



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS RUSSAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE SOFTWARE

SAMUEL JONAS SILVA DE LIMA

**CRIAÇÃO DE UM PROTÓTIPO PARA MONITORAMENTO E GERENCIAMENTO
DE HORTA HIDROPÔNICA COM MICROCONTROLADOR**

RUSSAS

2023

SAMUEL JONAS SILVA DE LIMA

CRIAÇÃO DE UM PROTÓTIPO PARA MONITORAMENTO E GERENCIAMENTO DE
HORTA HIDROPÔNICA COM MICROCONTROLADOR

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

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)

L71c Lima, Samuel Jonas Silva de.

Criação de um protótipo para monitoramento e gerenciamento de horta hidropônica com microcontrolador / Samuel Jonas Silva de Lima. – 2023.
49 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Engenharia de Software, Russas, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Alexandre Matos Arruda.

1. Captura de dado. 2. Horta. 3. Microcontrolador ESP32. 4. Sensores. I. Título.

CDD 005.1

SAMUEL JONAS SILVA DE LIMA

CRIAÇÃO DE UM PROTÓTIPO PARA MONITORAMENTO E GERENCIAMENTO DE
HORTA HIDROPÔNICA COM MICROCONTROLADOR

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

Aprovada em: 13/12/2023.

BANCA EXAMINADORA

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

Prof. Dr. Reuber Régis De Melo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Gislane Mendes De Moraes
Secretaria do Desenvolvimento Agrário (SDA)

À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram, em alguns momentos, a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Alexandre Matos Arruda por me orientar neste projeto e incentivo para o uso do \LaTeX .

Aos amigos do laboratório de tecnologias inovadoras Alysson Lucas, Mateus Daniel, Naum Josafá, Paulo Henrique, Pedro Ítalo e Yan Rodrigues pelo apoio e incentivo durante a graduação.

Aos meus pais e irmão, que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente!

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender.

“O sonho é que leva a gente para frente. Se a gente for seguir a razão, fica aquietado, acomodado.”

(Ariano Suassuna)

RESUMO

Ao considerar o crescente aumento populacional, torna-se evidente a necessidade de ampliar a produção mundial de alimentos. No entanto, devido à atual dinâmica econômica, muitos países enfrentam dependência alimentar, recorrendo à importação de insumos de outras nações. Isso resulta em uma menor soberania alimentar para os residentes que não possuem a capacidade de produzir seus próprios alimentos. Nesse contexto, é crucial o desenvolvimento de tecnologias que promovam a autossuficiência nutricional e facilitem a troca de conhecimentos e resultados de produção entre agricultores independentes. Este projeto visa incorporar tecnologia de precisão para impulsionar a produção eficiente de alimentos orgânicos, além de promover a troca de excedentes entre os membros conectados à horta inteligente. Na primeira etapa, o projeto concentra-se na aplicação de técnicas avançadas de monitoramento e controle por meio de um sistema de coleta de dados que utiliza sensores e o microcontrolador ESP32. Na segunda etapa, o trabalho se concentra na criação de um ambiente multiplataforma em formato de rede social, que permitirá a troca de excedentes de produção entre os membros da rede. O foco deste projeto é a primeira etapa, que consiste em um sistema de monitoramento e gerenciamento de horta hidropônica utilizando o microcontrolador ESP32, com o objetivo de produzir alimentos de forma eficiente, aproveitando os benefícios da agricultura de precisão. Com isso, serão apresentados os recursos utilizados, incluindo hardware, materiais empregados, infraestrutura em nuvem e implementação. Com a aplicação desses recursos, a integração com o hardware e a implementação do ambiente em nuvem, espera-se que os dados sejam coletados e que o centro de controle atue na tomada de decisões, fornecendo orientações aos usuários do sistema para corrigir possíveis desvios nos padrões.

Palavras-chave: captura de dados; horta; microcontrolador ESP32; sensores.

ABSTRACT

Considering the growing global population, the need to expand worldwide food production becomes evident. However, due to the current economic dynamics, many countries face food dependency by relying on imports from other nations. This results in reduced food sovereignty for residents who lack the ability to produce their own food. In this context, the development of technologies that promote nutritional self-sufficiency and facilitate the exchange of knowledge and production results among independent farmers is crucial. This project aims to incorporate precision technology to boost efficient production of organic food and facilitate the exchange of surplus among members connected to the smart garden. In the first stage, the project focuses on applying advanced monitoring and control techniques through a data collection system that utilizes sensors and the ESP32 microcontroller. In the second stage, the project concentrates on creating a cross-platform environment in the form of a social network that enables the exchange of production surpluses among network members. The focus of this project is the first stage, which consists of a monitoring and management system for a hydroponic garden using the ESP32 microcontroller, with the goal of efficiently producing food while leveraging the benefits of precision agriculture. The resources used, including hardware, materials, cloud infrastructure, and implementation, will be presented. With the application of these resources, integration with the hardware, and the implementation of the cloud environment, it is expected that data will be collected, and the control center will make decisions, providing guidance to system users to correct possible deviations from the standards.

Keywords: data capture; ESP32 microcontroller; garden; sensors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de sistema hidropônico	15
Figura 2 – Modelo representativo de sistema hidropônico com aeração estática	17
Figura 3 – Modelo representativo de sistema hidropônico NFT	17
Figura 4 – Modelo representativo de sistema aeropônico	18
Figura 5 – Modelo representativo de sistema hidropônico por submersão e drenagem empregando garrafas PET.	18
Figura 6 – Placa do microcontrolador ESP32	19
Figura 7 – Diagrama de conexões do sensor de pH no microcontrolador	21
Figura 8 – Diagrama de conexões do sensor TDS no microcontrolador	22
Figura 9 – Diagrama de conexões do sensor de umidade no microcontrolador	22
Figura 10 – Diagrama de conexões do sensor de luminosidade no microcontrolador	23
Figura 11 – Diagrama de conexões do sensor de raios UV no microcontrolador	24
Figura 12 – Figura de um exemplo de um sistema hidropônico	26
Figura 13 – Figura do esboço do suporte para o modelo hidropônico.	27
Figura 14 – Figura das conexões em curva.	28
Figura 15 – Figura das conexões em T.	28
Figura 16 – Figura das partes principais do suporte.	29
Figura 17 – Figura das calhas hidropônicas.	29
Figura 18 – Figura do magueira de conexão entre as calhas.	30
Figura 19 – Figura da bomba sendo alocada no sistema de calhas 1.	30
Figura 20 – Figura da bomba alocada no sistema de calhas 2.	31
Figura 21 – Figura do suporte montado.	31
Figura 22 – Figura do sistema completo.	32
Figura 23 – Gráfico de temperatura da solução	34
Figura 24 – Gráfico de temperatura do ambiente	35
Figura 25 – Gráfico de umidade do ar	35
Figura 26 – Gráfico de nível de pH	36
Figura 27 – Gráfico de incidência de raios UV	37
Figura 28 – Gráfico de condutividade elétrica	38
Figura 29 – Gráfico de nível de luz visível	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificação da placa do microcontrolador ESP32	20
Tabela 2 – Valoração do pH comparado com a tensão	21
Tabela 3 – Comparação entre os trabalhos quanto a plataforma e tempo de aquisição dos dados	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	<i>Alternating Current</i>
BLE	<i>Bluetooth Low Energy</i>
BNC	<i>Bayonet Neill Concelman</i>
DC	<i>Direct Current</i>
DHT	<i>Digital Humidity and Temperature</i>
HTTP	<i>Hipertext Transfer Protocol</i>
IDE	<i>Integrated Development Enviroment</i>
IOT	<i>Internet of Things</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
NFT	<i>Nutrient Film Technique</i>
pH	Potencial de Hidrogênio
PVC	<i>Polyvinyl chloride</i>
TDS	<i>Total Dissolved Solids</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
UV	Ultravioleta
WIFI	<i>Wireless Fidelity</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

<i>bps</i>	Unidade de medida de taxa de transferência
$^{\circ}\text{C}$	Medida de temperatura em Celsius
<i>Kbytes</i>	Medida de armazenamento de dados
<i>Mbytes</i>	Medida de armazenamento de dados
<i>MHz</i>	Unidade de medida de frequência por unidade de tempo
<i>Hz</i>	Unidade de medida de frequência por unidade de tempo
<i>mca</i>	Unidade de medida de altura em metros de coluna d'água
<i>L/h</i>	Unidade de medida de vazão em litros por hora
<i>Mbps</i>	Unidade de medida de taxa de transferência
<i>mm</i>	Unidade de medida em milímetros
Ω	Unidade de medida de resistência em ohms

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.1	Hidroponia	15
3.1.1	<i>Classificação dos objetivos da hidroponia</i>	16
3.1.2	<i>Modelos Hidropônicos</i>	16
3.2	Microcontrolador	19
3.3	Sensores	20
3.3.1	<i>Coleta do nível de pH</i>	20
3.3.2	<i>Coleta da condutividade elétrica</i>	21
3.3.3	<i>Coleta de temperatura da solução</i>	21
3.3.4	<i>Coleta dos níveis de umidade do ar</i>	22
3.3.5	<i>Coleta de luminosidade</i>	23
3.3.6	<i>Coleta dos níveis de raios ultravioletas</i>	24
3.4	Trabalhos relacionados	24
4	METODOLOGIA	26
4.1	Modelo Hidropônico	26
4.1.1	<i>Construção do arquétipo com base no modelo hidropônico</i>	27
4.2	Captura de Dados	32
4.3	Empacotamento dos Dados para Transmissão	32
4.4	Trasmissão	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	39
	REFERÊNCIAS	40
	APÊNDICE A – CÓDIGO-FONTE UTILIZADO PARA CONSTRUÇÃO DO FIRMARE	42

1 INTRODUÇÃO

Diante do crescimento populacional vê-se o aumento do consumo de alimentos e, conseqüentemente, o uso de extensas faixas de terras agricultáveis, impactando negativamente no meio ambiente e gerando graves problemas climáticos. Com a agricultura de precisão e o avanço de novas tecnologias embarcadas é possível otimizar o uso do terreno e recursos através da verticalização.

A dinâmica entendida pela produção de alimentos em larga escala dá suporte para que o alimento seja conhecido como moeda de troca, poder destacante no mercado e hegemonia política. Essa abordagem foi caracterizada como o primeiro referencial de segurança alimentar Priore *et al.* (2021).

Em contraste, de acordo com a FAO (2021), atualmente, mais de 260 milhões de pessoas sofrem com a fome no mundo. Paralelamente, na Teoria dos regimes Alimentares Friedman e McMichael (1989) são definidas as bases agrárias das relações de poder em determinado contexto e as disputas pelo modelo de desenvolvimento de um modo geral. Elas estão relacionadas com os mecanismos de ajuste estrutural do atual regime econômico, razão pela qual a mercantilização do alimento é tão evidente Coca (2017).

Nessa problemática, a aplicação da abordagem que utiliza tecnologias avançadas, como sensores remotos, sistemas de informação geográfica (SIG) e outras ferramentas digitais, para otimizar a produção agrícola visando maximizar a eficiência dos recursos utilizados e aumento da produtividade, conhecida como agricultura de precisão, trará mais benefícios ao unir com o desenvolvimento sustentável. Sendo assim, consta-se uma poderosa ferramenta para a produção de alimentos com eficiência no processo de desenvolvimento e qualidade nutricional. Paralelamente, essa equipagem vinculada a uma infraestrutura verticalizada contribui para a redução do uso de grandes áreas de terras.

Para inserir essa ferramenta em contextos que tragam soberania alimentar, é necessário a aplicação da tecnologia embarcada capaz de gerir o processo de desenvolvimento da planta e fornecer dados aos agricultores que possuem uma horta hidropônica vertical.

Por fim, este trabalho tem por objetivo propor um sistema de monitoramento de hortas hidropônicas verticais com processamento e análise dos dados obtidos para tomada de decisão com finalidade de melhorar a produtividade.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral desse trabalho é propor um sistema de monitoramento e gerenciamento assíncrono para o cultivo hidropônico utilizando o microcontrolador ESP32 e sensores de luminosidade, raios UV, condutividade elétrica, nível de pH, temperatura da solução e umidade do ar. Os objetivos específicos são:

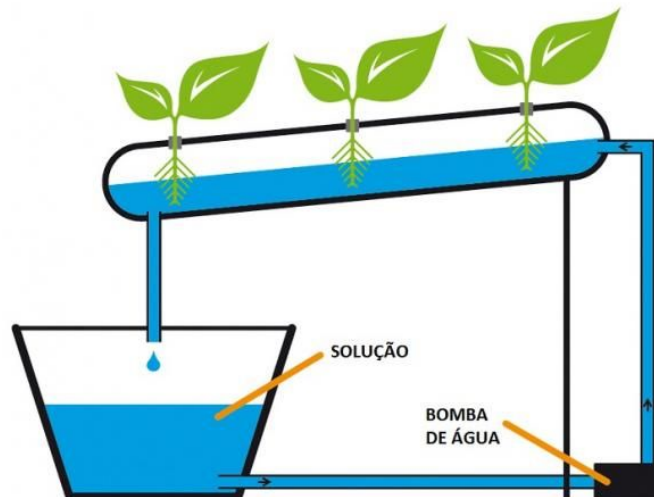
- Propor um modelo base de sistema hidropônico para o uso do sistema de monitoramento e controle.
- Projetar um sistema de captura de dados com o microcontrolador ESP32.
- Demonstrar a instalação dos sensores no microcontrolador.
- Analisar e processar os dados obtidos para propor um algoritmo de tomada de decisão a partir desses resultados.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Hidroponia

De acordo com a etimologia, o termo hidroponia (do grego *hydro* = água e *ponos* = trabalho) quer dizer trabalho com água, no entanto, a hidroponia é um conjunto de técnicas usadas para cultivar plantas, principalmente hortaliças, sem o uso de solo. Os nutrientes minerais essenciais são fornecidos às plantas na forma de uma solução nutritiva. Com isso é possível observar o princípio onde as raízes umedecidas ou submersas em solução aquosa capturam os nutrientes necessários para o desenvolvimento da planta. Os sistemas hidropônicos possuem diversas vantagens as quais são utilizadas no mercado por serem eficientes e com alta produtividade quando comparado aos sistemas convencionais. As vantagens da hidroponia atingem fatores como o aumento da proteção da cultura a fitopatógenos e pragas que conseqüentemente diminui o uso de defensivos agrícolas. Vê-se também uma redução no uso racional de água, podendo ser 70 vezes mais econômico do que os outros sistemas Cometti *et al.* (2019).

Figura 1 – Modelo de sistema hidropônico



Fonte: Silva (2017).

Na Figura 1 é possível observar um modelo genérico de horta hidropônica que conta com três partes principais: o reservatório da solução nutritiva, a bomba de água e a cama de cultivo onde ficam as hortaliças. Esse leiaute será utilizado como base para a elaboração do sistema.

3.1.1 *Classificação dos objetivos da hidroponia*

A hidroponia direciona o conjunto de técnicas a objetivos distintos que podem ser classificados em quatro tipos: hidroponia didática, científica, ornamental e comercial Neto e Barreto (2012).

A *hidroponia didática* caracteriza-se pela não necessidade de larga infraestrutura para sua implantação, logo o investimento para sua construção é relativamente baixo uma vez que a função é apenas didática.

Na *científica* em comparação com a didática necessita de mais infraestrutura, porém em uma escala bem menor do que a comercial. Uma característica forte nessa classificação é que os reagentes químicos necessitam ter um elevado grau de pureza além de exigir um maior rigor no controle de fatores como pH, condutividade elétrica e período de substituição das soluções nutritivas. O seu principal objetivo é descobrir a essencialidade de todos os nutrientes minerais para as plantas.

Já a *ornamental* assemelha-se com a didática por seu baixo custo em infraestrutura e difere pelo objetivo não didático e sim meramente decorativo. Essa é utilizada para decorar ambientes onde se deseja evitar o inconveniente da sujeira deixada pelo solo.

Por fim, a *comercial* tem como principal objetivo a realização em busca de se auferir lucro. Ela necessita de grande infraestrutura, comparada com a hidroponia didática e, portanto um investimento inicial elevado.

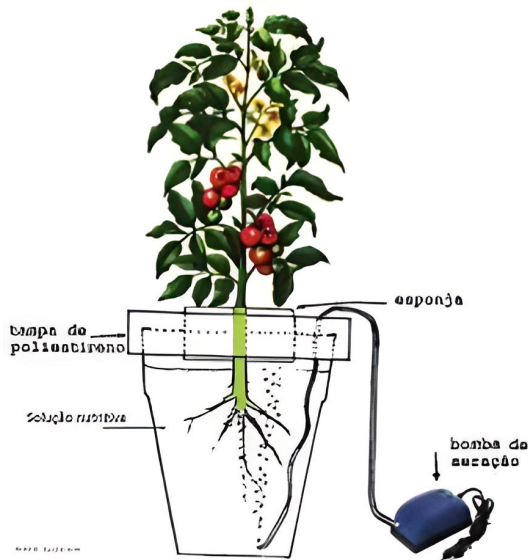
3.1.2 *Modelos Hidropônicos*

Atualmente há uma diversidade de modelos de sistema de cultivo hidropônico. Eles diferem entre si pela forma de sustentação da planta, reaproveitamento da solução nutritiva e pelo fornecimento da solução rica em nutrientes Neto e Barreto (2012). Sistemas abertos e fechados classificam a característica do reaproveitamento da solução alimentícia. No primeiro, o líquido nutritivo é aplicado uma única vez as plantas e logo em seguida descartado. No sistema fechado, o licor rico em nutrientes é recuperado, e reutilizado, sendo periodicamente corrigida com adição de água ou nutrientes minerais. Nesta seção serão apresentados alguns dos principais modelos utilizados no meio comercial.

Primeiramente temos a hidroponia de aeração estática ou *floating*. Nesse modelo de sistema hidropônico, as plantas são mantidas em vasos, sem substrato, com as raízes submersas

na solução alimentícia, e um módulo do sistema responsável por deslocar uma massa de ar atmosférico para a solução proporcionando a respiração das raízes como mostra a Figura 2.

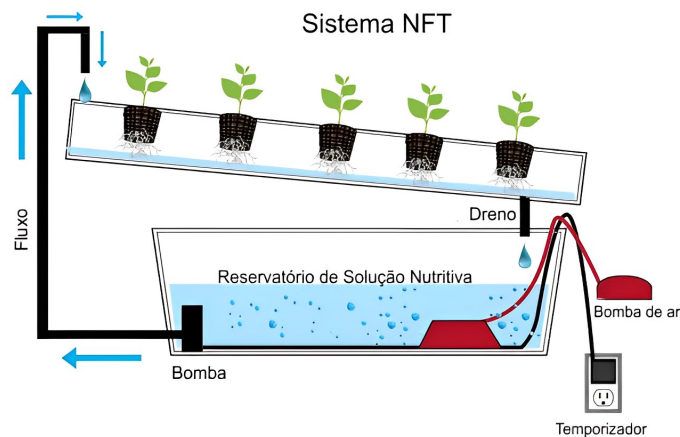
Figura 2 – Modelo representativo de sistema hidropônico com aeração estática



Fonte: Neto e Barreto (2012).

Com a técnica do filme nutritivo, *Nutrient Film Technique* (NFT), Figura 3, é criado um sistema onde as plantas são cultivadas em canais de cultivo por onde a composição nutritiva circula, intermitentemente, com uma frequência controlada. As suas raízes ficam parcialmente submersas no fio do composto rico que circula, de forma que as raízes possam respirar normalmente.

Figura 3 – Modelo representativo de sistema hidropônico NFT

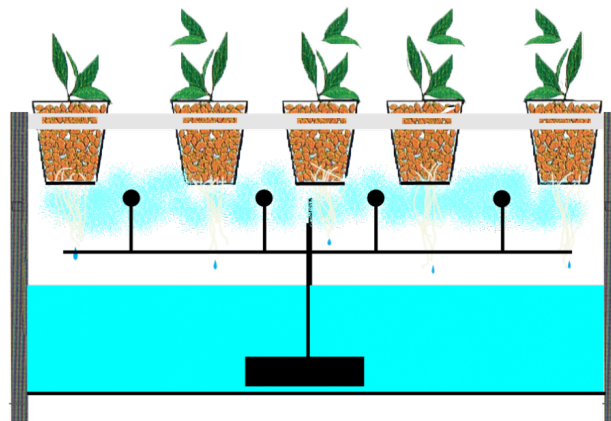


Fonte: GroHo (2016).

Na aeroponia, o cultivo das plantas é disposto de forma que as elas fiquem suspensas

pelo caule em um suporte e as raízes são mantidas dentro de câmaras opacas protegidas da luz, para evitar o desenvolvimento de algas. Elas ficam suspensas no ar e recebem nebulizações sazonais de composto nutritivo. Essa técnica deixa a umidade relativa do ar, no ambiente radicular, próxima a 100%.

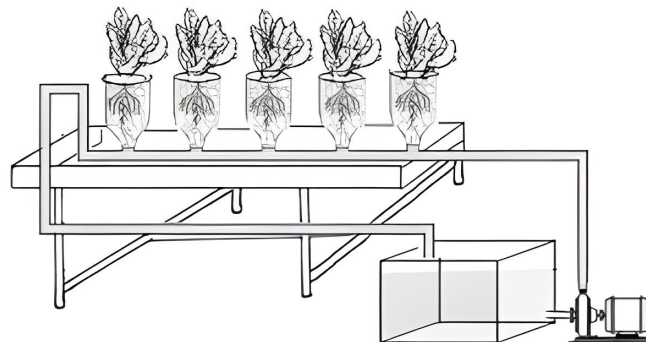
Figura 4 – Modelo representativo de sistema aeropônico



Fonte: GroHo (2016).

O último modelo sem o uso de substrato é o cultivo por submersão e drenagem (*food and drain*). Nele, as plantas são cultivadas em vasos, com as raízes completamente submersas na solução nutritiva. Diferentemente da técnica de aeração estática, o modelo por submersão e drenagem realiza, intermitentemente, uma drenagem completa para o depósito e em seguida bombeia-a novamente para encher os vasos onde são cultivadas as plantas. Veja a Figura 5.

Figura 5 – Modelo representativo de sistema hidropônico por submersão e drenagem empregando garrafas PET.



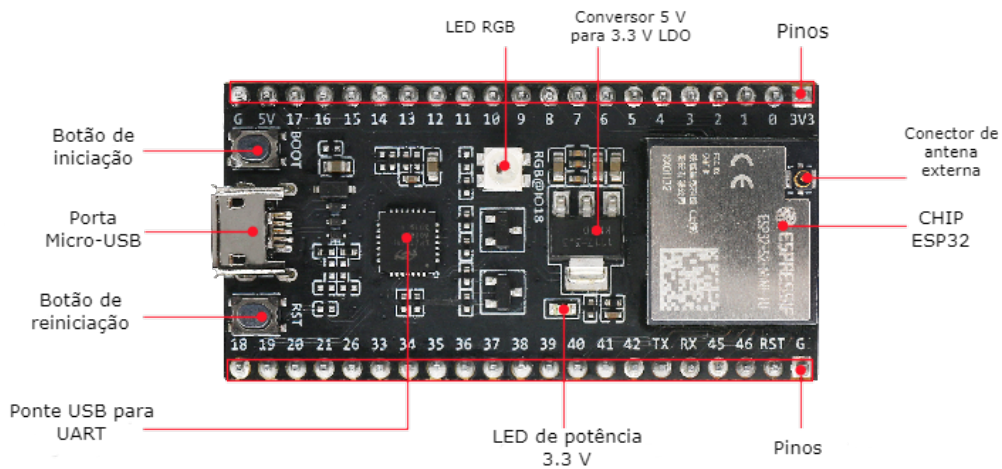
Fonte: Neto e Barreto (2012).

3.2 Microcontrolador

O ESP32, microcontrolador desenvolvido pela Espressif Systems, possui algumas versões que atendem diferentes protótipos de automação sendo amplamente aplicado no segmento de internet das coisas. Dentre suas versões, o ESP32-S é o modelo que possui o módulo *Wireless Fidelity* (WIFI) ESP32 Bluetooth. Esse módulo tem alta performance para aplicações envolvendo WiFi, contando com baixo consumo de energia. É uma evolução do ESP8266, com maior poder de processamento e bluetooth *Bluetooth Low Energy* (BLE) 4.2 embutido Systems (2023).

Na placa existe o chip ESP32, Figura 6, com antena embutida, uma interface usb-serial e regulador de tensão 3.3V. A programação pode ser feita em LUA, linguagem de programação, ou usando a *Integrated Development Enviroment* (IDE) do Arduino através de um cabo Micro-USB, *Universal Serial Bus* (USB). Com 4 MB de memória flash, o ESP32 permite criar variadas aplicações para projetos de *Internet of Things* (IOT).

Figura 6 – Placa do microcontrolador ESP32



Fonte: Systems (2023).

Esse equipamento tem as seguintes especificações:

Tabela 1 – Especificação da placa do microcontrolador ESP32

Recurso	Valor
CPU	Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6
ROM	448 KBytes
RAM	520 Kbytes
Flash	4 MB
Clock máximo	240MHz
Wireless	padrão 802.11 b/g/n
Tipo de conexão	Wifi 2.4Ghz (máximo de 150 Mbps)
Antena	antena embutida
Tipo de conector	Micro-USB
Wi-Fi Direct	P2P, P2P Discovery, P2P Group Owner mode e P2P Power Management
Modos de operação	STA/AP/STA+AP
Bluetooth	BLE 4.2
Portas GPIO	11 com PWM, I2C, SPI
Tensão de operação	4,5 v ~ 9 v
Taxa de transferência	110-460800bps
Conversor analógico	ADC
Distância entre os pinos	2,54 mm
Dimensões	48.2 mm x 25.5 mm x 4.6 mm (desconsiderando os pinos)

Fonte: Systems (2023).

3.3 Sensores

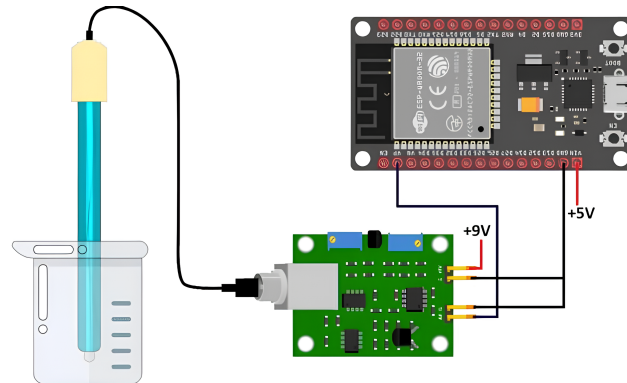
Para coletar os parâmetros de nível de Potencial de Hidrogênio (pH) da água, condutividade elétrica, umidade do ar e luminosidade e raios ultravioletas serão utilizados sensores que suportem em suas especificações, integração com a plataforma arduíno. Alguns desses equipamentos necessitam de calibragem e uso real para cotejar dados monitoráveis, ou seja, os números informados serão corretos após a calibragem da sensibilidade do mesmo. Nesta seção serão exibidos os módulos e sensores descritos acima.

3.3.1 Coleta do nível de pH

O sensor a ser usado para monitorar o pH da composição nutricional é composto por um módulo eletrônico de controle que possui um conector *Bayonet Neill Concelman* (BNC) analógico para a sonda eletrodica que aferirá o nível do pH da solução, Figura 7.

A escala de medição compreende entre 0,00 ~ 14,00 pH a uma temperatura de operação de 0°C a 60°C, acurácia de ± 0.1 pH (25°C) com tempo de resposta de no máximo 1 minuto e tensão de alimentação na faixa de 5V. O funcionamento do sensor ocorre através de um circuito interno que converte o sinal obtido pelo eletrodo em um valor de tensão que ao ser mapeado, representará um valor do pH conforme a Tabela 3.

Figura 7 – Diagrama de conexões do sensor de pH no microcontrolador



Fonte: Robot (2018).

Tabela 2 – Valoração do pH comparado com a tensão

Tensão (mV)	Valor do pH	Tensão (mV)	Valor do pH
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

Fonte: Systems (2023).

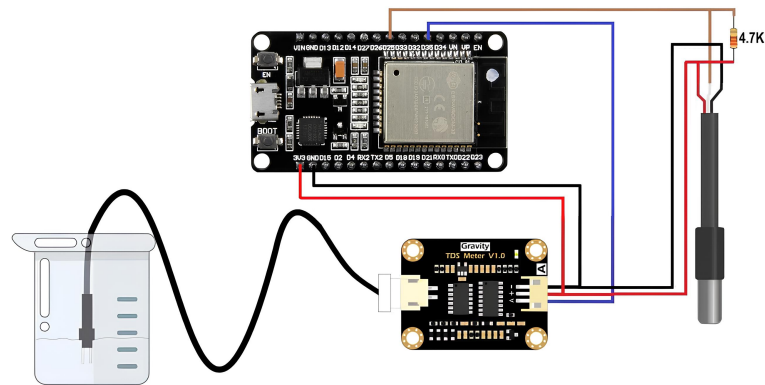
3.3.2 Coleta da condutividade elétrica

Na coleta de parâmetros de condutividade elétrica será usado o sensor *Total Dissolved Solids* (TDS) que indica quantos miligramas de sólidos solúveis são dissolvidos em um litro de água. Em geral, quanto maior o valor de TDS, mais sólidos solúveis estão dissolvidos na água, portando menos limpa a água será. Por essa razão, o valor TDS pode ser usado como um ponto de referência para refletir a limpeza da água Akram *et al.* (2022). Ele trabalha em uma tensão de 3,3 ~ 5,5 V e tem uma faixa de medição de 0 ~ 1000 ppm com acurácia de $\pm 10\%$ FS (25 °C). A seguir, na Figura 8, é mostrado um esquema de conexões desse sensor.

3.3.3 Coleta de temperatura da solução

Para a coleta de parâmetros de temperatura da água será utilizado um sensor de temperatura DS18B20 do tipo sonda. Ele realiza a leitura da temperatura na faixa de -55°C a 125°C em ambiente seco, úmido ou submerso. Possui acurácia de $\pm 0,5$ entre -10°C e 85°C com tensão de operação de 3 a 5 V *Direct Current* (DC). Veja a Figura 8 para mais detalhes sobre as conexões entre os componentes.

Figura 8 – Diagrama de conexões do sensor TDS no microcontrolador

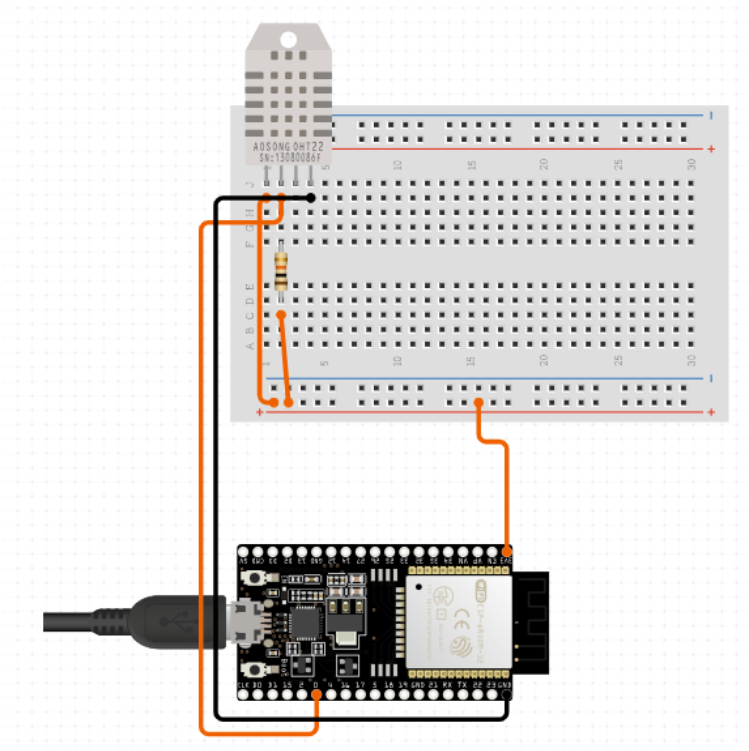


Fonte: Robot (2018).

3.3.4 Coleta dos níveis de umidade do ar

Quanto a coleta dos dados sobre umidade do ar, é visto a disponibilidade do sensor DHT11 e DHT22 o qual realiza o cálculo de dados de temperatura e umidade do ar. A faixa de umidade relativa do ar que pode ser medida é de 20 a 80% com acurácia de $\pm 5\%$ RH, tempo de resposta de 2s e tensão de trabalho entre 3,5 a 5 V. A conexão com o microcontrolador pode ser exemplificada na Figura 9.

Figura 9 – Diagrama de conexões do sensor de umidade no microcontrolador

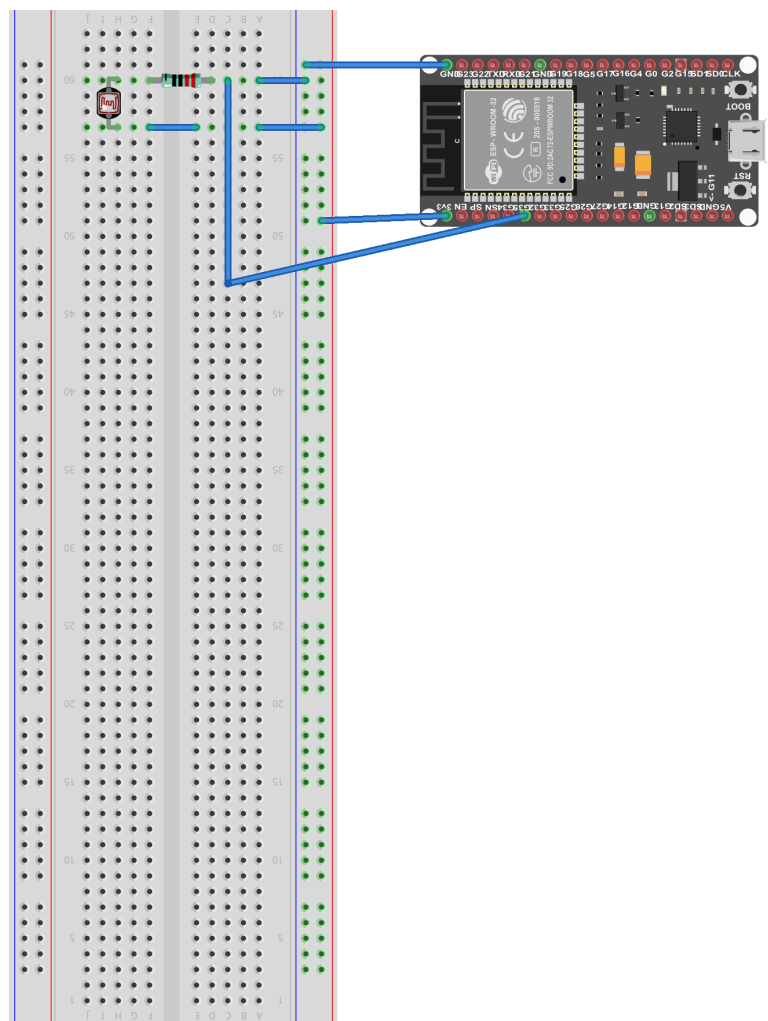


Fonte: Robot (2018).

3.3.5 Coleta de luminosidade

Para a obtenção de informações sobre o nível de luminosidade atual será usado um sensor de luminosidade *Light Dependent Resistor* (LDR). Trata-se de um sensor simples onde o seu funcionamento está associado a sua resistividade que varia de acordo com a luminosidade recebida. Ele trabalha na tensão de até 150V DC com resistência no escuro de $1M\Omega$ (Lux 0) e resistência na luz entre 10 a $20 K\Omega$ (Lux 10). O esquema das conexões é mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Diagrama de conexões do sensor de luminosidade no microcontrolador



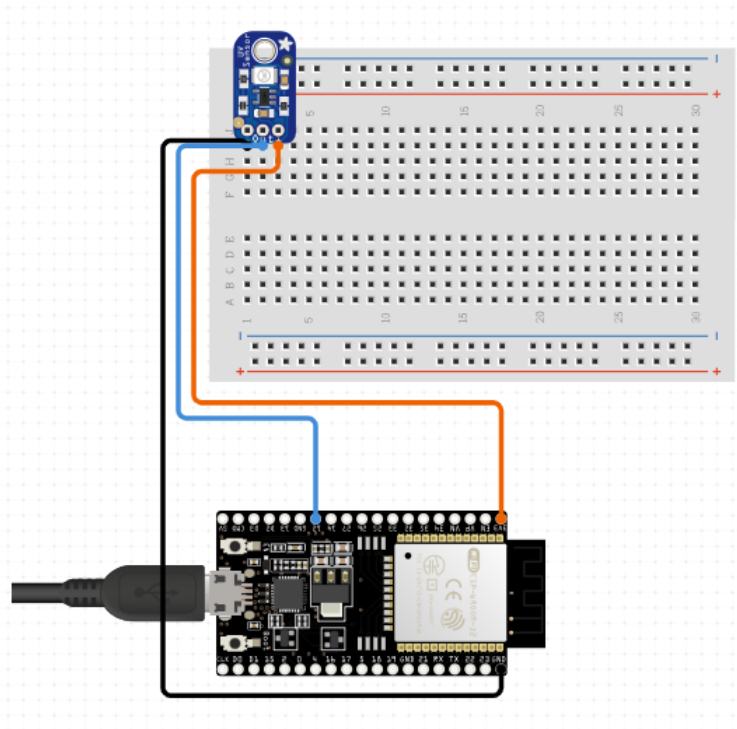
Fonte: Robot (2018).

3.3.6 Coleta dos níveis de raios ultravioletas

Para finalizar, o último sensor trata do cálculo da luz ultravioleta essencial para as plantas, pois ela também pode modificar o balanço de fitormônios nos vegetais, influenciando a germinação, crescimento e desenvolvimento Yang *et al.* (2018).

Para essa tarefa será empregado o uso do sensor Ultravioleta (UV) GUVA-S12SD o qual possui um módulo responsável por detectar a intensidade da radiação ultravioleta em determinado local e traduzí-la em valores de saída analógica conforme a intensidade da radiação UV. Ele possui a tensão de trabalho de 2,5 ~ 5 V com a capacidade de leitura de comprimento de onda UV de 240 a 370 nm e temperatura de trabalho de -20°C ~ 85°C. A Figura 11 mostra o diagrama das conexões do sensor no microcontrolador.

Figura 11 – Diagrama de conexões do sensor de raios UV no microcontrolador



Fonte: Robot (2018).

3.4 Trabalhos relacionados

Esta seção apresenta diferentes abordagens entre trabalhos que implementam a captura de dados em hortas hidropônicas e este trabalho.

No trabalho da Domingos (2019), a autora traz uma abordagem de captura dos dados

centrada no microcontrolador arduíno. Para a atuação do mesmo, é necessário o uso de módulos que implementem especificações como do *Hipertext Transfer Protocol* (HTTP) por exemplo para que toda a aplicação seja possível. A coleta dos dados acontece de forma síncrona, ou seja, em tempo real e os nós devem se comunicar formando uma rede de sensores sem fio. Ao final o trabalho exemplifica que será feita uma análise de dados para tomada de decisão sobre alguns parâmetros monitorados.

Carlet *et al.* (2020), em seu estudo, exhibe uma ótica voltada para a completa automação com dados sendo capturados e salvos localmente sem intermediação da Internet. Essa forma de obtenção de dados dá-se através da plataforma arduíno com foco em comparar dois diferentes experimentos em relação aos parâmetros estabelecidos. A coleta dos dados ocorre de forma assíncrona e compreende métodos estatísticos para análise posterior.

Ademais, no experimento do Oliveira (2020), o autor evidencia um trabalho voltado para o uso do *hardware* com aplicação de tratamento de dados implantada na nuvem. O microcontrolador utilizado foi o ESP8266. O mesmo necessita do módulo NodeMCU que traz a tecnologia do WiFi integrado para a primeira geração de ESPs populares da Espressif. Para comunicação entre os componentes do sistema é estabelecido uma integração via protocolo *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT) que é estabelecido sobre a arquitetura *publish-subscribe*.

Para mostrar com mais clareza os trabalhos correlatos, veja a tabela exposta abaixo a qual traz um efeito comparativo entre os experimentos expostos.

Tabela 3 – Comparação entre os trabalhos quanto a plataforma e tempo de aquisição dos dados

	Arduíno	ESP	Síncrono	Assíncrono
Este trabalho		X		X
Trabalho 1	X		X	
Trabalho 2	X			X
Trabalho 3		X	X	

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

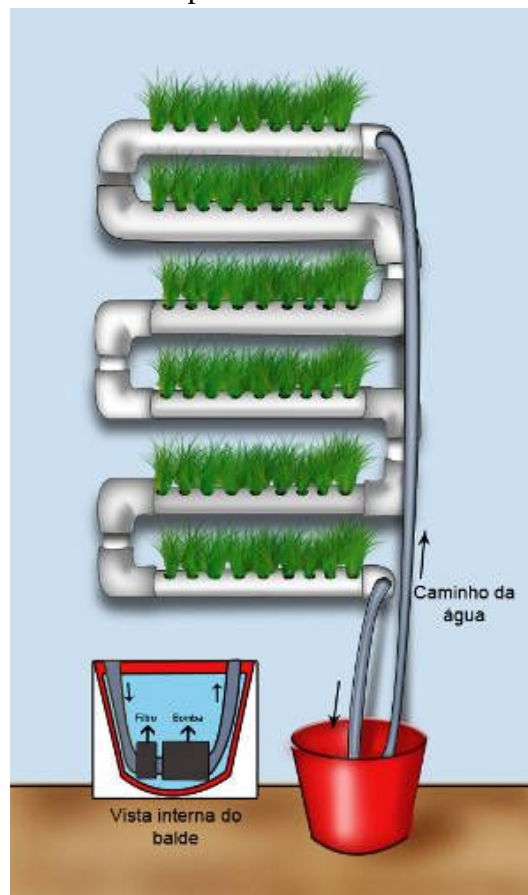
4 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos estabelecidos, este trabalho seguirá algumas etapas cruciais para uma execução bem-sucedida. Entretanto, é fundamental coletar, pré-processar e transmitir as informações do modelo hidropônico para uma central, que irá orquestrar todas as decisões relacionadas ao cultivo e seu controle. Essa abordagem permitirá a otimização do cultivo, garantindo o uso eficiente dos recursos e melhorando a qualidade dos resultados.

4.1 Modelo Hidropônico

O modelo hidropônico consistirá em um horta vertical reduzida com dimensões de 2m de altura por 30cm de largura como mostra a Figura 12.

Figura 12 – Figura de um exemplo de um sistema hidropônico



Fonte: Stumpf (2018).

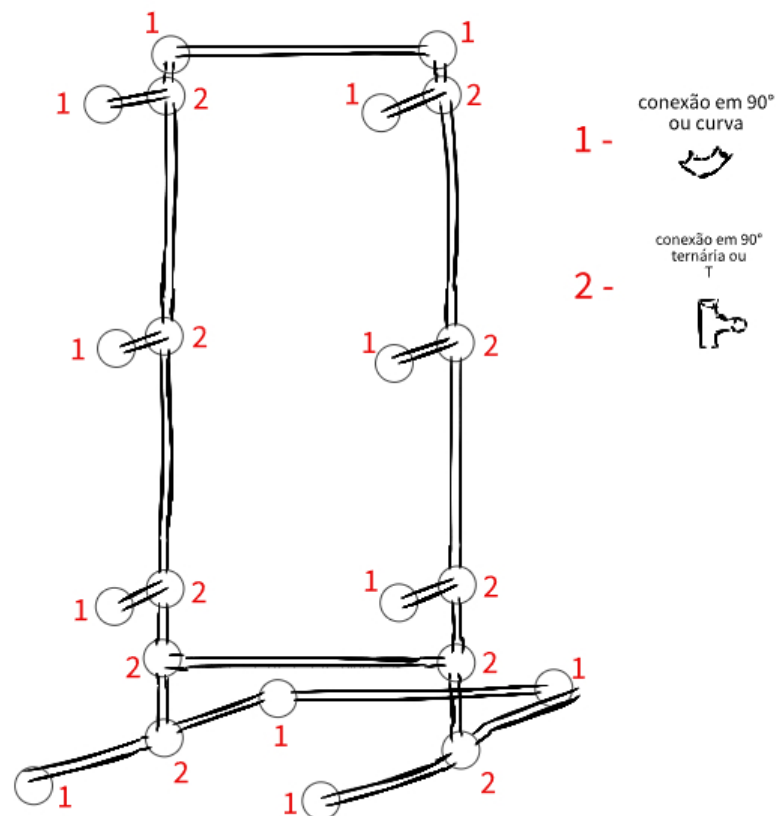
Na Figura 12 é apresentado um modelo de horta hidropônica que utiliza tubos de PVC e conectores para montar uma estrutura em formato de serpentina. Nas extremidades, são

adicionadas conexões para a bomba d'água. É possível observar nos tubos horizontais pequenos furos onde serão cultivadas as hortaliças.

4.1.1 Construção do arquétipo com base no modelo hidropônico

Para criar um suporte que desse apoio e estabilidade para os tubos por onde a água passa foi desenhado um esboço conceitual que traz a ideia de acoplar o modelo da Figura 12 ao suporte.

Figura 13 – Figura do esboço do suporte para o modelo hidropônico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A Figura 13 mostra o leiaute das peças que serão utilizadas trazendo a ideia do encaixe entre o modelo da Figura 12 onde as astes na parte superior com orientação horizontal fixarão o exemplar no suporte.

A primeira parte da montagem do suporte compreende o uso de conectores de tubulação hidráulica na categoria de 20mm. Na Figura 14 está exemplificado o uso de 12 conectores do tipo curva e na Figura 15 o número de 10 unificadores do tipo T.

Figura 14 – Figura das conexões em curva.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 15 – Figura das conexões em T.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para estabelecer o corpo principal do suporte foi utilizado uma barra de *Polyvinyl chloride* (PVC) de 3 metros de comprimento e mesma espessura das conexões. Então a barra foi cortada em 21 pedaços que compõem conjuntos de partes do suporte. São quatro peças com 15,5cm e 30cm. Para a fixação da calha são seis peças com 8cm. Já a união da base ao corpo é composto por duas peças com 7,5 e 8cm. Por fim três peças com 38cm para fazer a junção das duas laterais. A Figura 16 exemplifica a disposição das peças.

Figura 16 – Figura das partes principais do suporte.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O conjunto de calhas foi elaborado a partir de barras de PVC com comprimento de 75cm e diâmetro de 75mm. Os furos possuem diâmetro de 68mm e espaçamento de 23cm. Em cada extremidade foi introduzido um cap de 75mm exceto na ultima barra que possui uma conexão em curva de 75mm para comportar a bomba e os sensores submersos na solução como mostrado na Figura 17.

Figura 17 – Figura das calhas hidropônicas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A conexão entre as calhas foi realizado com a utilização de mangueiras de 1,5mm que concentram boa parte da solução nas calhas e mantêm o nível estável por posuírem pouca vazão. A Figura 18 exemplifica o tipo de mangueira.

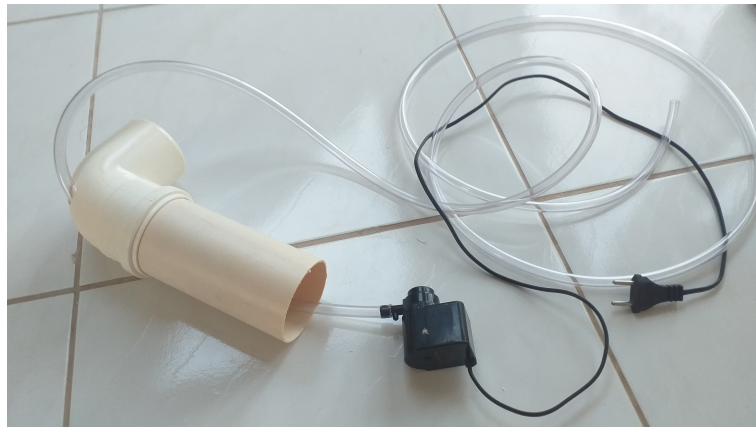
Figura 18 – Figura do magueira de conexão entre as calhas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O motor que impulsiona a água para o sistema de circulação funciona na tensão de 220V *Alternating Current* (AC) 7W 60Hz vazão máxima de 280L/h e altura máxima de 0,89mca. Para alocar a bomba no sistema foi primeiramente posicionado a mangueira de vazão da bomba na pequena estrutura ao final das calhas em serpentina. A Figura 19 mostra o primeiro passo e a Figura 20 mostra o passo final.

Figura 19 – Figura da bomba sendo alocada no sistema de calhas 1.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A montagem completa compreende a junção das peças da Figura 16 com os conectores da Figura 14 e da Figura 15.

Figura 20 – Figura da bomba alocada no sistema de calhas 2.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 21 – Figura do suporte montado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 22 – Figura do sistema completo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.2 Captura de Dados

Contudo, para gerir e monitorar parâmetros importantes no desenvolvimento das plantas, são utilizados sensores de pH, CE, temperatura e umidade do ar, luminosidade e raios ultravioletas. Essas métricas pré-estabelecidas trarão exatidão na gestão e controle do sistema.

Paralelamente, é utilizado um microcontrolador ESP32 para controlar os sensores e realizar a coleta de dados. A coleta é enviada para o *Broker* chamado *AWS IoT Core*. Porém ela deve ser feita após estabilizar o sistema de hidroponia com o início de pequenos ciclos Macedo (2021) e então coletados as primeiras métricas monitoráveis.

4.3 Empacotamento dos Dados para Transmissão

Ao coletar os dados, é necessário um pré-processamento para prepará-los para a transmissão até o *Broker*. Para isso será feito o mapeamento dos parâmetros da seção 4.2 em uma notação de objeto JavaScript, *JavaScript Object Notation* (JSON). Esse mapeamento não é feito a todo momento. Para isso é estabelecido uma janela de tempo onde é realizada a captura, mapeamento e transmissão de informações.

4.4 Transmissão

Após a coleta ser finalizada, o *firmware* que comanda o microcontrolador utiliza uma rede *wi-fi* para conectar-se a internet e envia os pacotes para todos os consumidores do tópico da publicação do pacote através do protocolo MQTT Tanenbaum A. S.; Wetherall (2011). Como é utilizado o *AWS IoT Core* deve-se obter as credenciais de acesso e enviá-las junto com os dados empacotados.

Resumidamente, o sistema de transmissão realiza o traslado das informações coletadas pelo microcontrolador e as encaminha para o *Broker*. Ele por sua vez é configurado com regras nativas da plataforma *Amazon Web Services* que pode encaminhar esses parâmetros para outros serviços de forma escalável.

Tratando de interações entre diferentes microcontroladores, temos a comunicação via rede MESH Farias (2008) para troca de informações. Primeiramente, os diferentes nós devem ter uma comunicação nos dois sentidos para informar uns aos outros que um nó próximo terá uma colheita em breve. Quando a informação do nó responsável for veiculada com seus vizinhos será possível criar uma forma de rede social através da troca de alimentos cultivados nesse sistema.

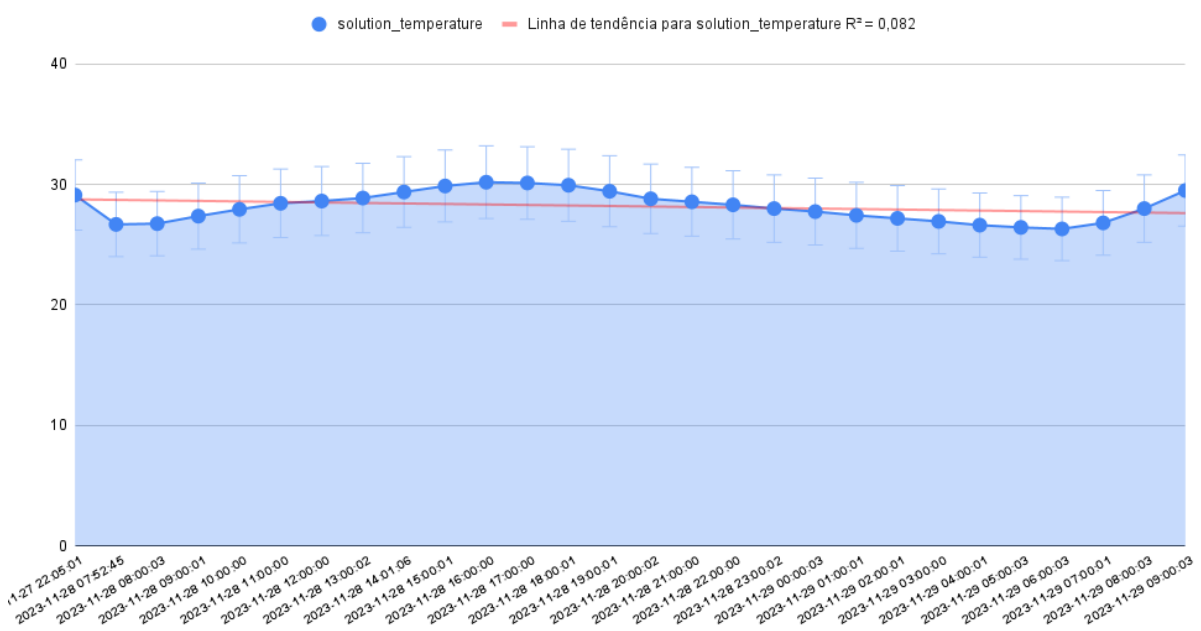
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao adquirir a estrutura do modelo hidropônico é necessário instalar uma bomba de aquário para atuar na ciclagem do sistema e a partir desse, monitorar os parâmetros através dos sensores. A bomba não necessita de manutenção diária tornando mais simples a utilização da horta. No entanto, será necessário manter os trabalhos manuais de adição de nutrientes no reservatório onde fica a bomba e reposição de água, caso o nível baixe por conta da evaporação. A solução nutritiva deve ser trocada de duas a 3 vezes no processo de desenvolvimento da planta.

Paralelamente, a captura de dados deve passar por um processo de análise com o fito de validar a calibragem dos sensores de acordo com os dados enviados. Para isso foi estabelecido um recorte de tempo como amostra para a análise. Essa passagem foi considerada entre os dias 27 de Novembro de 2023 às 22 horas e 5 minutos e 29 de Novembro de 2023 às 9 horas onde as amostras são coletadas em intervalos de uma hora.

Em consonância, cada campo dos seis parâmetros capturados pelos sensores estão relacionados com o tempo do recorte. Os parâmetros são temperatura da solução, temperatura do ambiente, humidade do ar, nível de pH da água, insidência de luz ultravioleta e condutividade elétrica. A temperatura da solução tem pouca variação e apresenta uma leve queda durante a madrugada com mostra Figura 23 .

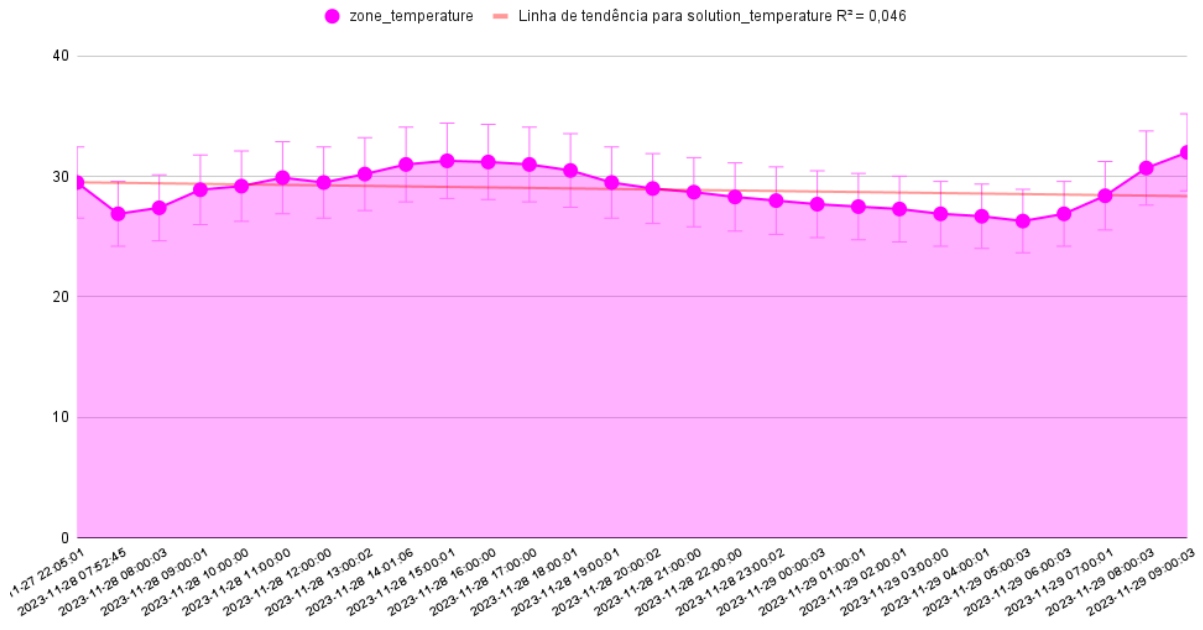
Figura 23 – Gráfico de temperatura da solução



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

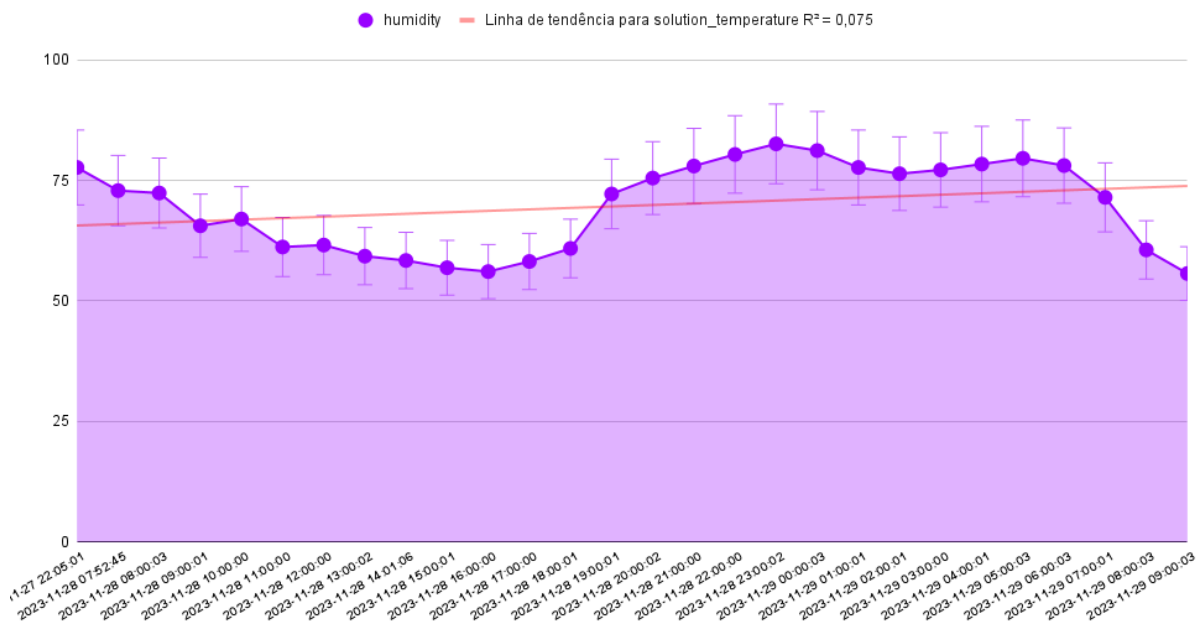
O sensor *Digital Humidity and Temperature* (DHT) nos traz dados de temperatura e humidade do ar sendo assim representado graficamente pela Figura 23 e 25 respectivamente. Ambas imagens demonstram a influência na temperatura da solução.

Figura 24 – Gráfico de temperatura do ambiente



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

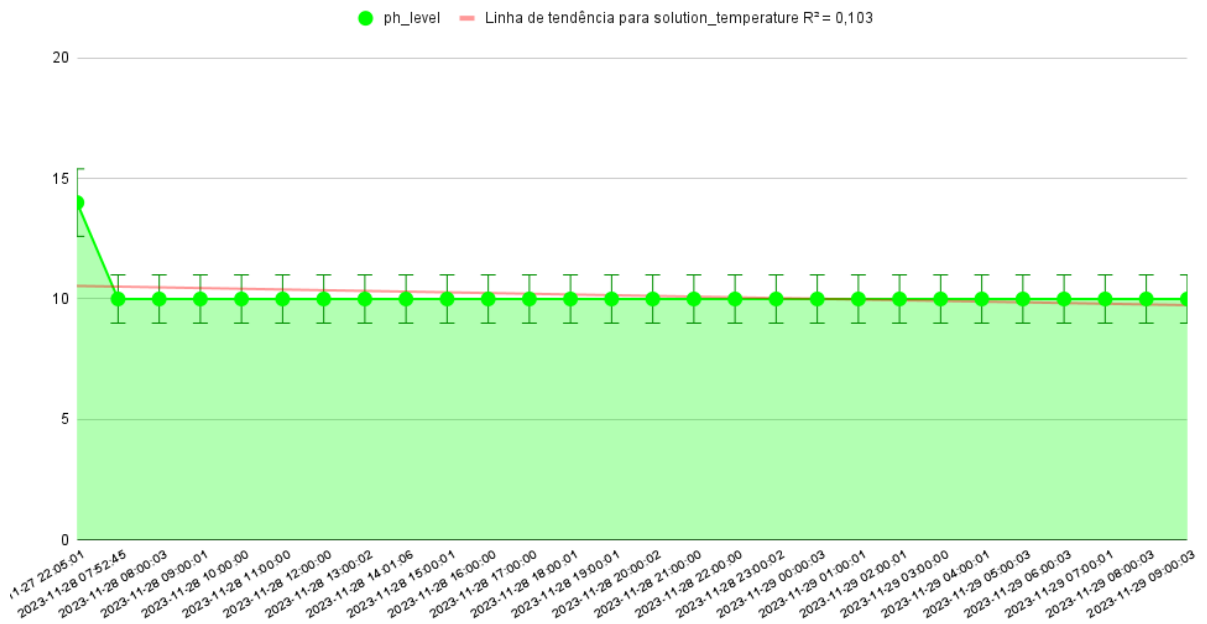
Figura 25 – Gráfico de humidade do ar



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

O pH é uma medida que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa. A escala de pH varia de 0 a 14, onde valores abaixo de 7 indicam soluções ácidas, 7 é neutro e valores acima de 7 indicam soluções alcalinas. Contudo, o sensor de pH utilizado não ficou bem calibrado nos dando altos índices conforme Figura 26.

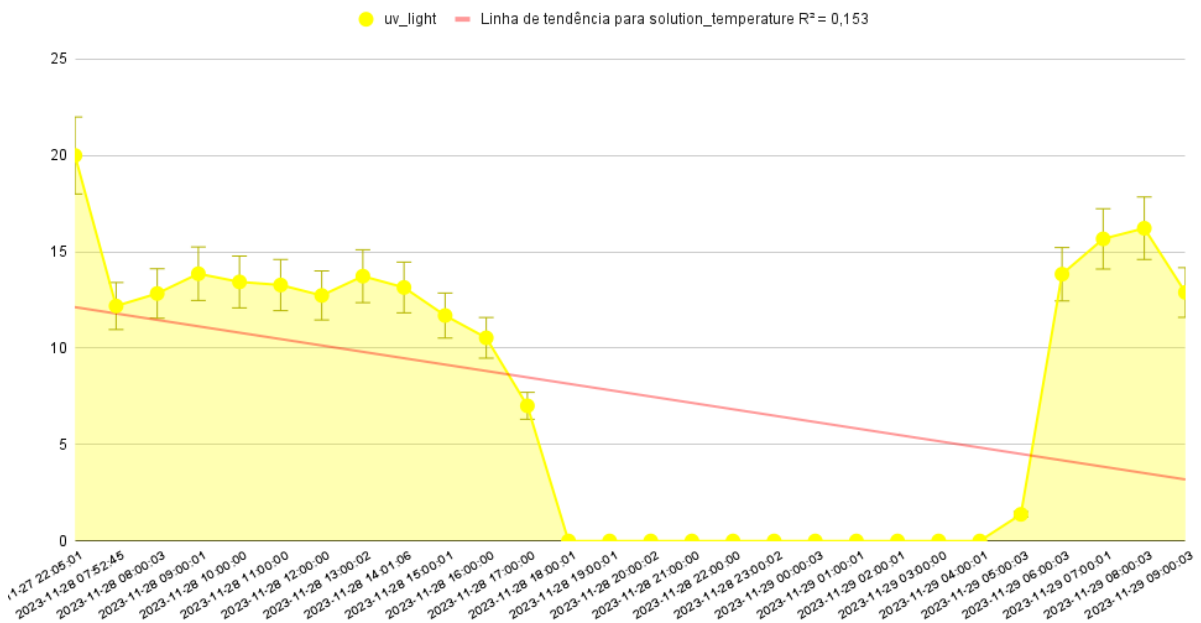
Figura 26 – Gráfico de nível de pH



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A luz ultravioleta UV é uma forma de radiação eletromagnética cujos comprimentos de onda estão além do alcance da luz visível, sendo mais curtos do que os da luz violeta. Ela não é a parte principal do espectro de luz utilizada pelas plantas na fotossíntese. Por existirem algumas plantas com mecanismos de proteção contra a luz ultravioleta, pois a exposição excessiva a ela pode ser prejudicial, entendeu-se a necessidade de captura para melhor posicionamento da estrutura. Os dados aferidos estão na Figura 27.

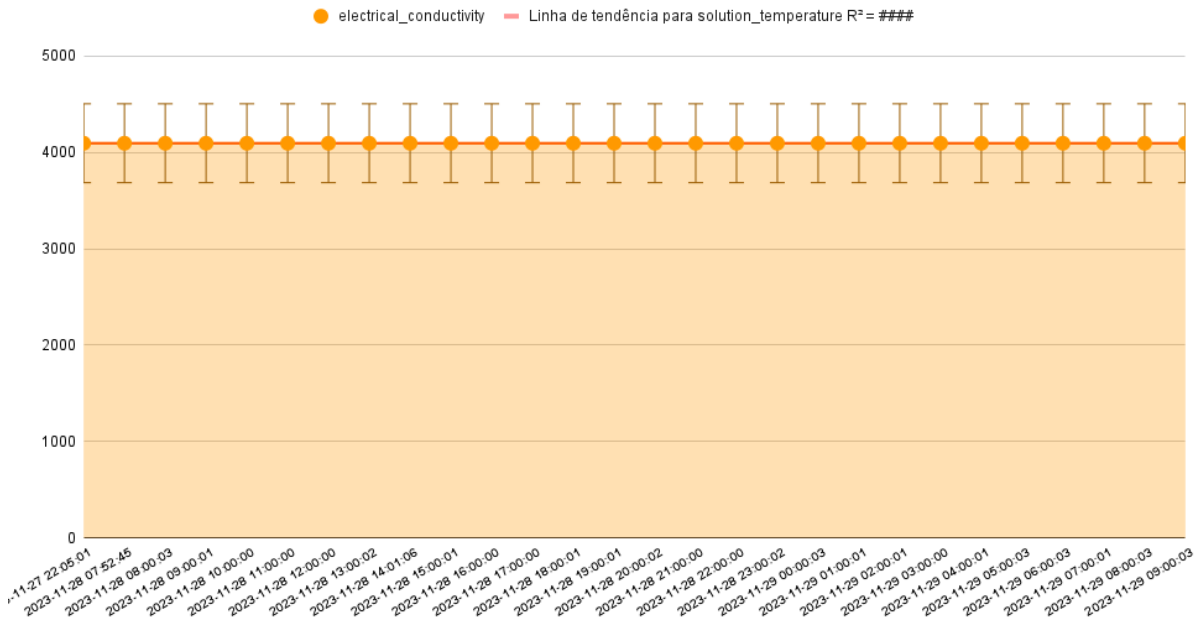
Figura 27 – Gráfico de incidência de raios UV



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para medir o nível de nutrientes que podem estar presentes na água é utilizado um sensor TDS . Total de Sólidos Dissolvidos é uma medida que representa a concentração total de substâncias dissolvidas em uma solução. Em sensores de condutividade elétrica, a medição de TDS frequentemente é realizada através da avaliação da condutividade elétrica da água. A condutividade elétrica é a capacidade de uma solução conduzir corrente elétrica. Quanto maior a quantidade de íons dissolvidos na água, maior será sua condutividade elétrica. Sensores de condutividade podem medir a condutividade da água e, a partir dessa medida, estimar a concentração de TDS. Ao não alterar a solução presente o nível de solidos dissolvidos não é alterado com isso a Figura 28 demonstra o nível TDS inalterado.

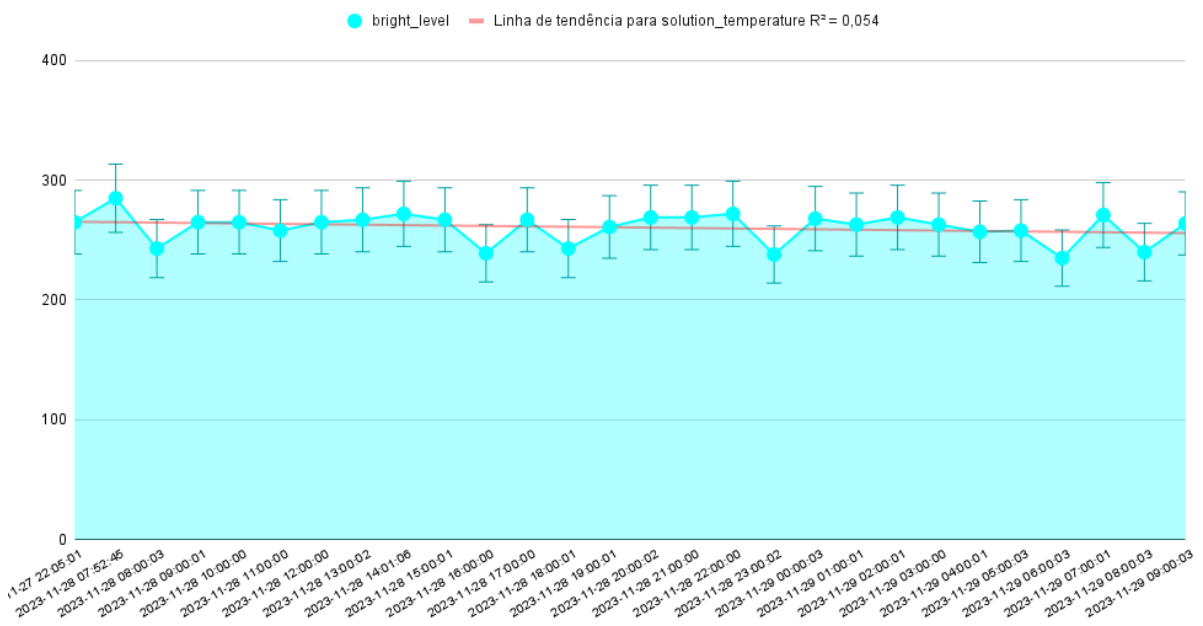
Figura 28 – Gráfico de condutividade elétrica



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Por fim, o nível de luz visível no ambiente é coletado pelo sensor LDR. Quando expostos à luz visível, os LDRs diminuem sua resistência elétrica, permitindo que uma corrente elétrica maior flua através deles. Em ambientes mais escuros, a resistência aumenta, reduzindo a corrente elétrica. A Figura 29 demonstra uma pequena variação dos valores interceptados pelo microcontrolador ao sensor.

Figura 29 – Gráfico de nível de luz visível



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Diante do exposto, conclui-se que a construção do projeto deve seguir uma escala pequena para que seja viável a execução do experimento atentando-se para boas práticas de manejo de plantas em hortas verticais. É também visto que, a infraestrutura em nuvem é um ponto com poder de aquisição média uma vez que as possíveis plataformas de implantação de software cobram pelo uso, com isso, para a análise, é necessário uma amostra esboçada em intervalos durante um período de pelo menos três dias para adquirir resultados reais.

Ao serem criadas as interfaces de interação com o usuário, como aplicação *mobile* e/ou *Web*, o projeto torna-se uma plataforma que será disponibilizada para implantação em diferentes modelos de horta, não somente hidropônica. Essa parte da plataforma é o trabalho futuro a ser empregado para ser finalizado o projeto.

REFERÊNCIAS

- AKRAM, M. M.; RAMEZANNEZHAD, M.; NIKFARJAM, A.; KABIRI, S.; EHYAEI, S. A strip-based total dissolved solids sensor for water quality analysis. **IET Science, Measurement & Technology**, v. 16, n. 3, p. 208–218, 2022. Disponível em: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1049/smt2.12098>.
- CARLET, M. A. *et al.* **Automação de horta hidropônica utilizando microcontrolador arduíno**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.
- COCA, E. A abordagem teórico-metodológica dos regimes alimentares e a escala geográfica. In: . [S. l.: s. n.], 2017.
- COMETTI, N. N.; GALON, C.; BREMENKAMP, D. M. Comportamento de quatro cultivares de alface em cultivo hidropônico em ambiente tropical. **Revista Eixo**, v. 8, n. 1, p. 113–122, 2019.
- DOMINGOS, A. S. **Sistema de Monitoramento de cultivo hidropônico**. [S. l.]: IFSC. [https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/f/fb ...](https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/f/fb...), 2019.
- FAO. **Food and Agriculture Organization**. 2021. Disponível em: <http://www.fao.org>.
- FARIAS, M. M. **Protocolo de roteamento para redes wireless mesh**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) – Faculdade de Informática, Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação: Ciências da Computação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- FRIEDMAN, H.; MCMICHAEL, P. The rise and decline of national agricultures. **Sociologia Ruralis**, XXIX, n. 2, p. 93–117, 1989.
- GROHO. **O QUE É O NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE) ?** 2016. Disponível em: <https://grohoblog.wordpress.com/2016/02/16/o-que-e-o-nft-nutrient-film-technique/>. Acesso em: 24 maio 2023.
- MACEDO, P. H. S. Ciclagem de macronutrientes no cultivo de alface hidropônica. **Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 1–70, 2021.
- NETO, E. B.; BARRETO, L. P. As técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma**, v. 8 e 9, n. 1, p. 107–137, 2012.
- OLIVEIRA, B. N. d. Monitoramento de temperatura, condutividade e ph na água para cultivo hidropônico através de iot. 2020.
- PRIORE, S. E.; TRIVELLATO, P. T.; LOPES, S. O.; ASSIS, S. C.; COSTA, B. A.; FRANCESCHINI, S. C.; SANTOS, R. H. Comercialização da agricultura familiar no desenvolvimento da segurança alimentar e nutricional. **Programa de Pós-graduação em agroecologia (UFV)**, v. 1, n. 1, p. 8–9, 2021.
- ROBOT. **SEN0161 PH Meter**. 2018. Disponível em: https://wiki.dfrobot.com/PH_meter_SKU__SEN0161_. Acesso em: 25 maio 2023.
- SILVA, S. **Como fazer hidroponia em casa**. 2017. Disponível em: <https://casa.umcomo.com.br/artigo/como-fazer-hidroponia-em-casa-12427.html>. Acesso em: 14 maio 2023.

STUMPF, M. **Diferentes sistemas para montar um cultivo hidropônico**. 2018. Disponível em: <https://fazfacil.com.br/jardim/hidroponico-hortalicas-em-casa/>. Acesso em: 07 maio 2023.

SYSTEMS, E. **ESP32-S2-DevKitM-1**: manual de orientação. Shanghai, 2023. 3 p. (Séries Manuais).

TANENBAUM A. S.; WETHERALL, D. J. **Redes de Computadores**. [S. l.]: Ed. Person, 2011.

YANG, C.; XIE, F.; JIANG, Y.; LI, Z.; HUANG, X.; LI, L. Phytochrome a negatively regulates the shade avoidance response by increasing auxin/indole acetic acid protein stability. **Developmental Cell**, v. 44, n. 1, p. 29–41.e4, 2018. ISSN 1534-5807. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1534580717309528>.

APÊNDICE A – CÓDIGO-FONTE UTILIZADO PARA CONSTRUÇÃO DO FIRMARE

Código-fonte 1 – Firmware em C++

```
1 #include <OneWire.h>
2 #include <DallasTemperature.h>
3 #include "Adafruit_Sensor.h"
4 #include "DHT.h"
5 #include <WiFi.h>
6 #include <NTPClient.h>
7 #include <WiFiUdp.h>
8 #include <ArduinoJson.h>
9 #include <WiFiClientSecure.h>
10 #include <MQTTClient.h>
11 #include "private/secret.h"
12
13 #define AWS_IOT_PUBLISH_TOPIC "esp32/pub"
14 #define AWS_IOT_SUBSCRIBE_TOPIC "esp32/sub"
15
16 #define ONE_WIRE_BUS 2
17 #define DHT_SENSOR_PIN 4
18 #define PH_SENSOR_PIN 32
19 #define UV_SENSOR_PIN 35
20 #define TDS_SENSOR_PIN 33
21 #define LDR_SENSOR_PIN 34
22
23 #define DHT_TYPE DHT22
24
25 WiFiClientSecure wifi_client = WiFiClientSecure();
26 MQTTClient mqtt_client = MQTTClient(256);
27 WiFiUDP ntpUDP;
```

```
28 NTPClient timeClient(ntpUDP, NTP_SERVER, TIME_ZONE * 3600,
    60000);
29
30 OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
31 DallasTemperature sensors(&oneWire);
32 DHT dht(DHT_SENSOR_PIN, DHT_TYPE);
33
34 void incomingMessageHandler(String &topic, String &payload)
    {
35     Serial.println("Message received!");
36     Serial.println("Topic: " + topic);
37     Serial.println("Payload: " + payload);
38 }
39
40 void connectToWiFi() {
41     WiFi.mode(WIFI_STA);
42     WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
43
44     Serial.print("Connecting to WiFi");
45     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
46         delay(500);
47         Serial.print(".");
48     }
49
50     Serial.print(" done!\n");
51
52     timeClient.begin();
53     timeClient.update();
54 }
55
56 void connectToAWS() {
57     wifi_client.setCACert(AWS_CERT_CA);
```

```
58  wifi_client.setCertificate(AWS_CERT_CRT);
59  wifi_client.setPrivateKey(AWS_CERT_PRIVATE);
60
61  mqtt_client.begin(AWS_IOT_ENDPOINT, 8883, wifi_client);
62  mqtt_client.onMessage(incomingMessageHandler);
63
64  Serial.print("Connecting to AWS IOT");
65
66  //Wait for connection to AWS IoT
67  while (!mqtt_client.connect(THINGNAME)) {
68      Serial.print(".");
69      delay(100);
70  }
71
72  Serial.print(" done!\n");
73
74  if(!mqtt_client.connected()){
75      Serial.println("AWS IoT timeout");
76      return;
77  }
78
79  mqtt_client.subscribe(AWS_IOT_SUBSCRIBE_TOPIC);
80
81  Serial.println("AWS IoT Core was connected!");
82 }
83
84 void publishMessage() {
85     StaticJsonDocument<200> REQUEST_BODY;
86     timeClient.update();
87
88     time_t epochTime = timeClient.getEpochTime();
89     struct tm timeInfo;
```

```
90  gmtime_r(&epochTime, &timeInfo);
91
92  char formattedTime[20];
93  strftime(formattedTime, sizeof(formattedTime), "%Y-%m-%d
    %H:%M:%S", &timeInfo);
94
95  REQUEST_BODY["time_stamp"] = formattedTime;
96
97  // Sensor de temperatura da solu o PIN 2
98  sensors.requestTemperatures();
99  float temperatureC = sensors.getTempCByIndex(0);
100  REQUEST_BODY["solution_temperature"] = temperatureC;
101
102  // Sensor de temperatura do ambiente PIN 4
103  float temperature = dht.readTemperature();
104  REQUEST_BODY["zone_temperature"] = temperature;
105
106  // Sensor de temperatura do ambiente PIN 4
107  float humidity = dht.readHumidity();
108  REQUEST_BODY["humidity"] = humidity;
109
110  // Sensor de pH PIN indefinido
111  int rawValue = analogRead(PH_SENSOR_PIN);
112
113  // Convert the analog value to pH using your sensor's
    calibration data.
114  // You'll need to calibrate your sensor to get accurate
    pH values.
115  float pHValue = map(rawValue, 0, 4095, 0, 14);
116  REQUEST_BODY["ph_level"] = pHValue;
117
118  // Sensor raios ultravioleta PIN indefinido
```

```
119 int uvValue = analogRead(UV_SENSOR_PIN);
120 float uvIntensity = uvValue / 1024.0 * 5.0;
121 REQUEST_BODY["uv_light"] = uvIntensity;
122
123 // Sensor de condutividade el trica
124 int tdsValue = analogRead(TDS_SENSOR_PIN);
125 REQUEST_BODY["electrical_conductivity"] = tdsValue;
126
127 // Sensor LDR verificar se est de dia ou a noite
128 int ldrValue = analogRead(LDR_SENSOR_PIN);
129 REQUEST_BODY["bright_level"] = ldrValue;
130
131 char payload[512];
132 serializeJson(REQUEST_BODY, payload);
133
134 mqtt_client.publish(AWS_IOT_PUBLISH_TOPIC, payload);
135 Serial.println("Message sent sucessfully");
136 }
137
138 void logInfo() {
139     StaticJsonDocument<200> REQUEST_BODY;
140     timeClient.update();
141
142     time_t epochTime = timeClient.getEpochTime();
143     struct tm timeInfo;
144     gmtime_r(&epochTime, &timeInfo);
145
146     char formattedTime[20];
147     strftime(formattedTime, sizeof(formattedTime), "%Y-%m-%d
148             %H:%M:%S", &timeInfo);
149     REQUEST_BODY["time_stamp"] = formattedTime;
```



```
150
151 // Sensor de temperatura da solu o PIN 2
152 sensors.requestTemperatures();
153 float temperatureC = sensors.getTempCByIndex(0);
154 REQUEST_BODY["solution_temperature"] = temperatureC;
155
156 // Sensor de temperatura do ambiente PIN 4
157 float temperature = dht.readTemperature();
158 REQUEST_BODY["zone_temperature"] = temperature;
159
160 // Sensor de temperatura do ambiente PIN 4
161 float humidity = dht.readHumidity();
162 REQUEST_BODY["humidity"] = humidity;
163
164 // Sensor de pH PIN indefinido
165 int rawValue = analogRead(PH_SENSOR_PIN);
166
167 // Convert the analog value to pH using your sensor's
    calibration data.
168 // You'll need to calibrate your sensor to get accurate
    pH values.
169 float pHValue = map(rawValue, 0, 4095, 0, 14);
170 REQUEST_BODY["ph_level"] = pHValue;
171
172 // Sensor raios ultravioleta PIN indefinido
173 int uvValue = analogRead(UV_SENSOR_PIN);
174 float uvIntensity = uvValue / 1024.0 * 5.0;
175 REQUEST_BODY["uv_light"] = uvIntensity;
176
177 // Sensor de condutividade el trica
178 int tdsValue = analogRead(TDS_SENSOR_PIN);
179 REQUEST_BODY["electrical_conductivity"] = tdsValue;
```

```
180
181 // Sensor LDR verificar se est de dia ou a noite
182 int ldrValue = analogRead(LDR_SENSOR_PIN);
183 REQUEST_BODY["bright_level"] = ldrValue;
184
185 char payload[512];
186 serializeJson(REQUEST_BODY, payload);
187
188 Serial.println(payload);
189 }
190
191 void setup() {
192     Serial.begin(115200);
193     sensors.begin();
194     dht.begin();
195     connectToWiFi();
196     connectToAWS();
197 }
198
199 void loop() {
200     publishMessage();
201     mqtt_client.loop();
202     //logInfo();
203     delay(60*1000);
204 }
```