



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE RUSSAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ANNE MIKAELLY BARRETO DE ABREU

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO PARA HORTAS VERTICAIS

RUSSAS

2023

ANNE MIKAELLY BARRETO DE ABREU

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO PARA HORTAS VERTICAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciência da Computação do Campus de Russas da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Matos Arruda.

RUSSAS

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A145s Abreu, Anne Mikaelly.

Sistema de irrigação automatizado para hortas verticais / Anne Mikaelly Abreu. – 2023.
43 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas,
Curso de Ciência da Computação, Russas, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Alexandre Matos Arruda.

1. irrigação. 2. automatizada. 3. microcontroladores. 4. hortas. 5. verticais. I. Título.

CDD 005

ANNE MIKAELLY BARRETO DE ABREU

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO PARA HORTAS VERTICAIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciência da Computação do Campus de Russas da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Ciência da Computação.

Aprovada em: 13/12/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alexandre Matos Arruda (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Reuber Regis de Melo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Gislane Mendes de Moraes
Secretaria de Desenvolvimento Agrícola

Dedico este trabalho à minha mãe, cuja fé inabalável em mim e investimento pessoal foram a luz de esperança nos momentos mais desafiadores. À minha querida avó, por seu amor incondicional, apoio incansável e palavras que ecoarão eternamente em minha memória, iluminando meu caminho nesta jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Alexandre Matos Arruda, expresso minha sincera gratidão pelo tempo dedicado, orientação sábia e contribuições inestimáveis neste trabalho de conclusão de curso. Sua presença e comprometimento foram fundamentais, tornando esta jornada acadêmica ainda mais enriquecedora.

Aos participantes da banca examinadora, Prof. Dr. Reuber Régis de Melo e Dra. Gislane Mendes de Moraes, expresso meu sincero agradecimento pelo tempo dedicado, pelas valiosas colaborações e sugestões oferecidas, pois elas enriqueceram significativamente este projeto.

Ao meu querido Luis Antonio Viana Franklin, expresso profundo agradecimento por estar presente em cada momento, sempre me apoiando nos momentos difíceis e celebrando as minhas vitórias. Agradeço por ser meu companheiro não apenas nos estudos, mas em todas as dimensões da vida. Este trabalho é, em grande parte, um reflexo do amor e colaboração que compartilhamos.

Expresso meu profundo agradecimento à minha querida mãe, Alaide Cristina Barreto de Carvalho, ao meu amado irmão, Ewerton Mikael Barreto de Abreu, e à minha saudosa avó, Maria Barreto de Carvalho por acreditarem em mim durante toda esta jornada. Cada passo foi guiado pelo desejo de retribuir o orgulho que eles depositaram em mim. Cada sacrifício feito por eles em prol dos meus objetivos tornou este momento ainda mais significativo. Este diploma não é apenas meu, mas também uma celebração do apoio incansável e do amor dedicado por minha família. Agradeço por serem a inspiração por trás desta conquista.

RESUMO

Nos últimos anos, as hortas verticais têm ganhado cada vez mais popularidade, impulsionadas pela busca das pessoas por soluções sustentáveis e eficientes no cultivo de alimentos em espaços urbanos limitados. Com o estreitamento do espaço, torna-se inviável ter uma horta horizontal ou mesmo coberta. No entanto, as hortas verticais surgem como uma alternativa viável e atrativa. Além de proporcionar um contato mais próximo com a natureza e embelezar os ambientes urbanos, a presença de plantas oferece benefícios importantes. Entre eles, destacam-se o aumento da umidade do ar, a redução da temperatura ambiente, o controle de gases tóxicos e a diminuição da poluição sonora. Esses fatores contribuem para um ambiente mais saudável e agradável. Entretanto, ao optar por cultivar uma horta vertical, é importante levar em consideração algumas questões adicionais. O desperdício de água e as frequentes viagens necessárias para a irrigação manual são alguns dos desafios enfrentados pelos cultivadores. Sem um sistema automatizado, é comum que as plantações sejam inundadas, resultando em uma perda significativa de água. Felizmente, o avanço da tecnologia e a crescente disponibilidade de recursos computacionais têm proporcionado um aumento significativo na aplicabilidade de técnicas de hardware e software para solucionar problemas relacionados à computação. Nesse contexto, o microcontrolador ESP-8266 tem se destacado como uma opção promissora. Utilizando o microcontrolador ESP-8266, é possível desenvolver um sistema automatizado de cuidado de plantas para jardins verticais e hortas em apartamentos. A pesquisa central consiste em investigar e explorar as capacidades dessa plataforma tecnológica, com o objetivo de criar um sistema eficiente de irrigação que atenda às necessidades específicas das hortas verticais em ambientes residenciais. Dessa forma, ao integrar a tecnologia de microcontrolador ESP-8266 em hortas verticais, é possível otimizar o uso de recursos, como a água, e reduzir o esforço humano necessário para a manutenção das plantas. Isso não apenas contribui para a sustentabilidade, mas também torna mais acessível o cultivo de alimentos frescos em áreas urbanas, onde o espaço é escasso. Em suma, as hortas verticais surgem como uma solução inteligente para o cultivo de alimentos em espaços urbanos limitados. Ao aproveitar a tecnologia de microcontrolador ESP-8266 e desenvolver sistemas automatizados de irrigação, podemos enfrentar desafios como o desperdício de água e a necessidade de irrigação manual frequente. Assim, podemos promover práticas agrícolas mais eficientes e sustentáveis, garantindo um ambiente urbano mais verde, saudável e autossuficiente.

Palavras-chave: irrigação; automatizada; microcontroladores; hortas; verticais.

ABSTRACT

In recent years, vertical gardens have been gaining increasing popularity, driven by people's search for sustainable and efficient solutions for growing food in limited urban spaces. With the narrowing of space, it becomes unfeasible to have a horizontal or even covered garden. However, vertical gardens emerge as a viable and attractive alternative. In addition to providing closer contact with nature and beautifying urban environments, the presence of plants offers important benefits. Among them, the increase in air humidity, the reduction of ambient temperature, the control of toxic gases, and the decrease in noise pollution stand out. These factors contribute to a healthier and more pleasant environment. However, when opting to cultivate a vertical garden, it is important to take into consideration some additional issues. Water waste and the frequent trips necessary for manual irrigation are some of the challenges faced by growers. Without an automated system, it is common for plantations to be flooded, resulting in significant water loss. Fortunately, the advancement of technology and the increasing availability of computational resources have provided a significant increase in the applicability of hardware and software techniques to solve computing-related problems. In this context, the microcontrolador ESP-8266 has stood out as a promising option. Using the microcontrolador ESP-8266, it is possible to develop an automated plant care system for vertical gardens and apartment gardens. The central research consists of investigating and exploring the capabilities of this technological platform, with the aim of creating an efficient irrigation system that meets the specific needs of vertical gardens in residential environments. In this way, by integrating microcontrolador ESP-8266 technology into vertical gardens, it is possible to optimize the use of resources, such as water, and reduce the human effort necessary for plant maintenance. This not only contributes to sustainability, but also makes the cultivation of fresh food more accessible in urban areas, where space is scarce. In summary, vertical gardens emerge as a smart solution for growing food in limited urban spaces. By leveraging microcontrolador ESP-8266 technology and developing automated irrigation systems, we can face challenges such as water waste and the need for frequent manual irrigation. Thus, we can promote more efficient and sustainable agricultural practices, ensuring a greener, healthier, and self-sufficient urban environment.

Keywords: automated; irrigation; microcontrollers; vertical; gardens.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de Horta Vertical.	15
Figura 2 – Aplicações IoT.	17
Figura 3 – ESP-8266.	24
Figura 4 – Sensor HD-38.	24
Figura 5 – Sensor DHT11.	25
Figura 6 – Boia eletrônica.	25
Figura 7 – Bomba submersa.	25
Figura 8 – Relé.	26
Figura 9 – Circuito do Sistema.	27
Figura 10 – Parte frontal da Central.	28
Figura 11 – Parte traseira da Central.	28
Figura 12 – Sensores.	28
Figura 13 – Imagem do teste de bancada.	29
Figura 14 – Valores obtidos e condições correspondentes do solo.	30
Figura 15 – Planta utilizada no estudo.	31
Figura 16 – Sistema de irrigação instalado.	31
Figura 17 – Bomba instalada no reservatório.	32
Figura 18 – Fluxograma de Funcionamento do Sistema.	33
Figura 19 – Gráfico de Linhas exibindo a curva de umidade do solo ao longo de 24 dias.	34
Figura 20 – Gráfico de barras exibindo a umidade do solo ao longo de 24 dias.	35
Figura 21 – Planta irrigada automaticamente.	35
Figura 22 – Planta irrigada manualmente.	36
Figura 23 – Interface do aplicativo.	36
Figura 24 – Interface do Sistema Web.	37
Figura 25 – Interface do ChatBot.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela comparativa dos trabalhos relacionados com o trabalho da autora.	22
Tabela 2 – Tabela de Materiais e seus respectivos valores.	27
Tabela 3 – Valores obtidos e condições correspondentes do solo.	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Motivação	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivos Gerais	13
2.2	Objetivos Específicos	13
2.3	Estrutura do Trabalho	13
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3.1	Jardim Vertical	14
3.2	Irrigação para o Cultivo	15
3.3	ESP-8266	16
3.4	Internet das Coisas (IoT)	16
4	TRABALHOS RELACIONADOS	18
4.1	Uso de Jardim Vertical em uma proposta para sacada de Apartamento	18
4.2	Uso do Arduino na irrigação de Hortas Verticais	18
4.3	Horta Vertical com irrigação automatizada.	19
4.4	Irrigação Automatizada construída com arduíno, monitorada/operada por um sistema supervisorio e aplicada a uma plantação de coentro	20
4.5	Automação Residencial para monitoramento e irrigação automática de culturas de tomates em Hortas Verticais	21
4.6	Tabela Comparativa	22
5	METODOLOGIA	23
5.1	Materiais Utilizados	23
5.1.1	ESP-8266	23
5.1.2	Sensor de umidade do solo HD-38	24
5.1.3	Sensor de temperatura e umidade do ar DHT11	24
5.1.4	Sensor de boia eletrônica.	25
5.1.5	Bomba submersa	25
5.1.6	Relé	26
5.1.7	Outros itens	26
5.1.8	Investimento	27
5.2	Montagem do Protótipo	27
5.3	Calibragem do Sensor HD-38	29

5.4	Desenvolvimento do Sistema	30
5.5	Montagem da Horta	31
5.6	Funcionamento do Sistema	32
6	RESULTADOS	34
6.1	Comparação dos Dados de Umidade	34
6.2	Comparação da coloração e desenvolvimento das plantas	35
6.3	Uso do Aplicativo de Monitoramento	36
6.4	ChatBot no Telegram	37
7	CONCLUSÃO	39
7.1	Considerações Finais	39
7.2	Trabalhos Futuros	39
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

A agricultura urbana e as hortas verticais ganharam popularidade nos últimos anos, à medida que as pessoas buscam soluções sustentáveis e eficientes para cultivar alimentos em espaços urbanos limitados (ESTADAO, 2021). A irrigação é parte fundamental do processo de cultivo, ao garantir que as plantas recebam a quantidade certa de água para um crescimento saudável.

Além disso, a demanda por propriedades menores, como estúdios e apartamentos de um quarto, está se tornando cada vez mais comum (JUSTO, 2020). No entanto, com esse estreitamento de espaço, não é possível ter uma horta horizontal ou mesmo uma horta coberta. Além disso, a presença de plantas, além da beleza visual e contato mais próximo com a natureza, também proporciona importantes benefícios, como aumento da umidade do ar, redução da temperatura ambiente, controle de gases tóxicos e redução da poluição sonora (DURANTE, 2019).

Ademais, ao abordar o tema da irrigação, surgem outras questões que devem ser consideradas, como o desperdício de água e as frequentes viagens necessárias para realizar a irrigação manual. Essas questões afetam tanto a eficiência dos sistemas de irrigação quanto a praticidade e sustentabilidade da agricultura urbana. O desperdício de água é uma grande preocupação na irrigação convencional (MENDONCA, 2006). Sem um sistema automatizado, as lavouras são frequentemente inundadas, resultando em perda significativa de água. Isso não apenas sobrecarrega o abastecimento hídrico, mas também pode levar ao encharcamento do solo, causando problemas de drenagem e atrofiamento das plantas.

De resto, a agricultura urbana geralmente exige que os produtores façam viagens frequentes para regar as plantas manualmente. Isso pode ser impraticável em termos de tempo e custo, especialmente para jardins verticais em locais remotos ou com acessibilidade limitada. Essas viagens frequentes não apenas consomem recursos valiosos, como combustível e tempo, mas também podem se tornar uma barreira para a adoção generalizada da agricultura urbana.

1.1 Motivação

Assim, o ímpeto deste projeto decorre da tendência de desenvolvimento urbano vertical, em que os edifícios são cada vez mais altos, levando ao aumento do número de casas e à diminuição do tamanho de cada casa.

Além disso, o avanço da tecnologia e a crescente disponibilidade de recursos computacionais trouxeram um aumento significativo na aplicabilidade de técnicas de hardware e software para resolver problemas relacionados à computação.

No entanto, apesar desses avanços, ainda existem desafios a serem superados, como o desperdício de recursos hídricos e a baixa produtividade hortícola. Portanto, é necessário continuar estudando soluções para melhorar a eficiência e a produtividade das hortas verticais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Esse trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema automatizado de irrigação para hortas verticais utilizando programação e instrumentos tecnológicos, com destaque os microcontroladores.

2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Montar uma horta vertical;
- Criar um sistema de irrigação automatizado;
- Comparar o sistema automatizado com a irrigação manual.

2.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em seis capítulos: (1) Introdução; (3) Fundamentação Teórica; (4) Trabalhos Relacionados; (5) Metodologia; (6) Resultados e (7) Conclusão.

No primeiro capítulo está a introdução, onde é apresentada uma contextualização do problema Hortas Verticais, além do objetivo do trabalho. No segundo capítulo está a fundamentação teórica, uma breve descrição dos principais assuntos abordados nesse trabalho. No terceiro capítulo estão os trabalhos relacionados. No quarto capítulo está descrita a metodologia desse projeto. No quinto são apresentados os resultados do projeto. No sexto capítulo está a conclusão desse trabalho, junto das considerações finais e os trabalhos futuros.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Jardim Vertical

Cuidar de plantas dentro de casa pode ser desafiador, exigindo uma pesquisa prévia sobre a irrigação adequada, o tipo de solo a ser utilizado e a quantidade de luz solar necessária para seu crescimento saudável. Além disso, durante viagens longas, muitas vezes é necessário delegar a responsabilidade de cuidar das plantas a terceiros, a fim de evitar que elas morram durante a ausência, porém nem sempre essa opção está disponível.

As plantas fornecem muito mais do que a estética: são seres vivos que promovem a calma, a alegria e a saúde. Não importa onde estejam, as plantas purificam o ar, liberam oxigênio e fornecem alimentos. Mesmo dentro de casa, as plantas oferecem essas e outras vantagens (NIEUWENHUIS M., 2014).

Para algumas pessoas, é difícil incluir plantas na rotina familiar, especialmente em imóveis sem quintal ou terraço. No entanto, é possível compor jardins em espaços mínimos. Ilude-se quem pensa que não se pode realizar algo assim em residências compactas (MUSZKAT, 2018).

Antes, casas com jardins eram mais comuns. Hoje, o desafio é manter uma área verde em um apartamento, e uma das opções são jardins verticais. Segundo o botânico Ricardo Cardim, proprietário da loja *SkyGarden*, a adoção de jardins verticais nas áreas urbanas é extremamente positiva, sejam elas residenciais ou comerciais, internas ou externas. “Os jardins verticais são vistos mais como uma ferramenta de qualidade ambiental do que como um enfeite. É uma tecnologia que permite a criação de áreas verdes onde antes era impossível” (DURANTE, 2019).

Para ter um jardim saudável, é necessário aplicar água na medida certa, mas essa não precisa ser uma tarefa que consuma muito tempo. Muitas plantas acabam morrendo por falta de cuidados simples. Além de plantas residenciais, isso ocorre também em ambientes corporativos, onde muitas vezes as plantas são esquecidas por não possuírem um responsável direto (HOUSE, 2017).

Um jardim vertical pode trazer vários benefícios, mas requer diversos cuidados. A automação pode ser um aspecto inovador e vantajoso para encorajar as pessoas a terem seus jardins. Atualmente, a automação está extremamente difundida no cotidiano e novas tecnologias estão cada vez mais presentes e acessíveis para uso em diversos contextos, como a automação residencial (GARCIA, 2018).

Diversos fatores são essenciais para a construção de um jardim vertical, destacando-se o formato dos recipientes (vasos), materiais utilizados na sua fabricação e sua fixação nos ambientes. Na hora de decorar o seu lar, adicionar vasos — utilitários ou decorativos — pode fazer toda a diferença.

Figura 1 – Exemplo de Horta Vertical.



Fonte: ISTOCK.

A diversidade de modelos permite criar um ambiente moderno. De acordo com (AKEMI, 2021), os vasos decorativos, quando bem escolhidos, trazem um toque adicional de elegância e beleza à casa.

3.2 Irrigação para o Cultivo

A irrigação é um procedimento crucial para o cultivo de vegetais, especialmente nas hortas, pois é fundamental para otimizar a produção de diferentes tipos de plantas. Trata-se de uma prática que, tanto na agricultura tradicional como na moderna, desempenha um papel essencial ao fornecer água de forma artificial para suprir as necessidades hídricas das plantas e garantir níveis adequados de produtividade (TESTEZLAF, 2017).

Embora a precipitação natural seja essencial para o desenvolvimento das plantações, em áreas semiáridas e zonas secas, a ocorrência de chuvas não é comum, tornando a implementação da irrigação uma necessidade relevante (SILVA, 2021).

A utilização da irrigação oferece aos agricultores a garantia de disponibilidade de água para atender às necessidades das plantas, evitando quedas na produção devido à seca excessiva do solo em determinadas épocas do ano (ARRUDA F. B. ; BARRETO, 1984).

Para o bom desenvolvimento de uma horta, é crucial monitorar os níveis de umidade do solo, levando em consideração as diferentes espécies de plantas, pois tanto a umidade excessiva quanto a falta dela podem prejudicar o cultivo adequado.

O monitoramento da temperatura também é um aspecto essencial, pois afeta significativamente a disponibilidade de umidade no solo, aumentando os níveis de evaporação da água e influenciando o processo de fotossíntese das plantas (COUTO, 2016).

3.3 ESP-8266

O módulo ESP-8266 é projetado para integração em circuitos impressos, possibilitando a adição de componentes adicionais, como um conversor USB-serial para facilitar a comunicação com o computador durante a gravação do código-fonte, ou um regulador de tensão para permitir o uso de fontes externas de energia, desde que forneçam 5 volts, pois o módulo possui uma tensão nominal máxima de 3,3 volts.

Existem dois modelos principais do ESP-8266 - o ESP-12E NodeMCU e o ESP-12F NodeMCU. Ambos possuem 11 pinos de Entrada/Saída (I/O) e um conversor analógico-digital. A diferença entre eles está na disposição dos pinos, e o alcance do sinal wireless varia de 30 a 50 metros (OLIVEIRA, 2017).

O ESP-8266 NodeMCU pode operar nos modos STA, AP e STA+AP, suportando até cinco conexões TCP/IP simultâneas. Ele também permite a atualização remota de firmware, possui um conversor analógico-digital (ADC) e suas dimensões são de 49 x 25,5 x 7 mm.

Uma característica importante do ESP-8266 é a capacidade de executar programas armazenados em sua própria memória, o que o torna capaz de operar de forma autônoma, transmitindo dados apenas via WiFi ou interagindo com sensores e saídas através dos pinos. Para carregar código no ESP-8266, é necessário compilá-lo para linguagem de máquina, utilizando um compilador. (KOLBAN, 2016) oferece diversas abordagens para a criação de código para o ESP-8266, sendo que a programação geralmente é realizada na linguagem C++.

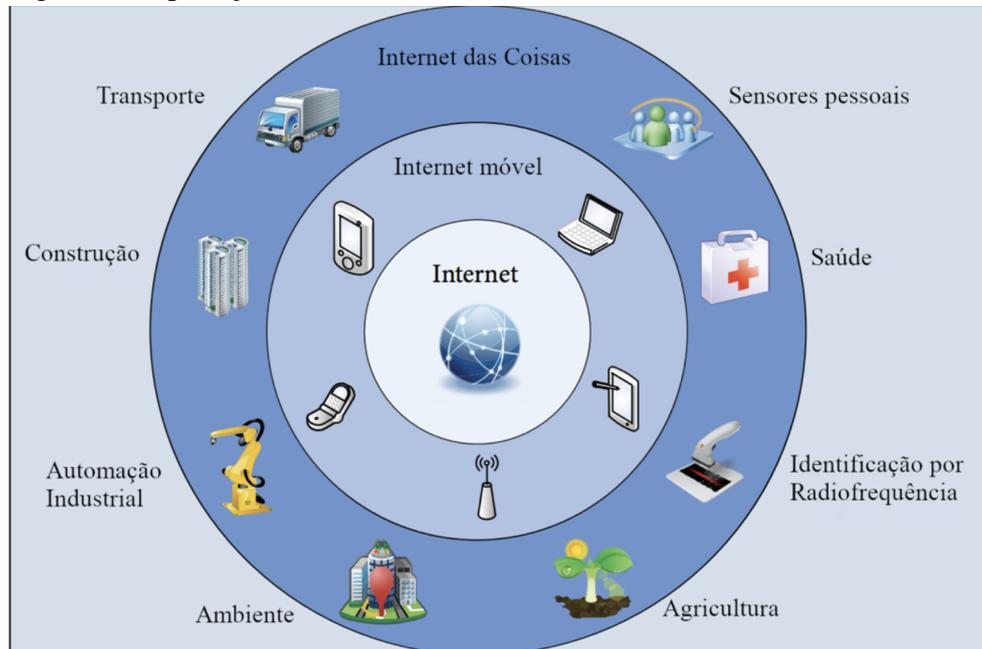
3.4 Internet das Coisas (IoT)

A Internet das Coisas (IoT) funciona como uma rede que surge quando objetos não operados por seres humanos são conectados à Internet (WAHER, 2015). Além disso, enquanto a principal forma de comunicação na Internet atualmente é humana, a IoT representa uma evolução futura onde a comunicação máquina a máquina (M2M) permitirá a conectividade universal, proporcionando uma nova dimensão de interação e automação (WAHER, 2015).

A rede IoT visa permitir uma conexão autônoma e segura entre dispositivos e aplicações do mundo real (CHEN, 2010). Nesta rede, os objetos conectados à Internet podem comunicar-se, trocar dados, tomar decisões e realizar ações de forma independente. Essa capacidade de automação e

comunicação proporciona serviços excepcionais em diversas áreas, aumentando a popularidade da IoT entre instituições acadêmicas, indústrias e governos devido aos seus potenciais benefícios pessoais, profissionais e econômicos.

Figura 2 – Aplicações IoT.



Fonte: (ZHAO., 2015) - Traduzido pela Autora.

A Figura 2 ilustra um exemplo genérico de um cenário em que a IoT pode ser aplicada. A IoT conecta objetos do cotidiano, incorporando inteligência ao sistema para extrair e processar informações específicas de forma inteligente, auxiliando na tomada de decisões úteis. Dessa maneira, a IoT pode proporcionar uma ampla gama de aplicações e serviços anteriormente inimagináveis.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo apresentamos uma comparação do trabalho apresentado nesta tese com trabalhos relacionados, no que se refere à representação do conteúdo existente em materiais educacionais.

4.1 Uso de Jardim Vertical em uma proposta para sacada de Apartamento

O trabalho apresentado por (CABRERA, 2011) destaca a importância dos jardins verticais como solução para oferecer um espaço verde em apartamentos compactos. Além disso, os espaços verdes trazem um ambiente amigável e agradável para essas residências com escassez de espaço físico. Assim, (CABRERA, 2011) ressalta a importância de aproveitar ao máximo qualquer espaço disponível para a construção de plantações e hortas.

Além disso, para (CABRERA, 2011), os jardins verticais são uma alternativa que não ocupa espaço no solo, sendo práticos e oferecendo benefícios como a filtragem do ar e a naturalização do ambiente urbano.

O objetivo do trabalho de (CABRERA, 2011) é mostrar à sociedade que mesmo com espaços limitados é possível ter um jardim bonito e pequeno de várias maneiras. Essas soluções são capazes de proporcionar conforto aos usuários do ambiente, melhorando a qualidade de vida em espaços urbanos. O autor ressalta que os jardins verticais estão cada vez mais presentes no cotidiano, tanto em opções simples quanto em projetos mais complexos, trazendo uma conexão com a natureza e uma sensação de tranquilidade ao ambiente urbano.

Ao comparar o trabalho da autora deste com o trabalho apresentado por (CABRERA, 2011), é possível perceber que ambos têm como desafio trazer espaços verdes para ambientes compactos, buscando estabelecer uma conexão com a natureza mesmo em meio às limitações físicas dos apartamentos.

Apesar disso, existem diferenças, pois o trabalho apresentado pela autora deste, além de trazer um ambiente verde e amigável para residências compactas, a autora tem também como objetivo automatizar o processo de cultivo hortícola, assim, trazendo maior conforto para o dono da horta, diminuindo as intervenções humanas no processo.

4.2 Uso do Arduino na irrigação de Hortas Verticais

O trabalho apresentado por (MARINHO, 2022) tem como objetivo o uso da plataforma Arduino para criar um sistema de irrigação e coleta de dados de hortas verticais. O autor também destaca os atributos e recursos do Arduino, que proporcionam versatilidade na elaboração de sistemas

e na coleta de dados por meio de módulos e sensores.

Por conseguinte, o autor conclui que o Arduino é útil e versátil na coleta de dados das variáveis ambientais, como umidade do solo e umidade e temperatura do ar, demonstrando estabilidade e confiabilidade no armazenamento dos dados coletados. Além disso, (MARINHO, 2022) ressalta a importância dos sensores como recursos imprescindíveis para o monitoramento dessas variáveis.

No demais, o autor conclui que o Arduino pode ser usado na automação da irrigação em hortas verticais, permitindo tomar decisões relacionadas à irrigação de forma automatizada com base nos dados coletados.

Ao comparar o trabalho apresentado por (MARINHO, 2022) com o trabalho dessa autora, ambos têm como objetivo a construção de um sistema de irrigação automático para hortas verticais utilizando Arduino. Ambos os projetos visam melhorar a eficiência e a praticidade da irrigação em espaços limitados, eliminando a intervenção humana.

Porém, o trabalho apresentado por (MARINHO, 2022) difere do trabalho da autora deste em alguns aspectos. A autora utilizará o microcontrolador ESP-8266 em vez do Arduino Uno, utilizado por (MARINHO, 2022). Esse possui recursos mais avançados, como maior capacidade de processamento, mais memória interna e conectividade *Wi-Fi* embutida. Além disso, o projeto contará com uma bomba submersa para pegar água diretamente do reservatório, dispensando o uso de torneiras e mangueiras. Outra diferença é que o trabalho da autora permitirá o monitoramento da temperatura e umidade do ar, fornecendo informações ao usuário sobre as condições ideais para o desenvolvimento da horta.

4.3 Horta Vertical com irrigação automatizada.

O trabalho apresentado por (VEIGA, 2021) visa desenvolver um protótipo de horta vertical com irrigação automatizada utilizando o Arduino, sensores e atuadores solenoides.

O autor também ressalta a importância dos fatores tempo, espaço e conforto na busca por soluções para o cultivo de hortas em espaços pequenos. Por isso, para (VEIGA, 2021), uma opção viável é o uso de canteiros verticais com sistema de irrigação automático.

O sistema montado pelo autor funcionou corretamente, permitindo o crescimento de diferentes culturas e resultando em uma produção saudável de alimentos. A pesquisa destaca a relevância da automação e do uso de tecnologias para facilitar o cultivo em espaços limitados, garantindo que as plantas recebam a quantidade adequada de água, contribuindo para a segurança alimentar e a sustentabilidade. Isso permite que as pessoas cultivem seus próprios alimentos de maneira prática e eficiente, aproveitando ao máximo o espaço disponível.

O trabalho apresentado por (VEIGA, 2021) se assemelha ao projeto da autora deste texto, pois ambos se concentram na irrigação automática de hortas verticais, utilizando o sensor de umidade do solo como parâmetro para acionar o sistema de irrigação quando necessário. Essa abordagem eficiente evita o desperdício de água e promove o crescimento saudável das plantas.

Contudo, é importante ressaltar que o trabalho da autora difere do apresentado por (VEIGA, 2021) em relação aos componentes utilizados. Enquanto o projeto mencionado utiliza uma válvula solenoide que requer uma torneira e o Arduino UNO, o trabalho da autora deste texto emprega o microcontrolador ESP-8266 com conectividade *Wi-Fi* e uma bomba submersa, necessitando apenas de um reservatório de água, e dispensando o uso de torneiras.

4.4 Irrigação Automatizada construída com arduíno, monitorada/operada por um sistema supervisor e aplicada a uma plantação de coentro

No trabalho apresentado por (COSTA, 2020), existia um desafio a ser resolvido: a irrigação das plantas da escola quando os alunos e professores não estavam presentes, como nos finais de semana e feriados, o que prejudicava o desenvolvimento das plantas e poderia levá-las à morte.

Para solucionar esse problema, foi desenvolvido um sistema de irrigação automatizada utilizando o microcontrolador Arduino UNO, um sensor de umidade, um módulo relé e uma válvula solenoide.

O sistema desenvolvido por (COSTA, 2020) funciona detectando a umidade do solo e ativando a irrigação quando o solo está seco, de acordo com um valor pré-determinado. Além disso, o sistema pode ser operado remotamente por meio de uma conexão de internet usando o aplicativo *TeamViewer* e o programa *Eclipse SCADA*, permitindo que o usuário acesse e controle o sistema de irrigação.

Embora o protótipo não tenha sido implantado na escola devido à pandemia, foram realizados testes em casa que apresentaram resultados satisfatórios, incluindo o crescimento saudável das plantas e a economia de tempo e água. Esse sistema automatizado de irrigação proporciona autonomia à horta, garantindo que as plantas sejam irrigadas adequadamente mesmo quando não há presença física dos alunos e professores na escola.

O trabalho apresentado por (COSTA, 2020) se assemelha ao da autora deste texto, pois ambos são projetos de irrigação automática, utilizando a umidade do solo como parâmetro para acionar o sistema de irrigação. Todavia, o trabalho apresentado por (COSTA, 2020) se diferencia do trabalho da autora em alguns pontos. Enquanto o projeto mencionado utiliza uma válvula solenoide e o Arduino UNO, o trabalho da autora utiliza o microcontrolador ESP-8266 com conectividade *Wi-Fi* e uma bomba

submersa. Além disso, o projeto da autora deste texto permitirá o monitoramento de temperatura e umidade do ar, fornecendo informações ao usuário sobre as condições ideais para o desenvolvimento da horta.

4.5 Automação Residencial para monitoramento e irrigação automática de culturas de tomates em Hortas Verticais

O trabalho apresentado por (NETO, 2017) enfatiza a importância dos jardins verticais como uma solução sustentável para enfrentar a redução das áreas verdes nos centros urbanos, decorrente do processo de urbanização. Os jardins verticais, incluindo as hortas verticais, são destacados por permitirem o cultivo de plantas em espaços limitados, adaptando-se bem ao ambiente urbano. Especificamente, o cultivo de tomates é ressaltado devido ao seu crescimento favorável em espaços físicos pequenos e sua relevância na culinária mundial.

Nesse contexto, o trabalho de (NETO, 2017) propõe a utilização da tecnologia para automatizar e monitorar a irrigação das hortaliças, especialmente o tomate, visando reduzir o desperdício de água na agricultura, considerando a crise hídrica global. A plataforma Arduino, juntamente com sensores, atuadores e uma interface homem-máquina, é adotada para controlar o processo de irrigação e supervisionar o cultivo dos tomates.

Dessa forma, o estudo realizado por (NETO, 2017) busca otimizar o desenvolvimento da cultura e reduzir as perdas de água associadas às regas manuais. O trabalho ressalta a importância do manejo adequado da irrigação para o florescimento saudável das plantas, evidenciando a eficiência dos sistemas embarcados na automação sustentável.

O trabalho apresentado possui uma relação próxima com o projeto da autora deste texto. Ambos têm como proposta a automação residencial para o monitoramento e a irrigação automática em hortas verticais, utilizando a umidade do solo como parâmetro. Além disso, ambos projetos fazem uso de uma bomba submersa, eliminando a necessidade de torneiras para abastecimento de água.

No entanto, o trabalho apresentado por (NETO, 2017) se diferencia do trabalho da autora no uso de tecnologias específicas. O projeto em questão utiliza Arduino UNO e *Bluetooth* para a interface do usuário, enquanto o trabalho da autora utiliza o microcontrolador ESP-8266 com *Wi-Fi* integrado. O *Wi-Fi* é amplamente utilizado para transferência de dados em redes locais, oferecendo maior alcance e velocidade de transferência em comparação com o *Bluetooth*. O *Bluetooth*, por outro lado, é mais adequado para comunicação de curto alcance, sendo comumente utilizado em dispositivos móveis e acessórios.

4.6 Tabela Comparativa

Tabela 1 – Tabela comparativa dos trabalhos relacionados com o trabalho da autora.

Critérios	(CABRERA, 2011)	(MARINHO, 2022)	(VEIGA, 2021)	(COSTA, 2020)	(NETO, 2017)	Trabalho da Autora
Dispositivo Utilizado	Não utilizou	Arduino UNO	Arduino UNO	Arduino UNO	Arduino UNO	ESP-8266
Sensor de umidade do solo	Não utilizou	Utilizou	Utilizou	Utilizou	Utilizou	Utilizou
Sensor de umidade do Ar	Não utilizou	Não utilizou	Não utilizou	Não utilizou	Utilizou	Utilizou
Sensor de temperatura	Não utilizou	Utilizou	Não utilizou	Não utilizou	Utilizou	Utilizou
Interface do Usuário	Não utilizou	Monitor serial	<i>Display LCD</i>	<i>Team Viewer</i>	<i>App Inventor</i>	<i>Blynk</i>
Conexão	Não utilizou	Não utilizou	Não utilizou	Não utilizou	<i>Bluetooth</i>	<i>Wi-fi</i>

Fonte: Feito pela Autora.

Na tabela 1, é realizada uma análise concisa das características distintivas entre diversos trabalhos relacionados. Cada trabalho é identificado por sua referência, com uma coluna adicional dedicada ao trabalho da autora. A tabela destaca aspectos como "Dispositivo Utilizado", utilização de sensores, "Interface do Usuário" e "Conexão", proporcionando uma visão abrangente das diferentes abordagens implementadas em cada contexto. Essas características são essenciais para compreender as distintas funcionalidades e abordagens de cada sistema apresentado.

5 METODOLOGIA

A abordagem metodológica adotada neste estudo visou atingir os objetivos necessários para o desenvolvimento do sistema de irrigação proposto, desde a construção física dos mecanismos de rega até a automação do processo. Inicialmente, foi imprescindível conduzir uma análise detalhada do ambiente onde a estrutura física do projeto seria implantada. Optou-se por uma pequena horta vertical montada na varanda da autora, composta por duas pimentas e dois tomilhos distribuídos em dois vasos. Cada vaso continha dois tipos de plantas, sendo que um era monitorado e irrigado manualmente, enquanto o outro recebia monitoramento e irrigação automáticos.

A próxima etapa envolveu a configuração manual dos sensores utilizados no projeto. Essa configuração foi realizada monitorando um vaso com o adubo utilizado na horta desde o momento em que estava seco até atingir saturação. Para o armazenamento dos dados do processo, foram criadas duas planilhas no Google Sheets, uma destinada ao sistema automatizado e outra ao sistema manual. Posteriormente, realizou-se a configuração do aplicativo de monitoramento por meio do *Blynk*.

Com as etapas anteriores concluídas, iniciaram-se as configurações no microcontrolador para a conexão sem fio utilizando o ESP-8266. Após a validação desse processo, foi projetado o circuito eletrônico para a comunicação entre todos os componentes. Na sequência, o projeto de instalação e construção física na varanda da autora foi executado. Por fim, os materiais e o funcionamento do sistema de irrigação foram testados em cada uma de suas funcionalidades.

5.1 Materiais Utilizados

5.1.1 ESP-8266

O microcontrolador escolhido para o projeto foi o ESP-8266, um chip de baixo custo e alto desempenho que integra conectividade *Wi-Fi* e *Bluetooth*. Ele será responsável pelo controle e gerenciamento do sistema de horta vertical, permitindo a comunicação entre os sensores, atuadores e o usuário.

Figura 3 – ESP-8266.



Fonte: Mercado Livre (2023).

5.1.2 Sensor de umidade do solo HD-38

O sensor de umidade do solo será usado para medir a umidade do substrato onde as plantas estão cultivadas. Ele ajudará a determinar quando a rega é necessária, ativando a bomba submersa para fornecer água às plantas quando a umidade estiver abaixo de um determinado limite.

Esse sensor funciona como um resistor elétrico. Quando a umidade do solo aumenta, a resistência elétrica do solo muda, permitindo que o sensor meça essa variação. O sensor define um valor entre 0 e 1024, onde 0 indica o solo completamente úmido e 1024 indica o solo completamente seco.

Figura 4 – Sensor HD-38.

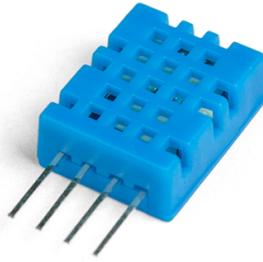


Fonte: Mercado Livre (2023).

5.1.3 Sensor de temperatura e umidade do ar DHT11

Esse sensor será usado para monitorar as condições ambientais na área da horta vertical. Ele fornecerá informações sobre a temperatura e a umidade do ar, permitindo ajustar as condições para um crescimento ideal das plantas.

Figura 5 – Sensor DHT11.



Fonte: Mercado Livre (2023).

5.1.4 Sensor de boia eletrônica.

Esse sensor será usado para monitorar o nível d'água no reservatório. Caso o nível esteja a baixo do ideal, o sensor identifica e ativa a função de notificação via Telegram.

Figura 6 – Boia eletrônica.



Fonte: Mercado Livre (2023).

5.1.5 Bomba submersa

A bomba submersa é responsável por fornecer água às plantas quando necessário. Ela será acionada pelo microcontrolador com base nas leituras do sensor de umidade do solo. Quando a umidade estiver abaixo do nível desejado, o microcontrolador acionará o relé, ligando a bomba para irrigar as plantas.

Figura 7 – Bomba submersa.

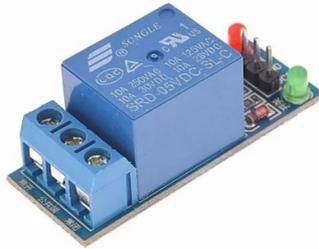


Fonte: Mercado Livre (2023).

5.1.6 Relé

O relé será usado como um interruptor controlado pelo microcontrolador para ligar ou desligar a bomba submersa. Quando o microcontrolador determinar que a rega é necessária com base nas leituras do sensor de umidade do solo, ele acionará o relé para ligar a bomba e fornecer água às plantas.

Figura 8 – Relé.



5.1.8 Investimento

Tabela 2 – Tabela de Materiais e seus respectivos valores.

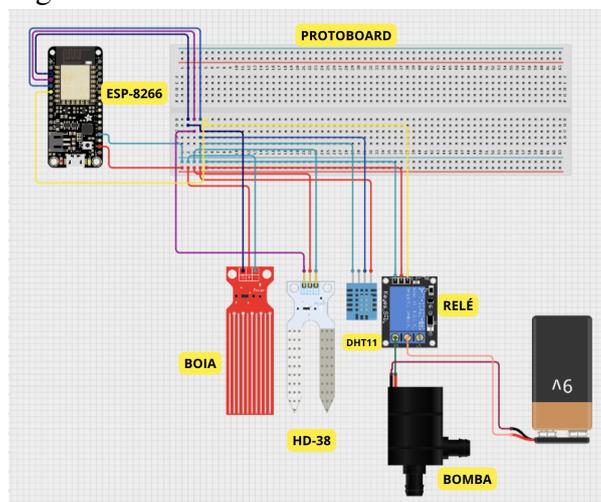
Materiais	Quantidade	Valor Unitário.	Valor Total
ESP-8266	2	R\$ 25,00	R\$50,00
Sensor DHT11	2	R\$ 13,00	R\$26,00
Boia eletrônica	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
Bomba submersa	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Relé	1	R\$ 8,00	R\$ 8,00
Sensor HD-38	2	R\$ 8,00	R\$ 16,00
Mangueira 1m	2	R\$4,00	R\$ 8,00
Reservatório 50L	1	R\$35,00	R\$35,00
Gotejadores	2	R\$0,50	R\$1,00
Vasos	2	R\$10,00	R\$20,00
Palete para horta	2	R\$ 75,00	R\$150,00
Muda de pimenta	2	R\$ 15,00	R\$ 30,00
Muda de tomilho	2	R\$ 15,00	R\$ 30,00
Total			R\$594,00

Fonte: Feito pela Autora.

5.2 Montagem do Protótipo

A montagem do protótipo teve início utilizando a plataforma *Circuit Designer*, onde a primeira versão do circuito eletrônico foi elaborada para o sistema. Devido a limitações da plataforma, algumas peças necessárias não estavam disponíveis, o que levou à utilização de peças similares na montagem do circuito.

Figura 9 – Circuito do Sistema.

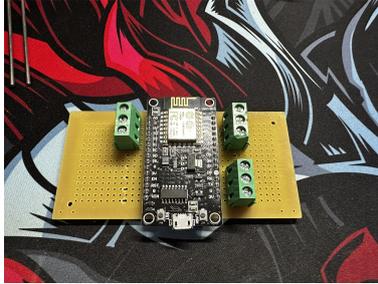


Fonte: Feito pela Autora.

Em seguida, o sistema foi montado em uma bancada, passando por testes e validações.

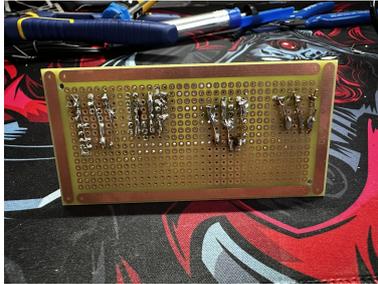
Após a validação bem-sucedida, procedeu-se à montagem da central e dos sensores em uma placa de circuito impresso (PCB), empregando bornes para a conexão com os cabos de rede que foram utilizados para interligar a central aos sensores.

Figura 10 – Parte frontal da Central.



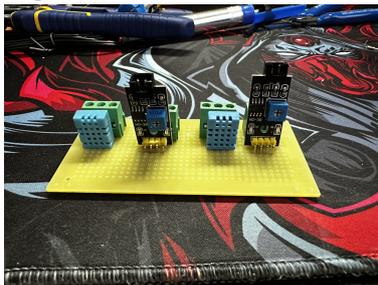
Fonte: Feito pela Autora.

Figura 11 – Parte traseira da Central.



Fonte: Feito pela Autora.

Figura 12 – Sensores.



Fonte: Feito pela Autora.

Essas etapas garantiram não apenas a eficácia do circuito eletrônico, mas também a funcionalidade do sistema como um todo.

5.3 Calibragem do Sensor HD-38

Para iniciar a montagem da horta, foi necessário realizar a calibragem do sensor HD-38. Trata-se de um sensor resistivo composto por duas hastes que ficam em contato direto com o substrato da planta para monitorar a condutividade elétrica. Dessa forma, quando o solo está seco, a resistência do sensor aumenta, dificultando a passagem de corrente elétrica. Ao ficar úmido, a condutividade aumenta, permitindo que a corrente elétrica flua com menor resistência.

Este sensor opera em uma escala numérica transmitida por uma porta analógica. Quando o sensor está completamente fora d'água, o valor indicado é 1024, e quando está submerso na água, o valor é 0.

Entretanto, a calibragem foi realizada com o mesmo solo utilizado nas plantas, em um teste de bancada. Inicialmente, coletaram-se dados do solo completamente seco, seguido por uma gradual saturação com água. Este processo permitiu ajustar o sensor de acordo com as condições reais do solo, garantindo uma leitura precisa e sensível às variações de umidade.

Figura 13 – Imagem do teste de bancada.



Fonte: Feito pela Autora.

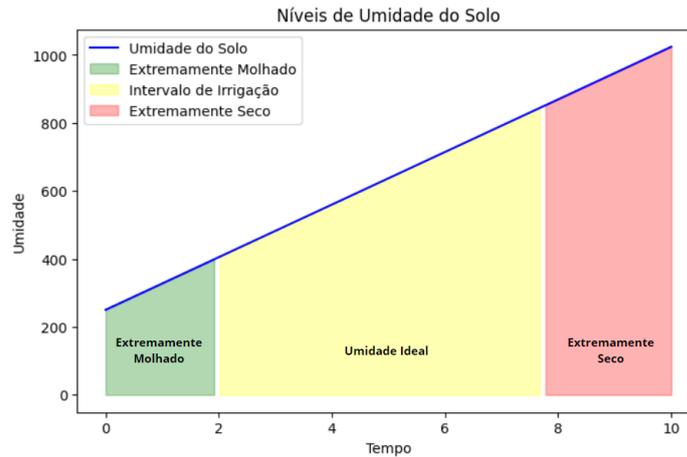
Os valores obtidos com o teste foram os seguintes:

Tabela 3 – Valores obtidos e condições correspondentes do solo.

Valores obtidos	Condição do Solo
1024-850	Solo extremamente seco
849 - 400	Solo com umidade ideal
399 - 250	Solo extremamente encharcado

Fonte: Feito pela Autora.

Figura 14 – Valores obtidos e condições correspondentes do solo.



Fonte: Feito pela Autora.

A análise dos dados levou à definição de que o valor ideal para um solo 100% irrigado é 400, enquanto para um solo 0% irrigado é 1024. No entanto, quando a umidade do solo atinge o valor de 70% de umidade, o relé é ativado. Com o relé ativado, a irrigação é iniciada e continua até que a umidade do solo atinja 100%.

5.4 Desenvolvimento do Sistema

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do sistema envolve a utilização do microcontrolador ESP-8266, juntamente com o módulo relé, o sensor de umidade do solo, sensor de umidade e temperatura do ar e a boia d'água. O módulo relé é responsável por controlar a ativação da bomba d'água. A mangueira de irrigação foi conectada à bomba d'água para realizar a irrigação das plantas.

Para o desenvolvimento do código, foi utilizado o ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) *Visual Studio Code*, juntamente com a extensão *PlatformIO*. Essa extensão oferece serviços de compilação de código ao nível de máquina, facilitando a programação em linguagem C++.

Além disso, foram desenvolvidas duas funcionalidades. A primeira consiste no envio periódico dos dados para a planilha do Google Sheets, onde a cada 1 hora, as informações são atualizadas nessa planilha. A segunda funcionalidade criada tem como propósito notificar o usuário no Telegram quando o nível de água do reservatório está baixo. A decisão de utilizar um reservatório de água deve-se ao fato de que este experimento está sendo realizado em um ambiente sem ponto de coleta de água direto, como uma torneira.

5.5 Montagem da Horta

A montagem da horta contou com o uso de dois paletes para a fixação das plantas na parede. Adicionalmente, foi desenvolvido um sistema de monitoramento para a segunda planta, com o objetivo de realizar uma comparação entre a automação e a irrigação manual. No caso da irrigação manual, o sistema de monitoramento foi concebido da mesma maneira, porém, sem a utilização do módulo de boia, relé e bomba d'água.

A horta foi montada na varanda da autora, juntamente com o sistema já instalado no local. A Figura 17 apresenta a disposição da central e dos sensores em relação ao vaso da planta no palete.

Figura 15 – Planta utilizada no estudo.



Fonte: Feito pela Autora.

Após a instalação inicial, o sistema de irrigação foi montado, utilizando gotejadores e mangueiras conectadas à bomba submersa posicionada dentro do reservatório de água. Esse sistema hidráulico assegura a irrigação adequada da planta em questão.

Figura 16 – Sistema de irrigação instalado.



Fonte: Feito pela Autora.

Figura 17 – Bomba instalada no reservatório.



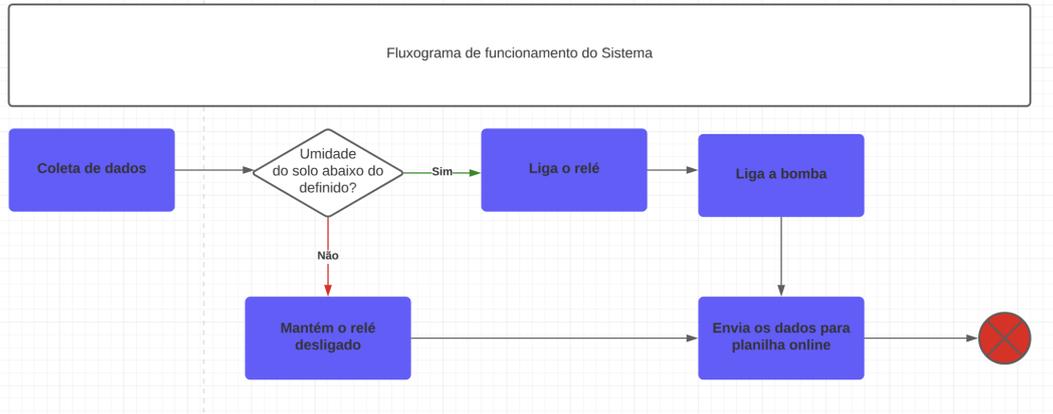
Fonte: Feito pela Autora.

5.6 Funcionamento do Sistema

O sistema funciona da seguinte maneira:

1. O sensor de umidade do solo está conectado diretamente ao substrato da planta, tendo como função coletar os dados de umidade do solo e enviá-los ao ESP-8266.
2. O sensor de umidade e temperatura do ar é responsável por coletar dados de umidade e temperatura do ambiente e enviá-los ao ESP-8266.
3. O sensor de boia eletrônica é responsável por verificar o nível d'água, que caso esteja baixo notifica o usuário para abastecer o reservatório.
4. O microcontrolador ESP-8266 recebe os dados dos sensores e realiza o processamento necessário para determinar se a umidade do solo está abaixo do nível definido. Com base nessa informação, ele verifica se é necessário acionar a bomba submersa para irrigar as plantas. Caso a umidade esteja abaixo do valor definido, o microcontrolador ativa o relé, que por sua vez liga a bomba submersa para fornecer água às plantas.
5. Além de realizar o processamento dos dados e controlar a irrigação, o sistema envia os dados coletados de umidade do solo, umidade e temperatura do ar para uma planilha Google, onde o usuário terá acesso ao histórico de irrigação e ambiente.
6. Além disso, foi desenvolvida uma interface com o app *Blynk* para monitoramento dos dados. Isso permitirá que o usuário monitore o *status* da horta vertical em tempo real e tenha noção das condições climáticas na qual a planta se encontra.

Figura 18 – Fluxograma de Funcionamento do Sistema.



Fonte: Feito pela Autora.

Em resumo, o sistema coleta os dados em tempo real, processa-os para determinar a necessidade de irrigação com base na umidade do solo, ativa a bomba submersa, se necessário, e exibe as informações relevantes para o usuário. Essa abordagem automatizada garante que as plantas sejam cultivadas em condições ideais, ajudando a otimizar o crescimento e o desenvolvimento da horta vertical.

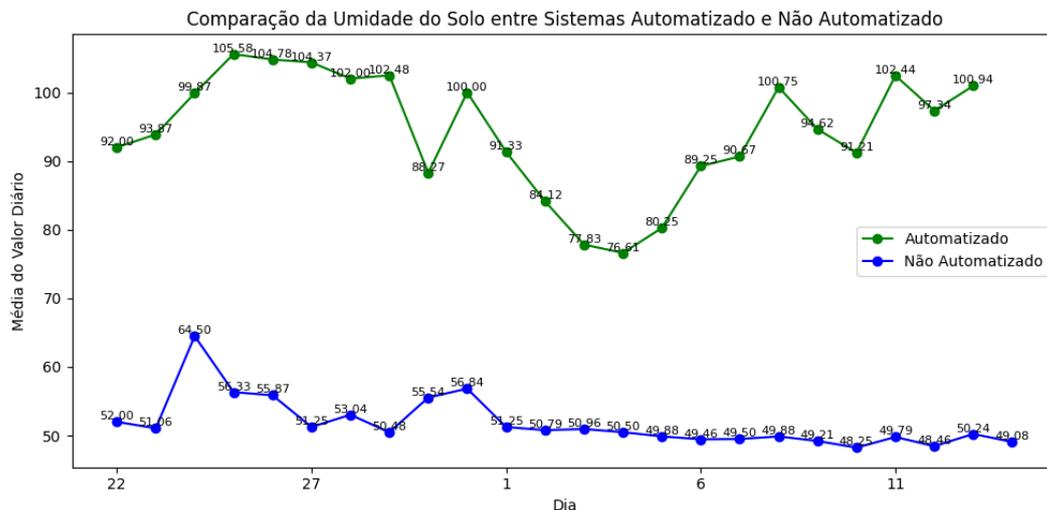
6 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir da análise dos dados coletados.

6.1 Comparação dos Dados de Umidade

A partir dos dados coletados, foi possível realizar uma comparação de desempenho entre o sistema de irrigação automatizado e o sistema de irrigação manual. A coleta de dados estendeu-se ao longo de um período de 24 dias. O sistema automatizado assumiu a responsabilidade pela irrigação da horta quando a umidade atingia aproximadamente 70%, enquanto o sistema manual foi irrigado em intervalos de dois dias, sempre utilizando como medida um copo de 200ml cheio.

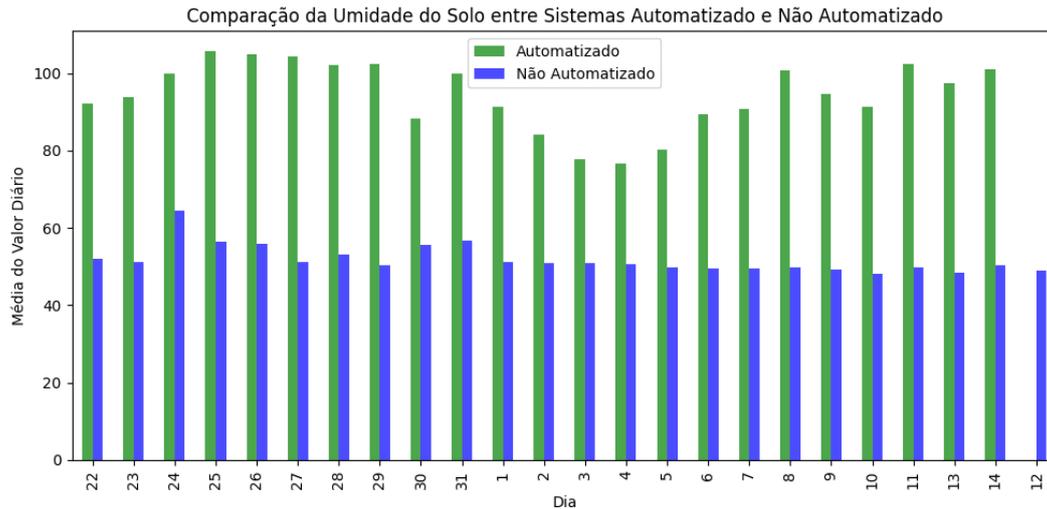
Figura 19 – Gráfico de Linhas exibindo a curva de umidade do solo ao longo de 24 dias.



Fonte: Feito pela Autora.

A Figura 19 exibe um gráfico de linhas que possibilita a comparação da linha de umidade do solo obtida pela coleta de dados dos sensores. No sistema automatizado, a umidade do solo varia entre 70% e 100%, nunca atingindo valores abaixo dessa faixa. Por outro lado, o sistema manual mantém-se consistentemente na faixa de 40% a 50%.

Figura 20 – Gráfico de barras exibindo a umidade do solo ao longo de 24 dias.



Fonte: Feito pela Autora.

A Figura 20 exibe um gráfico de barras que permite a comparação da umidade do solo obtida por meio da coleta de dados dos sensores. No gráfico, observa-se que a umidade do solo no sistema automatizado é praticamente constante, sendo sempre superior à do sistema manual.

6.2 Comparação da coloração e desenvolvimento das plantas

Apesar das plantas terem apresentado um ótimo desenvolvimento ao longo desses 24 dias, foram observados sinais de folhas secas e algumas mortas na planta que foi irrigada manualmente Figura 22. Em contraste, a planta que foi irrigada de forma automatizada 21 apresentou um desenvolvimento superior e mais rápido, possibilitando a realização de duas colheitas de pimentas. Por outro lado, a planta que não teve sua irrigação automatizada concluiu o experimento com apenas uma colheita de pimentas.

Figura 21 – Planta irrigada automaticamente.



Fonte: Feito pela Autora.

Figura 22 – Planta irrigada manualmente.



Fonte: Feito pela Autora.

6.3 Uso do Aplicativo de Monitoramento

O objetivo de utilizar o aplicativo é fornecer ao usuário uma interface que reflita o que está acontecendo na horta. Com essa ideia em mente, o aplicativo foi desenvolvido na plataforma *Blynk*, que permite coletar dados diretamente do microcontrolador e apresentá-los de maneira personalizada ao usuário. Assim, o *Blynk* foi utilizado tanto para aplicações móveis quanto para aplicações web.

No aplicativo para smartphone Figura 23, são exibidos três tipos de dados: temperatura do ar, umidade do ar e umidade do solo. Essas informações permitem ao usuário monitorar as condições da horta em tempo real, facilitando a manutenção e o cuidado com as plantas.

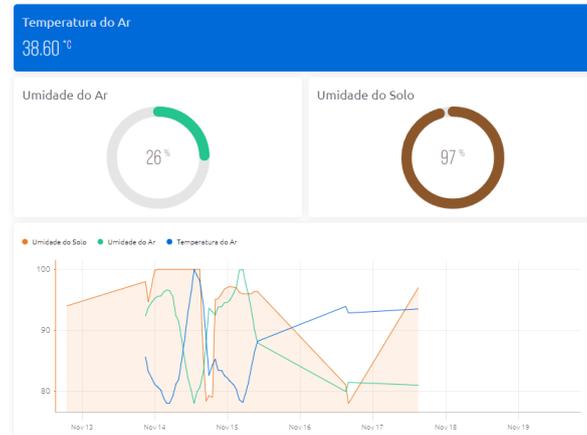
Figura 23 – Interface do aplicativo.



Fonte: Feito pela Autora.

Na interface do sistema web Figura 24, além das informações já exibidas no aplicativo para smartphone, há também a apresentação de um gráfico com o histórico dessas três variáveis: temperatura do ar, umidade do ar e umidade do solo. Este recurso adicional permite aos usuários visualizar as tendências ao longo do tempo e fazer ajustes mais informados em suas práticas de irrigação.

Figura 24 – Interface do Sistema Web.

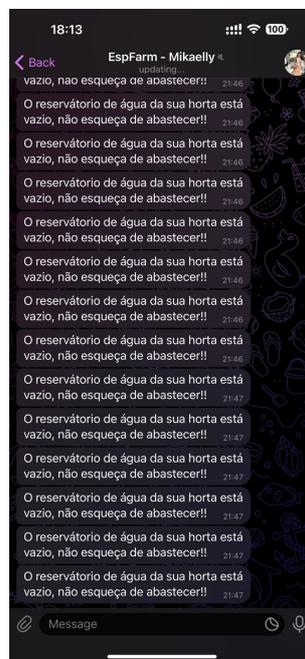


Fonte: Feito pela Autora.

6.4 ChatBot no Telegram

Um ChatBot também foi desenvolvido no Telegram visando notificar o usuário quando o reservatório está vazio. Este ChatBot é ativado assim que a boia eletrônica detecta um baixo nível de água, desligando o relé e enviando uma notificação ao usuário para reabastecer o reservatório.

Figura 25 – Interface do ChatBot.



Fonte: Feito pela Autora.

7 CONCLUSÃO

7.1 Considerações Finais

Esta monografia apresenta um sistema de irrigação automatizado para Hortas Verticais. Inicialmente, foram realizados estudos sobre métodos de irrigação para hortas e a seleção dos materiais necessários. Foi elaborado um circuito eletrônico e um código de programação para realizar a irrigação de forma automatizada. Além disso, foi montado um sistema hidráulico para o gotejamento e implementada uma horta vertical.

Com a conclusão da montagem da horta, tornou-se possível comparar o nível de umidade e o desenvolvimento de uma planta com irrigação automatizada e outra com irrigação manual, validando a proposta desse sistema. No decorrer do trabalho, os principais objetivos foram alcançados, e o projeto se revelou uma valiosa fonte de aprendizado na área de desenvolvimento IoT. Ao término, o sistema demonstrou um bom desempenho de uso e continua sendo utilizado pela autora.

7.2 Trabalhos Futuros

A construção de uma aplicação móvel para o monitoramento da horta, a expansão do sistema para monitorar mais de uma planta e implementar a leitura e indicação da quantidade de volume de água utilizada pelo sistema de irrigação são ideais de trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

- AKEMI, A. **Como vasos decorativos podem fazer a diferença nos ambientes da sua casa.** 2021. Disponível em: <https://www.tuacasa.com.br/vasosdecorativos>. Acesso em: 22 abr. 2023.
- ARRUDA F. B. ; BARRETO, G. B. . O. M. Efeito da irrigação por gotejamento e taças e da cobertura morta na produtividade da ameixa carmesim. **Instituto Agrônômico**, 1984.
- CABRERA, C. H. . N. M. S. . T. A. de G. Uso de jardim vertical em uma proposta para sacada de apartamento. **ETEC Prof. Massuyuki Kawano**, 2011.
- CHEN, T. F. Y. A scheme of data management in the internet of things. **Network Infrastructure and Digital Content**, 2010, 2010.
- COSTA, D. T. d. S. Hendryk de O. Irrigação automatizada contruída com arduino, monitorada/operada por um sistema supervisorio e aplicada em uma plantação de coentro. **Anais da Mostra Nacional de Robótica**, 2020.
- COUTO, J. P. C. Fluxo de calor no solo e radiação líquida em pastagem de capim braquiária com grau de cobertura variável. **Universidade Federal do Recôncavo da Bahia**, 2016.
- DURANTE, S. **Conheça os benefícios de ter um jardim vertical dentro de casa.** 2019. Disponível em: <https://revistacasaejardim.globo.com/Casa-e-Jardim/Paisagismo/Jardim-vertical/noticia/2016/08/jardins-verticais-conheca-os-beneficios.html>. Acesso em: 14 jun. 2023.
- ESTADAO. **Sustentabilidade urbana: hortas comunitárias e fazendas verticais.** 2021. Disponível em: <https://summitagro.estadao.com.br/noticias-do-campo/sustentabilidade-urbana-hortas-comunitarias-e-fazendas-verticais/>. Acesso em: 18 jun. 2023.
- GARCIA, J. **Como a automação impacta na qualidade de vida?** 2018. Disponível em: <https://horizonteconstrutora.com/como-a-automacao-impacta-na-qualidade-de-vida-veja/>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- HOUSE, P. **Conheça os benefícios de ter um jardim vertical dentro de casa.** 2017. Disponível em: <https://primesmarthouse.com/jardim-automatizado/>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- JUSTO, H. **Papo de Paisagista – Apartamentos pequenos podem ter horta, sim!** 2020. Disponível em: <https://www.casadevalentina.com.br/blog/papo-de-paisagista-apartamentos-pequenos-podem-ter-horta-sim/>. Acesso em: 14 jun. 2023.
- KOLBAN, N. **Kolban’s Book on ESP8266.** [S. l.: s. n.], 2016.
- MARINHO, P. F. Uso do arduino na irrigação de hortas verticais. **Centro de Estudos Superiores de Parintins.**, 2022.
- MENDONCA, V. P. da S. P. . R. E. F. T. . F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2006.
- MUSZKAT, A. **Sustentabilidade urbana: hortas comunitárias e fazendas verticais.** 2018. Disponível em: <https://www.youinc.com.br/blog/jardins-pequenos/>. Acesso em: 22 abr. 2023.
- NETO, H. M. T. Automação residencial para monitoramento e irrigação automática de culturas de tomates em hortas verticais. **Centro Universitário do Estado do Pará.**, 2017.

- NIEUWENHUIS M., K. C. P. T. . H. S. A. The relative benefits of green versus lean office space: Three field experiments. **Journal of Experimental Psychology: Applied**, 2014.
- OLIVEIRA, R. R. Uso do microcontrolador esp8266 para automação residencial. **UFRJ**, 2017.
- SILVA, E. N. V. D. e. a. **Estudo e viabilidade técnica da utilização de águas de chuvas para o processo de irrigação de hortaliças no semiárido Pernambucano.** [S. l.]: Engineering Sciences, 2021. 110-122 p.
- TESTEZLAF, R. Irrigação: métodos, sistemas e aplicações. **Campinas: Faculdade de engenharia agrícola - FEAGRI**, p. 9, 2017.
- VEIGA, G. K. M. Antonio Jarbas da S. Horta vertical com irrigação automatizada. **Tekhne e Logos**, 2021.
- WAHER, P. **Learning Internet of Things.** [S. l.]: Packt Publishing, 2015.
- ZHAO., F. W. L. H. J. Z. K. A survey from the perspective of evolutionary process in the internet of things. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, 2015.