

**CENTRO PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE FRANCA  
“Dr. THOMAZ NOVELINO”**

**TECNOLOGIA EM GESTÃO DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

**NATÁLIA VALÉRIA SANTOS BATISTA  
NÍCOLAS VINÍCIUS ASUNÇÃO BATISTA**

**SISTEMA DE IRRIGAÇÃO INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL -  
SMARTIRRIG**

**FRANCA/SP  
2024**

**NATÁLIA VALERIA SANTOS BATISTA  
NÍCOLAS VINÍCIUS ASUNÇÃO BATISTA**

**SISTEMA DE IRRIGAÇÃO INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL -  
SMARTIRRIG**

Projeto de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de Franca - “Dr. Thomaz Novelino”, como parte dos requisitos obrigatórios para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão da Produção Industrial.

Orientador: Prof. Me. Tadeu Artur de Melo Júnior

**FRANCA/SP  
2024**

**NATÁLIA VALERIA SANTOS BATISTA  
NÍCOLAS VINÍCIUS ASUNÇÃO BATISTA**

**SISTEMA DE IRRIGAÇÃO INTELIGENTE E SUSTENTÁVEL -  
SMARTIRRIG**

Projeto de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de Franca – “Dr. Thomaz Novelino”, como parte dos requisitos obrigatórios para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão da Produção Industrial.

Projeto avaliado e aprovado pela seguinte Banca Examinadora:

Orientador(a):

Nome ..... : Prof. Me. Tadeu Artur de Melo Júnior

Instituição : Faculdade de Tecnologia de Franca – “Dr. Thomaz Novelino”

Examinador(a)1:

Nome : Profa. Me. June Tabah

Instituição : Faculdade de Tecnologia de Franca – “Dr. Thomaz Novelino”

Examinador(a)2:

Nome ..... : Prof. Dr. Diógenes Bosquetti

Instituição : Faculdade de Tecnologia de Franca – “Dr. Thomaz Novelino”

**Franca, 20 de Maio de 2024**

## **AGRADECIMENTO**

Agradecemos primeiramente a Deus pela força e inspiração; à nossa querida família pelo apoio constante; ao dedicado Prof. Me. Tadeu Artur de Melo Júnior por sua orientação valiosa; e à Instituição Faculdade de Tecnologia de Franca - Fatec Franca, por proporcionar este caminho de aprendizado.

Somos gratos por cada passo dado neste percurso educacional.

*“Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de você, menos o seu conhecimento.”*

Albert Einstein

## RESUMO

Com a crescente preocupação ambiental, a busca por produtos sustentáveis tornou-se uma prioridade em diversos segmentos da sociedade, incluindo o mercado industrial. A água utilizada na agricultura é um recurso natural de importância fundamental para a produção, cuja distribuição e disponibilidade podem ser afetadas por fatores climáticos e geológicos regionais. Nesse contexto, a irrigação desempenha um papel crucial na agricultura, garantindo o crescimento saudável das plantas e aumentando sua produtividade. No entanto, o uso excessivo de água na irrigação pode resultar em desperdício e impactos ambientais negativos. Este trabalho tem como objetivo descrever o desenvolvimento de um sistema de irrigação inteligente e sustentável denominado “Smartirrig”, que utiliza um microcontrolador Arduino Mega, um sensor de temperatura DS18B20 e um sensor de umidade do solo. A proposta de desenvolver um produto de sistema de irrigação inteligente visa atender às necessidades de produtores rurais, principalmente de pequenas propriedades, que muitas vezes não possuem recursos suficientes para investir em tecnologias de irrigação mais sofisticadas. A metodologia aplicada envolveu revisão literária sobre o assunto, por meio de pesquisa descritiva exploratória, além do desenvolvimento de um protótipo. Esse protótipo integra componentes para monitorar as condições do solo em tempo real e controlar automaticamente o fornecimento de água às plantas. A análise dos resultados obtidos revela potencial para contribuir significativamente para a redução do desperdício de água e para a promoção de práticas mais sustentáveis na agricultura, incluindo a captação e reutilização da água da chuva.

**Palavras-chave:** Arduino Mega. Sensor de temperatura. Sensor de umidade. Sistema de irrigação. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

With growing environmental concerns, the search for sustainable products has become a priority in various segments of society, including the industrial market. Water used in agriculture is a natural resource of fundamental importance for production, whose distribution and availability can be affected by regional climatic and geological factors. In this context, irrigation plays a crucial role in agriculture, ensuring the healthy growth of plants and increasing their productivity. However, excessive use of water in irrigation can result in waste and negative environmental impacts. This work aims to describe the development of an intelligent and sustainable irrigation system called "Smartirrig", which uses an Arduino Mega microcontroller, a DS18B20 temperature sensor and a soil moisture sensor. The proposal to develop a smart irrigation system product aims to meet the needs of rural producers, mainly small properties, who often do not have sufficient resources to invest in more sophisticated irrigation technologies. The methodology applied involved a literary review on the subject, through exploratory descriptive research, in addition to the development of a prototype. This prototype integrates components to monitor soil conditions in real time and automatically control water supply to plants. Analysis of the results obtained reveals the potential to significantly contribute to reducing water waste and promoting more sustainable practices in agriculture, including the capture and reuse of rainwater.

**Keywords:** Arduino Mega. Humidity sensor. Irrigation system. Sustainability  
Temperature sensor.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**CEO** – *Chief Executive Officer* – Diretor Executivo.

**DC** – Corrente Contínua.

**ESP8266** – Módulo da empresa Espressif, modelo ESP8266.

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

**LCD** – *Liquid Crystal Display* – Display de cristal líquido.

**IoT** – Internet das coisas.

**PDCA** – Planejar, Executar, Checar e Agir.

**PLA** – Biopolímero ácido poliláctico.

**PVC** – *Polyvinyl chloride* – Polímero policloreto de vinila.

**STL** – *Standard Triangle Language*.

**TG** – Trabalho de Graduação.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Lista de Materiais. ....	27
<b>Tabela 2</b> - Custo Materiais. ....	41
<b>Tabela 3</b> - Custo total. ....	42

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Evolução da agricultura urbana em São Paulo.....	15
<b>Figura 2</b> - Sensor de umidade para solo.....	17
<b>Figura 3</b> - Arduino Mega e ATmega2560.....	19
<b>Figura 4</b> – Canvas relativo ao modelo Smartirrig.....	25
<b>Figura 5</b> - Ciclo PDCA.....	29
<b>Figura 6</b> – Modelagem 3D caixa.....	32
<b>Figura 7</b> - Desenho 3D tampa.....	33
<b>Figura 8</b> - Logomarca Smartirrig.....	34
<b>Figura 9</b> - Sistema básico de captação de água da chuva.....	35
<b>Figura 10</b> - Protótipo do reservatório.....	36
<b>Figura 11</b> - Sistema de retroalimentação ou malha fechada.....	37
<b>Figura 12</b> - Programação e compilação no Arduino.....	39

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1 REFERENCIAL LITERÁRIO</b> .....	<b>14</b>
1.1 AGRICULTURA URBANA E SUSTENTABILIDADE .....	14
1.2 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO INTELIGENTES.....	16
1.3 SENSORES DE TEMPERATURA E UMIDADE .....	17
1.4 MICROCONTROLADORES E PROGRAMAÇÃO COM ARDUINO.....	18
1.5 CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA.....	19
<b>2 PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO</b> .....	<b>21</b>
2.1 PESQUISA DE MERCADO CONCORRENTE .....	21
2.2 PESQUISA DE TENDÊNCIAS .....	22
2.3 BRAINSTORMING.....	23
2.4 CANVAS .....	24
2.5 DESIGN .....	26
2.6 MATERIAIS.....	26
2.7 ESTRATÉGIAS APLICADAS AO PROJETO .....	28
2.8 TIPOS DE PROCESSOS E MEIOS DE PRODUÇÃO .....	30
2.9 DESENHO 3D.....	31
2.10 LOGOMARCA.....	33
2.11 PROTÓTIPO.....	34
2.11.1 Captação da água da chuva .....	34
2.11.2 Sistema e Código implementado no Arduino Mega .....	37
2.11.3 Semente e condições ideais .....	39
2.11.4 Prototipagem em 3D.....	40
2.12 GERENCIAMENTO DE CUSTOS .....	41
2.13 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	42
<b>3 PLANO DE MELHORIAS</b> .....	<b>43</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>46</b>
<b>ANEXO A – PROGRAMAÇÃO PARA ARDUINO MEGA</b> .....	<b>49</b>

## INTRODUÇÃO

Com a crescente preocupação ambiental, a busca por produtos sustentáveis tem se tornado uma prioridade em diversos segmentos da sociedade, incluindo o mercado industrial.

A água usada na agricultura é um recurso natural de fundamental importância para a produção. Sua distribuição e disponibilidade pode ser afetada por fatores climáticos e geológicos regionais.

A irrigação desempenha um papel fundamental na agricultura, garantindo o crescimento saudável das plantas e aumentando sua produtividade. No entanto, o uso excessivo de água na irrigação pode resultar em desperdício e impactos ambientais negativos.

Nesse contexto, o presente trabalho de graduação (TG) tem como objetivo desenvolver um produto chamado Smartirrig, representando um sistema de irrigação inteligente, utilizando arduino Mega, sensor de temperatura e umidade e uma bomba d'água, com a finalidade de otimizar o uso de água e energia elétrica em ambientes de cultivo.

A proposta de desenvolver um produto de sistema de irrigação inteligente visa atender às necessidades de produtores rurais, principalmente de pequenas propriedades, que muitas vezes não possuem recursos suficientes para investir em tecnologias de irrigação mais sofisticadas.

O sistema proposto tem como objetivo otimizar o uso de água e energia elétrica, além de garantir uma irrigação mais precisa e eficiente, contribuindo assim para a redução dos custos de produção e para a preservação do meio ambiente, utilizando a captação da água da chuva.

Ao longo do desenvolvimento da Smartirrig, serão abordados diversos conceitos relacionados à eletrônica, programação e principalmente, gestão de projetos, tornando o trabalho uma oportunidade de aprendizado e capacitação em áreas que possuem grande demanda no mercado de trabalho. Além disso, espera-se que o produto possa ser comercializado e contribuir para a disseminação de tecnologias sustentáveis no setor agropecuário.

A metodologia utilizada envolveu revisão literária sobre o assunto usando pesquisa descritiva exploratória, além do desenvolvimento de um protótipo através de

um microcontrolador ATmega328 integrado ao Arduino Mega, um sensor de temperatura DS18B20, um sensor de umidade do solo e um sistema para captação de água da chuva.

Após a Introdução, no primeiro capítulo, é desenvolvida a Revisão da Literatura, onde serão abordados conceitos sobre agricultura urbana e sustentabilidade, sistemas de inteligência inteligente, sensores de temperatura e umidade, microcontroladores e programação com Arduino, bem como a captação da água da chuva.

O segundo capítulo descreve como foram realizados o planejamento e a execução do projeto, incluindo a pesquisa de mercado concorrente, a análise de tendências, o processo de *brainstorming*, a criação do canvas do projeto, o design do sistema, a seleção de materiais, as estratégias aplicação ao projeto, os tipos de processos e meios de produção, o desenho técnico em SolidWorks, a construção do protótipo (com ênfase na captação da água da chuva) e a implementação do código no Arduino Mega.

E por fim, o terceiro capítulo traz informações sobre o plano de melhorias do projeto, evoluindo e aperfeiçoando o sistema Smartirrig e tornando-o ainda mais eficiente e sustentável.

Este trabalho é relevante para a promoção de práticas agrícolas mais sustentáveis, contribuindo para a redução do desperdício de água e a preservação dos recursos hídricos, além de oferecer uma solução inteligente para a agricultura urbana.

## 1 REFERENCIAL LITERÁRIO

No primeiro capítulo deste trabalho, será abordado o referencial literário, fornecendo uma base sólida de conhecimento que sustentará todo o desenvolvimento do projeto.

Neste contexto, será explorado diferentes tópicos que desempenham um papel fundamental na concepção e execução do sistema de irrigação inteligente e sustentável, denominado Smartirrig. Inicialmente, o foco é na agricultura urbana e sua interseção com a sustentabilidade, destacando como essa prática desempenha um papel crucial na promoção de práticas agrícolas mais responsáveis e na redução do impacto ambiental.

Além disso, será discutido sistemas de irrigação inteligentes, sensores de temperatura e umidade, microcontroladores e programação com Arduino, bem como a captação de água da chuva. Cada tópico apresentado neste capítulo contribuirá para a compreensão abrangente do contexto em que o projeto Smartirrig se insere.

### 1.1 AGRICULTURA URBANA E SUSTENTABILIDADE

A agricultura urbana tem sido um tema de grande relevância no contexto da sustentabilidade, pois além de promover a segurança alimentar, contribui para a redução do impacto ambiental causado pela agricultura convencional.

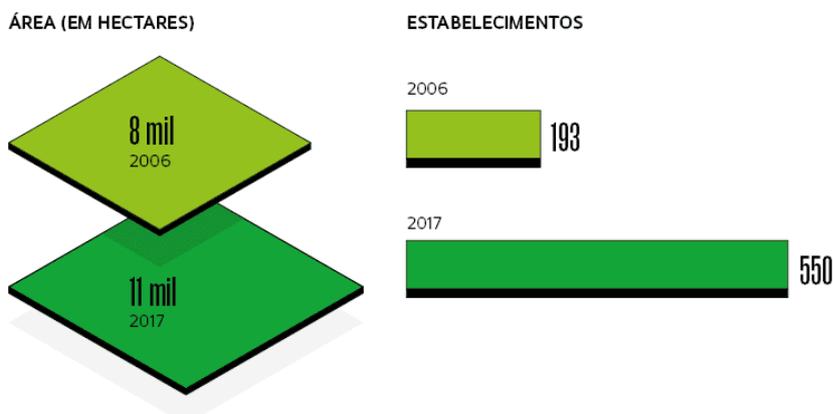
Segundo Smit et al. (1996), a agricultura urbana é definida como a produção de alimentos, plantas ornamentais, produtos medicinais e outros bens utilizando a terra e os recursos naturais nas cidades. De acordo com esses autores, a agricultura urbana pode ser realizada em diferentes locais, como quintais, telhados, jardins comunitários e espaços verdes públicos.

Na figura 1, pode-se verificar a evolução da agricultura urbana na cidade de São Paulo, entre 2006 e 2017.

**Figura 1** – Evolução da agricultura urbana em São Paulo.

## EVOLUÇÃO NA CIDADE DE SÃO PAULO

Número de estabelecimentos agropecuários mais do que duplicou em 10 anos



Fonte: IBGE/Censo Agropecuário, 2017.

Observar-se na figura 1, que ao longo dos 10 anos o número de estabelecimentos agropecuários mais do que duplicou, de 193 para 550 estabelecimentos. Refletindo também de acordo com os dados do IBGE (2017), o aumento em 3 mil hectares, de 2006 para 2017.

Nagib (2020) salienta sobre a importância da agricultura urbana crescente nas condições socioambientais, possibilitando inúmeros benefícios, até mesmo atuando no combate à fome, reduzindo e economizando recursos, ao produzirem seu próprio alimento.

A agricultura urbana nos permite repensar as condições socioambientais do ponto de vista da ecologia urbana, da integração campo-cidade e da reintrodução de biodiversidade nas cidades, sejam animais, como insetos polinizadores, ou plantas com as quais podemos nos alimentar”, afirma Nagib. “Por outro lado, também nos possibilita atuar no combate à fome e à precariedade, trazendo a possibilidade de as pessoas economizarem recursos e ganharem autonomia ao produzirem o próprio alimento (Nagib, 2020).

Além disso, a agricultura urbana tem sido apontada como uma estratégia para promover a resiliência urbana, já que pode contribuir para a redução da vulnerabilidade alimentar e melhorar a qualidade de vida das pessoas nas cidades (Buck et al., 2013).

Nesse sentido, segundo Essoussi et al. (2017), a agricultura urbana também pode promover a justiça social e a inclusão, ao permitir que pessoas de diferentes grupos sociais tenham acesso à produção de alimentos e outros bens.

No entanto, para que a agricultura urbana seja considerada sustentável, “é necessário que sejam adotadas práticas agrícolas ecologicamente corretas, que reduzam o uso de agrotóxicos e outros insumos químicos e promovam a conservação dos recursos naturais” (Smit et al., 1996). Além disso, “é importante que a agricultura urbana seja realizada em harmonia com os sistemas naturais e urbanos, considerando as particularidades de cada local” (McClintock et al., 2016).

Diante disso, o presente trabalho busca contribuir para a promoção de práticas mais sustentáveis na agricultura urbana, por meio do desenvolvimento de um sistema de irrigação inteligente e sustentável, que utiliza recursos naturais como a água da chuva e adota práticas agrícolas ecologicamente corretas.

## 1.2 SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO INTELIGENTES

A utilização de sistemas de irrigação inteligente tem se tornado cada vez mais comum na agricultura, trazendo benefícios como o aumento da eficiência na utilização da água, redução de custos e melhoria na produtividade das culturas. Diversos autores têm estudado o tema e contribuído para o avanço nessa área.

Segundo Sharma et al. (2017), a utilização de sistemas de irrigação inteligente permite a aplicação de água com precisão, considerando as necessidades específicas de cada cultura e de cada área do solo, evitando o desperdício e maximizando o uso da água disponível. Essa abordagem contribui para a sustentabilidade da agricultura, uma vez que a água é um recurso limitado e cada vez mais escasso em algumas regiões do mundo.

Além disso, a utilização de sensores e sistemas de monitoramento pode contribuir para o controle de pragas e doenças, reduzindo a necessidade de utilização de agrotóxicos. De acordo com Silva et al. (2019), a aplicação de água na quantidade e na hora certa pode favorecer o desenvolvimento das plantas e aumentar a resistência a pragas e doenças, melhorando a qualidade dos produtos.

Outro benefício da utilização de sistemas de irrigação inteligente é a redução de custos e a melhoria na produtividade. De acordo com Pannu et al. (2020), a utilização de sistemas de irrigação por gotejamento com controle automático pode levar a um aumento da produtividade em até 40% em algumas culturas. Além disso, a redução do desperdício de água e a economia nos custos com energia elétrica e manutenção do sistema podem trazer benefícios financeiros para os produtores.

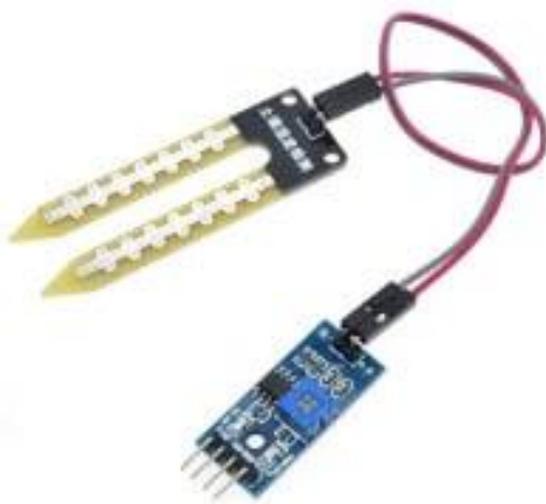
Por fim, é importante ressaltar que a utilização de sistemas de irrigação inteligente ainda é uma prática recente em muitas regiões do mundo, e que ainda há muito a ser estudado e aprimorado nessa área. No entanto, as perspectivas são positivas e o uso de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) e a Inteligência Artificial (IA) pode trazer avanços significativos para a agricultura sustentável.

### 1.3 SENSORES DE TEMPERATURA E UMIDADE

Os sensores de temperatura e umidade são fundamentais para o monitoramento ambiental em diversos setores, incluindo a agricultura. “O sensor de temperatura DS18B20 é um dos mais utilizados, devido à sua alta precisão e baixo custo” (Dua et al., 2017). Já o sensor de umidade do solo é utilizado para monitorar a umidade no solo, permitindo o controle eficiente da irrigação (Miranda et al., 2016).

Na figura 2, é possível ver um exemplo de sensor de umidade para solo que pode ser integrado ao Arduino.

**Figura 2** - Sensor de umidade para solo.



**Fonte:** Maker Hero, 2023.

Além disso, a combinação desses dois tipos de sensores pode fornecer informações importantes para a tomada de decisões em relação à irrigação das plantas.

Segundo Al-Gaadi et al. (2014), o monitoramento contínuo da temperatura e umidade do solo pode ajudar a determinar o momento ideal para a irrigação, contribuindo para a redução do uso excessivo de água.

A temperatura e umidade ideais para o solo variam de acordo com o tipo de cultivo e as condições climáticas locais. Segundo Kader; Saltveit (2003), a maioria das plantas se desenvolve melhor em temperaturas que variam entre 18°C e 30°C, enquanto a temperatura do solo deve estar em torno de 20°C a 25°C. Já a umidade ideal do solo varia de acordo com o tipo de solo e a planta cultivada. Segundo Carvalho; Silva (2011), para a maioria das plantas, a umidade ideal do solo varia entre 50% e 80% da capacidade de campo, que é a quantidade máxima de água que o solo pode reter após a drenagem por gravidade.

De acordo com Ferreira et al. (2015), a umidade do solo deve ser monitorada para evitar tanto o excesso como a falta de água, que podem prejudicar o desenvolvimento das plantas. Para isso, o uso de sensores de umidade do solo é uma alternativa eficaz para monitorar e controlar a irrigação de forma precisa e eficiente. Já o sensor de temperatura do solo é importante para garantir que as plantas recebam água em uma temperatura adequada, evitando o choque térmico e outros problemas relacionados ao estresse hídrico.

#### 1.4 MICROCONTROLADORES E PROGRAMAÇÃO COM ARDUINO

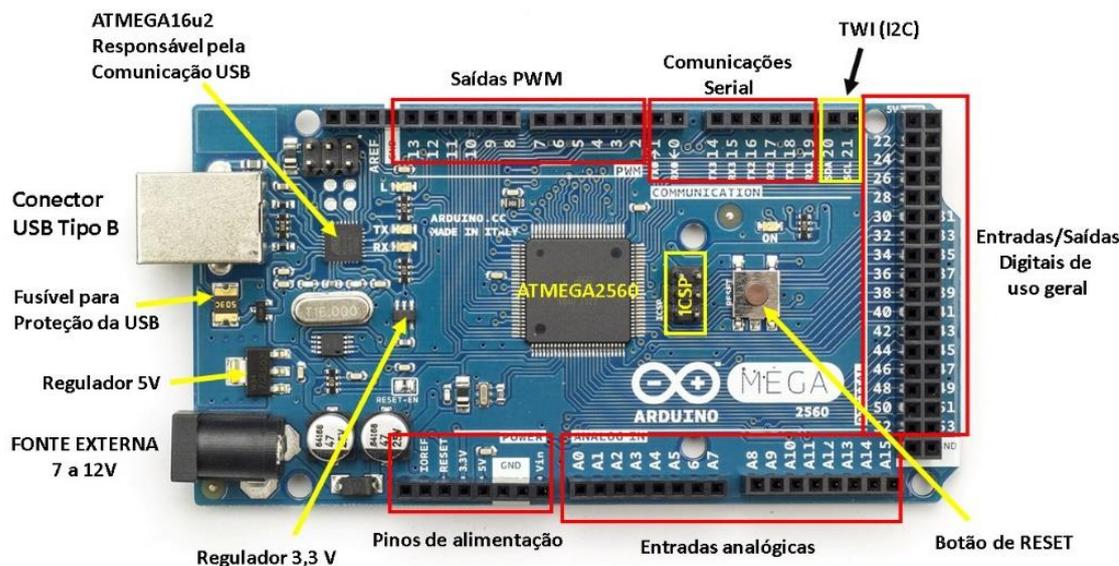
Microcontroladores e Arduino têm sido amplamente utilizados em projetos de automação e controle em diversas áreas, incluindo agricultura. Segundo Maffei (2019), o Arduino é uma plataforma de hardware e software livre, o que significa que o seu design é aberto e disponível para que qualquer pessoa possa usá-lo e modificá-lo. Isso tem levado a uma grande comunidade de usuários, que compartilham projetos e conhecimentos, possibilitando a criação de soluções de baixo custo e alta qualidade.

Para implementar o sistema de irrigação inteligente proposto neste trabalho, será utilizado o microcontrolador Arduino Mega. Segundo Pinto; Souza (2018), o Arduino Mega é uma placa de desenvolvimento baseada no microcontrolador Atmega2560, conforme figura abaixo, que possui diversos pinos de entrada e saída, permitindo a conexão com diversos sensores e atuadores.

Além disso, o Arduino possui uma linguagem de programação própria, que é bastante intuitiva e fácil de aprender, permitindo que pessoas sem experiência em programação possam criar projetos simples.

Na figura 3, é possível visualizar o Arduino Mega e seus componentes integrados, juntamente com o microcontrolador ATmega2560.

**Figura 3** - Arduino Mega e ATmega2560.



**Fonte:** Arduino adaptado por Autores, 2023.

Conforme mostrado na figura 3, existem diversos pinos de saídas e entradas para implementação do sistema.

Outra vantagem do Arduino é a possibilidade de integração com outras plataformas e tecnologias, como a internet das coisas (IoT). Segundo Alves; Gouveia (2017), a combinação do Arduino com módulos de comunicação sem fio, como o módulo ESP8266, permite a criação de sistemas inteligentes que podem ser controlados e monitorados remotamente através da internet.

## 1.5 CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA

A captação da água da chuva tem se mostrado uma alternativa viável para a utilização racional dos recursos hídricos, principalmente em regiões com escassez de água e altos índices pluviométricos.

De acordo com Holanda; Oliveira (2017), a captação de água da chuva é uma técnica utilizada para colher e armazenar água da chuva que cai sobre telhados, pavimentos e outras superfícies impermeáveis, para posterior uso em atividades que não demandam água potável.

“A captação da água da chuva é uma prática antiga que tem sido recuperada e modernizada por meio de tecnologias mais eficientes e sustentáveis” (Ferreira et al., 2019).

Segundo Santos e cols. (2020), a utilização de sistemas de captação de água da chuva tem potencial para reduzir a dependência de recursos hídricos e aliviar a pressão sobre as fontes de água potável.

“Entre os benefícios da captação da água da chuva, destacam-se a economia de água potável e a redução dos custos com o consumo de água, além de contribuir para a preservação dos recursos hídricos” (Holanda; Oliveira, 2017). No entanto, é importante ressaltar que a água coletada precisa passar por um processo de tratamento adequado para garantir a qualidade e a segurança do uso.

Portanto, de acordo com Ferreira et al. (2019), desde que seja usado conscientemente, de forma responsável, seguindo as normativas e regulamento vigente, a captação da água da chuva se torna uma alternativa sustentável e econômica para o uso racional dos recursos hídricos.

## 2 PLANEJAMENTO E EXECUÇÃO

No segundo capítulo deste trabalho, será descrito a fase de planejamento e execução do projeto Smartirrig, onde foi delineado as etapas cruciais que guiarão na concepção e implementação do sistema de supervisão inteligente e sustentável.

### 2.1 PESQUISA DE MERCADO CONCORRENTE

O mercado de sistemas de supervisão inteligente e sustentável tem ganhado espaço nos últimos anos, impulsionado pela crescente demanda por tecnologias que promovam a eficiência e a sustentabilidade na agricultura. Nesse contexto, é possível identificar algumas empresas que oferecem soluções similares propostas neste projeto.

Segundo Franz Garsombke (2016), CEO e cofundador da Rachio, sua empresa, por exemplo, oferece um sistema de supervisão inteligente que utiliza sensores para monitorar a umidade do solo, a previsão do tempo e as condições locais para determinar o momento certo para observar as plantas. O sistema é controlado por meio de um aplicativo móvel e promete economia de água e dinheiro para os usuários.

A Inovagri (2020), destaca outra empresa relevante no mercado, a Netafim, que oferece uma ampla gama de sistemas de segurança inteligentes, incluindo soluções para agricultura de precisão e segurança por gotejamento. A empresa utiliza tecnologias avançadas para monitorar a umidade do solo, a temperatura e outras variáveis ambientais, permitindo que os produtores se ajustem à supervisão de acordo com as necessidades específicas de cada cultura.

Além dessas empresas, é possível encontrar no mercado uma série de sistemas independentes inteligentes baseados em microcontroladores, como o Arduino.

Segundo El-Deir (2016), esses sistemas são geralmente de baixo custo e de fácil montagem, permitindo que até mesmo pequenos produtores tenham acesso a tecnologias de supervisão inteligente e sustentável.

Embora existam vários concorrentes no mercado, a proposta deste projeto Smartirrig se diferencia por sua abordagem sustentável e por incorporar a captação e

reutilização da água da chuva, além de oferecer um sistema completo e de fácil montagem para pequenos produtores.

## 2.2 PESQUISA DE TENDÊNCIAS

Com o objetivo de estar sempre atualizado e acompanhar as tendências de mercado, foram realizadas pesquisas para identificar as últimas novidades e tecnologias relacionadas à agricultura inteligente e sustentável.

Dentre as tendências identificadas a Rodrigues (2020) no artigo da Embrapa – Pesquisa, desenvolvimento e inovação, destaca alguns itens:

- Agricultura vertical: a produção em ambientes fechados e controlados tem ganhado espaço e tem sido apontada como uma solução para a escassez de terras cultiváveis em áreas urbanas. A técnica utiliza sistemas de iluminação e irrigação automatizados, além de controle de temperatura e umidade para otimizar o crescimento das plantas.
- Uso de inteligência artificial: a aplicação de algoritmos e análises de dados tem sido utilizada para otimizar a produtividade das culturas e prever doenças e pragas. O uso de sensores e drones para coletar dados também é uma tendência em alta.
- Sistemas de irrigação inteligente: o monitoramento da umidade do solo e temperatura é cada vez mais comum em sistemas de irrigação automatizados. O uso de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) permite o controle e ajuste automático dos níveis de irrigação, aumentando a eficiência e reduzindo o desperdício de água.
- Agricultura regenerativa: essa abordagem busca a restauração do solo e da biodiversidade por meio de práticas agrícolas sustentáveis, como a rotação de culturas e o uso de cobertura vegetal. A ideia é que o solo saudável e fértil resulte em plantas mais resistentes e produtivas.

Essas tendências mostram que a agricultura inteligente e sustentável está em constante evolução e que o uso de tecnologias é fundamental para o aumento da produtividade e redução de impactos ambientais. O produto Smartirrig, de irrigação inteligente, se enquadra nesse contexto, já que utiliza tecnologias atuais para promover a sustentabilidade na agricultura.

## 2.3 BRAINSTORMING

Baxter (2008) informa que o *brainstorming* é um termo criado por Alex Osborn em 1953, [...] “*brainstorming* ou sessão de ‘agitação’ de ideias é realizado em grupo, composto de um líder e cerca de cinco membros regulares e outros cinco convidados” (Baxter, 2008, p.67). Assim foram separados e desenvolvidos em tópicos, todas as ideias do *Brainstorming*. Através dele foi possível desenvolver todo projeto:

- Observação de problemas na agricultura convencional, como o desperdício de água e uso excessivo de agrotóxicos.
- Conhecimento prévio sobre tecnologias de monitoramento ambiental, como sensores de temperatura e umidade.
- Descoberta de iniciativas de agricultura urbana e sustentável, que podem ser aplicadas em pequenas escalas.
- Pesquisa sobre soluções de irrigação inteligente e sustentável, que usam sensores para monitorar as condições do solo e controlar o fornecimento de água de forma eficiente.
- Identificação do Arduino como um microcontrolador acessível e versátil para projetos de automação e controle.
- Consideração do design de produto para tornar o projeto mais atraente e acessível.
- Análise de materiais disponíveis e acessíveis para a construção do protótipo.
- Testes e ajustes do sistema para garantir a eficiência e sustentabilidade do projeto.

O processo de criação do produto Smartirrig, foi baseado em diversas etapas, desde a concepção da ideia até a sua implementação. Inicialmente, foram realizadas pesquisas para identificar as necessidades e demandas na área de agricultura, bem como as tecnologias disponíveis para solucionar os problemas existentes. Foram estudadas as tendências de mercado e as inovações tecnológicas que poderiam ser aplicadas nesse contexto.

Com base nesses estudos, foi definido o objetivo do projeto, que consistia em desenvolver um sistema de irrigação inteligente e sustentável, capaz de monitorar e

controlar a temperatura e umidade do solo, além de reduzir o desperdício de água e contribuir para práticas mais sustentáveis na agricultura.

Em seguida, foram definidos os materiais necessários para a construção do projeto, bem como o microcontrolador e os sensores de temperatura e umidade do solo utilizados. Foi realizado um estudo sobre a programação com o microcontrolador Arduino, com o objetivo de desenvolver o código necessário para o funcionamento do sistema de irrigação.

Posteriormente, foi realizada a montagem do sistema, que consistiu na conexão dos sensores com o microcontrolador e a configuração do sistema de bombeamento de água. Foi implementado também um sistema de captação e reutilização de água da chuva para a irrigação, a fim de promover práticas mais sustentáveis na agricultura.

Por fim, foi desenvolvido o design do produto, buscando criar um sistema de irrigação inteligente e sustentável com uma estética agradável e funcional. A etapa de testes foi realizada para verificar a eficácia do sistema de irrigação, bem como para realizar ajustes necessários na programação e nos materiais utilizados.

O *brainstorming* foi fundamental para a criação do produto, uma vez que permitiu o desenvolvimento de ideias criativas e a identificação de soluções para as necessidades existentes na área de agricultura, considerando aspectos de sustentabilidade e tecnologia.

## 2.4 CANVAS

O uso do Canvas tem se popularizado em diversas áreas como uma ferramenta visual e estratégica para identificar e conhecer os principais aspectos de um projeto. Segundo Osterwalder; Pigneur (2010), autores que popularizaram o uso do Canvas na gestão de negócios, ele é uma ferramenta simples e intuitiva que permite descrever de forma clara e estruturada o modelo de negócios de uma empresa ou projeto.

No caso do desenvolvimento do sistema de irrigação inteligente - Smartirrig, o Canvas se tornou uma ferramenta valiosa para identificar e analisar os principais aspectos que influenciam na eficácia e no sucesso do projeto.

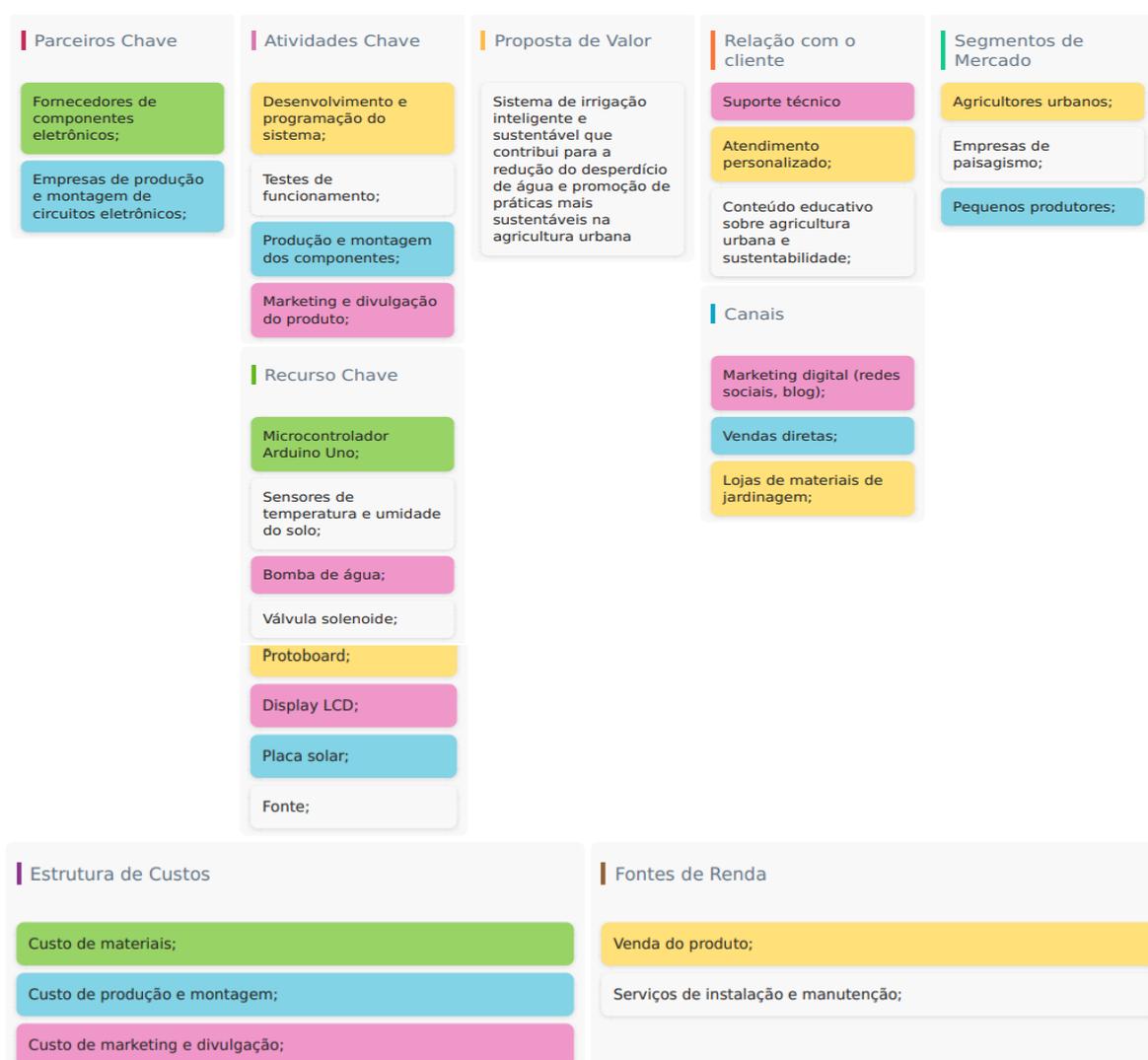
O Canvas proposto para a irrigação contém informações sobre os recursos necessários para a instalação e manutenção do sistema de irrigação, como água, energia, equipamentos e mão de obra. Também foi possível abordar aspectos

relacionados ao mercado e ao público-alvo, como demanda, concorrência e estratégias de venda.

Além disso, o Canvas foi utilizado para identificar e avaliar os principais riscos e desafios do projeto, como possíveis limitações de recursos. A partir dessa análise, foi possível desenvolver estratégias para minimizar esses riscos e aumentar as chances de sucesso do projeto.

Segue a estrutura do Canvas na figura 4 abaixo, desenvolvido para este projeto, que nos auxilia a estruturar e entender o modelo de negócios proposto:

**Figura 4 – Canvas relativo ao modelo Smartirrig.**



**Fonte:** Autores, 2023.

Dessa forma, conforme mostrado na figura 4, o Canvas se tornou uma ferramenta muito útil para iniciar o projeto de irrigação inteligente e sustentável, pois

permite uma visão ampla e estratégica do negócio, auxiliando na tomada de decisões e na identificação de oportunidades.

## 2.5 DESIGN

De acordo com Baxter (1998), o processo de design pode ser dividido em três etapas: pesquisa, concepção e desenvolvimento. A pesquisa envolve a coleta de informações sobre o produto, o mercado e as necessidades do usuário. Na etapa de concepção, as ideias são geradas e selecionadas para serem desenvolvidas. Na etapa de desenvolvimento, os protótipos são construídos e testados.

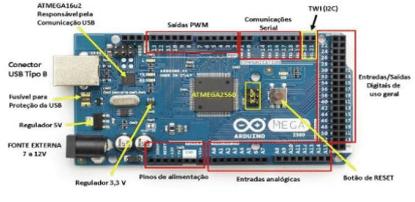
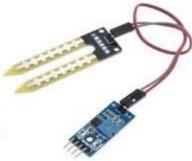
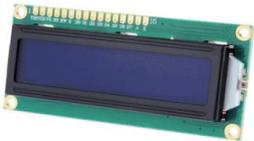
No contexto do projeto de um sistema de irrigação inteligente, é importante considerar aspectos de design para garantir que o produto atenda às necessidades do usuário e ao mesmo tempo seja atraente e funcional. Alguns aspectos a serem considerados são a ergonomia, a usabilidade e a estética.

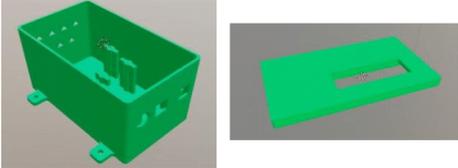
Além disso, é importante considerar também aspectos de sustentabilidade no design do produto, utilizando materiais e processos de fabricação que causem o menor impacto ambiental possível e que possibilitem o descarte adequado do produto ao final de sua vida útil. (Moura; Cavalcante, 2013).

## 2.6 MATERIAIS

No desenvolvimento do protótipo da Smartirrig, foram utilizados os seguintes materiais apresentados na tabela 1:

Tabela 1 - Lista de Materiais.

	<p>Microcontrolador Arduino Mega: O Arduino Mega é uma placa de desenvolvimento eletrônico baseada no microcontrolador ATmega328P. É amplamente utilizado para o desenvolvimento de projetos eletrônicos devido à sua facilidade de uso e programação.</p>
	<p>Sensor de temperatura DS18B20: Este sensor é utilizado para medir a temperatura ambiente com uma precisão de <math>\pm 0,5</math> °C. Ele é bastante utilizado em projetos que envolvem controle de temperatura.</p>
	<p>Sensor de umidade do solo: Este sensor é utilizado para medir a umidade do solo em porcentagem. Ele é um componente importante para o monitoramento do solo e o controle da irrigação.</p>
	<p>Display LCD 16x2 com interface I2C: utilizado para exibir informações sobre o funcionamento do sistema de irrigação, como a leitura da temperatura e umidade do solo, status da irrigação, entre outras informações.</p>
	<p>Bomba de água: A bomba de água é responsável por transportar a água do reservatório para o sistema de irrigação. No projeto, uma mini bomba de 12V DC foi utilizada.</p>
	<p>Reservatório de água: O reservatório de água é utilizado para armazenar a água que será utilizada na irrigação. No projeto, foi utilizado um reservatório de plástico com capacidade para 5 litros.</p>
	<p>Tubulação: A tubulação é responsável por transportar a água do reservatório para o sistema de irrigação. No projeto, foram utilizados tubos de PVC de 1/2" e mangueira cristal 1/2".</p>

	<p>Fonte de alimentação: A fonte de alimentação é responsável por fornecer energia para o sistema. No projeto, foi utilizada uma fonte de 12V DC.</p>
	<p>Caixa para montagem: A caixa para montagem é utilizada para acomodar todos os componentes eletrônicos do sistema. No projeto, foi utilizada uma caixa de plástico (PLA) impressa.</p>
	<p>Fios: Utilizado para ligações necessárias entre componentes eletrônicos do sistema.</p>
	<p>Caixa plastica: Utilizada para o plantio</p>

**Fonte:** Autores, 2024.

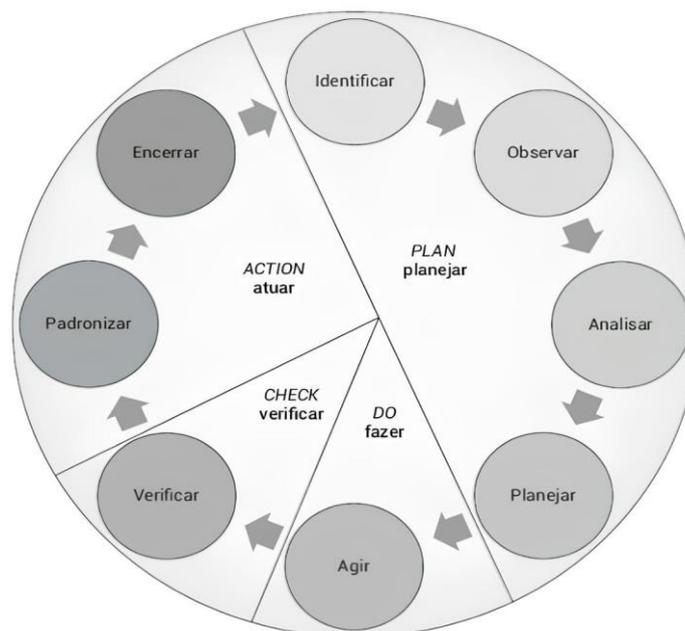
Todos esses materiais foram cuidadosamente selecionados para garantir a funcionalidade do produto proposto.

## 2.7 ESTRATÉGIAS APLICADAS AO PROJETO

De acordo com Mintzberg; Quinn (1991), estratégia “é um modelo ou plano que integra os objetivos, as políticas e as ações sequenciais de uma organização, em um todo coeso”. Meirelles; Gonçalves (1995) define como a “disciplina da administração que se ocupa da adequação da organização ao seu ambiente”.

Uma estratégia aplicada no projeto é o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) criado por Walter A. Shewart (1920), uma ferramenta importante no setor de gerenciamento de qualidade. Na figura 5, é possível visualizar como funciona a ferramenta de gerenciamento PDCA, com suas respectivas fases.

**Figura 5 - Ciclo PDCA.**



**Fonte:** Alvares, 2019.

Segundo Vieira Filho (2010, p.24), o PDCA é um método que gerencia as tomadas de decisões de forma a melhorar a atividade de uma organização sendo, também, muito explorado na busca da melhoria da performance, isso faz com que, seja muito importante e torna-se uma ferramenta com contribuição significativa, para se obter melhores resultados.

A aplicação do PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) no processo da Smartirrig é fundamental para garantir um ciclo contínuo de melhoria e eficiência. Este método, oferece uma abordagem estruturada para planejar, executar, verificar e agir com base nos resultados. No contexto da Smartirrig, foi possível implementar o PDCA da seguinte maneira:

Planejar (*Plan*):

- Definir claramente os objetivos e metas da Smartirrig, incluindo eficiência hídrica, automação do sistema de irrigação e sustentabilidade.
- Identificar os requisitos específicos dos usuários e do ambiente agrícola.
- Planejar a implementação do sistema, incluindo escolha de sensores, tecnologia Arduino e outros componentes.

Executar (*Do*):

- Implementar o sistema Smartirrig conforme o plano estabelecido.

- Realizar testes iniciais para garantir que todos os componentes estejam funcionando corretamente.
- Iniciar a coleta de dados sobre o desempenho do sistema.

Verificar (*Check*):

- Monitorar continuamente os dados coletados para avaliar o desempenho do sistema.
- Comparar os resultados obtidos com as metas e objetivos estabelecidos.
- Identificar possíveis desvios e áreas de melhoria.

Agir (*Act*):

- Implementar melhorias com base nas conclusões da fase de Verificação.
- Realizar ajustes no sistema para otimizar o desempenho.
- Atualizar o planejamento original conforme necessário.

A aplicação consistente do ciclo PDCA na Smartirrig permite que a equipe de desenvolvimento aprenda com as experiências, aprimore continuamente o sistema e atenda de forma eficaz às necessidades dos usuários. Este ciclo iterativo é crucial para inovação, adaptação e melhoria contínua, garantindo que a Smartirrig permaneça relevante e eficiente ao longo do tempo.

## 2.8 TIPOS DE PROCESSOS E MEIOS DE PRODUÇÃO

Neste tópico, será explorada a abordagem de processos e meios de produção adotados para a implementação do sistema Smartirrig.

Segundo Gonçalves, (2000a, p. 13) “O futuro vai pertencer às empresas que conseguirem explorar o potencial da centralização das prioridades, as ações e os recursos nos seus processos”.

Sendo assim, a aplicação de estudos neste quesito, faz com que as empresas compreendam melhor o seu negócio, seus processos, sua produção, podendo desenvolver estratégias capazes de melhorar sua estrutura organizacional.

Portanto, a escolha de processos eficientes e meios de produção adequados são cruciais para garantir a qualidade, viabilidade econômica e sustentabilidade do projeto.

- Prototipagem Rápida: A utilização de técnicas de prototipagem rápida, como a impressão 3D, será empregada para a produção de

componentes do sistema. Isso proporciona flexibilidade na criação de protótipos iterativos e acelera o desenvolvimento do produto.

- **Manufatura Digital:** A manufatura digital será integrada, permitindo a simulação e otimização de processos de fabricação. Isso contribui para a redução de resíduos e aprimoramento da eficiência na produção.
- **Integração de Componentes Eletrônicos:** A montagem e integração dos componentes eletrônicos, como o Arduino Mega e sensores, serão realizadas seguindo práticas de montagem de placas de circuito, garantindo confiabilidade e desempenho.
- **Sustentabilidade na Produção:** Serão adotadas práticas sustentáveis na produção, minimizando o desperdício de materiais e promovendo o uso eficiente de recursos. A busca por materiais recicláveis e de baixo impacto ambiental será priorizada.
- **Automação na Linha de Montagem:** Processos de automação serão implementados sempre que possível, otimizando a eficiência da linha de montagem. A automação contribui para a precisão na produção e a redução de custos operacionais.
- **Capacitação da Equipe de Produção:** A capacitação da equipe de produção é essencial para garantir a qualidade e consistência na fabricação. Treinamentos regulares serão oferecidos para manter a equipe atualizada sobre as práticas de produção adotadas.
- **Logística eficiente:** Uma estratégia logística eficiente será desenvolvida para otimizar o transporte de componentes e produtos acabados, minimizando os impactos ambientais e os custos associados.

Ao abordar esses aspectos, busca-se criar uma sinergia entre os processos de produção e os princípios de sustentabilidade, eficiência e qualidade, consolidando o Smartirrig como um produto inovador e responsável.

## 2.9 DESENHO 3D

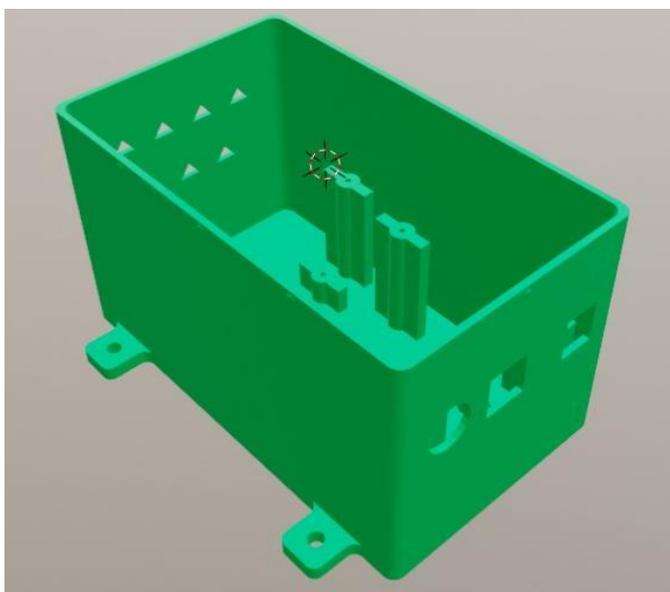
O desenho 3D do compartimento da Smartirrig foi idealizado e modelado no *software SketchUp*, posteriormente com o *software Blender* para acabamento e para

converter o arquivo em extensão STL. Em seguida, utilizou-se o programa CURA para realizar o fatiamento e converter o arquivo em coordenadas.

A ideia do compartimento destinado aos componentes eletrônicos é fundamental para projeto Smartirrig. Essa etapa do processo de desenvolvimento visa criar uma estrutura compacta, eficiente, esteticamente agradável e funcional para abrigar os dispositivos eletrônicos.

A modelagem tridimensional permitiu uma abordagem detalhada e precisa. Foram consideradas as dimensões exatas dos componentes, garantindo um encaixe perfeito e seguro, conforme figura 6:

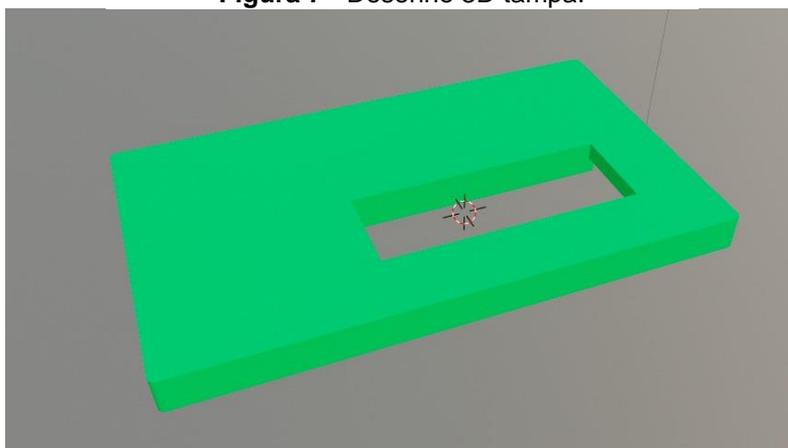
**Figura 6** – Modelagem 3D caixa.



**Fonte:** Autores, 2024.

A estrutura foi dividida em duas partes principais: a tampa e a caixa. A tampa, projetada para ser removível, facilita o acesso rápido aos componentes internos quando necessário, representados pela figura 7:

**Figura 7** - Desenho 3D tampa.



**Fonte:** Autores, 2024.

Conforme figuras 6 e 7 apresentadas, a escolha da cor verde para a caixa visa integrar harmoniosamente o compartimento ao design geral do sistema. A fixação por encaixe na parte frontal assegura a estabilidade e a segurança dos dispositivos internos, ao mesmo tempo em que simplifica a montagem e a desmontagem.

## 2.10 LOGOMARCA

A logomarca da Smartirrig é uma representação visual da essência do projeto. Uma árvore verde com respingos azuis simboliza a integração da tecnologia (representada pelo azul) com a natureza e a sustentabilidade (representadas pelo verde). Essa escolha reflete os valores fundamentais do Smartirrig: a busca pela eficiência no uso da água combinada com a preservação ambiental.

Segue abaixo a logomarca, representada pela figura 8:

**Figura 8** - Logomarca Smartirrig.



**Fonte:** Autores, 2023.

Conforme figura 8, o contraste entre o verde e o azul não apenas destaca visualmente a logomarca, mas também comunica a dualidade do projeto, unindo a inovação tecnológica à consciência ambiental.

A presença do termo "Smart" em verde e "Irrig" em azul proporciona uma identidade clara e legível, reforçando a proposta do sistema de irrigação inteligente desenvolvido na Smartirrig.

## 2.11 PROTÓTIPO

Neste presente capítulo, serão apresentadas as etapas do desenvolvimento do protótipo da Smartirrig e do sistema de captação, assim como o plantio e instalação dos componentes, etapas fundamentais para o funcionamento do mesmo.

### 2.11.1 Captação da água da chuva

No projeto de produto proposto, utiliza-se a captação da água da chuva para uso na irrigação, que pode ser feita por meio de um sistema de captação composto por calhas e tubulações conectadas a um reservatório.

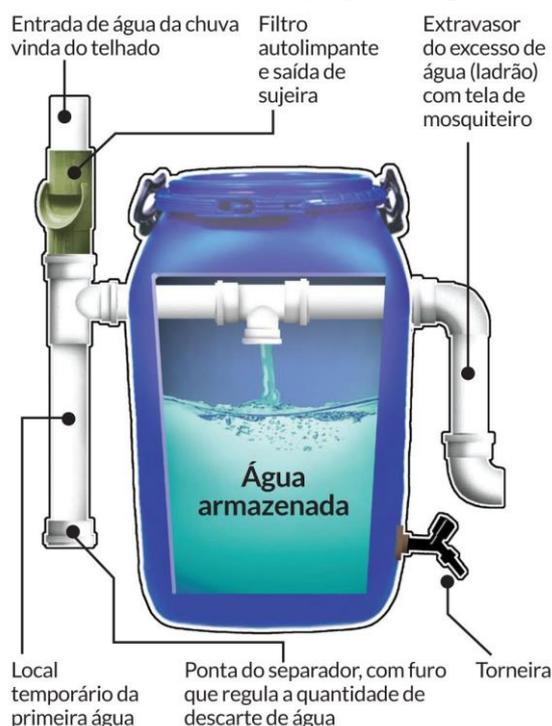
O processo inicia-se quando a água da chuva é coletada pelas calhas no telhado ou em outra superfície impermeável, e é direcionada através de tubulações até o reservatório.

O reservatório deve ser dimensionado de acordo com a necessidade de irrigação e com a área de captação, levando-se em consideração o volume de chuva que pode ser armazenado, as condições climáticas da região e a demanda de água para a irrigação.

É importante que o reservatório seja construído com materiais resistentes e que esteja bem vedado para evitar vazamentos e contaminação da água. Para este protótipo, foi considerado um reservatório de 5 litros, com capacidade de irrigar pequenos plantios.

O sistema de captação deve incluir ainda um filtro para remover impurezas e detritos presentes na água da chuva antes de ser armazenado no reservatório. Os filtros podem ser de diferentes tipos, como de tela, areia ou carvão ativado, e a escolha do filtro ideal depende das características da água e das necessidades específicas do sistema de irrigação. No presente projeto, é utilizado apenas o filtro que remove impurezas e detritos, conforme representado na figura 9, situada a seguir.

**Figura 9** - Sistema básico de captação de água da chuva.



Fonte: Vicente, 2024.

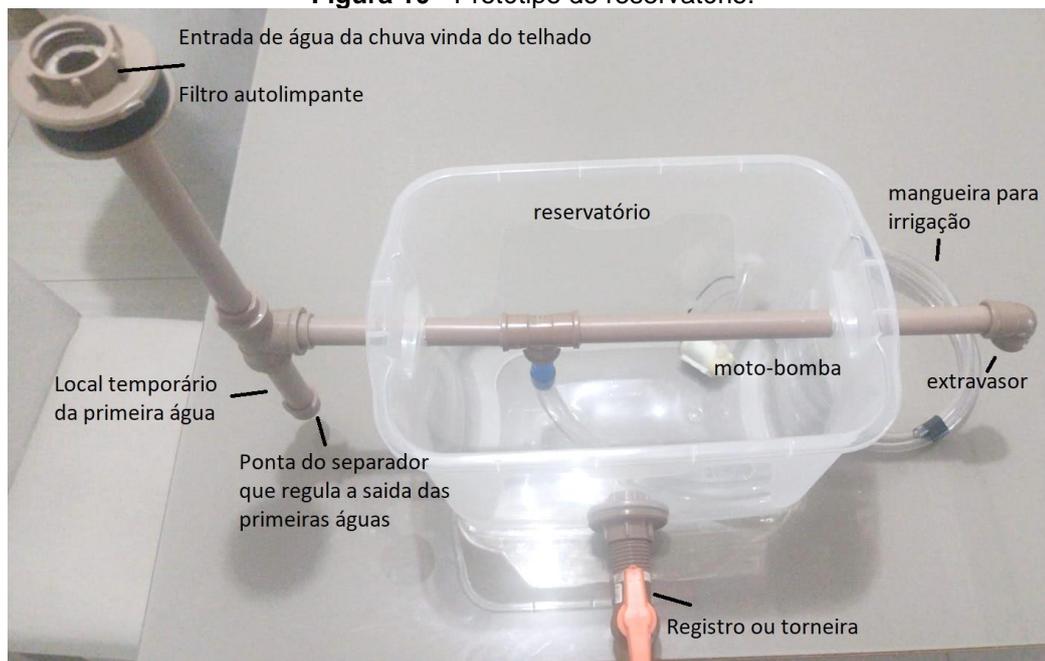
Após o armazenamento, a água será distribuída para o sistema de irrigação por meio de bombas ou até mesmo por gravidade, sendo controlado por uma válvula solenoide.

É importante que o sistema de distribuição esteja bem dimensionado para garantir que a água chegue às plantas com a quantidade e intensidade necessárias para a irrigação, no entanto para o protótipo, foi dimensionado uma minibomba de 5V a 12V, que fornecerá água para a mini plantação.

Outro ponto importante, é ressaltar que, para garantir a eficiência do sistema, é necessário fazer a manutenção periódica do reservatório, dos filtros e do sistema de distribuição, garantindo a limpeza e a integridade do sistema. Também é importante seguir as normas e regulamentações locais para captação e uso da água da chuva para irrigação, evitando a contaminação do solo e dos recursos hídricos.

A seguir tem-se a figura 10 do protótipo, exemplificando a captação de água da chuva.

**Figura 10** - Protótipo do reservatório.



Fonte: Autores, 2024.

É possível observar na figura acima destacada que, o processo de criação foi estabelecido com base num sistema de captação simples, com materiais reutilizados e com escala reduzida, podendo ser armazenados até 5 litros de água, até o extravasador.

### 2.11.2 Sistema e Código implementado no Arduino Mega

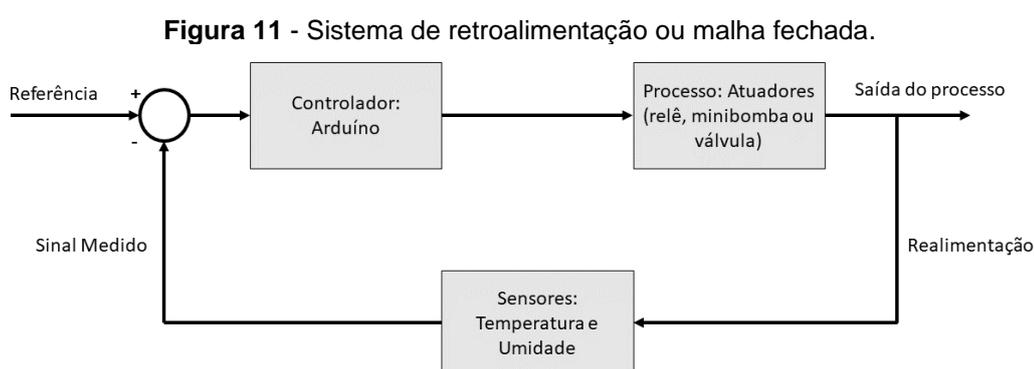
O controle com sistema de realimentação é um conceito fundamental em sistemas automáticos, desempenhando um papel crucial no funcionamento eficiente de diversos dispositivos, incluindo sistemas de supervisão como o Smartirrig.

Segundo Ogata (2011), esse sistema de realimentação estabelece uma relação de comparação entre a saída e a entrada de referência utilizando a diferença como meio de controle. Frequentemente é também denominado de sistema em malha fechada.

No contexto da Smartirrig, sensores de umidade do solo e temperatura atuam como elementos de medição do sistema, fornecendo constantemente informações sobre as condições do ambiente.

O Arduino Mega, instalado como o elemento de controle (controlador), utiliza essas informações para ajustar a supervisão, garantindo que as plantas recebam uma certa quantidade de água no momento certo, atuando sobre a bomba, que é o atuador do processo.

Esse método de controle dinâmico e adaptativo é essencial para melhorar a eficiência do sistema e garantir a saúde das plantas ao longo do tempo. De acordo com as ideias de Ogata (2011) foi definido uma representação do sistema com realimentação, através da figura 11:



Fonte: Autores, 2023.

É possível observar na figura 11, na saída do processo há uma retroalimentação onde passa pelo sensor de medida e retorna para o controlador, indicando uma correção, ou novo valor de referência.

Através do Arduino Mega, foi implementado o código para controle do sistema de irrigação, que pode ser encontrado e descrito no Anexo A – Programação para Arduino Mega.

Observa-se que as leituras de temperatura e umidade são exibidas no display, juntamente com a mensagem indicando se a bomba está ligada ou desligada. A mensagem “Regando” aparece no display quando o programa determina se a bomba d'água deve ser ligada com base nas leituras de temperatura e umidade e “solo úmido” quando a bomba permanece desligada.

Se a temperatura estiver acima do limite máximo e a umidade estiver abaixo do limite máximo o programa irá ligar a bomba d'água e exibir a mensagem "Regando" no display. Caso contrário, a bomba será desligada e a mensagem "Solo Úmido" será exibida no display.

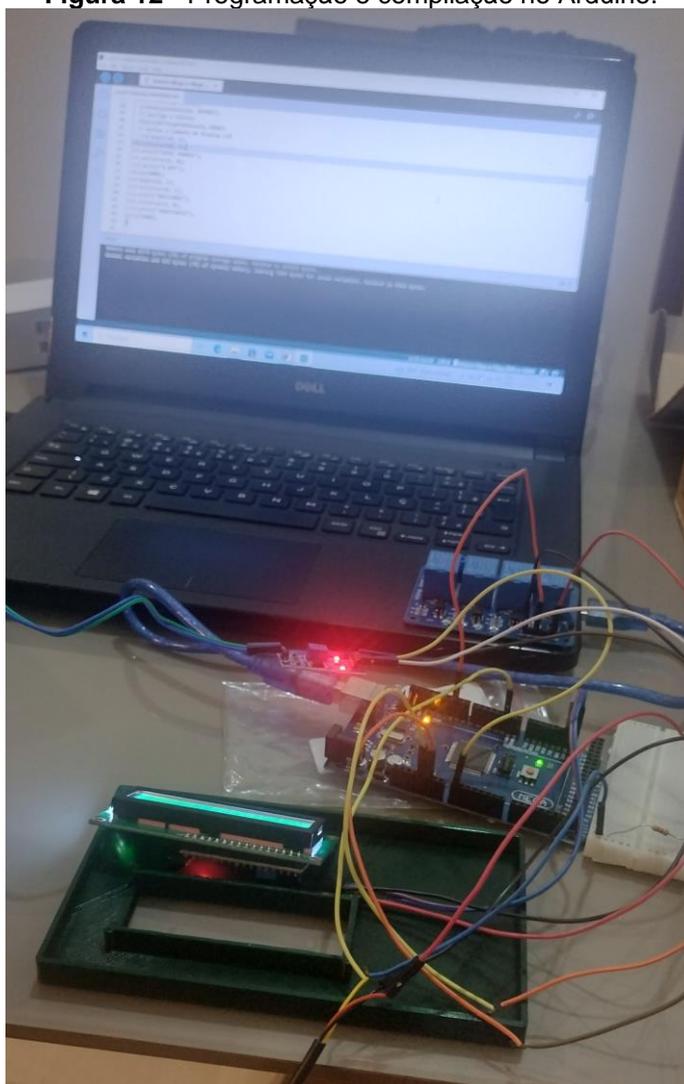
No código, a verificação da temperatura e umidade é programável, devido ao comando *delay* (1000) no final do *loop*. Isso significa que a leitura dos sensores e o controle da bomba d'água acontecem conforme necessário.

É possível ajustar o tempo de espera entre as leituras alterando o valor do argumento do comando *delay*. Por exemplo, se desejarmos fazer a leitura a cada 5 segundos, pode-se usar *delay* (5000).

Mas, é importante salientar que um intervalo muito grande entre as leituras pode resultar em um sistema de irrigação menos eficiente e com maior risco de danos às plantas.

Após os testes no software da Arduino, foi implementado no Arduino Mega o programa criado, conforme figura 12:

**Figura 12** - Programação e compilação no Arduino.



**Fonte:** Autores, 2024.

Nesta etapa de testes, os componentes foram instalados com o auxílio de uma *protoboard*, para facilitar a montagem de todos os componentes, como mostrado na figura 12.

### 2.11.3 Semente e condições ideais

A seleção criteriosa da semente desempenha um papel crucial no sucesso de qualquer projeto de cultivo, e no caso da Smartirrig, a escolha recai sobre a alface (*Lactuca sativa*), uma hortaliça da família *Asteraceae* de origem asiática. A planta cresce de forma uniforme em volta do caule, podendo as folhas serem lisas ou crespas, formando ou não uma “cabeça”, com coloração em vários tons de verde ou roxo, conforme a cultivar. Além de sua culinária, a alface é reconhecida como a

hortaliça folhosa mais importante no mundo, sendo consumida principalmente in natura, na forma de saladas (Sala & Costa, 2012). A alface (*Lactuca sativa*) é uma cultura de rápido crescimento, tornando-a ideal para ciclos de cultivo mais curtos.

A temperatura e a umidade ideais para o planejamento da alface variam de acordo com as fases de crescimento:

- Germinação e Estabelecimento:

Temperatura: Entre 15°C e 20°C.

Umidade do Solo: Alta, mantendo o solo uniformemente úmido.

- Crescimento Vegetativo:

Temperatura: Entre 18°C e 24°C.

Umidade do Solo: Mantenha o solo sempre úmido, mas não encharcado.

- Fase de Maturação e Colheita:

Temperatura: Entre 15°C e 20°C.

Umidade do Solo: Reduzir a rega, permitindo que o solo seque superficialmente entre as irrigações.

A programação do sistema Smartirrig leva em consideração essas configurações, garantindo que a alface receba condições ótimas para cada estágio do seu desenvolvimento. O monitoramento contínuo da temperatura do solo e da umidade assegura um ambiente propício para o crescimento saudável da cultura.

Essa escolha se alinha não apenas com a técnica do projeto, mas também com a proposta de promoção da agricultura sustentável e da produção de alimentos frescos em ambientes urbanos controlados.

#### 2.11.4 Prototipagem em 3D

O desenvolvimento da prototipagem em 3D da Smartirrig reflete a busca por uma solução prática e eficiente para a integração desses componentes no sistema. A estrutura foi concebida em duas peças principais: a tampa e a caixa. Essa abordagem facilita não apenas a montagem e desmontagem do compartimento, mas também proporciona fácil acesso aos componentes internos quando necessário.

A caixa, desenvolvida em cor verde para harmonizar com a estética do projeto, foi projetada para garantir a segurança e a proteção dos dispositivos eletrônicos. O processo de fixação é realizado por meio de encaixe estrategicamente posicionados

na parte frontal da caixa, garantindo uma fixação firme e a integridade dos componentes internos.

Destacando o caráter indenitário da Smartirrig, a tampa da caixa exibe a logomarca, reforçando a identificação visual e a promoção da imagem da empresa. Essa abordagem não apenas contribui para a estética do dispositivo, mas também estabelece uma conexão visual com a proposta de sustentabilidade e inovação do projeto. Após o processo de modelagem, fatiamento e conversão do arquivo em STL, o protótipo foi impresso através de uma impressora 3D *Ender 3 Pro* da *CREALITE*,

A escolha de utilizar a tecnologia de impressão 3D para criar esse compartimento não apenas agiliza o processo de produção, mas também permite uma maior flexibilidade no design, adaptando-se às necessidades específicas do sistema. Dessa forma, a prototipagem em 3D do compartimento do Arduino Mega e do display representa um passo significativo na materialização e visualização do projeto Smartirrig.

## 2.12 GERENCIAMENTO DE CUSTOS

Segue abaixo os Custos de materiais para utilização no projeto:

**Tabela 2 - Custo Materiais.**

<b>Item</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Preço unitário (R\$)</b>	<b>Preço total (R\$)</b>
Sensor de umidade do solo	1	R\$12,00	R\$12,00
Sensor de temperatura do solo	1	R\$10,00	R\$10,00
Módulo relé	1	R\$10,00	R\$10,00
Micro controlador Arduino	1	R\$85,00	R\$85,00
Válvula solenoide	1	R\$50,00	R\$50,00
Display LCD	1	R\$20,00	R\$20,00
Protoboard	1	R\$15,00	R\$15,00
Caixa plástica	1	R\$20,00	R\$20,00
Cabos e conectores	1	R\$10,00	R\$10,00
Bomba d'água	1	R\$60,00	R\$60,00
Reservatório Bombona 50LT	1	R\$150,00	R\$150,00
Tubulações 3/4" e filtro de tela	1	R\$35,00	R\$35,00
<b>Custo Materiais</b>	-	-	R\$477,00

**Fonte:** Autores, 2023.

Para a criação da viabilidade econômica, que será abordado no próximo capítulo, foi utilizado o custo de mão de obra em 50%, custo de Marketing em R\$20,00

reais por produto, e uma estimativa de 35% de margem de lucro, sem o levantamento de impostos que deverão ser pagos conforme o estado ou município.

## 2.13 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Considerando os custos de mão de obra e marketing, o estudo de viabilidade econômica do projeto fica da seguinte forma:

**Tabela 3 - Custo total.**

Item	Quantidade	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
Sensor de umidade do solo	1	R\$12,00	R\$12,00
Sensor de temperatura do solo	1	R\$10,00	R\$10,00
Módulo relé	1	R\$10,00	R\$10,00
Micro controlador Arduino	1	R\$85,00	R\$85,00
Válvula solenoide	1	R\$50,00	R\$50,00
Display LCD	1	R\$20,00	R\$20,00
Protoboard	1	R\$15,00	R\$15,00
Caixa plástica	1	R\$20,00	R\$20,00
Cabos e conectores	1	R\$10,00	R\$10,00
Bomba d'água	1	R\$60,00	R\$60,00
Reservatório Bombona 50LT	1	R\$150,00	R\$150,00
Tubulações 3/4" e filtro de tela	1	R\$35,00	R\$35,00
<b>Custo Materiais</b>	-	-	R\$477,00
<b>Custo de Mão de obra (50%)</b>	-	-	R\$238,50
<b>Custo Marketing (Mercado livre, Instagram)</b>	-	-	R\$20,00
<b>Total Custo</b>	-	-	R\$735,50
<b>Preço de venda (35% margem de lucro)</b>	-	-	R\$992,95

Fonte: Autores, 2023.

Com estimativa, na venda mensal de 50 unidades, temos um faturamento mensal de R\$ 49.646,25. Deduzindo os custos de produção, mão de obra e marketing, temos um lucro líquido mensal de R\$ 12.871,25.

Com base nesses dados, é possível concluir que o projeto tem viabilidade econômica, apresentando um lucro considerável e uma boa margem de lucro. No entanto, é importante lembrar que esses são apenas estimativas e que os valores podem variar de acordo com o mercado internacional (dólar), os custos reais de produção, mão de obra, marketing, além de não contabilizar os valores de impostos que variam de acordo com o estado ou município.

### 3 PLANO DE MELHORIAS

Com o objetivo de aprimorar a eficiência e a usabilidade da Smartirrig, propõe-se a implementação de um sistema supervisorio que permitirá o controle em tempo real do sistema de irrigação.

Essa melhoria visa oferecer aos usuários maior praticidade, monitoramento remoto e ajuste instantâneo das configurações do sistema. A integração com o supervisorio pode ser realizada de diversas formas, incluindo acesso via aplicativo para celular e interface web para computadores.

Benefícios da Integração com Supervisorio:

- Monitoramento Remoto: Os usuários poderão acompanhar o status do sistema de irrigação de qualquer lugar, proporcionando maior flexibilidade e conveniência.
- Controle em Tempo Real: A possibilidade de realizar ajustes nas configurações do sistema instantaneamente, garantindo uma resposta rápida às condições ambientais e necessidades das plantas.
- Notificações e Alertas: Implementação de notificações automáticas em caso de eventos importantes, como níveis críticos de umidade ou falhas no sistema.

Detalhes Técnicos da Melhoria:

- Desenvolvimento do Supervisorio: Utilização de tecnologias modernas para criar uma interface amigável e intuitiva.
- Integração com o Sistema Atual: A modificação do código e hardware da Smartirrig para se comunicar de forma eficiente com o supervisorio.
- Segurança: Implementação de medidas de segurança para proteger o sistema contra acessos não autorizados.

Possíveis Tecnologias para o Supervisorio:

- Aplicativo para Celular: Desenvolvimento de um aplicativo dedicado para sistemas operacionais móveis.
- Interface Web: Criação de uma interface web acessível por meio de navegadores de internet.

Metodologia de Implementação:

- Fase Piloto: Teste da integração em um ambiente controlado para identificar possíveis problemas.
- Feedback dos Usuários: Coleta de feedback dos usuários durante a fase piloto para refinamento contínuo.
- Implementação completa: Após testes bem-sucedidos, a implementação completa da melhoria em todos os sistemas Smartirrig.

A integração com um supervisor representa um passo significativo para transformar a Smartirrig em uma solução ainda mais inteligente, proporcionando maior controle e eficiência aos usuários. Essa melhoria não apenas facilita o gerenciamento, mas também contribui para a sustentabilidade ao otimizar o uso de recursos hídricos.

Além do sistema supervisor, é essencial buscar melhorias na precisão e na durabilidade dos equipamentos de sensoriamento. Embora a utilização de sensores educacionais possa ser valiosa para fins de estudo, é necessário realizar testes de durabilidade para avaliar sua resistência e eficácia a longo prazo. Considerando os resultados desses testes, podemos substituir os sensores educacionais por dispositivos industriais mais robustos e de maior vida útil, garantindo assim um desempenho mais confiável e sustentável do sistema.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao concluir este Trabalho de Graduação (TG), foi possível atingir os objetivos propostos para o projeto Smartirrig. Ao longo do processo, enfrentamos desafios significativos, especialmente na integração do sensor de umidade e na programação para garantir o pleno funcionamento do sistema. No entanto, essas dificuldades serviram como oportunidades de aprendizado, permitindo-nos desenvolver habilidades essenciais de resolução de problemas e trabalho em equipe.

Além disso, planejamos que o projeto Smartirrig evolua para além deste Trabalho de Graduação, buscando tornar-se uma startup no futuro. Essa transição possibilitará a continuidade do desenvolvimento do sistema, sua comercialização e aplicação em larga escala, contribuindo assim para a promoção da agricultura sustentável e para a eficiência hídrica na produção agrícola de pequeno porte.

Acreditamos no projeto e enxergamos um potencial de também ser introduzido no mercado doméstico, onde a agricultura urbana também enfrenta desafios significativos de gestão hídrica.

O curso de Gestão da Produção Industrial foi fundamental para o sucesso deste projeto, proporcionando uma base sólida de conhecimentos teóricos e práticos. A integração de disciplinas que abordam desde processos industriais até estratégias de sustentabilidade foi essencial para a concepção e execução da Smartirrig.

Encerrar este ciclo acadêmico com um projeto que une eficiência produtiva, inovação tecnológica e responsabilidade ambiental é mais do que uma realização pessoal; é uma validação do valor intrínseco do curso de Gestão da Produção Industrial. A Smartirrig representa não apenas um projeto, mas uma manifestação tangível do potencial transformador que a gestão da produção industrial pode ter na construção de um futuro mais eficiente, inovador e sustentável.

## REFERÊNCIAS

- AL-GAADI, K. A. et al. **Automated irrigation system using wireless sensor network and GPRS module**. International Journal of Distributed Sensor Networks, v. 10, n. 3, p. 479298, 2014.
- ALVAREZ, Ballestero, ESMERALDA, Alvarez, María. **Gestão de qualidade, produção e operações** 3. ed. - São Paulo: Atlas, 2019.
- ALVES, F. B.; GOUVEIA, R. D. C. **Internet das coisas: uma abordagem utilizando o arduino e o módulo ESP8266**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2017, Recife. Anais... Recife: Sociedade Brasileira de Computação, 2017. p. 157-166.
- ARDUINO - Disponível em <http://www.arduino.cc/>. Último acesso em: 13 maio de 2023.
- AWS AMAZON. **Estudo de caso da Rachio**, 2016 - Disponível em <https://aws.amazon.com/pt/solutions/case-studies/rachio/>. Último acesso em: 18 setembro de 2023.
- BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- BAXTER, Mike. **Projeto de produto: Guia prático para o design de novos produtos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2008.
- BUCK, D. **Urban agriculture and community food security in the United States: Farming from the city center to the urban fringe**. Community Development Journal, v. 36, n. 2, p. 238-248, 2001.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, M. L. S. **Umidade do solo e produtividade agrícola: uma revisão**. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1597-1611, 2011.
- DUA, S. et al. **Design and Development of Smart Irrigation System using IoT**. In: International Conference on Inventive Research in Computing Applications, 2017.
- EI-DEIR, Soraya Giovanetti. **Tecnologias sociais para a sustentabilidade**. 1 Edição. Recife : EDUFRPE, 2016.
- ESSOUSSI, N.; ZOUAOUI, L. **Urban agriculture and the challenges of sustainable cities**. Agriculture & Food Security, v. 9, n. 1, p. 1-9, 2020.
- FERREIRA, EP et al. **Captação de água da chuva como alternativa para o uso racional dos recursos hídricos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 23, n. 2, pág. 81-86, 2019.
- FERREIRA, J. J.; OLIVEIRA, M. T. M.; DIAS, R. O.; GONÇALVES, R. A. S. **Irrigação inteligente: um sistema baseado em sensores para controle de irrigação**. In:

ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 10., 2015, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABGE, 2015. p. 1448-1456.

HOLANDA, JNF; OLIVEIRA, **MS Captação e aproveitamento da água de chuva: uma alternativa para a região semiárida brasileira**. Cadernos de Estudos e Pesquisa em Políticas Educacionais, v. 5, n. 10, pág. 59-77, 2017.

KADER, A. A.; SALTVEIT Jr., M. E. **Postharvest physiology and handling of perishable plant products**. Oakland: University of California Division of Agriculture and Natural Resources, 2003.

KOTLER, P., KARTAJAYA, H., & SETIAWAN, I. (2018). **Marketing 4.0: do tradicional ao digital**. São Paulo: Sextante.

MAFFEI, A. F. **Automação residencial com Arduino**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2019.

MCCLINTOCK, N. **From Industrial Garden to Food Desert: Demarcated Devaluation in the Flatlands of Oakland**, California. In: McClintock, N.; Finney, C.; Johnson, M. (Eds.). *Radical Foodways: Reclaiming and Reconnecting Food Histories*. University of Arkansas Press, 2018. p. 31-50.

MIRANDA, E. N. et al. **Sistema de Monitoramento e Controle de Umidade do Solo Utilizando Rede sem Fio**. In: Congresso Brasileiro de Agroinformática, 2016.

MOURA, L. A. F.; CAVALCANTE, C. A. **Design sustentável: ecodesign aplicado na concepção de produtos**. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2013.

NAGIB, G. *et al.* **Global Food Security – Agriculture, Policy, Economics and Environment**. v. 26, p. 1-7, 2020.

OGATA, K. **Engenharia de controle moderno**. 4 ed. São Paulo: Pearson, 2011.

PANNU, R. K. et al. **Precision agriculture and smart farming: an interdisciplinary review**. Computers and Electronics in Agriculture, v. 175, p. 104045, 2020.

PINTO, J. C.; SOUZA, J. M. **Arduino: teoria e prática**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2018.

RODRIGUES, Paula. **Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação - Pesquisa desenvolve modelos para produção de hortaliças em fazendas verticais**. EMBRAPA. 29 de setembro de 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/56018612/pesquisa-desenvolve-modelos-para-producao-de-hortalicas-em-fazendas-verticais>. Acesso em 18 de setembro de 2023.

RODRIGUES, Neiva; ZACCARIA, Daniele. **Agricultura Irrigada: um breve olhar**. Editado por Lineu. Fortaleza: Inovagri, 2020. Disponível em : <https://inovagri.org.br/publicacoes-e-projetos/>. Último Acesso em 18 de setembro de 2023.

ROMERO, P., & VENTURA, S. (2018). **State of the art and trends in smart irrigation systems.** Journal of Sensors, 2018, 1-19. Link: <<https://doi.org/10.1155/2018/2915360>>;

SALA, F.C.; COSTA, C.P. **Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira.** Horticultura Brasileira, v.30, p.187-194, 2012.

SAMANTA, D., DEY, N., & DUTTA, P. (2017). **Intelligent decision support system for precision agriculture: A review.** Computers and Electronics in Agriculture, 139, 17-28. Link: <<https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.05.008>>;

SANTOS, RF e cols. **Captação de água da chuva para barbatanas não potáveis: Uma alternativa de sustentabilidade.** Revista Brasileira de Engenharia Civil, v. 4, n. 1, pág. 13-21, 2020.

SHARMA, R. et al. **Smart irrigation systems for sustainable agriculture: a review on advancements and research needs.** Agricultural Water Management, v. 180, p. 11-28, 2017.

SILVA, T. J. A. et al. **Monitoramento da irrigação de hortaliças por meio de sensores de umidade do solo.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 13, n. 2, p. 1436-1446, 2019.

SMIT, J.; NASR, J. **The role of urban agriculture in addressing food security in cities.** In: De Zeeuw, H.; Drechsel, P. (Eds.). Cities Farming for the Future: Urban Agriculture for Green and Productive Cities. 1 ed. Ottawa: International Development Research Centre, 2016. p. 13-23.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product design and development.** New York: McGraw-Hill, 2004.

VICENTE, Marcelo Kenne. **Armazenar água da chuva com cisterna é alternativa contra o desperdício.** Jornal ABC Mais, [S.l.], 16 fev. 2023. Disponível em: <https://www.abcmmais.com/brasil/rio-grande-do-sul/armazenar-agua-da-chuva-com-cisterna-e-alternativa-contr-o-desperdicio/amp/>. Acesso em: 24 jan. 2024.

## ANEXO A – PROGRAMAÇÃO PARA ARDUINO MEGA

```
//Programa: Projeto Smartirrig
//Autores: Natália Batista e Nicolas Batista
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

//Inicializa o display no endereço 0x27
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

// variáveis do programa
#define dados 2 /*o pino de dados do sensor está ligado na porta 2 do Arduino*/
OneWire oneWire(dados); /*Protocolo OneWire*/
DallasTemperature sensors(&oneWire); /*encaminha referências OneWire para
o sensor*/
const int pinoSensor = A0;
const int pinoValvula = 10;
const int limiarSeco = 50;
const int tempoRega = 50; // Tempo de rega em 10 segundos
int umidadeSolo = 0;

void setup()

{
  lcd.init();
  lcd.setBacklight(HIGH);
  pinMode(pinoValvula, OUTPUT);
  // Desliga a válvula
  digitalWrite(pinoValvula, HIGH);
  // define o tamanho do Display LCD
  lcd.begin(16, 2);
```

```

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("FATEC FRANCA");
lcd.setCursor(1, 0);
lcd.print("6 GPI");
delay(2000);
lcd.begin(16, 2);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("INICIANDO");
lcd.setCursor(1, 0);
lcd.print("SMARTIRRIG");
delay(2000);
}

void loop() {
  // Mede a umidade a cada segundo. Faz isso a cada 5 seg.
  for(int i=0; i < 5; i++) {
    // Posiciona o cursor do LCD na coluna 0 linha 1
    // (Obs: linha 1 é a segunda linha, a contagem começa em 0

    sensors.requestTemperatures();
    lcd.begin(16, 2);
    lcd.print("Temp.:"); /* Printa "A temperatura é:" */
    lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0)); /* Endereço do sensor */
    lcd.print(" C");
    Serial.begin(9600);

    lcd.setCursor(0, 1);
    // Exibe a mensagem no Display LCD:
    lcd.print("Umidade: ");
    // Faz a leitura do sensor de umidade do solo
    umidadeSolo = analogRead(pinoSensor);
    // Converte a variação do sensor de 0 a 1023 para 0 a 100
    umidadeSolo = map(umidadeSolo, 970, 350, 0, 100);
    // Exibe a mensagem no Display LCD:

```

```
    lcd.print(umidadeSolo);
    lcd.print(" % ");
    // Espera um segundo
    delay(1000);

}

if(umidadeSolo < limiarSeco) {
    // Posiciona o cursor do LCD na coluna 0 linha 1
    // (Obs: linha 1 é a segunda linha, a contagem começa em 0
    lcd.setCursor(0, 1);
    // Exibe a mensagem no Display LCD:
    lcd.print(" Regando ");
    // Liga a válvula
    digitalWrite(pinoValvula, LOW);
    // Espera o tempo estipulado
    delay(tempoRega*200);
    digitalWrite(pinoValvula, HIGH);

}
else {
    // Posiciona o cursor do LCD na coluna 0 linha 1
    // (Obs: linha 1 é a segunda linha, a contagem começa em 0
    lcd.setCursor(0, 1);
    // Exibe a mensagem no Display LCD:
    lcd.print("Solo Umido ");
    // Espera o tempo estipulado
    delay(3000);

}

}
```