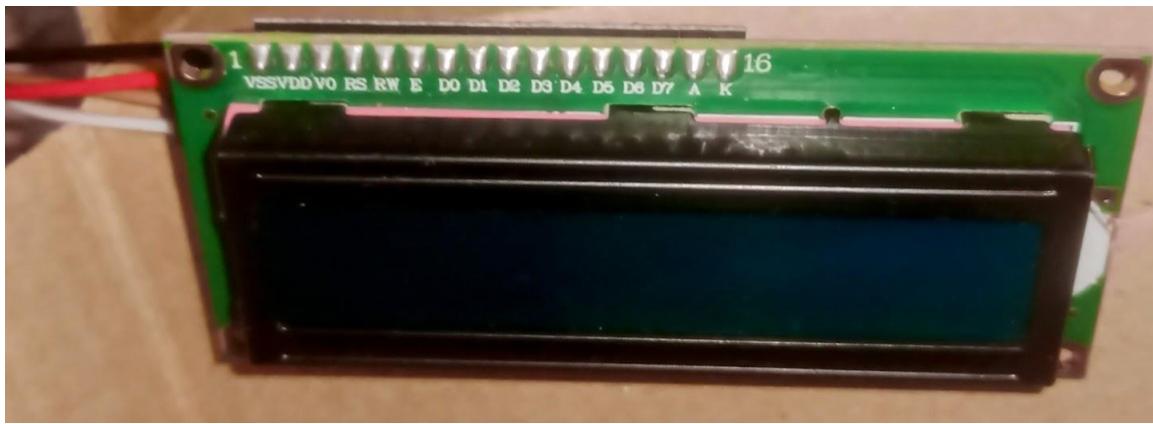
Descrição: Os resistores servem para regular a tensão, para que não danifique os outros componentes.

Figura 3:



Descrição: Operando testes dos equipamentos e do código.

Figura 4:



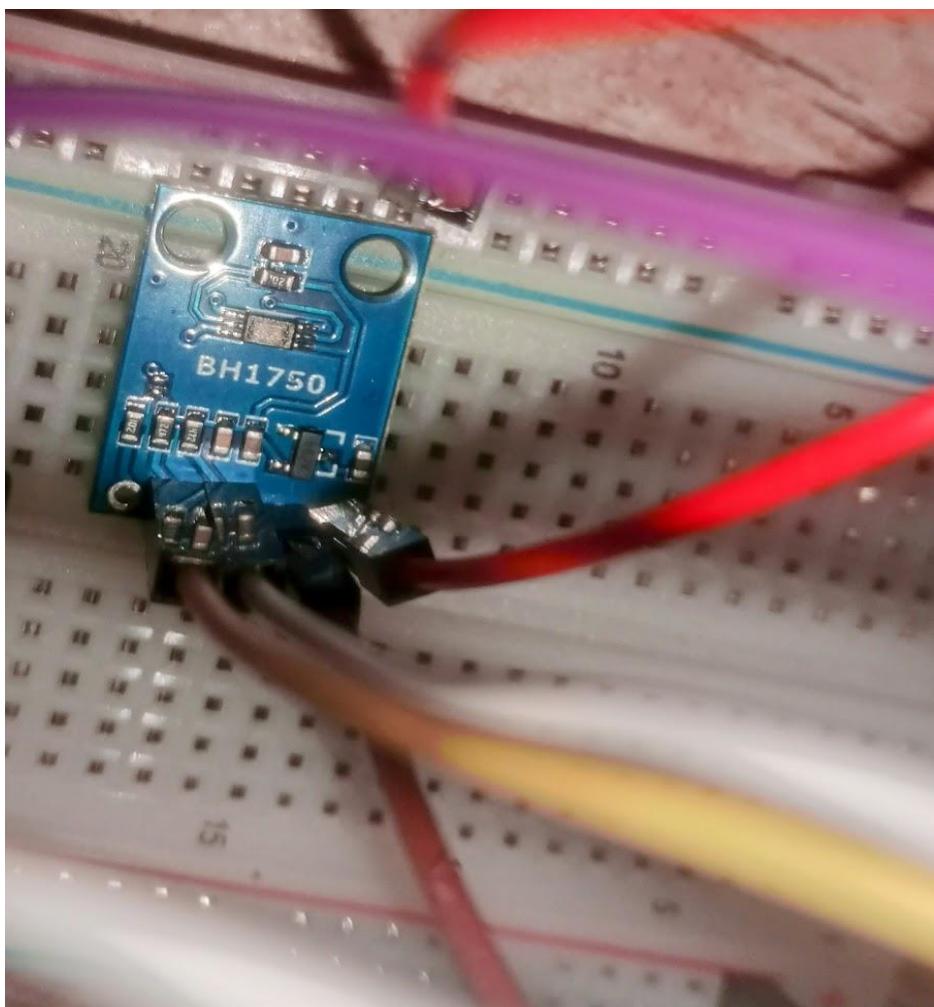
Descrição: O Display serve para exibir informações visuais no projeto eletrônico de forma temporária e flexível.

Figura 5:



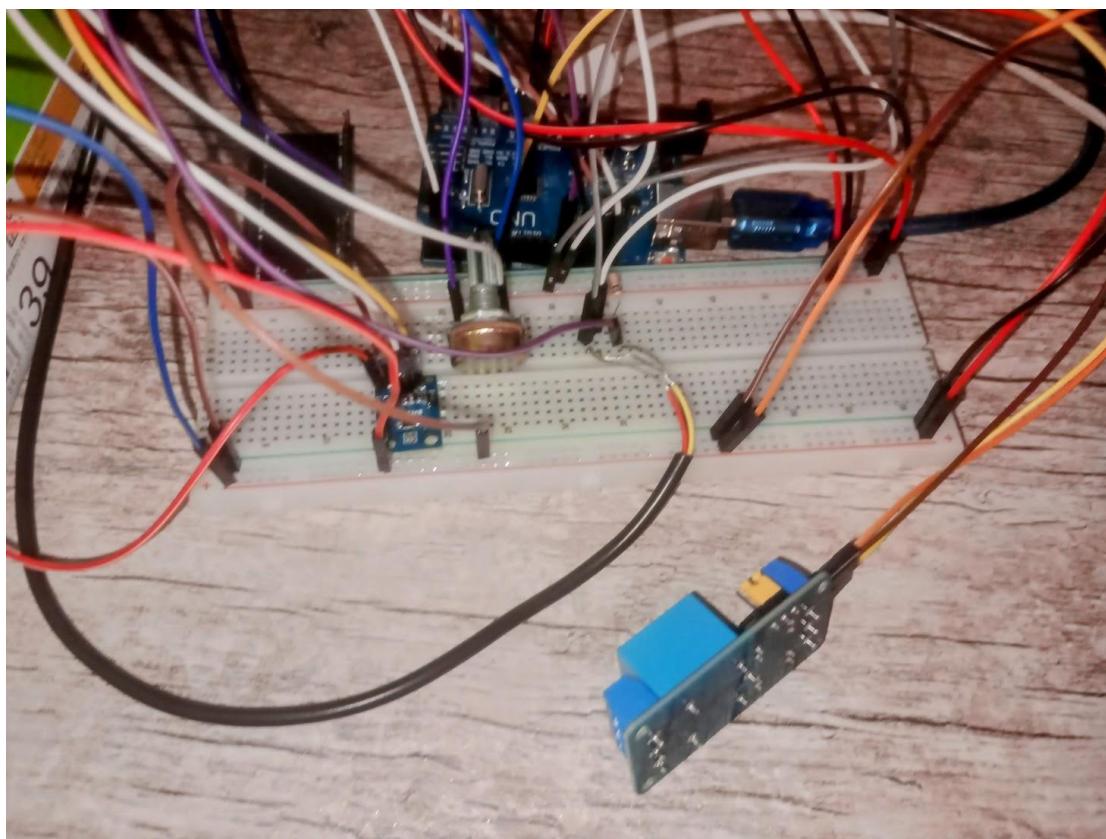
Descrição: O sensor de umidade é Usado Para Medir a Umidade

Figura 6:



Descrição: O sensor de luminosidade mede a intensidade luminosa em Lux.

Figura 7:



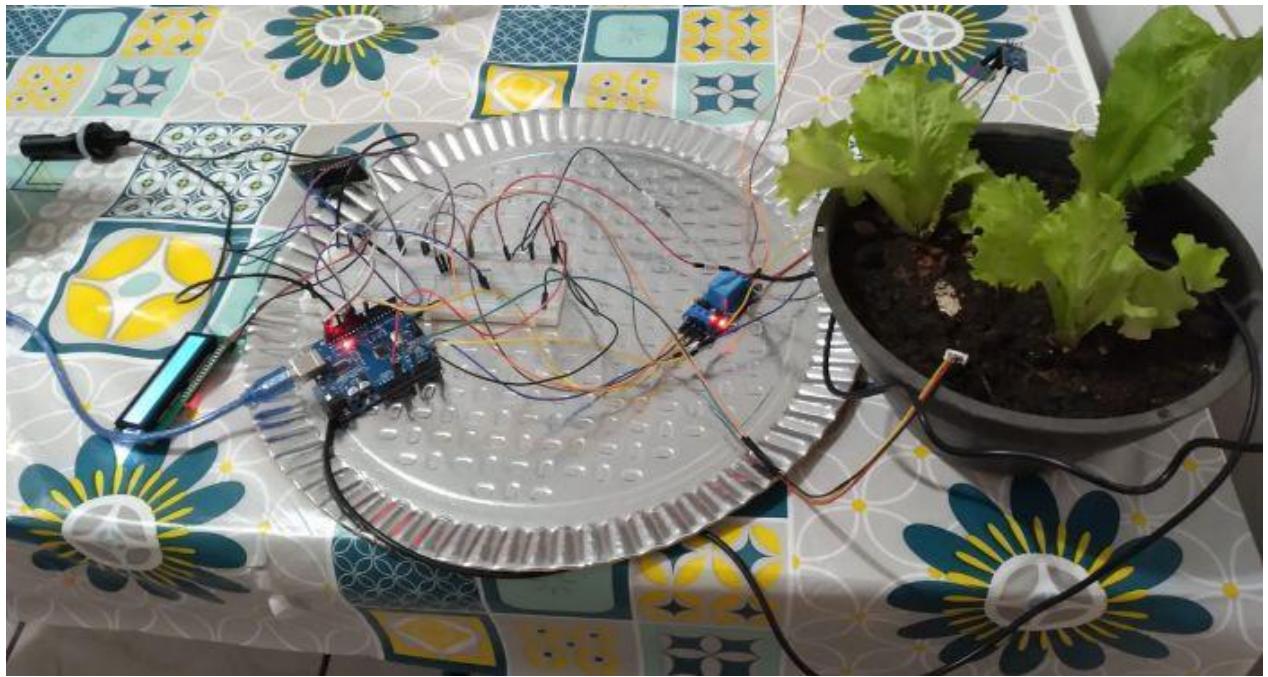
Descrição: Operando testes dos equipamentos e do código

Figura 8:



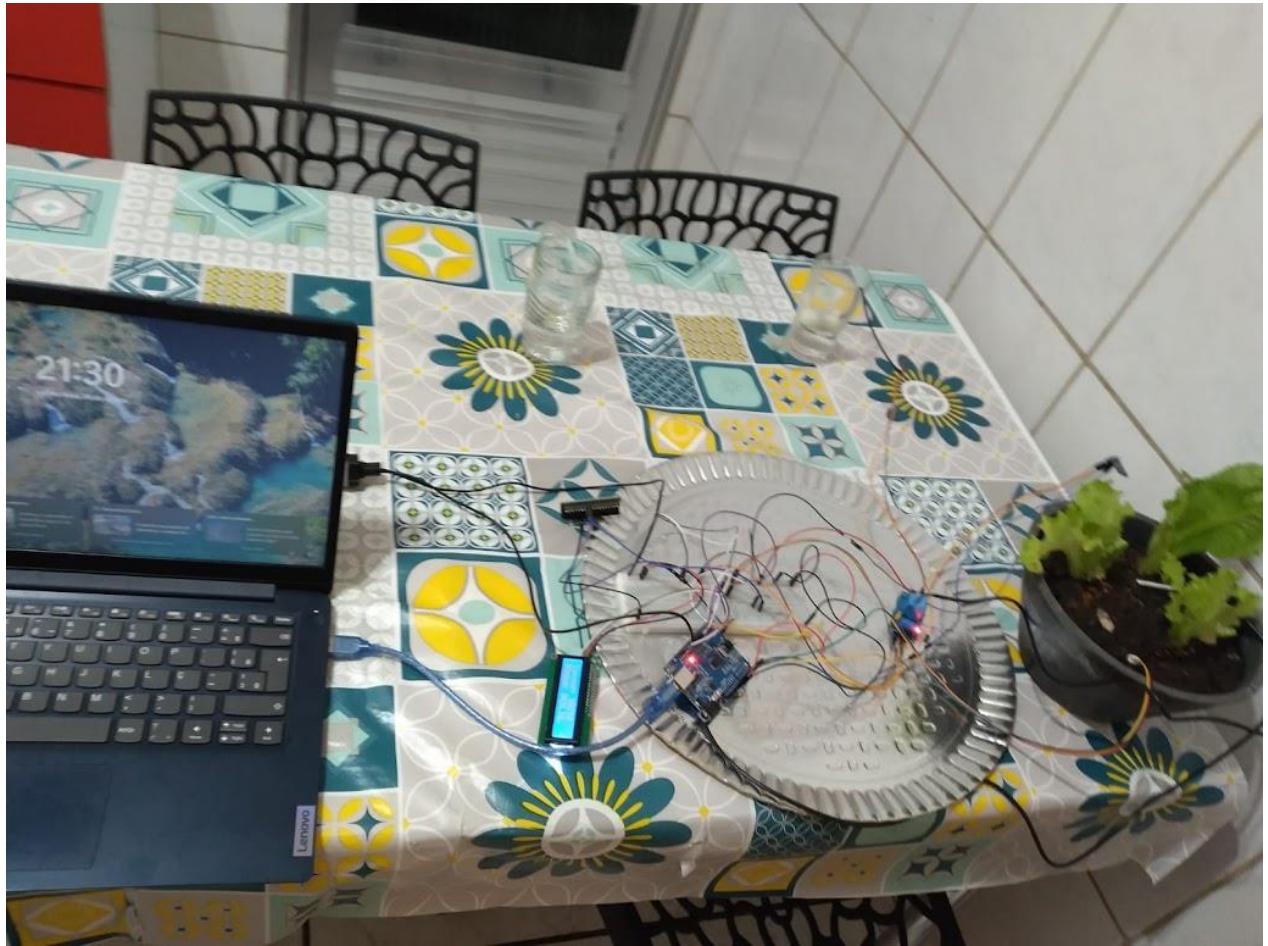
Descrição: O relé serve como um interruptor eletricamente controlado, permitindo que o Arduino controle cargas de alta potência ou tensão que ele não conseguiria diretamente.

Figura 9:



Descrição: Protótipo sendo testado com pés de alface.

Figura 10:



Descrição: Visão alternativa do protótipo sendo testado.

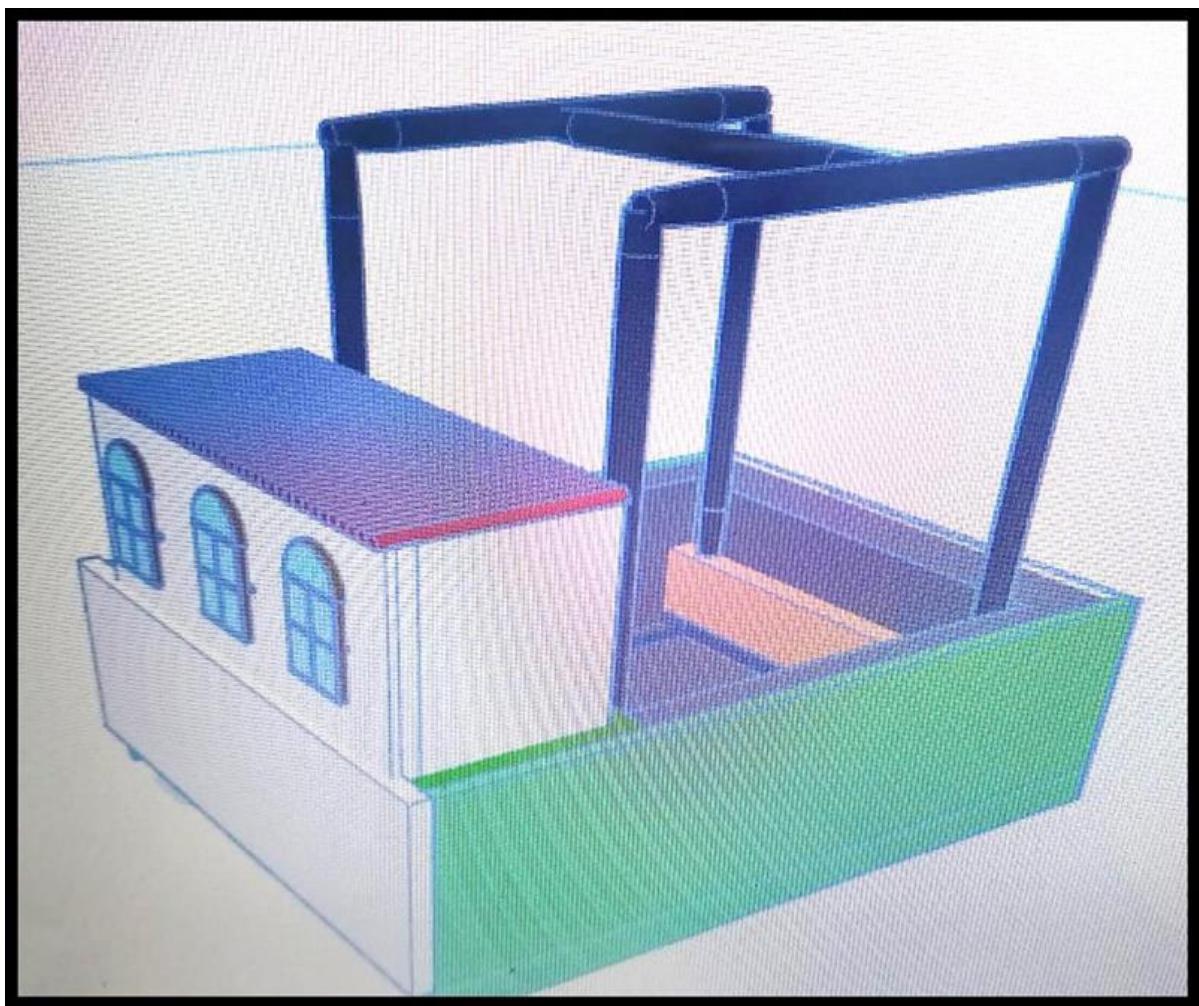
Figura 11:



Descrição: Tomada (110 Volts) e fonte de alimentação do projeto (5 Volts).

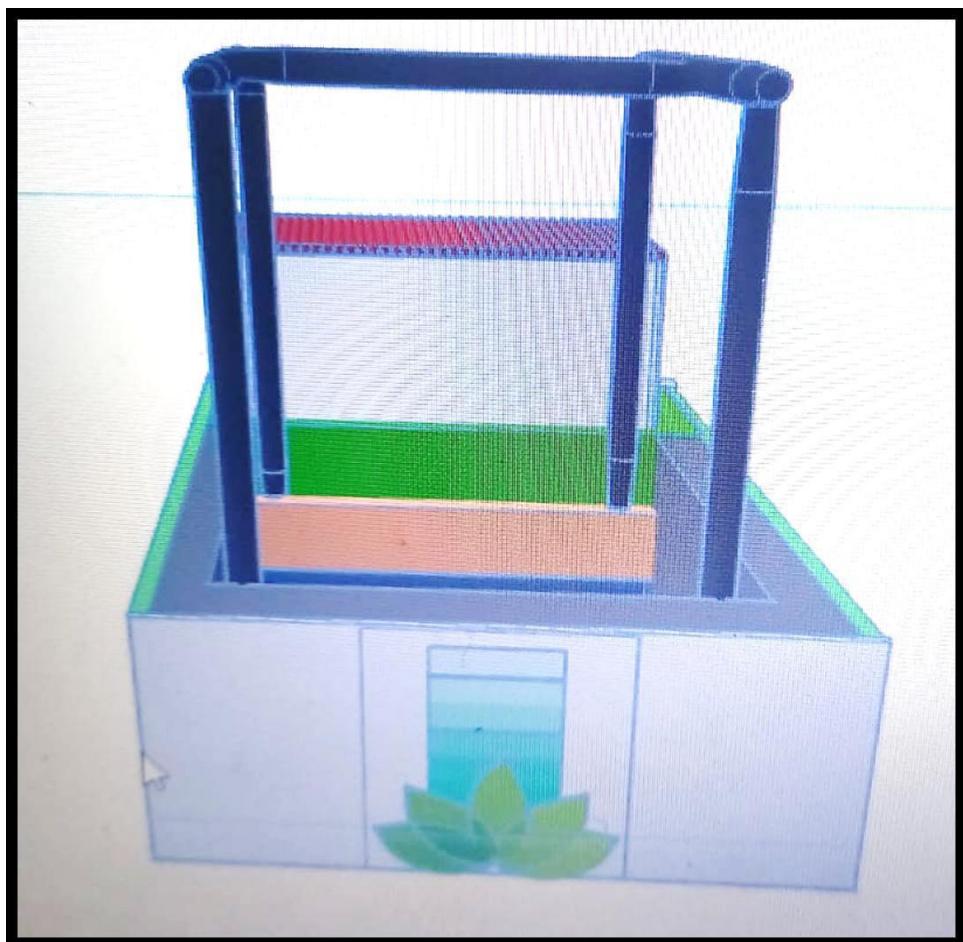
3.1 Imagens do protótipo para a estrutura física da maquete:

Figura 12:



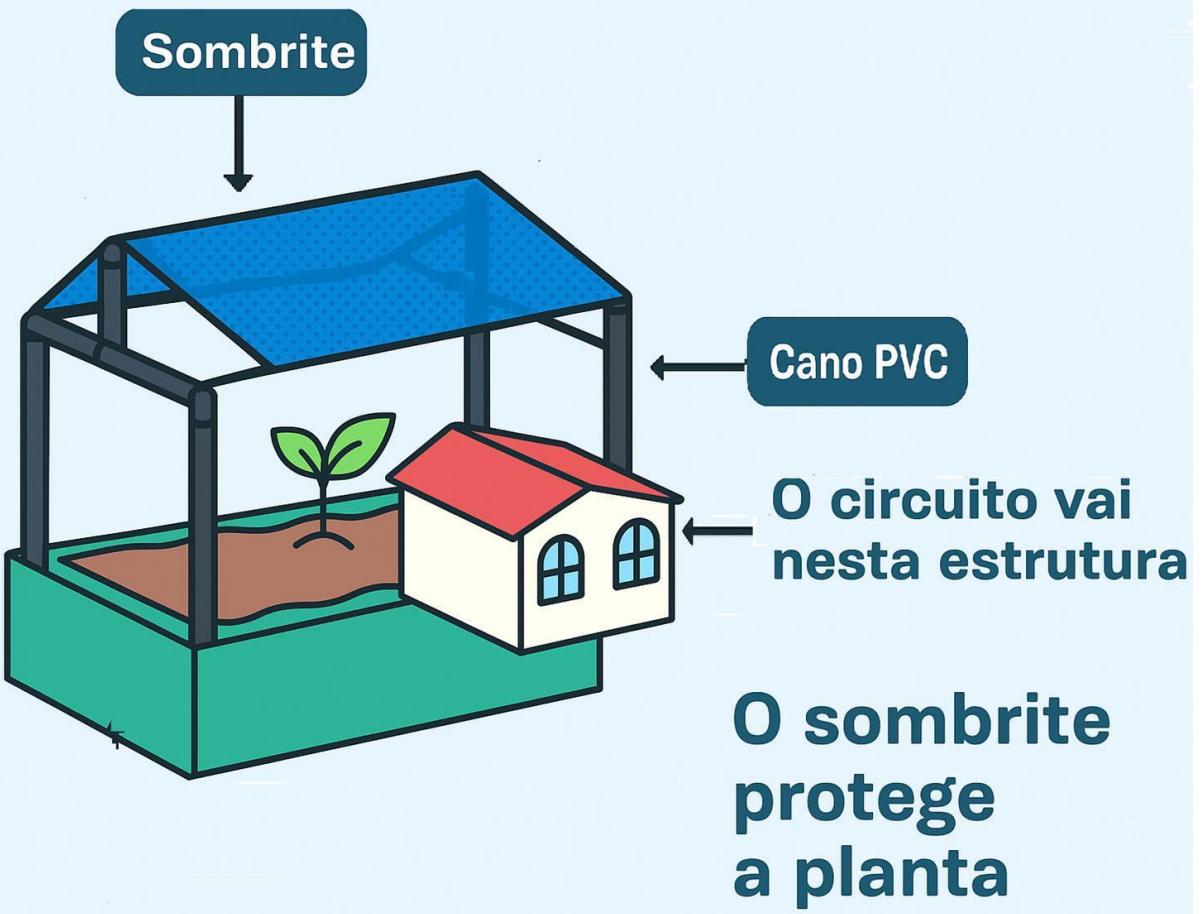
Descrição: Projeção base para a estrutura que suportará a cobertura da estufa.

Figura 13:



Descrição: Outro ângulo da estrutura que suportará a cobertura da estufa.

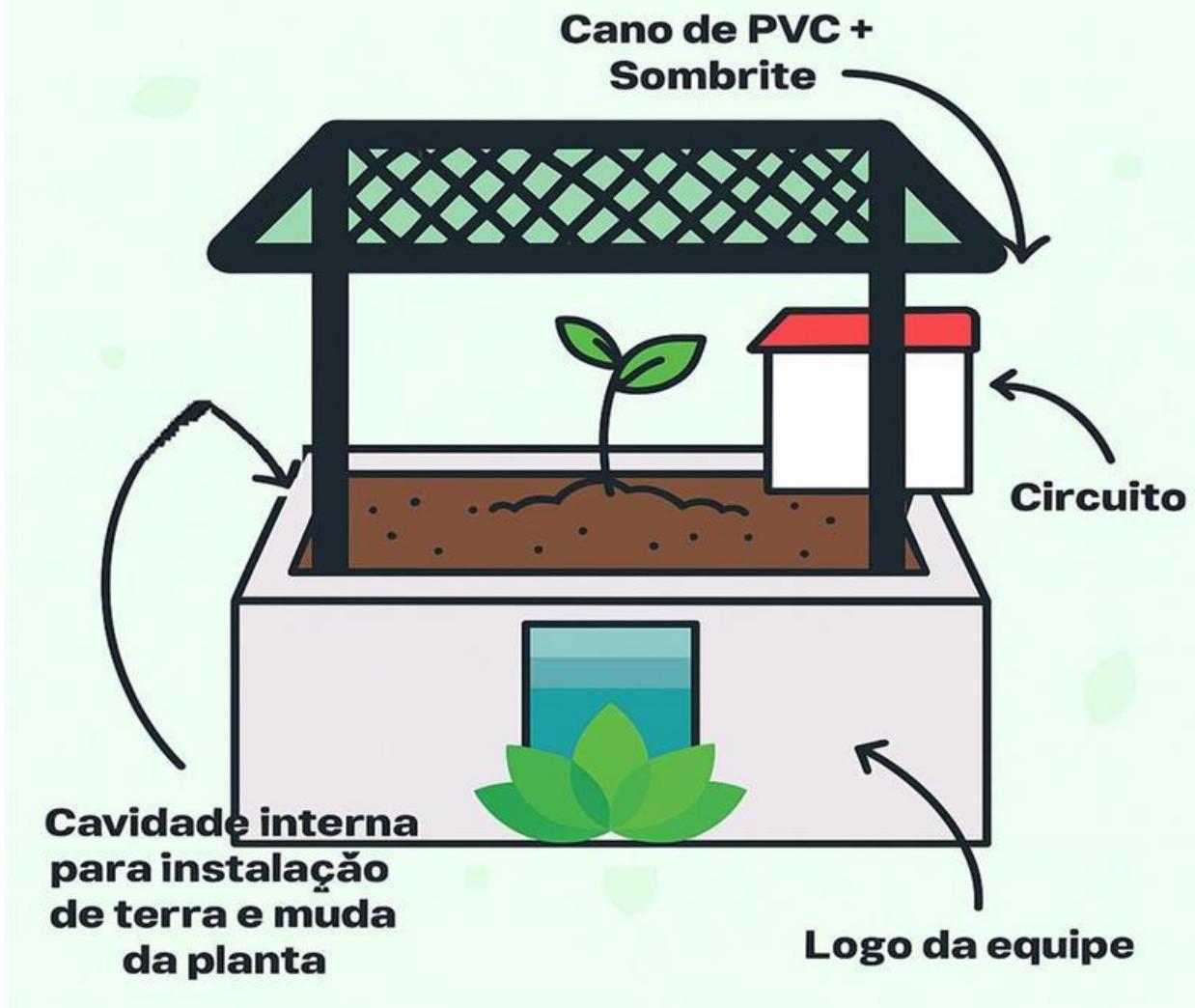
Figura 14:



Descrição: Ilustração da estrutura que sustentará a estufa.

Figura 15:

Protótipo da estufa



Descrição: Protótipo da estufa com cavidade interna para a instalação de terra e muda da planta.

3.2 Imagens da estrutura física da maquete:

Figura 16



Descrição: Maquete do projeto.

Figura 17:



Descrição: Visão alternativa da maquete.

Figura 18:



Descrição: Maquete do projeto já com 2 mudas dentro e a logo do grupo

3.3 Imagens da montagem e instalação dos componentes da maquete

Figura:19



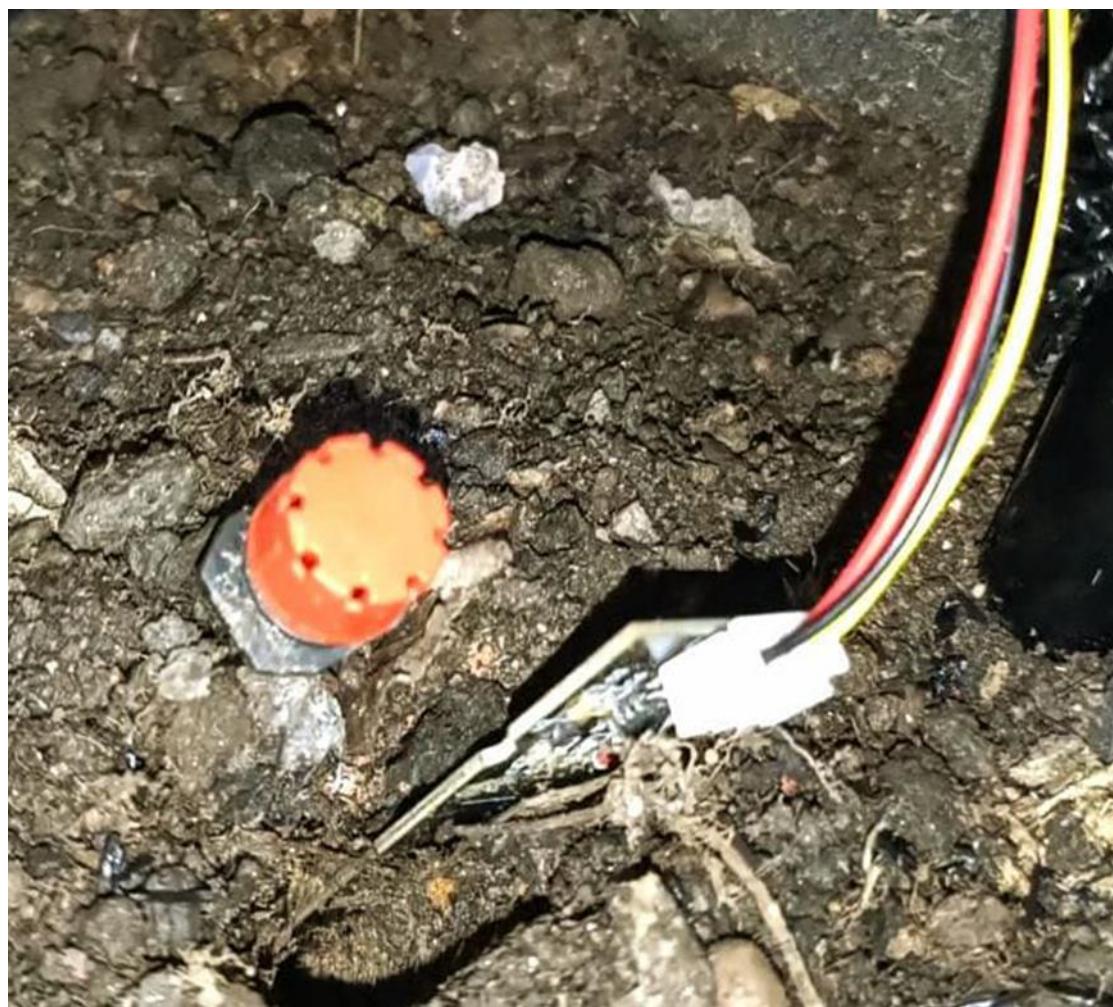
Descrição: Integrantes realizando ajustes nas laterais da maquete.

Figura 20:



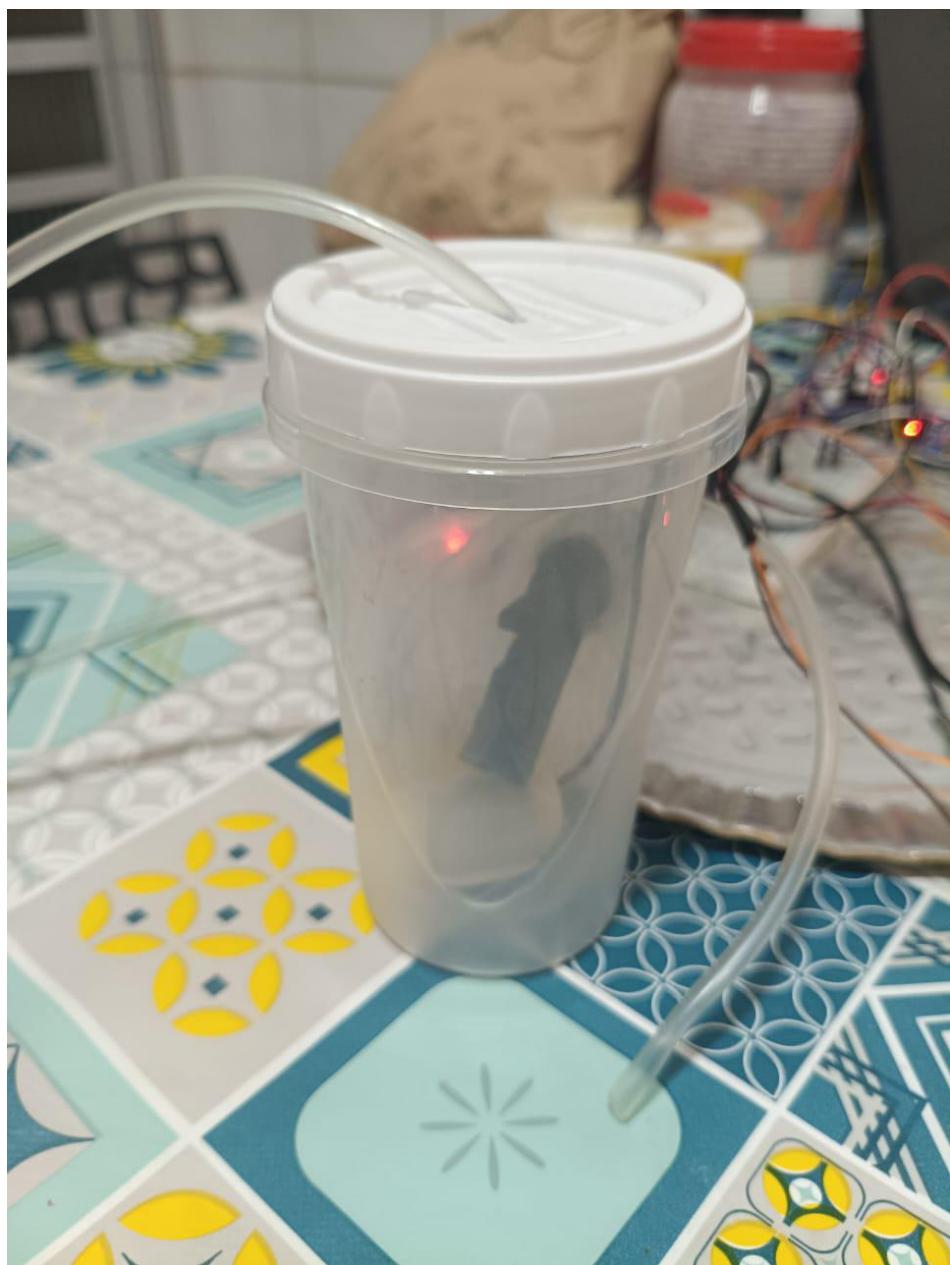
Descrição: Fazendo as conexões da parte eletrônica do circuito.

Figura 21:



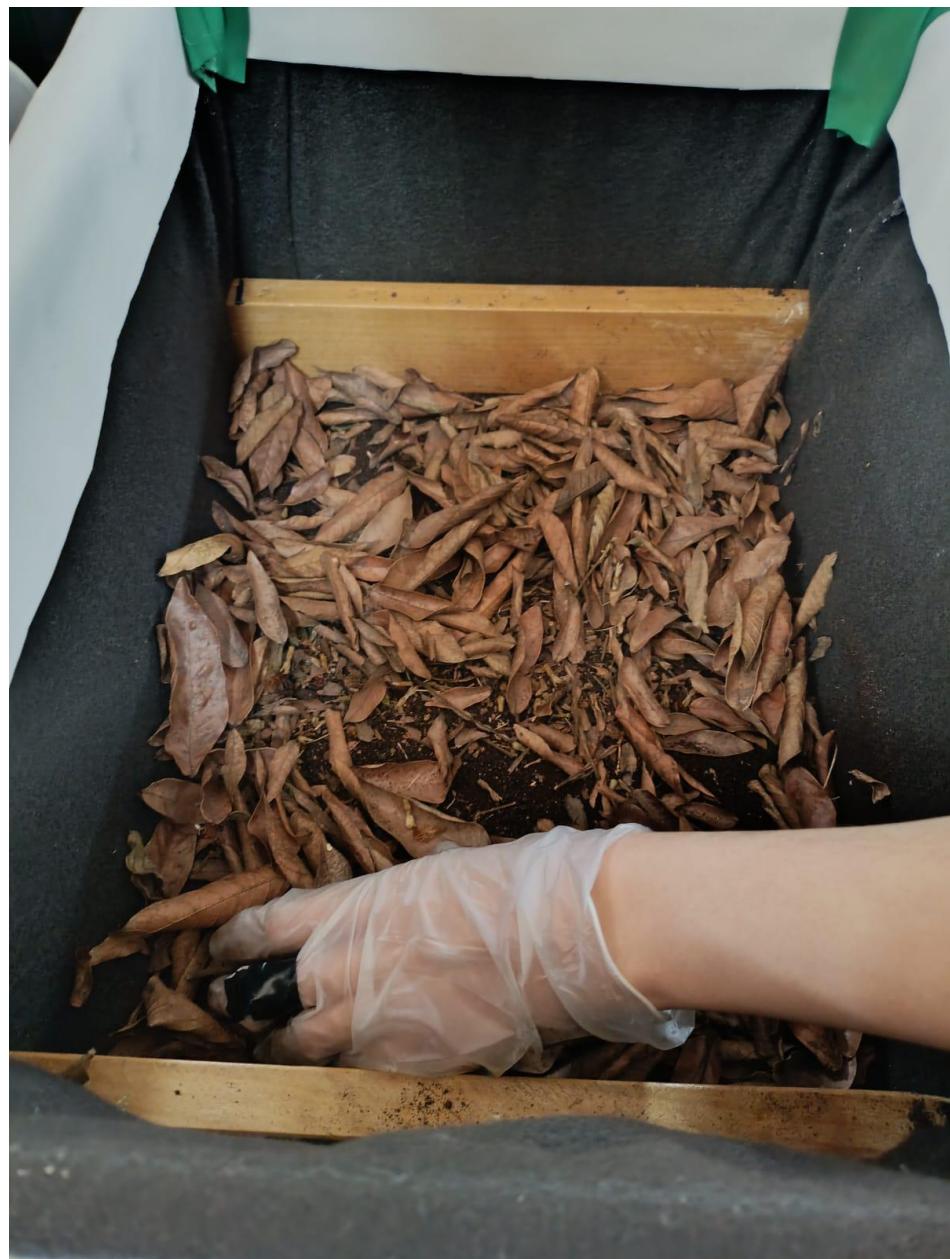
Descrição: Imagem de um dos micro gotejadores, que faz a irrigação do solo, juntamente a um sensor de umidade, que está inserido na terra para aferir o nível de água presente na mesma.

Figura 22:



Descrição: Fazendo a instalação do reservatório de água para a estufa.

Figura 23:



Descrição: Adicionando a terra adubada a parte inferior da estrutura.

3.4 Exibição das informações de forma presencial e remota

Figura 24:



Descrição: Display exibindo a inicialização

Figura 25:



Descrição: Display exibindo o nível de iluminação.

Figura 26:



Descrição: Display exibindo temperatura e umidade.

Figura 27:



Descrição: Display exibindo nível de luminosidade e armazenamento de água.

Figura 28:



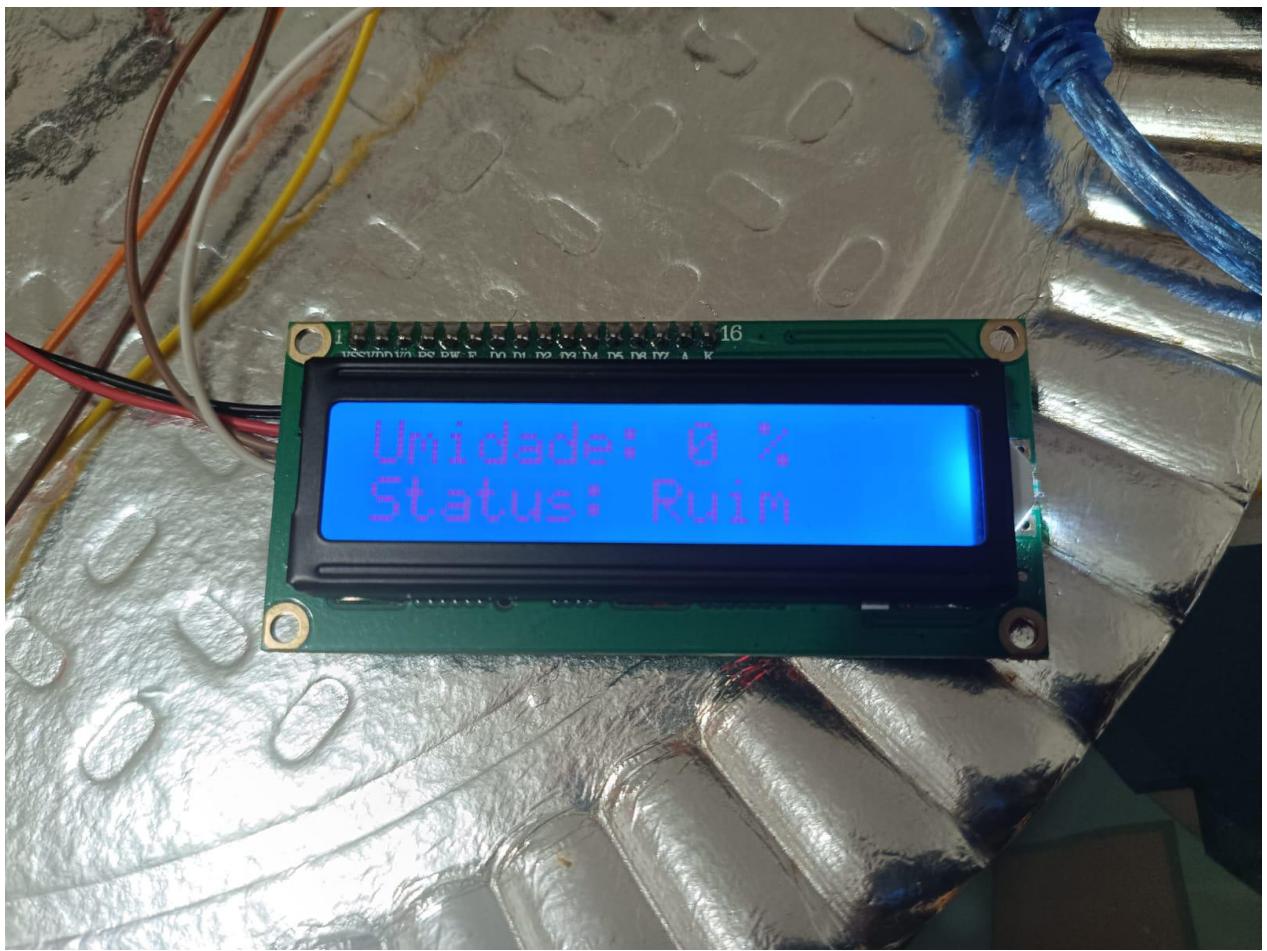
Descrição: Display LCD exibindo as condições do reservatório de água da estufa e também o endereço IP (completar depois).

Figura 29:



Descrição: Display exibindo a quantidade de luz que está atingindo a superfície e o seu Status de acordo com a luminosidade. Nesse caso, ela está bem abaixo do ideal para o cultivo de mudas de alface, e por isso o display exibe “Status: Ruim”.

Figura 30:



Descrição: Display exibindo o nível de umidade da terra e o seu respectivo Status. Como não há sequer 1% de umidade, o display exibe “Status: Ruim”, já que essa condição está longe do ideal para o cultivo.

Figura 31:



Descrição: Display exibindo a temperatura da estufa e o seu respectivo status. Nesse momento, a temperatura está ótima para as mudas de alface.

Figura 32:

Estufa Automatizada com ESP32

Quem criou o projeto?

O projeto foi desenvolvido por uma equipe de estudantes do curso Técnico em Redes de Computadores da ETEC de Embu, em Embu das Artes (SP), no ano de 2025. Os membros incluem Mario Silveira, Matheus Leal, Mikael Paes, Natasha Gascón, Pedro Henrique, Rafael Pinheiro de Almeida (líder de código e montagem), Samir Silva, Samuel Militão, Sthefany Eloisa e Vitor Dourado. A orientação foi da Professora Rosana, e o trabalho foi apresentado na Semana Técnica da turma B para obtenção de menção honrosa. A divisão de tarefas foi clara: Matheus Leal, Rafael, Samir e Vitor cuidaram do código e montagem; Mario, Mikael e Samuel do relatório e apresentação; e Pedro, Natasha e Sthefany da maquete e design físico.

Por quê?

O objetivo é otimizar o cultivo de hortaliças em ambientes controlados, como hortas comunitárias ou urbanas, promovendo sustentabilidade e eficiência agrícola. Inspirado em boas práticas da Embrapa e normas da ABNT, o projeto aborda desafios como monitoramento ambiental preciso para evitar desperdícios de água e adubos, especialmente em regiões com climas variáveis. A pesquisa de campo incluiu uma entrevista com o engenheiro agrônomo Dr. Marcelo Jordão Filho (via Reddit), que enfatizou a importância da automação para culturas como alface, com foco em controle de umidade, temperatura e pragas. Isso garante produção saudável, redução de impactos ambientais e aplicação prática da tecnologia em contextos educacionais e reais.

Como foi desenvolvido?

O projeto seguiu um cronograma rigoroso de março a novembro de 2025, começando com formação de grupos e votação de ideias, passando pela aquisição de componentes até junho, prototipagem em julho, finalização da estrutura em agosto, integração de sensores e web em setembro, e apresentação em novembro. A base técnica veio de pesquisa com normas como NBR 5410 (segurança elétrica), NBR ISO 14001 (gestão ambiental), NBR IEC 60529 (proteção IP contra umidade/poeira) e ISO/IEC 25010 (qualidade de software). Sensores foram calibrados conforme NBR ISO/IEC 17025. A estrutura física da estufa usa materiais como plástico, EVA e papelão, com uma caixa para circuito (45x33x44 cm) que permite a passagem do ar através de aberturas para dissipar calor (evitando >70°C no ESP32). O desenvolvimento do código usou Arduino Uno para coleta inicial de dados e ESP32 para conectividade, com comunicação serial UART. Bibliotecas como Wire.h, LiquidCrystal_I2C.h, OneWire.h e BH1750.h foram essenciais. Testes incluíram protótipos com LEDs e resistores para proteção.

Descrição: Informações descritivas do projeto apresentadas na página Web.

Figura 33:



Descrição: Tela inicial da página Web, indicando os dados atuais dos parâmetros de temperatura, umidade e luminosidade, além de indicar o status do reservatório.

Figura 34:

Manutenção e Uso

Para uso: Conecte à rede Wi-Fi do ESP32 (IP local via navegador); monitore via LCD ou web para decisões rápidas (ex.: pH 6.8 ideal para hortaliças). Irrigação automática otimiza água (até 50% economia, per Embrapa).

Para manutenção: Calibre sensores mensalmente (umidade/temperatura com soluções padrão); proteja contra umidade/poeira (IP via NBR IEC 60529, use telas de nylon na caixa); verifique relé/bomba semanalmente para corrosão. Eficiência energética: Baixo consumo (sensores <10mA).

Como funciona? O sistema usa o ESP32 DevKit v1 como cérebro central (3.3V, 240 MHz, Wi-Fi integrado), conectado a sensores: DS18B20 (temperatura, -55°C a +125°C, à prova d'água), sensor capacitivo de umidade do solo (0-3V analógico), BH1750 (luminosidade, 1-65.535 lux) e relé 3V para acionar a mini bomba d'água (6V DC, 80-120 L/h, elevação até 110 cm). Ao detectar baixa umidade, a bomba irriga automaticamente. Dados são exibidos localmente no LCD 16x2 (alternando temperatura/umidade e luminosidade a cada 30s, sem bloquear com millis()). Remotamente, o ESP32 hospeda um painel web responsivo (HTML/CSS via ESPAsyncWebServer), acessível via Wi-Fi em PC/celular, com exibição em tempo real, botões manuais para irrigação e download de histórico em SD (formato: data/hora + valores). Integração híbrida: Arduino coleta sensores via I2C/1-Wire e envia ao ESP32 via SoftwareSerial (9600 bps). Leituras são filtradas (média móvel) para robustez, com pull-ups para segurança.

Descrição: No botão de Manutenção e Uso na página web, haverá a exibição de um breve texto sobre como o projeto funciona, informações para o uso e manutenção do projeto.

Figura 35:



Descrição: Dashboard do ESP32, exibindo as informações em sua página Web.

4. DESENVOLVIMENTO DO CÓDIGO

O desenvolvimento do sistema de monitoramento e controle da estufa foi realizado em duas etapas: a primeira voltada ao Arduino Uno, responsável pela coleta de dados ambientais (temperatura, umidade do solo e luminosidade) e pela exibição em um display LCD; e a segunda voltada ao ESP32, cuja função é estabelecer a comunicação serial com o Arduino e futuramente disponibilizar esses dados em uma interface web.

4.1. Código do Arduino Uno

O código do Arduino Uno foi desenvolvido com o objetivo de coletar dados de múltiplos sensores, exibi-los em um display LCD e enviá-los ao ESP32 para posterior processamento.

4.1.1 Bibliotecas utilizadas

Wire.h → comunicação I2C com dispositivos externos.

LiquidCrystal_I2C.h → controle do display LCD 16x2.

OneWire.h e DallasTemperature.h → leitura do sensor de temperatura DS18B20.

BH1750.h → leitura do sensor de luminosidade BH1750 via barramento I2C.

SoftwareSerial.h → criação de uma porta serial secundária para comunicação com o ESP32.

b) Estrutura do código

Declarações iniciais: configuração dos pinos dos sensores, criação do objeto para o display LCD, inicialização da comunicação serial com o ESP32 (pinos 10 e 11).

Setup(): inicializa os sensores, o display e as comunicações seriais. Verifica se os sensores estão corretamente conectados (DS18B20 e BH1750).

Loop(): executa leituras periódicas dos sensores e alterna a exibição no LCD entre duas telas:

Tela 1 → Temperatura e Umidade

Tela 2 → Luminosidade (lux)

Os dados são exibidos no Serial Monitor do Arduino e enviados ao ESP32 pela comunicação serial criada.

4.1.2 Fluxo de funcionamento

Leitura dos sensores (DS18B20, sensor capacitivo de umidade do solo e BH1750, Sensor TCS NPK (de nutrientes).

Módulo leitor de cartão SD: usa o protocolo SPI, com pinos dedicados (MOSI, MISO, SCK, CS).

Conversão dos valores para unidades comprehensíveis (graus Celsius, porcentagem de umidade e lux).

Exibição no LCD em modo alternado (temperatura/umidade e luminosidade).

Envio dos dados formatados para o ESP32 via SoftwareSerial.

4.2 Código do ESP32

O código do ESP32 foi projetado para receber dados enviados pelo Arduino e repassar comandos entre o usuário (via monitor serial do computador) e o microcontrolador Arduino.

4.2.1 Configuração da comunicação

Utiliza a Serial padrão (porta USB → PC) para monitoramento no computador.

Utiliza a Serial2 (pinos RX=17, TX=18) para comunicação direta com o Arduino.

Ambas são configuradas para 9600 bps, garantindo compatibilidade na taxa de transmissão.

4.2.2 Estrutura do código

Setup(): inicializa as portas seriais e exibe no monitor serial do PC a mensagem de prontidão do ESP32.

Loop(): possui duas funções principais:

Receber dados do Arduino → Quando o Arduino envia dados pela Serial2, o ESP32 os lê e os imprime no monitor serial do PC.

Enviar comandos ao Arduino → O usuário pode digitar comandos no monitor serial do PC, que são enviados ao Arduino via Serial2.

4.2.3 Futuro desenvolvimento

Este código ainda está em fase de desenvolvimento. Em versões futuras, o ESP32 será programado para:

Processar os dados recebidos do Arduino.

Exibir os resultados em uma página web hospedada no próprio ESP32 (via servidor HTTP).

Armazenar os dados em banco de dados local ou em nuvem.

4.3. Integração entre Arduino e ESP32

O Arduino Uno funciona como coletor de dados ambientais, enquanto o ESP32 desempenha o papel de módulo de conectividade, permitindo a integração com a Internet. Essa arquitetura híbrida foi escolhida devido à facilidade de uso do Arduino com sensores e à robustez do ESP32 em aplicações IoT.

A comunicação entre os dois é realizada via serial UART, utilizando SoftwareSerial no Arduino e Serial2 no ESP32. Essa solução garante flexibilidade e permite que ambos os microcontroladores trabalhem em conjunto sem conflitos de porta.

Assim, o sistema combina a simplicidade do Arduino no controle de sensores com a potência do ESP32 na conectividade, garantindo uma arquitetura modular e expansível para a estufa inteligente.

4.4 Segurança e Robustez

A comunicação com sensores críticos como o DS18B20 e RTC DS3231 foi protegida com resistores de pull-up e tratamento de exceções no código.

Foram implementadas mensagens no monitor serial para facilitar a depuração durante o desenvolvimento.

As leituras foram filtradas para evitar falsas leituras ou flutuações indesejadas com uso de média móvel simples (opcional).

5. CONCLUSÃO

O projeto da estufa automatizada representa uma aplicação real da tecnologia em benefício da agricultura. A união entre sensores, microcontrolador e automação proporciona maior controle e sustentabilidade no cultivo de plantas. Com base na pesquisa de campo e orientações técnicas, o sistema foi desenhado para ser funcional, didático e replicável. Espera-se que este projeto inspire outras iniciativas semelhantes no ambiente escolar e comunitário.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO/IEC 9126: Engenharia de software – Qualidade de produto. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. (Substituída pela ISO/IEC 25010).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT ISO/IEC 25010: Engenharia de software – Qualidade e avaliação de sistemas e software (SQuaRE). Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR IEC 60529: Graus de proteção providos por invólucros – Código IP. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Boas Práticas Agrícolas – BPA. Brasília: Embrapa. Disponível em: . Acesso em: 25 jun. 2025.

JORDÃO FILHO, Marcelo. Entrevista concedida a Rafael Pinheiro de Almeida via Reddit. Junho de 2025. Disponível em: . Acesso em: 25 jun. 2025.