



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-  
BRASILEIRA**

**INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL - IDR**

**CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE UMA MINI ESTAÇÃO  
METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO PARA USO NA AGRICULTURA**

**Alex Azevedo Alves**

**REDENÇÃO – CE**

**2022**

**ALEX AZEVEDO ALVES**

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE UMA MINI ESTAÇÃO  
METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO PARA USO NA AGRICULTURA**

**Trabalho apresentado como requisito parcial para a  
conclusão do curso de Bacharelado em Agronomia do  
Instituto de Desenvolvimento Rural da Universidade  
da Integração Internacional da Lusofonia Afro-  
Brasileira.**

**ORIENTADORA: Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Virna Braga Marques.**

**REDENÇÃO – CE**

**2022**

**ALEX AZEVEDO ALVES**

**DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DE UMA MINI ESTAÇÃO  
METEOROLÓGICA DE BAIXO CUSTO PARA USO NA AGRICULTURA**

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Virna Braga Marques (Orientadora) Universidade da Integração Internacional da  
Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

---

---

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, acima de tudo por ter me guiado em meus passos nesta caminhada da vida e a minha família por sempre me apoiarem e incentivarem durante a jornada como acadêmico na universidade.

A UNILAB por proporcionar a vivência acadêmica universitária, bem como a alguns de seus funcionários, ao qual tive a oportunidade de ter amizade, e dos quais foram peças fundamentais durante a realização de diversas atividades de campo, ao qual auxiliaram e me orientaram.

Agradeço a minha orientadora pelas inúmeras horas dedicadas a me orientar, tanto de maneira presencial como virtualmente, me orientando e auxiliando nas demandas do curso.

Agradeço também a todos os inúmeros amigos que conquistei na universidade durante os anos de graduação.

## Resumo

Estudar e busca compreender de que maneira ocorrem as coisas em nosso planeta, sempre fizeram parte da vida do homem, e entre as inúmeras buscas de se compreender este mundo em que vivemos, está a busca em compreender as condições climáticas, e de que maneiras elas interferem-no meio em que vivemos. Para ser possível para o homem conseguir compreender e estudar tais questões que nos rodeiam, fez-se necessário criar e desenvolver tecnologias que o auxiliassem no estudo e na compreensão desse assunto. Ao longo do tempo, estudar o clima se tornou de suma importância, não apenas para que fizéssemos previsões sobre as mudanças climáticas, como a temperatura em determinadas regiões ou a probabilidade de chuvas, bem como outros fatores climáticos, mas tornou-se importante por auxiliar o homem em suas necessidades e suas tomadas de decisões no meio em que vive. Estudar e compreender os fatores climáticos possibilitou ao homem, por exemplo, estudar o clima no meio rural, possibilitando com que ele passasse a ter uma nova ferramenta que o auxiliasse em suas atividades do campo. O acesso a informações e dados meteorológicos, em sua maior parte não tão acessíveis, e para que se obtenha determinados dados, se faz necessário o investimento em equipamentos que em sua grande maioria apresenta custo elevado para a maior parte dos produtores, com base nessa realidade, surge a necessidade de se desenvolver novas tecnologias a custos mais baixos e acessíveis. O presente trabalho teve o objetivo de desenvolver um protótipo a baixo custo, de uma mini estação meteorológica, na qual para que isso se tornasse possível, se fez um estudo aprofundado sobre o assunto em questão, para que se desenvolvesse o projeto almejado. Para o desenvolvimento do protótipo se fez necessário além de se estudar e compreender a questão climática, buscar conhecimento sobre tecnologias de baixo custo e de programação, e em virtude disso, nesse trabalho, para o desenvolvimento do protótipo da mini estação meteorológica de baixo custo, utilizou-se o software do IDE do Arduino para se desenvolver a programação do projeto e o microcontrolador NodeMcu, com sensores de baixo custo, como o DHT11, o DHT22, o DS18B20 e o HD-38, sensores utilizados para a coleta de dados de temperatura e umidade ambiente e temperatura e umidade do solo, respectivamente, e que foram utilizados para aferição de dados de variáveis meteorológicas, e da qual foram possíveis serem acessadas de forma remota, via internet, por meio de uma plataforma online, da qual se pode acessar de qualquer lugar do mundo, de modo que esse projeto poderá ser utilizado por agricultores, para se obter dados climáticos e ambientais de suas áreas de produção e da qual irão os auxiliar em suas atividades agrícolas. No final do desenvolvimento do protótipo, o mesmo foi levado a campo para a realização de calibragem e regulagem dos sensores para a coleta dos dados, a fim de que os dados pudessem ser precisos, e por fim foi feito o comparativo do mesmo, como os dados obtidos por meio de uma estação meteorológica convencional, que se encontra presente na Unidade de Produção de Mudas Auroras – UPMA, no Campus das Auroras da UNILAB em Redenção, onde em um comparativo se notou que o sensor DHT22, utilizado para o registro dos dados de temperatura e umidade do ambiente, proporcionou melhor resultado em precisão dos registros do que o DHT11, na aferição desses dados em comparativo com os dados obtidos por meio da estação meteorológica convencional, e que o DS18B20 usado para registrar a temperatura do solo, realizou aferições precisas da temperatura, também em comparativo com dados obtidos com a estação da UPMA, e o sensor utilizado para registrar as variáveis de umidade do solo, apresentou bons resultados para aferir as oscilações de umidade no solo, tornando-se assim um projeto viável e confiável para ser utilizado em campo.

**PALAVRAS-CHAVE:** CLIMA, SENSORES, ESTAÇÃO METEOROLOGICA, TEMPERATURA, UMIDADE, SOLO

## ABSTRACT

Studying and seeking to understand how things occur on our planet have always been part of man's life, and among the countless quests to understand this world we live in, there is the quest to understand climate conditions, and in what ways they interfere with the environment in which we live. To make it possible for man to be able to understand and study such issues that surround us, it was necessary to create and develop technologies that would help him in the study and understanding of this subject. Over time, studying the climate has become of paramount importance, not only for us to make predictions about climate change, such as the temperature in certain regions or the probability of rainfall, as well as other climatic factors, but it has become important for helping man in his needs and decision-making in the environment in which he lives. Studying and understanding climatic factors made it possible for man, for example, to study the climate in rural areas, enabling him to have a new tool that would help him in his field activities. Access to meteorological information and data, for the most part not so accessible, and in order to obtain certain data, it is necessary to invest in equipment, which for the most part has a high cost for most producers, based on this reality. , the need arises to develop new technologies at lower and more accessible costs. The present work had the objective of developing a low-cost prototype of a mini meteorological station, in which, in order to make this possible, an in-depth study was carried out on the subject in question, so that the desired project could be developed. For the development of the prototype, it was necessary, in addition to studying and understanding the climate issue, to seek knowledge about low-cost technologies and programming, and as a result, in this work, for the development of the prototype of the low-cost mini meteorological station, Arduino IDE software was used to develop the project's programming and the NodeMcu microcontroller, with low-cost sensors such as the DHT11, the DHT22, the DS18B20 and the HD-38, sensors used to collect data from ambient temperature and humidity and soil temperature and humidity, respectively, which were used to measure data on meteorological variables, and which could be accessed remotely, via the internet, through an online platform, from which you can access from anywhere in the world, so that this project can be used by farmers to obtain climate and environmental data from their production areas and from which they will assist in their agricultural activities. At the end of the development of the prototype, it was taken to the field to carry out the calibration and adjustment of the sensors for data collection, so that the data could be accurate, and finally a comparison was made, such as the data obtained by means of a conventional meteorological station, which is present in the Production Unit of Seedlings Auroras - UPMA, in the Campus of Auroras of UNILAB in Redenção, where in a comparison it was noticed that the DHT22 sensor, used for recording the data temperature and humidity of the environment, provided a better result in accuracy of the records than the DHT11, in the measurement of these data in comparison with the data obtained through the conventional meteorological station, and that the DS18B20 used to record the soil temperature, carried out measurements accurate measurements of temperature, also in comparison with data obtained from the UPMA station, and the sensor used to record soil moisture variables, showed good results to measure soil moisture oscillations, thus making it a viable and reliable project to be used in the field.

**KEYWORDS:** CLIMATE, SENSORS, WEATHER STATION, TEMPERATURE, HUMIDITY, SOIL

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa município de Redenção.....	21
Figura 2- Sensor de Umidade e Temperatura - DHT11.....	22
Figura 3 - Sensor de Umidade e Temperatura - DHT22.....	22
Figura 4 - Sensor de Temperatura do Solo - DS18B20.....	23
Figura 5 - Sensor de Umidade do solo HD-38.....	24
Figura 6 - Protoboard 830 pontos.....	25
Figura 7 - Protoboard de 170 pontos.....	25
Figura 8 - Jumpers do tipo fêmea – fêmea.....	26
Figura 9 - Jumpers do tipo macho – macho.....	26
Figura 10 - Jumpers do tipo – fêmea.....	26
Figura 11 - Adaptador de carregador e cabo USB para alimentação.....	27
Figura 12 - Mini placa solar.....	27
Figura 13 - Modulo NodeMcu Lolin.....	28
Figura 14 - Pinagens do NodeMcu.....	28
Figura 15 - IDE.....	29
Figura 16 - Serial Monitor IDE.....	29
Figura 17 - Gráficos gerados na interface do ThingSpeak.....	30
Figura 18 - Esquema de ligação entre o microcontrolador e os sensores.....	36
Figura 19 - Protótipo mini estação montado.....	37
Figura 20 - Estação Meteorologia Davis Pro 2 da UPMA.....	37
Figura 21 - Teste do sensor de umidade do solo em vaso.....	38
Figura 22 - Termômetro de jardim do tipo sonda.....	38
Figura 23 - Gráfico comparativo entre dados de temperatura coletados pela mini estação e os dados da estação convencional.....	42
Figura 24 - Gráfico comparativo entre dados de umidade relativa coletados pela mini estação e os dados da estação convencional.....	43
Figura 25 - Variação de umidade no solo presente em vaso.....	44
Figura 26 - Gráfico comparativo entre dados de temperatura coletados pela mini estação e os dados da estação convencional.....	47
Figura 27 - Gráfico comparativo entre dados de temperatura coletados pela mini estação e o termômetro de jardim.....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sensores usados no protótipo .....	20
Tabela 2 - Dados médios de temperatura registrados pelo sensor da estação meteorológica convencional da UPMA e os sensores do protótipo.....	39
Tabela 3 - Dados de umidade relativa registrados pelo sensor da estação meteorológica convencional da UPMA e os sensores do protótipo.....	40
Tabela 4 - Dados de variação de medições entre os sensores de umidade e temperatura da UPMA com os da mini estação. Temperatura ambiente (°C) e umidade do ar (%) .....	41
Tabela 5 - Registro medição umidade do solo .....	43
Tabela 6 - Dados de umidade relativa registrados pelo sensor da estação meteorológica convencional da UPMA e o sensor do protótipo.....	45
Tabela 7 - Dados de temperatura registrados pelo termômetro de jardim e o sensor do protótipo.....	45
Tabela 8 – Dados de variação de medições entre o sensor de temperatura da UPMA com o sensor DS18B20 da mini estação. Temperatura do solo (°C).....	46
Tabela 9 - Dados de variação de medições entre o termômetro de jardim com o sensor DS18B20 da mini estação. Temperatura do solo (°C).....	47
Tabela 10 - Custos da mini estação meteorológica.....	48
Tabela 11 - Custos de estação meteorológica automáticas no mercado.....	49

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ADC	Conversor Analógico para Digital
GND	Ground (Terra)
IDE	Internal Development Environment
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NTC	Negative Temperature Coeficient
USB	Universal Serial Bus
VCC	Tensão de Corrente Contínua
VDC	Tensão de Corrente Contínua
UPMA	Unidade de Produção de mudas Auroras
UNILAB	Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>12</b>
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>12</b>
3.1. Objetivo Geral .....	12
3.2. Objetivos Específicos .....	12
<b>4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>12</b>
4.1 Meteorologia e Climatologia .....	13
4.2 Agrometeorologia.....	13
4.3 Clima e Tempo.....	14
4.4 Elementos Climáticos.....	14
4.4.1 Temperatura Ambiente .....	14
4.4.5 Umidade do ar .....	15
4.4.6 Temperatura do solo .....	15
4.4.7 Umidade do solo .....	16
4.5 Prototipagem com microcontrolador.....	17
4.5.1 Microcontrolador .....	17
4.5.2 Sensores .....	18
<b>5. DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>19</b>
5.1 Localização .....	20
5.2 Materiais.....	21
5.2.1 sensor de umidade e temperatura .....	21
5.2.3 Sensor de temperatura do solo.....	23
5.2.4 Sensor de umidade do solo.....	23
5.3 Conexões.....	24
5.3.1 Protoboard .....	24
5.3.2 Jumpers .....	25
5.3.3 Cabo e fonte e alimentação .....	27
5.4 Microcontrolador .....	28
5.5 Interface de Desenvolvimento e Software .....	29
5.6 Leitura e armazenamento dos dados .....	29
5.7 Código de Programação .....	30
5.8 Montagem do Circuito .....	35
5.9 Ajustes .....	36
5.10 Teste em Campo .....	37
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>38</b>

<b>6.1 Temperatura e Umidade .....</b>	<b>39</b>
<b>6.2 Umidade do Solo .....</b>	<b>43</b>
<b>6.3 Temperatura do Solo .....</b>	<b>45</b>
<b>6.4 Orçamento .....</b>	<b>48</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>
<b>APÊNDICE A – Código fonte para o protótipo de mini estação meteorológica.....</b>	<b>54</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o mundo tem passando por diversas transformações na natureza, ocasionadas principalmente pelas mudanças climáticas, decorrentes da ação do homem no meio em que vive. As mudanças climáticas foram modificando no decorrer dos anos, a forma como passamos a viver e agir em nosso planeta, em decorrência dos impactos que essas mudanças climáticas geraram no meio em que vivemos. Além disso, o clima está totalmente ligado a forma em que vivemos no mundo, principalmente nas atividades que realizamos no meio, como a agricultura, que é essencial para existência da humanidade, e em virtude disso tornou-se necessário estudar e acompanhar essas mudanças climáticas.

Com o passar dos anos, desenvolveram-se tecnologias que passaram a auxiliar e ajudar o homem a realizar suas atividades agrícolas no mundo, dentre as tecnologias desenvolvidas surgiram as estações meteorológicas, que segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), são locais que apresentam equipamentos compostos de inúmeros sensores, capazes de obter e coletar dados meteorológicos atualizados a cada hora, como temperatura, umidade relativa do ar, a velocidade do vento, pluviosidade, entre outros dados meteorológicos.

No geral esses dados eram obtidos apenas através das instalações meteorológicas instaladas pelo INMET, em locais que ficavam sob a responsabilidade de pessoas encarregadas de coletar os dados, em diferentes horários do dia, o que gerava um número muito pequeno de dados, variações e erros nas coletas obtidas, devido ao fator humano.

Com o crescimento tecnológico surgiram novas tecnológicas, que permitiram desenvolver estações meteorológicas autônomas e avançadas, capazes de coletar e registrar dados mais precisos e com números maiores de dados coletados em intervalos menores de tempo durante o dia, sem a necessidade da disposição humana de ir coletar e registrar os dados de forma manual. Essas informações obtidas, tornaram-se importes na agricultura, por auxiliar fortemente no manejo das plantações no meio agrícola, pois através desses dados o agricultor passou a ter a capacidade de avaliar as condições climáticas e ambientais, para poder realizar suas atividades no campo.

Com tudo, esses dados e informações climáticos, na maioria das vezes não está acessível para os pequenos agricultores, devido ao alto custo de se obter esses equipamentos instalados em suas propriedades e a falta de conhecimento dos mesmos, para tratar e compreender esses dados em prol de suas atividades agrícolas.

É imprescindível compreender as condições climáticas e as necessidades ambientais de uma área de produção, principalmente na atualidade, em que o clima está sempre em constante mudança, e compreender as necessidades de uma cultura, aliada com a condição ambiental ao qual ela está inserida, permite realizar um melhor planejamento em campo, para se evitar perdas e prejuízos, pois com a obtenção de dados como temperatura ambiente, umidade e os dados térmicos ao qual uma cultura está inserida, permite dentro da produção avaliar o que pode estar afetando no desenvolvimento de uma cultura, principalmente, por exemplo, quantificar a entrada e a saída de água, no que se diz respeito a evaporação, e desse modo realizar uma irrigação mais precisa e controlada.

## **2. JUSTIFICATIVA**

Diante disso, o presente trabalho tem por finalidade desenvolver um protótipo de uma mini estação meteorológica de baixo custo, para uso em áreas de produção agrícola, tendo em vista as problemáticas e as dificuldades enfrentadas em campo para se produzir, principalmente em nossa região nordeste, onde os recursos tecnológicos são escassos e o clima está sempre passando por variações, que diretamente afetam na produtividade, tendo em vista isso, com isso, busca se desenvolver um equipamento que possa ter uso na agricultura, por pequenos agricultores, cooperando para evitar e minimizar as perdas em suas lavouras.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1. Objetivo Geral**

O objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de um protótipo de mini estação meteorológica de baixo custo, no intuito de obter dados climáticos e ambientais em campo, como temperatura, umidade relativa do ar, umidade e temperatura de solo, com a finalidade de auxiliar no planejamento da produção de pequenos agricultores rurais e as demandas ambientais de culturas em campo, de modo que permita ao produtor avaliar respostas na produção conforme as mudanças ambientais sofridas na área produtiva.

### **3.2. Objetivos Específicos**

Ao decorrer deste trabalho tornou-se necessário atender alguns objetivos que delimitaram o estudo, sendo eles:

- a) Realização de pesquisa e revisão bibliográfica sobre o assunto e sobre os materiais a serem utilizados no projeto, e a importância de cada dado para produção;
- b) Seleção do microcontrolador e dos sensores a serem utilizados;
- c) Desenvolver o código de programação para o protótipo de mini estação meteorológica, permitindo que ela faça a leitura, armazenamento e transmissão dos dados meteorológicos via WiFi, em tempo real;
- d) Montagem e teste dos sensores;
- e) Instalação e teste em campo para realização de ajustes
- f) Aferir e analisar as informações coletadas pelo protótipo, através da comparação com os valores medidos por outros instrumentos destinados a este fim, e com precisão conhecida;
- g) Realizar a análise e discussão dos resultados obtidos.

## **4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Nesse tópico serão conceituados e caracterizadas as grandezas físicas e os componentes envolvidos a serem utilizados no trabalho, obtidas por pesquisas realizadas sobre o assunto, pertinentes para o desenvolvimento do protótipo, de modo que seja explicado de forma sucinta a importância de cada fator ambiental dentro da produção, e os componentes a serem utilizados

para se obter os dados na mini estação meteorológica, apresentando e descrevendo ao logo do trabalho os principais componentes e dispositivos eletrônicos utilizados.

#### **4.1 Meteorologia e Climatologia**

Quando se fala em meteorologia e clima, muitos pensam se tratar da mesma coisa, porém existe uma diferença bem clara entre essas duas ciências. A meteorologia, de forma resumida, é o estudo da atmosfera e de seus fenômenos, e a climatologia o estudo do clima e seus efeitos no mundo (MUNDO EDUCAÇÃO, 2022).

A meteorologia visa estudar os fenômenos físicos da atmosfera, que ocorrem de maneira dinâmica e constante, além de suas consequências para o meio. Busca estudar as movimentações atmosféricas e as interferências causadas por ela para a lavoura, e para outros segmentos da sociedade, prevendo, por exemplo, chuvas, secas, enchentes e terremotos, entre outros (CHBAGRO, 2020).

A climatologia é a parte da ciência que vem estudando e avaliando os fenômenos atmosféricos, ocorridas em período de médio e longo prazo, avaliando cenários e apontando tendências para os próximos anos. Na agricultura a climatologia é muito importante para a elaboração e o planejamento agrícola, pois é possível avaliar as variáveis de riscos do clima, para poderem ser tomadas decisões em relação à lavoura, de modo que o planejamento e a gestão sob esses fatores, irão refletir em evitar perdas e maximizar suas produções (CHBAGRO, 2020).

#### **4.2 Agrometeorologia**

A agrometeorologia é a área da ciência que realiza estudos sobre as condições atmosféricas e os impactos que elas geram em ambientes agrícolas. Tem como foco dos seus estudos, avaliar e reconhecer estratégias que visem melhorar a produção e minimizar as interferências climáticas no ambiente, permitindo ao produtor, realizar um melhor planejamento e boas tomadas de decisão em suas atividades agrícolas, de modo que ele possa otimizar o uso da terra e maximizar sua produção (AGROTOOLS, 2022).

Como a agrometeorologia avalia a influência do clima sobre a agricultura, ela permite que o produtor evite perdas no campo, como, por exemplo, avaliar e se precaver em um período favorável a seca, por isso, existe a necessidade de se estudar a relação condição climática e plantio. Muitos fatores influenciam no campo, sendo extremamente importante conhecê-los e entender a ação destes elementos dentro da produção, e dentre os principais fatores que exercem influência no meio agrícola podemos citar a:

- Temperatura do ar e do solo;
- Umidade relativa do ar;
- Umidade do solo;
- A ocorrência de chuvas, granizo, geadas e ventanias;
- E a radiação solar.

O equilíbrio entre esses elementos no campo, permite com que o agricultor possa realizar melhores decisões, permitindo que ele faça um bom planejamento para seus trabalhos no campo, pois por meio desses dados o produtor pode avaliar o melhor ambiente para produzir,

a época adequada para se plantar e colher, de mesmo modo como o período certo para se realizar a aplicação de insumos e defensivos, evitando dessa maneira perdas e a contaminação de áreas produtivas.

### **4.3 Clima e Tempo**

Na meteorologia o clima se refere ao comportamento dos fenômenos atmosféricos em determinados períodos, que podem ocorrer a médio e longo prazo, que ocorrem em uma determinada região, para se determinar o clima de uma região, por exemplo, são calculados as médias de temperatura, umidade, precipitação, vento, etc. considerando os fenômenos que ocorrem como variações climáticas ou condições que ocorram em determinada situação de tempo (INMET, 2022).

O tempo, no que lhe concerne, refere-se ao comportamento e estado físico a curto prazo dos fenômenos atmosféricos em uma região, como a precipitação, umidade do ar, velocidade dos ventos, temperatura, pressão atmosférica, entre outros fatores, que ocorrem em um dia específico, por exemplo (INMET, 2022).

### **4.4 Elementos Climáticos**

#### **4.4.1 Temperatura Ambiente**

A temperatura como um fator climático na agricultura é um elemento de extrema importância, e influência em diversos processos agrícolas, interferindo diretamente no processo de desenvolvimento, frutificação e colheita, sendo ela essencial para delimitar áreas que serão favoráveis para a implantação de uma área produtiva, para determinada espécie. Desse modo, sempre que escolhermos um ambiente para se produzir, evitamos ambientes com variações constantes de temperatura, e selecionamos conforme as características fisiológicas de uma cultura, como, por exemplo, podemos citar a maçã, adaptadas a áreas de temperaturas baixas.

##### **4.4.1.1 Efeitos da alta temperatura**

Conforme o livro a agrometeorologia dos cultivos (EMBRAPA, 2009), as altas temperaturas exercem os seguintes efeitos na agricultura:

- a) Ressecamento do solo – devido ao calor ocorre a perda de umidade pelo solo.
- b) Volatilização do nitrogênio de adubos nitrogenados – a alta temperatura causa a evaporação do nitrogênio, devido ao calor, principalmente de adubos como a ureia.
- c) Deriva de defensivos agrícolas – a alta temperatura pode provocar a formação de correntes ascendentes, impedindo a deposição do produto pulverizado sobre a cultura ou sobre o solo, fazendo com que ele seja facilmente carregado pelo vento para outros locais.
- d) Volatilização de herbicidas já aplicadas no solo.
- e) Evaporação da água de irrigação – principalmente na irrigação por aspersão, ocasionando na perda de água e gerando prejuízo econômico.

f) Interrupção do crescimento da planta – cada cultura apresentam uma temperatura máxima a ser tolerada, e quando há temperaturas acima do que ela suporta, ocorre a paralisação do seu crescimento.

g) Aborto floral – como acontece, por exemplo, com a maçã, sob temperaturas acima de 28°C.

#### **4.4.1.2 Efeitos da baixa temperatura**

a) Fecundação das flores – temperaturas muito baixas podem inibir a fecundação das flores, acarretando queda da produtividade. (EMBRAPA, 2009)

b) Paralisação das atividades vitais da planta – cada cultura requer uma temperatura mínima para crescer e se desenvolver, quando a temperatura se mantém abaixo, não ocorre o desenvolvimento vegetativo e o ciclo cultural se prolonga. (EMBRAPA, 2009)

c) Quebra de dormência em frutíferas de clima temperado – as culturas necessitam de um determinado número de horas de frio, para poderem brotar e dar continuidade no seu desenvolvimento. (EMBRAPA, 2009)

#### **4.4.5 Umidade do ar**

A umidade relativa do ar é a relação entre a quantidade de água presente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia existir na mesma temperatura (ponto de saturação) ser captada por diferentes sensores e equipamentos. A umidade no ar é um fator decorrente das fases de ciclo hidrológico e evaporação. O vapor de água sobe para a atmosfera e se acumula em forma de nuvens, mas uma parte passa a compor o ar que circula na atmosfera (INFOESCOLA, 2022).

A umidade do ar é um elemento de extrema importância, que acarreta inúmeros efeitos benéficos à agricultura, estando ela ligada a diversos processos, como a regulação da transpiração das plantas, tendo em vista que a planta estando em um ambiente a alto nível de umidade, reduzirá sua transpiração e pode estar paralisando suas atividades metabólicas, além de poder estar aumentando a fotossíntese, quando aliada a altas temperaturas. A UR de mesmo modo apresenta regulação na secagem dos solos.

Ocorre também influência durante o armazenamento da produção, pois, por exemplo, as frutas que serão armazenadas devem estar em câmaras com nível de umidade ideal para o tipo produto, desse modo a umidade pode acarretar perdas de frutos por causar podridão e distúrbios fisiológicos, e quando armazenadas em ambientes com baixa umidade pode acarretar desidratação, afetando assim na qualidade e nas características da fruta (EMBRAPA, 2009).

#### **4.4.6 Temperatura do solo**

A temperatura do solo é um fator imensamente importante na agricultura, pois ela está diretamente ligada ao desenvolvimento das plantas, sendo um fator determinante por suas propriedades físicas, químicas e meteorológicas no meio, de modo que se torna extremamente importante para o bom desenvolvimento das plantas. Vários processos da agricultura estão diretamente ligados a temperatura do solo.

A germinação das sementes é um fator que está extremamente relacionado com a temperatura do solo, pois altas temperaturas ou baixas temperaturas, podem afetar diretamente nesse processo, pois dependendo da cultura, baixas temperaturas podem retardar a germinação e a emergência de uma planta, de modo que altas temperaturas podem também acarretar morte da semente. (UFSM, 2015)

A temperatura do solo exerce influência direta no crescimento radicular das plantas, pois ela se relaciona a distintas características que a planta possui, como a capacidade de resistência a seca, sua tolerância ao ataque de pragas e doenças, a eficiência na absorção de nutrientes, sua capacidade de germinar ou brotar, entre outras características. (EMBRAPA, 2009)

Outro ponto onde a temperatura do solo entra, é na atividade dos microrganismos, que executam os processos de decomposição da matéria no solo, e das bactérias que captam nitrogênio atmosférico, pois eles necessitam que essa temperatura esteja favorável, para que estes possam realizar suas atividades que são benéficas à agricultura, de tal modo que essa temperatura também pode influenciar na proliferação de vírus e bactérias maléficas a agricultura (EOS, 2020).

Na formação do solo a temperatura também exerce função importante, pois ela provoca dilatações, trincamento, a contração das rochas, e a desintegração para a formação do solo, além disso, a temperatura exerce função na retenção de água no solo, pois quanto maiores forem as temperaturas, mais aceleradas serão as perdas de umidade no solo (EOS, 2020).

#### **4.4.7 Umidade do solo**

Nenhum processo físico atmosférico ou ambiental ocorre sem que haja a presença da água, de modo que a umidade do solo depende desses processos, como a quantidade de precipitação, a temperatura do ar, a intensidade do consumo de água pelas plantas, entre outros processos. Para a planta a umidade do solo é de suma importância para o seu rendimento, pois elas não poderão crescer e se desenvolver sem a umidade adequada no solo (EOS, 2020).

A água é um elemento que serve não somente como agente de restauração da umidade, mas como um regulador de temperatura. A umidade do solo é um fator crucial para que ocorra o desenvolvimento adequado das plantas. No processo de termorregulação, a planta chega a evaporar de 99% de toda a água que obtém, utilizando de 0,2% a 0,5% para a formação da massa vegetativa, desta maneira compreendemos que a planta tem necessidades diferentes de umidade, conforme as condições climáticas onde se encontra e em seus estágios de crescimento (EOS, 2020).

A água no solo tem inúmeras finalidades, dentre elas:

- Evitar o desgaste do solo; (EOS, 2020)
- Regular e estruturar o solo; (EOS, 2020)
- Regular a ductilidade e a densidade do solo; (EOS, 2020)
- Os níveis de umidade do solo afetam o conteúdo de ar, a salinidade e a presença de substâncias tóxicas; (EOS, 2020)
- Exerce influência na temperatura e na capacidade térmica do solo. (EOS, 2020)

## 4.5 Prototipagem com microcontrolador

### 4.5.1 Microcontrolador

O microcontrolador é uma espécie de pequeno computador em um chip, de baixo custo, trata-se de um circuito integrado (CI ou Chip) que apresenta um microprocessador atribuído a periféricos, que nada mais são que memórias, como a memória EEPROM, FLASH, SRAM, ou conversores, temporizadores, entre outros, dentro de um único encapsulamento. Os microcontroladores são utilizados para realizar tarefas simples como controlar sensores, como, por exemplo, sensores de temperatura, luminosidade, movimento, etc. (FILIPEFLOP, 2022).

Atualmente existem diversos microcontroladores no mercado para atender diferentes equipamentos, projetos, realizar tarefas, executar programas e dispositivos, com aplicações, recursos e funcionalidades distintas. Presentemente podemos encontrar esses microcontroladores em placas de desenvolvimento como o Arduino e o NodeMcu, que são placas encontradas no mercado para desenvolvimento de pequenos e até médios projetos (JF PAREDE, 2022).

#### 4.5.1.1 Arduino e NodeMcu

O Arduino é uma plataforma eletrônica de desenvolvimento e de código aberto, baseado em um hardware e um software de fácil entendimento e uso, composto por um microcontrolador Atmel, com circuitos de entrada e saída, um conector USB (Universal Serial Bus), um regulador linear de 5 volts, uma tomada de alimentação externa (ARDUINO, 2022).

Para fazer realizar a comunicação entre o computador e o arduino é necessário a utilização de um software, o IDE (Internal Development Environment, ou Ambiente Interno de Desenvolvimento), que utiliza uma linguagem baseada em C/C++, a qual é uma programação de nível médio (FILIPEFLOP, 2022).

O IDE é um software que permite que você escreva e desenvolva uma programação de computador, onde se insere um conjunto de instruções com passo a passo, na qual você faz a transferência dessa programação para a memória do microcontrolador, a partir disso o microcontrolador passa a executar essas instruções, interagindo com o que estiver conectado a ele” (MCROBERTS, 2011 p.24).

O NodeMcu é uma placa de desenvolvimento que combina chips como o ESP8266 (ESP-12E) ou o ESP32, que é um SoC (System on Chip ou Sistema em um Chip) com protocolo TCP/IP integrado, na qual permite dar acesso à rede WiFi para microcontroladores, inclusive para o Arduino, por possuir interface USB-serial, podendo desse modo hospedar uma aplicação sozinho ou descarregar as funções de redes Wi-Fi a partir de outro processador.

O módulo esp8266 apresenta uma pré-programação com comando AT (comandos básicos de configuração e acionamento do ESP8266 quando ele está sob controle de um equipamento externo) no seu firmware, e apresenta um regulador de tensão de 3,3V, possuindo uma interface USB-serial, onde a programação pode ser feita usando LUA ou a própria IDE do Arduino, através da comunicação via cabo Micro USB conectado diretamente ao computador (FILIPEFLOP, 2022).

## 4.5.2 Sensores

Sensores são dispositivos eletrônicos que consegue converter sinal elétrico em uma grandeza física, que está atrelada a uma ou mais propriedades do material da qual é utilizado para se fazer o sensor. Existem inúmeros tipos de sensores, como, por exemplo, os termistores que convertem sinal térmico em sinal elétrico, os fotodiodos que transformam luminosidade em impulso elétrico e microfones que transforma som em impulso elétrico (UFRGS, 2022).

Quando um sensor recebe um sinal de entrada proveniente do ambiente, ele passa a imitar uma saída, na qual é um sinal capaz de ser convertido e interpretado por outros dispositivos, esses dispositivos são chamados de transdutor, a qual é um componente capaz de transformar um tipo de energia em outra, como exemplo de transdutor, podemos citar o sensor de temperatura, que converte a energia térmica em energia elétrica, por pulsos elétricos (ARAÚJO; MARIZ; SILVA, 2015).

### 4.5.2.1 Sensores de temperatura e umidade

O sensor de temperatura e umidade é um equipamento capaz de detectar as temperaturas e a umidade do meio, na qual está inserido, aferindo os dados, exibindo-os ou registrando-os. Este sensor pode ser utilizado tanto ao ar livre como também em ambientes internos.

### 4.5.2.2 Sensor de temperatura

A temperatura é captada por meio de filamentos metálicos, composto por um ou mais tipo diferente de metal semicondutor sinterizados, capaz de exibir variação de resistência proporcional a alterações de temperatura. Esses metais apresentam coeficiente de temperatura negativo, o que significa que a resistência diminui à medida que a temperatura aumenta. (OMEGA, 2022)

Existem diferentes tipos de sensores de temperatura no mercado, que atendem a variadas necessidades e usos. Dentre eles podemos citar:

- Os termopares, são sensores precisos, sendo altamente sensíveis a pequenas mudanças de temperatura, apresentam respostas rápidas a mudanças no ambiente. São constituídos de um par de fios de metal com propriedades diferentes unidos em uma extremidade; (CITISYSTEMS, 2022)
- O RTD (sensor de temperatura de resistência) sendo um enrolamento de fio que exibe mudanças na resistência com mudanças de temperatura, de modo que, quanto mais quentes eles se tornam, maior o valor de sua resistência elétrica; (CITISYSTEMS, 2022)
- O termistor, são sensores extremamente sensíveis, mas que possuem uma faixa de temperatura limitada. Um termistor é um dispositivo semicondutor com uma resistência elétrica proporcional à temperatura. Existem dois tipos de termistores: com coeficiente de temperatura negativo (NTC), onde a resistência cai de forma não linear com o aumento da temperatura; e o de coeficiente de temperatura positivo (PTC), onde a resistência aumenta à medida que a temperatura aumenta; (CITISYSTEMS, 2022)
- Os interruptores bimetálicos, na qual se utiliza uma mola bimetálica como elemento principal do sensor de temperatura. Esta mola helicoidal é feita de dois tipos diferentes de metais que são presos juntos. Estes tipos de metais podem incluir cobre, aço ou latão, desde que um tenha baixa sensibilidade ao calor, enquanto o outro metal tenha alta sensibilidade ao calor. Assim, sempre que a parte soldada for aquecida, os dois metais

sofrerão mudança de comprimento com base em suas taxas individuais de expansão térmica; (CITISYSTEMS, 2022)

- Além disso, temos o Sensor de temperatura infravermelho, que sem ter contato direto com o ambiente ou o objeto a ser aferido, absorve radiação infravermelha (IR). Nesse sensor a luz é recebida e convertida em um sinal elétrico que corresponde a uma determinada temperatura. (CITISYSTEMS, 2022)

#### **4.5.2.3 Sensor de Umidade relativa (UR)**

A umidade presente na atmosfera pode ser aferida de diferentes formas, podendo ser realizada por meio aparelhos ou sensores. Os sensores de umidade têm como função medir, avaliar e acompanhar as condições de umidade do ar. Essa medição pode ser realizada por meio de um conjunto psicrométrico ou psicrômetro, que nada mais é do que o uso de dois termômetros, um de bulbo seco e outro de bulbo úmido, em que são feitas medições e cálculos para se chegar ao valor de umidade ou por meio de sensores capacitivos, que são sensores modernos, constituídos de um filme de polímero que ao absorver vapor d'água do ar altera a capacitância de um circuito ativo. Além disso, podemos estar obtendo a umidade do ar através de um higrômetro de fio de cabelo, em que se realiza medidas em um papel milimetrado, utiliza a utilizando a dilatação de um fio de cabelo.

#### **4.5.2.4 Sensor de umidade do solo**

O sensor de umidade do solo é um módulo capaz de detectar a resistividade da terra, sendo desse modo de medição dielétrica, medindo a capacidade de dois materiais de reter cargas elétricas, medindo assim as variações de umidade no solo (SIGMA, 2022). Essa medição ocorre por que dentro dos componentes presente no solo (a matéria orgânica, o ar, as partículas minerais e a água) há uma diferença muito grande da permissividade elétrica, a qual é a habilidade de um material resistir ao campo elétrico de uma carga induzida, da maioria dos componentes em relação à água (LABSTORE, 2020).

O sensor opera exposto a condições do ambiente, sendo desse modo resistente a corrosão, instalado enterrado no solo, funcionando por meio de uma sonda ou por meio de dois elétrodos para conduzir corrente elétrica no solo, assim ele faz a leitura de umidade por meio da comparação de resistência, já que a água diminui a sua resistência, enquanto o solo seco tem mais dificuldade de conduzir carga elétrica (SIGMA, 2022).

A medição é realizada pelo sensor de umidade, porque não ocorre a separação da permissividade dos fatores, e assim ele fornece um valor médio. Desse modo, na teoria, entende-se que não só a permissividade específica de cada um dos materiais, mas também o volume presente de cada um deles, gera influência no valor final da capacidade dielétrica, e como a água apresenta dielétrica maior que os demais componentes do solo, e por não haver uma variação muito grande de matéria orgânica presente, a teoria funciona (LABSTORE, 2020).

## **5. DESENVOLVIMENTO**

O estudo para o desenvolvimento do protótipo de mini estação meteorológica para monitoramento de dados em áreas de produção, foi realizado durante o 1º trimestre do ano de 2022, ainda no período de pandemia.

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre meteorologia, estações meteorológicas e sua importância na agricultura, para dar ênfase no estudo de elaboração de uma mini estação de baixo custo e sua aplicabilidade para uso em áreas agrícolas.

Posteriormente realizou-se uma pesquisa sobre os sensores que seriam utilizados e o orçamento para o desenvolvimento do projeto, avaliando a qualidade dos sensores e o custo benefício dos mesmos. Os sensores selecionados são apresentados na tabela 1 a seguir com suas respectivas variáveis mensuradas.

**Tabela 1:** Sensores usados no protótipo.

Sensor	Variável
DHT11	Umidade e Temperatura Ambiente
DHT22	Umidade e Temperatura Ambiente
DS18B20	Temperatura do Solo
HD-38	Umidade do Solo

Fonte: Autor (2022).

Após a pesquisa e seleção dos sensores que seriam utilizados, realizou-se um estudo aprofundado sobre o funcionamento desses componentes, esse estudo foi feito por meio da leitura de conteúdo específicos sobre cada sensor e por meio de vídeo aulas explicativas sobre o funcionamento e a programação em microcontroladores.

Depois de ser feito o estudo sobre o funcionamento e sobre a programação dos sensores, realizou-se o teste de cada sensor, para verificar seu funcionamento, sendo posteriormente feito a programação com o uso de todos os componentes e sensores envolvidos, para o desenvolvimento do protótipo em questão.

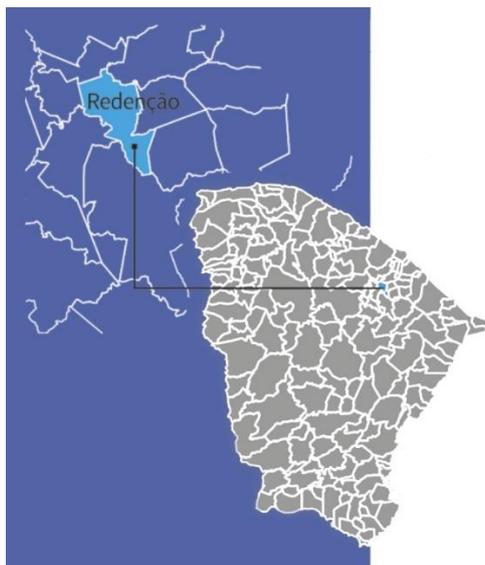
## 5.1 Localização

A mini estação desenvolvida nesse projeto foi testada na unidade produção de mudas (UPMA), no campus das Auroras da universidade da integração internacional da lusofonia afro brasileira (UNILAB), localizado no Município de Redenção, situado a 55 km da capital Fortaleza, fazendo parte da microrregião do maciço de Baturité.

O município de redenção possui coordenadas geográficas de latitude (S) 4° 13' 35'' longitude (O) 38° 43' 53'' e altitude de 92 metros. (CIDADE-BRASIL, 2022).

Os dados obtidos com a mini estação, serão comparados com os dados obtidos pela estação metrológica instalada na UPMA.

A figura 1 a seguir mostra a localização do município de Redenção- CE.

**Figura 1** - Mapa município de Redenção

FONTE: Anuário do Ceará (2010).

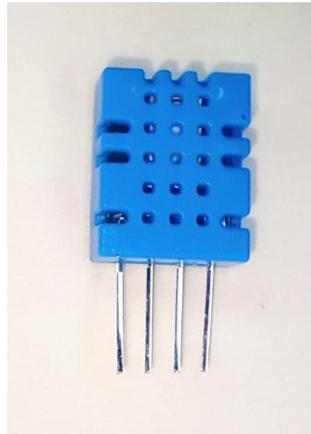
## 5.2 Materiais

Nesta seção serão apresentados os itens e as especificações de cada componente utilizado para o desenvolvimento do projeto na elaboração do protótipo da mini estação meteorológica de baixo custo.

### 5.2.1 sensor de umidade e temperatura

Neste trabalho serão utilizados dois tipos de sensores de umidade e temperatura para se desenvolver o protótipo, o DHT11 e o DHT22, de modo a avaliar a precisão de cada um destes em relação ao comparativo das leituras com os sensores de umidade e temperatura de uma estação meteorológica automática, no caso a que está instalada na UPMA (Unidade de Produção de Mudanças) na UNILAB.

A figura 2 mostra o sensor DHT11 que é um sensor composto por 4 pinos que apresentam funções específicas. Ele apresenta dimensões de 23 x 12 x 5mm, incluindo os terminais, é alimentado por uma tensão de 3 e 5VDC, sendo 5,5VDC o máximo suportado. Este sensor é bastante simples, possui uma faixa de medição de temperatura de 0° a 50 °C com precisão de  $\pm 2.0$  °C e de medição de umidade de 20 a 90% com precisão de  $\pm 5,0\%$ , seu tempo de resposta é de aproximadamente 2 segundos (FILIPEFLOP,2022).

**Figura 2** - Sensor de Umidade e Temperatura DHT11

Fonte: Autor (2022).

A figura 3 apresenta o sensor DHT22, que um sensor mais evoluído que o anterior, ele também é composto por 4 pinos, apresenta dimensões de 25 x 15 7mm (sem os terminais), é alimentado por uma tensão de 3 e 5 VDC, sendo 5,5 VDC o máximo suportado. Este sensor também é bem simples de ser utilizado, a diferença do anterior, é que ele é mais caro, porém mais preciso, possui uma faixa de medição de temperatura de  $-40^{\circ}$  a  $80^{\circ}\text{C}$  com precisão de  $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$  e de medição de umidade de 0 a 100% com precisão de  $\pm 2,0\%$ , seu tempo de resposta é de aproximadamente 5 segundos (ELETROGATE, 2022).

**Figura 3** - Sensor de Umidade e Temperatura DHT22

Fonte: Autor (2022).

#### Pinagem:

Pinagem	Função
1	VCC
2	Digital- Dados
3	NC
4	GND

### 5.2.3 Sensor de temperatura do solo

Para se obter a medição de temperatura do solo foi escolhido o sensor DS18B20, que se trata de um sensor desenvolvido para ser utilizado nos mais diversos tipos de ambientes, podendo ser utilizado em áreas com temperaturas muito úmidas, inclusive na água, por possuir revestimento em aço inoxidável, sendo desse modo a prova d'água. Para que este sensor possa ser utilizado, ele necessita estar conectado a uma plataforma de prototipagem (ELECTROFUN, 2022).

A figura 4 mostra o DS18B20, ele apresenta 3 pinagens envolto por um único cabo de proteção, e é um sensor bastante simples, mas que proporciona realizar leituras bem precisas, já que sua precisão é de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  entre  $-10^{\circ}\text{C}$  e  $+85^{\circ}\text{C}$ . Ele realiza leituras na faixa de  $-55^{\circ}$  e  $+125^{\circ}\text{C}$ , sua ponta de aço possui as dimensões 6 x 50mm (ELECTROFUN, 2022).

**Figura 4 -** Sensor de Temperatura do Solo - DS18B20



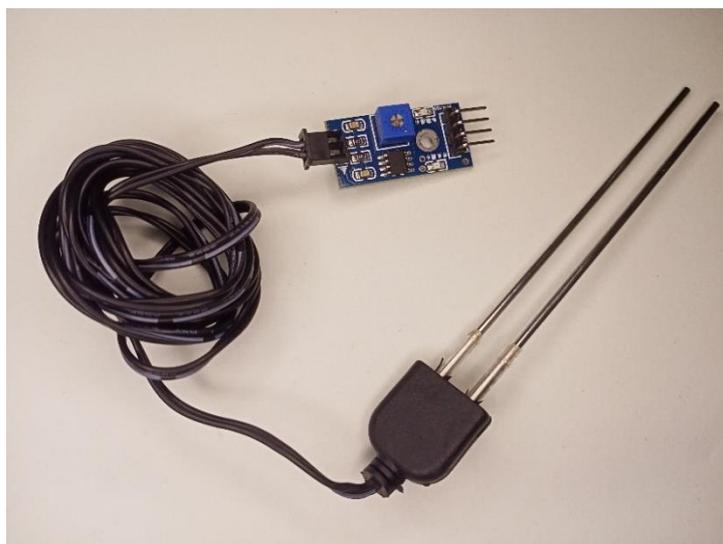
**Fonte:** Autor (2022).

#### **Pinagem:**

Pinagem	Função
1 – Fio Amarelo	Digital - Dados
2 – Fio Preto	GND
3 – Fio Vermelho	VCC

### 5.2.4 Sensor de umidade do solo

Neste trabalho o sensor a ser utilizado para obtenção dos dados de umidade no solo, foi o HD-38 (Figura 5), o qual é um dispositivo desenvolvido para projetos que necessitam de dados com alta qualidade e precisão. Este sensor em comparação com outros apresenta dados mais confiáveis e precisos, além de ser produzido em aço inoxidável, material de alta durabilidade e resistência (USINAINFO, 2022).

**Figura 5** - Sensor de Umidade do solo HD-38

**Fonte:** Autor (2022).

Trata-se de uma sonda que apresenta terminais metálicos com 85mm de comprimento, e que é de fácil introdução no solo, possuindo um cabo de 1 metro de comprimento, ele acompanha um módulo de leitura, que capta os dados gerados pela sonda e envia as informações por meio de interface digital ou analógica para o microcontrolador. Ele é compatível com diversos microcontroladores, trabalha em tensões de 3,3V a 12VDC, possui dimensões de (Cabo x Largura x Comprimento) 105x18x7mm) e seu módulo de leitura apresenta dimensões de (Cabo x Largura x Comprimento) 35x15x7mm) (USINAINFO, 2022).

#### **Pinagem:**

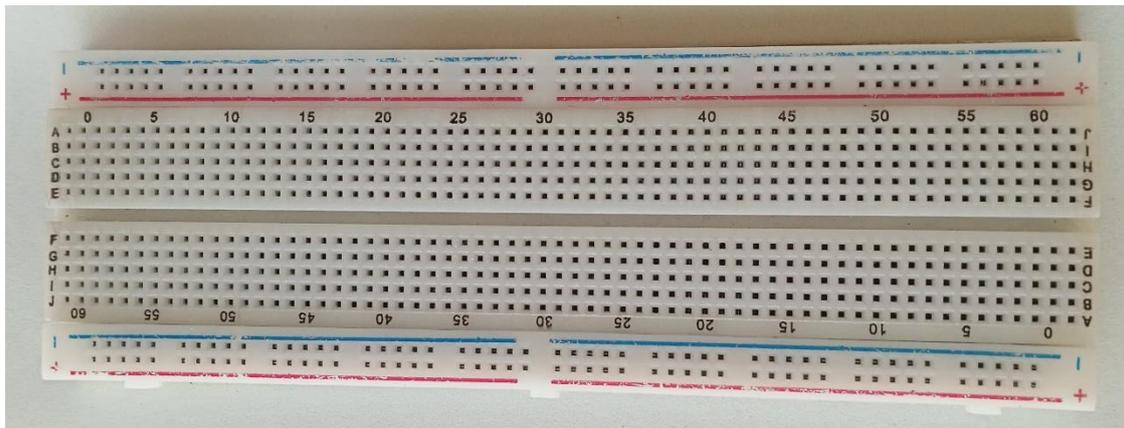
Pinagem	Função
1	VCC
2	GND
3	NC
4	A0 - Dados

### **5.3 Conexões**

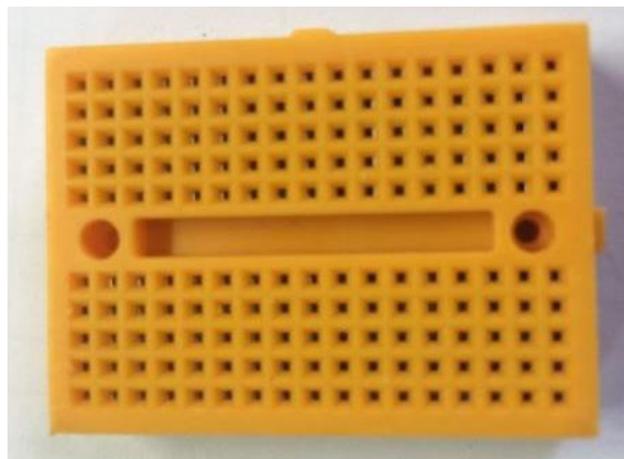
#### **5.3.1 Protoboard**

O protoboard, é uma matriz de contato, também chamada de placa de ensaio, a protoboard consiste em uma placa com furos, que possuem conexões condutoras para a montagem e teste de circuitos elétricos experimentais, esta placa serve para sejam realizadas de projetos temporários (UEL, 2022).

Neste projeto foram utilizadas 2 protoboards, uma de 830 pontos (Figura 6) que possui as seguintes dimensões 165mm x 57mm x 10mm, utilizada para os testes iniciais e uma mini protoboard (Figura 7) de 170 pontos, que possui dimensões 45 x 34 x 8,5mm, usada para a montagem final dos componentes do projeto.

**Figura 6** - Protoboard 830 pontos.

**Fonte:** Autor (2022).

**Figura 7** - Protoboard de 170 pontos.

**Fonte:** Autor (2022).

### 5.3.2 Jumpers

Os jumpers são pequenos fios metálicos condutores, compostos basicamente por um fio envolto por um isolante. Sua finalidade é conectar pontos distintos do circuito eletrônico, permitindo a interligação entre a placa microcontrolador e os sensores (ROCHA et al., 2017).

A seguir são mostrados os jumpers utilizados neste trabalho, que foram jumpers do tipo fêmea – fêmea, macho - macho e jumper macho – fêmea, respectivamente Figura 8, Figura 9 e Figura 10.

**Figura 8** - Jumpers do tipo fêmea – fêmea



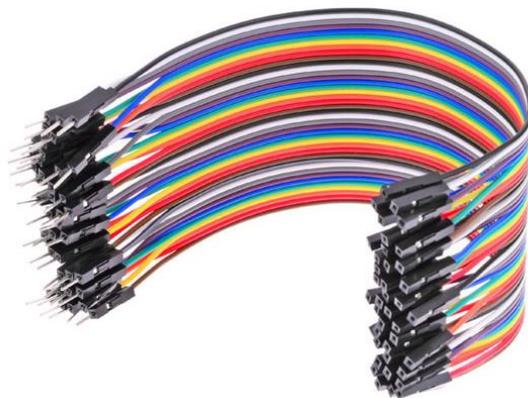
Fonte: FILIPEFLOP (2022).

**Figura 9** - Jumpers do tipo macho – macho



Fonte: FILIPEFLOP (2022).

**Figura 10** - Jumpers do tipo – fêmea

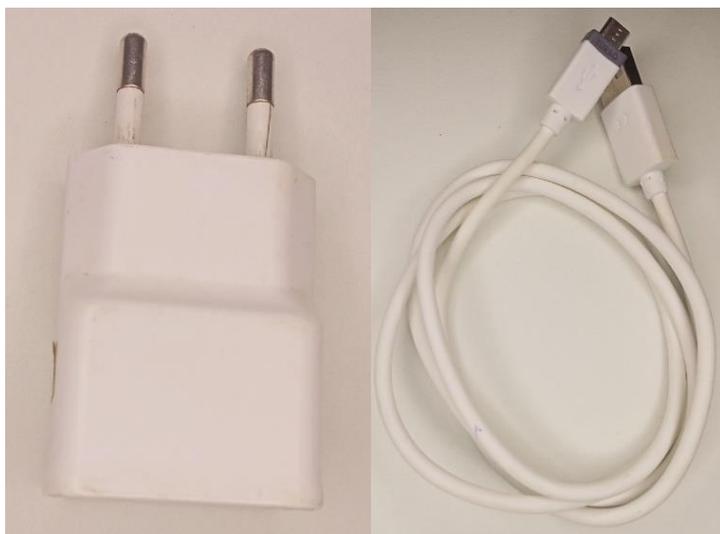


Fonte: FILIPEFLOP (2022).

### 5.3.3 Cabo e fonte e alimentação

Para se realizar a conexão entre a placa e o software de desenvolvimento instalado no computador, foi utilizado um cabo do tipo micro USB (Figura 11), o mesmo fornece a alimentação elétrica para a placa com o uso de um adaptador de carregador.

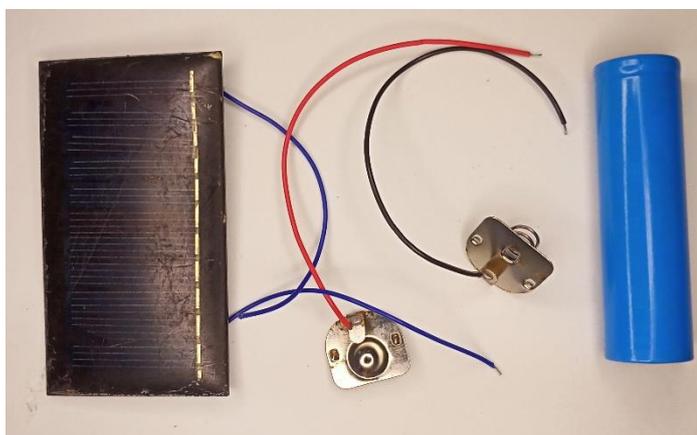
**Figura 11** - Adaptador de carregador e cabo USB para alimentação



**Fonte:** Autor (2022).

Nesse projeto pensou-se a possibilidade de tornar o protótipo autônomo em relação à energia, então foi adaptado um mini painel solar fotovoltaico de uma luminária do jardim (Figura 12), de modo que este possa fornecer alimentação elétrica para o equipamento, sem a necessidade de estar ligado diretamente a rede.

**Figura 12** - Mini placa solar

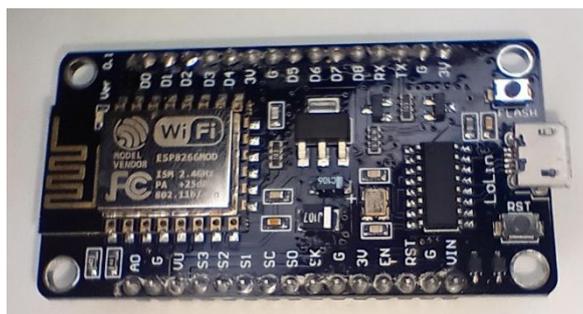


**Fonte:** Autor (2022).

## 5.4 Microcontrolador

O microcontrolador a ser utilizado neste projeto é o NodeMcu, mais especificamente a placa NodeMcu v3 Lolin (FIGURA 13). Essa placa de desenvolvimento combina um chip ESP8266 com uma interface USB-serial e um regulador de tensão de 3,3V. Utiliza como interface de desenvolvimento para se fazer programação o LUA ou a IDE do Arduino. Esta placa é composta por uma antena WiFi padrão de 802.11b/g/n embutida, que permite a sua conexão à rede de internet, possui conector micro USB (ELETROGATE, 2022).

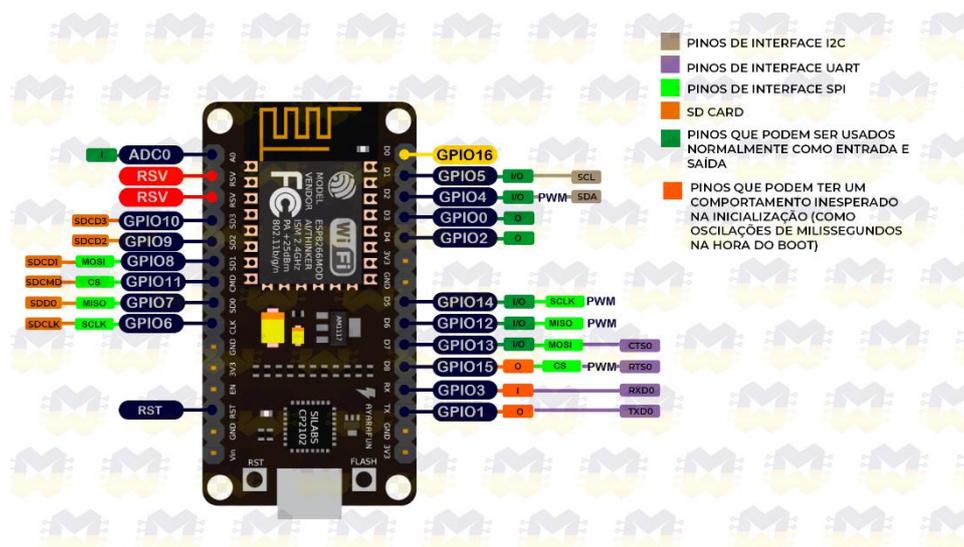
Figura 13 - Modulo NodeMcu Lolin



Fonte: Autor (2022).

Na imagem a seguir poder ver suas pinagens e suas especificações para uso.

Figura 14 – Pinagem do NodeMcu



Fonte: Blog master walker shop, 2022, disponível em

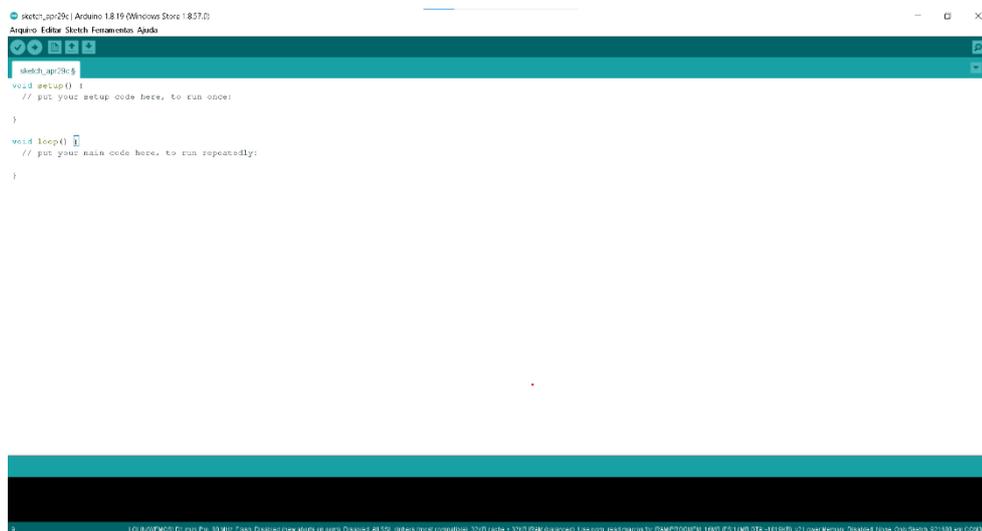
<https://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/esp8266/descomplicando-a-pinagem-do-nodemcu>

A escolha dessa placa foi feita considerando o fato dela possuir conexão WiFi integrada, tendo em vista que a proposta do trabalho, é obter os dados do campo e enviá-las a uma plataforma de armazenamento de dados na web, de modo que os dados possam ser acessados remotamente de qualquer lugar.

## 5.5 Interface de Desenvolvimento e Software

O software utilizado para desenvolver a programação do protótipo, foi a versão da IDE do Arduino (Figura 15). Além disso, foi necessário instalar as bibliotecas dos sensores de temperatura e umidade DHT11 / DHT22 e do sensor de temperatura DS18B20, para o sensor de umidade do solo não necessitou instalar biblioteca, pois ele funciona e opera sem biblioteca.

**Figura 15 - IDE**



Fonte: Autor (2022).

## 5.6 Leitura e armazenamento dos dados

Os dados captados pelos sensores podem ser visualizados em tempo real pelo monitor serial da IDE, que é uma janela que permite que haja comunicação entre o microcontrolador e o computador por meio da porta USB. A comunicação é serial e ocorre por meio de dois pinos do microcontrolador e os dois pinos de dados do USB (data+ e data-) (MUNDO PROJETADO, 2017). A Figura 16 ilustra essa comunicação.

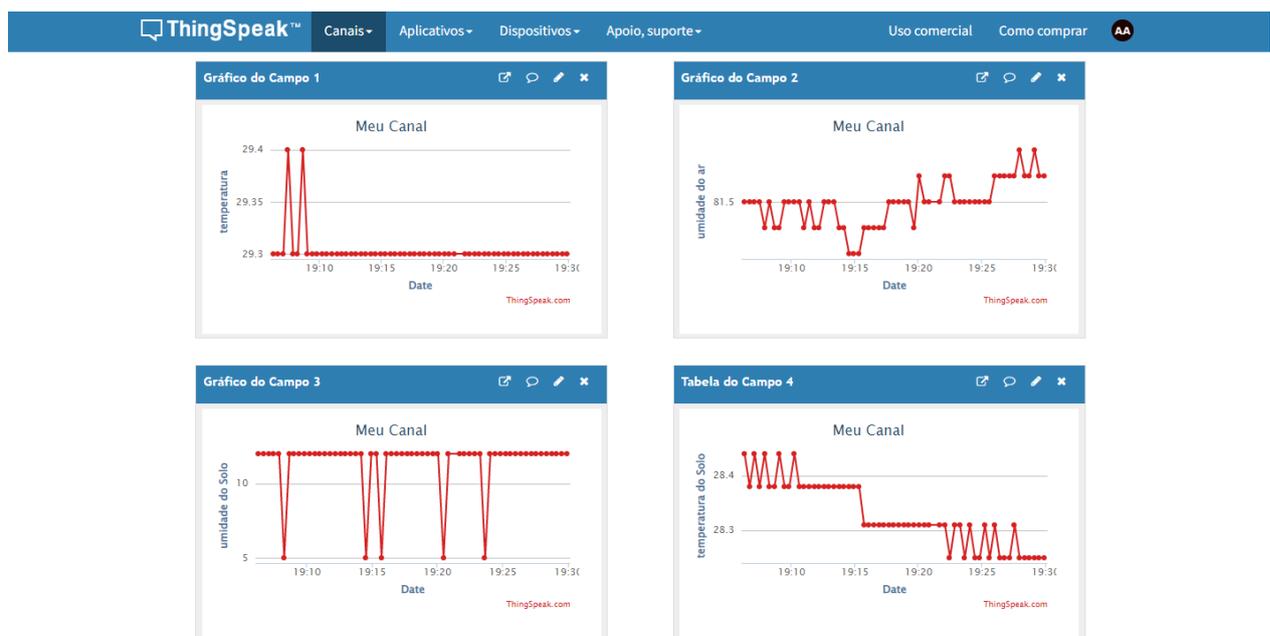
**Figura 16 - Serial Monitor IDE**



Fonte: Autor (2022).

Para se obter a leitura, realizar a armazenagem e o acesso aos dados de forma remota, foi utilizado o ThingSpeak, a qual é uma plataforma IoT (Internet of Things - Internet das Coisas), que permite sem custos realizar o upload de dados numéricos que serão impressos ao longo do tempo na forma de gráficos e que podem ser baixados na forma de tabelas. A Figura 17 ilustra a interface do ThingSpeak (FILIPEFLOP, 2020).

**Figura 17** - Gráficos gerados na interface do ThingSpeak



**Fonte:** Autoria Própria

## 5.7 Código de Programação

A seguir encontra-se o código de programação da mini estação, desenvolvida no IDE do Arduino, logo a baixo em seguida, é explicado cada parte da programação, para melhor entendimento sobre o desenvolvimento e funcionamento dos sensores no projeto.

1	<code>#include &lt;DHT.h&gt; // INCLUIR BIBLIOTECA PARA dht</code>
2	<code>#include &lt;ESP8266WiFi.h&gt;</code>
3	<code>#include &lt;Wire.h&gt;</code>
4	<code>#include &lt;OneWire.h&gt;</code>
5	<code>#include &lt;DallasTemperature.h&gt;</code>
6	
7	<code>String apiKey = "CHAVE DO THINGSPEAK"; // Insira sua chave de API de escrita</code>
8	<code>do ThingSpeak</code>
9	<code>const char *ssid = "NOME DO WIFI*"; // ssid do WiFi - Nome da Rede</code>
10	<code>const char *pass = "SENHA DO WIFI"; // Senha do WiFi</code>
11	<code>const char* server = "api.thingspeak.com"; // Endereço do Servidor</code>
12	
13	

```

14 OneWire barramento(D4);
15 DallasTemperature sensor(&barramento);
16
17 #define DHTPIN 5      // Define o Pino do DHT22
18
19 DHT dht(DHTPIN, DHT22);
20
21 WiFiClient client;
22
23
24
25 void setup()
26 {
27     Serial.begin(115200);
28     delay(10);
29     pinMode(A0,INPUT);
30     dht.begin();
31
32     Serial.println("Conectando a ");
33     Serial.println(ssid);
34
35     WiFi.begin(ssid, pass);
36
37     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
38     {
39         delay(500);
40         Serial.print(".");
41     }
42     Serial.println("");
43     Serial.println("WiFi conectado");
44 }
45
46 void loop()
47 {
48     sensor.requestTemperatures();
49     float h = dht.readHumidity();
50     float t = dht.readTemperature();
51     float s = analogRead(A0);
52     float tempC = sensor.getTempCByIndex(0);
53
54     if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(tempC))
55     {
56         Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
57         return;
58     }
59
60     if (client.connect(server,80) // "184.106.153.149" ou
61     api.thingspeak.com
62     {

```

```

63
64         String postStr = apiKey;
65         postStr += "&field1=";
66         postStr += String(t);
67         postStr += "&field2=";
68         postStr += String(h);
69         postStr += "&field3=";
70         postStr += String(s);
71         postStr += "&field4=";
72         postStr += String(tempC);
73         postStr += "\r\n\r\n";
74
75         client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
76         client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
77         client.print("Connection: close\n");
78         client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+apiKey+"\n");
79         client.print("Content-Type:          application/x-www-form-
80 urlencoded\n");
81         client.print("Content-Length: ");
82         client.print(postStr.length());
83         client.print("\n\n");
84         client.print(postStr);
85
86         Serial.print("Temperatura: ");
87         Serial.print(t);
88         Serial.print(" °C, Humidade do Ar: ");
89         Serial.print(h);
90         Serial.print(" Umidade do solo: ");
91         Serial.print(s);
92         Serial.println("%");
93         Serial.print("Temperatura do solo: ");
94         Serial.println(tempC);
95     }
96     client.stop();
97
98     Serial.println("Aguardando...");
99     delay(10000);
100 }

```

As linhas de 1 a 5 do código apresentam as bibliotecas necessárias para que ocorra o funcionamento dos sensores dentro da programação do protótipo.

```

1  #include <DHT.h> // INCLUIR BIBLIOTECA PARA dht
2  #include <ESP8266WiFi.h>
3  #include <Wire.h>
4  #include <OneWire.h>
5  #include <DallasTemperature.h>
6

```

As linhas 7 a 21 apresentam os parâmetros e configurações de conectividade, onde são inseridas as credenciais de acesso à internet, e de envio de dados para a plataforma de registro e armazenagem dos dados, a plataforma ThingSpeak, além de alguns parâmetros de definição dos pinos onde estão conectados os sensores.

7	String apiKey = "CHAVE DO THINGSPEAK"; // Insira sua chave de API de
8	escrita do ThingSpeak
9	const char *ssid = "NOME DO WIFI*"; // ssid do WiFi - Nome da Rede
10	const char *pass = "SENHA DO WIFI"; // Senha do WiFi
11	const char* server = "api.thingspeak.com"; // Endereço do Servidor
12	
13	
14	OneWire barramento(D4);
15	DallasTemperature sensor(&barramento);
16	
17	#define DHTPIN 5 // Define o Pino do DHT22
18	
19	DHT dht(DHTPIN, DHT22);
20	
21	WiFiClient client;

As linhas 25 a 44 descrevem a função SETUP, parte do código responsável por inicializar e configurar os modos dos pinos, como entradas e saídas (INPUT e OUTPUT), inicializando as bibliotecas e demais parâmetros dos sensores e da placa.

25	void setup()
26	{
27	Serial.begin(115200);
28	delay(10);
29	pinMode(A0,INPUT);
30	dht.begin();
31	
32	Serial.println("Conectando a ");
33	Serial.println(ssid);
34	
35	WiFi.begin(ssid, pass);
36	
37	while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
38	{
39	delay(500);
40	Serial.print(".");
41	}
42	Serial.println("");
43	Serial.println("WiFi conectado");
44	}

As linhas 46 a 11, contém a parte em que se realiza o loop das funções do protótipo, ou seja, onde se cria um ciclo de repetição das instruções dadas para cada componente. As linhas 56 a 84 são responsáveis por enviar as leituras realizadas pelos sensores para a plataforma ThingSpeak, onde os dados são registrados e armazenados pela plataforma em um intervalo de 15 segundos. As linhas 86 a 100 realizam a leituras dos sensores para a placa e as envia para o serial monitor da IDE, onde são apresentadas e podem ser visualizada a cada 1 segundo de intervalo.

```

46 void loop()
47 {
48   sensor.requestTemperatures();
49   float h = dht.readHumidity();
50   float t = dht.readTemperature();
51   float s = analogRead(A0);
52   float tempC = sensor.getTempCByIndex(0);
53
54   if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(tempC))
55   {
56     Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
57     return;
58   }
59
60   if (client.connect(server,80) // "184.106.153.149" ou
61   api.thingspeak.com
62   {
63
64     String postStr = apiKey;
65     postStr += "&field1=";
66     postStr += String(t);
67     postStr += "&field2=";
68     postStr += String(h);
69     postStr += "&field3=";
70     postStr += String(s);
71     postStr += "&field4=";
72     postStr += String(tempC);
73     postStr += "\r\n\r\n";
74
75     client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
76     client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
77     client.print("Connection: close\n");
78     client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+apiKey+"\n");
79     client.print("Content-Type:          application/x-www-form-
80 urlencoded\n");
81     client.print("Content-Length: ");
82     client.print(postStr.length());
83     client.print("\n\n");

```

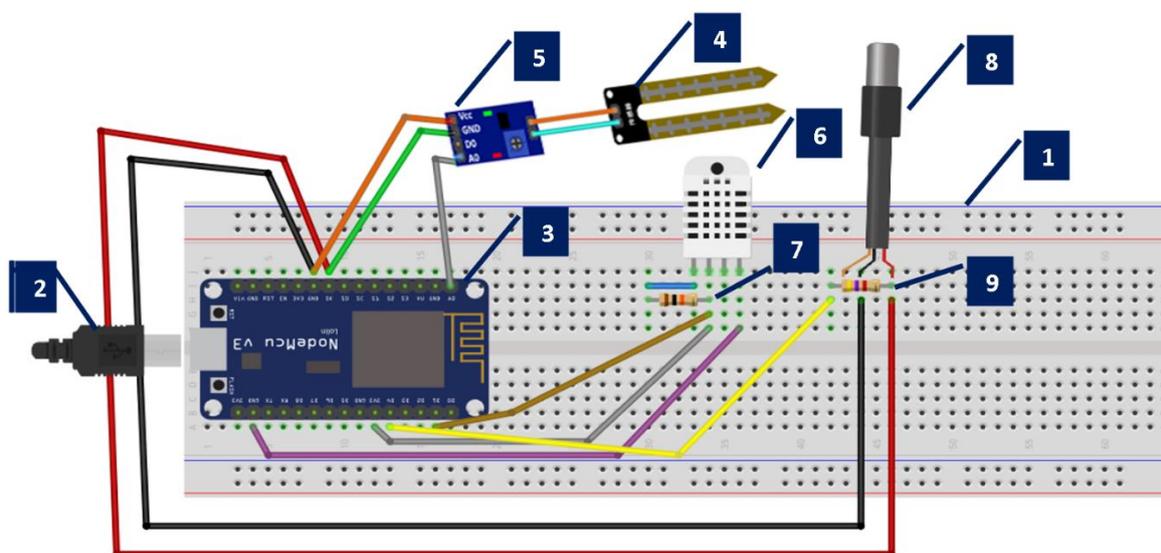
84	client.print(postStr);
85	
86	Serial.print("Temperatura: ");
87	Serial.print(t);
88	Serial.print(" °C, Humidade do Ar: ");
89	Serial.print(h);
90	Serial.print(" Umidade do solo: ");
91	Serial.print(s);
92	Serial.println("%");
93	Serial.print("Temperatura do solo: ");
94	Serial.println(tempC);
95	}
96	client.stop();
97	
98	Serial.println("Aguardando...");
99	delay(10000);
100	}

### 5.8 Montagem do Circuito

A imagem a seguir (Figura 18) ilustra a ligação dos sensores com a placa micro controladora na protoboard. O sensor de umidade e temperatura DHT22 e DHT11 possui 4 pinos, na qual o pino 1 (VCC) foi conectado ao pino de alimentação 3,3V da placa, o pino 4 (GND) ao GND e o pino 2 (pino de dados) ao pino D2, entre o pino 1 e 2 do DHT22 foi colocado um resistor de 10K. O sensor de umidade do solo apresenta 4 pinos, na qual o pino 1 (VCC) foi conectado ao pino 3,3V de alimentação, o pino 2 (GND) ao GND da placa e o pino 4 (A0 -pino de dados) ao pino A0 do NodeMcu. O sensor que irá realizar as leituras de temperatura do solo DS18B20, possui 3 pinagens definidos pelos fios amarelo (DADOS), preto (GND) e vermelho (VCC), sendo o amarelo o fio de dados que foi conectado ao pino D4 da placa, o fio preto ao GND e o fio vermelho ao pino de alimentação 3,3V, entre os pinos da protoboard em estão conectados os fios amarelo e vermelho foi adicionado um resistor de 4,7K  $\Omega$ .

A placa NodeMCU foi conectada a fonte por meio do cabo micro USB adaptado para a bateria de alimentação, que pode ser conectada a mini placa solar ou diretamente.

**Figura 18** - Esquema de ligação entre o microcontrolador e os sensores



Fonte: Autor (2022).

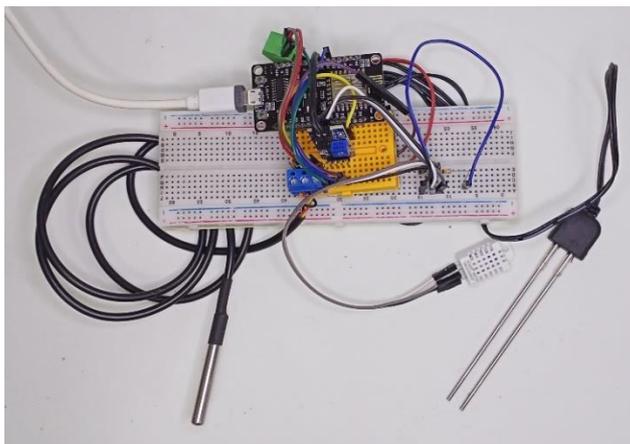
Legenda:

1. Protoboard
2. Ligação para fonte de energia
3. NodeMcu LoLin V3
4. HD-38 - Sonda medidor de umidade do solo
5. Módulo de leitura do sensor de umidade
6. DHT22 - Sensor de umidade e temperatura
7. Resistor de 10 k
8. DS18B20 – Sensor de temperatura do solo
9. Resistor de 4,7K  $\Omega$

## 5.9 Ajustes

Os ajustes realizados no protótipo foram feitos durante a fase de desenvolvimento, quando se estava testando os sensores a serem utilizados separadamente, antes de uni-los em um único trabalho. Os ajustes foram feitos com base nos dados fornecidos por equipamentos comuns como os sensores de aparelhos como termômetros digitais e dados meteorológicos fornecidos por sites.

Após a montagem e calibragem, para ser aferido se os sensores teriam precisão verídica dos dados que iriam registrar, o protótipo foi levado a campo, para realizar o comparativo com uma estação meteorológica convencional, que fornece dados precisos de uma área, e que posteriormente após a análise dos dados fornecidos pela mini estação em relação a uma unidade convencional, seriam feitas novas calibrações, a depender dos resultados obtidos. A figura a seguir apresenta a mini estação montada antes de ser levada a campo para testes.

**Figura 19** - Protótipo mini estação montada

**Fonte:** Autor (2022).

### 5.10 Teste em Campo

Para que fosse possível avaliar se o protótipo de mini estação meteorológica coletaria e registraria os dados de forma precisa, sobre as condições ambientais de uma área, realizou-se o teste em campo, onde o protótipo foi posicionado próxima à estação convencional, para que os dados que seriam obtidos por este, serem posteriormente comparados com os dados da estação convencional, a fim de fazer possíveis ajustes nos sensores.

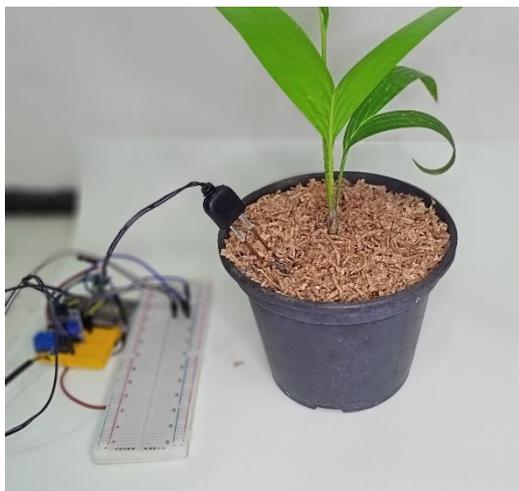
O teste em campo foi realizado na área externa da Unidade de Produção de Mudanças Auroras (UPMA), onde o sensor foi posicionado próxima da estação meteorológica, presente no local, onde permaneceu durante a manhã do dia 17 de março de 2022, das 10:20 às 11:50, onde a estação meteorológica da UMPA (FIGURA 20) forneceu os dados relativos à temperatura e umidade ambiente, que foram necessários para avaliar a precisão dos sensores do protótipo de mini estação, em relação a uma estação meteorológica profissional.

**Figura 20** – Estação Meteorologia Davis Pro 2 da UPMA

**Fonte:** Autor (2022).

A medição de umidade do solo foi realizada em um teste em vaso, onde o sensor foi introduzido em um vaso com solo seco, a uma profundidade de 10 cm (FIGURA 21) na qual foi posteriormente introduzida água no mesmo, a fim de avaliar a medição de umidade, e a sua evaporação no decorrer do dia. A medição foi feita em um intervalo de 30 min, entre cada leitura.

**Figura 21** – Teste do sensor de umidade do solo em vaso



**Fonte:** Autor (2022).

A medição de temperatura do solo foi feita através de um comparativo entre o sensor de temperatura da estação convencional, um termômetro de jardim do tipo sonda (Figura 22) e o sensor de temperatura de solo do protótipo. Os sensores foram posicionados a uma profundidade de aproximadamente 15 cm do solo.

**Figura 22** – Termômetro de jardim do tipo sonda



**Fonte:** Autor (2022).

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico do trabalho serão apresentados os resultados realizados durante o dia de teste entre as estações. Nas tabelas e gráficos que serão apresentados posteriormente

encontram-se os dados que foram obtidos e coletados pela estação meteorológica da UPMA e o protótipo de mini estação, onde se realizou a análise dos resultados, quanto a precisão dos valores obtidos por ambas estações.

Os dados foram coletados no dia 17/03/2022 entre as 10:20 e 11:50, onde a mini estação foi posicionada próxima à estação meteorológica da UPMA, onde foi feito o registro das leituras em um intervalo de 5 minutos. Os dados da estação meteorológica foram coletados e registrados em uma planilha do Excel, onde ao fim estes dados foram comparados, para verificar a precisão dos dados registrados pela miniestação e a estação meteorológica da UPMA.

A seguir encontram-se os dados obtidos entre os sensores da mini estação e da estação convencional, na qual se realizou a análise de viabilidade dos sensores que conduzem o trabalho, quanto a acurácia dos dados que são registrados, e dos pontos onde serão necessárias a realização de ajustes ou substituições posteriores.

## 6.1 Temperatura e Umidade

**Tabela 2** – Dados médios de temperatura registrados pelo sensor da estação meteorológica convencional da UPMA e os sensores do protótipo

Tempo	Temperatura estação	Temperatura Mini DHT11	Temperatura Mini DHT22
0	29	27,43	29
5	29	27,43	29,06
10	29	27,43	29
15	29	26,31	29
20	29	26,29	29
25	29	26,29	29
30	28	25,78	28,6
35	28	25,78	28,57
40	28	25,78	28,6
45	28	25,83	28,51
50	28	25,83	28,51
55	28	25,83	28,77
60	28	25,87	28,8
65	28	25,87	28,8
70	28	25,87	29,09
75	29	26,19	29,13
80	29	26,3	29,2
85	29	26,39	29,25
90	29	26,47	29,48
	<b>VARIAÇÃO MÉDIA</b>	<b>2,25</b>	<b>0,33</b>

Fonte: Autor (2022).

Conforme a tabela 2, podemos observar os dados de temperatura ambiente que foram obtidos com os sensores DHT11 e DHT22, utilizados no protótipo da mini estação meteorológica, em comparativo com as temperaturas captadas e registradas pela estação metrológica da UPMA. A estação meteorológica convencional, localizada na UPMA, realiza o registro dos dados médio de temperatura em numeração inteira, sem aferição com casas decimais em suas leituras, diferente dos dados captados pelos sensores utilizados neste projeto, que registram as leituras com casas decimais.

**Tabela 3** - Dados de umidade relativa registrados pelo sensor da estação meteorológica convencional da UPMA e os sensores do protótipo.

Tempo	Umidade estação	Umidade DHT22	Umidade DHT11
0	78	77,4	78,2
5	78	77,7	78,2
10	78	77,4	78,4
15	78	77,9	78,5
20	78	77,8	78,3
25	78	77,8	78,5
30	77	76,7	77,8
35	77	76,7	77,8
40	77	76,7	77,7
45	77	76,6	77,8
50	77	76,4	77,8
55	77	76,5	77,8
60	77	76,5	77,9
65	77	77,7	78,3
70	77	79,7	80,7
75	81	80,3	81,6
80	81	80,3	81,4
85	81	80,6	81,5
90	81	80,7	81,8
	<b>VARIAÇÃO MÉDIA</b>	0,4	0,71

Fonte: Autor (2022).

Na tabela 3, estão registrados os dados de umidade do ambiente, na qual foram obtidas por meio dos sensores DHT11 e DHT22, comparados com os registros de umidade captadas pela estação metrológica da UPMA. Da mesma maneira em que a estação meteorológica da UPMA registra os dados de temperatura em números inteiros, a umidade também é registrada da mesma maneira em relação aos dados dos sensores utilizados neste projeto, que registram as leituras com casas decimais.

Conforme os dados obtidos pelos respectivos sensores, podemos observar que as leituras captadas pelo DHT22 se assemelharam com a da estação convencional, apostando uma variância média de 0,4 em relação às leituras de umidade da estação da UPMA, tendo precisão com relação aos dados captados em ambiente. Já os dados registrados pelo DHT11 também

apresentaram valores próximos dos dados da estação convencional, porém apresenta uma variância média maior em relação ao sensor DTH22.

Por meio da tabela 4 a seguir, verifica-se se houve variação significativa entre as médias de temperatura e umidade mensuradas pelos sensores da estação convencional da UPMA com os do protótipo de mini estação meteorológica. As variáveis entre as medições de temperatura e umidade tiveram variação significativa entre os sensores analisadas a 5% pelo teste de Tukey.

**Tabela 4** - Dados de variação de medições entre os sensores de umidade e temperatura da UPMA com os da mini estação. Temperatura ambiente (°C) e umidade do ar (%).

Sensor	Temperatura Ambiente (°C)	Umidade do Ar (%)
UPMA	28,52 b	78,15a
Mini estação DHT22	28,91 c	77,96a
Mini estação DHT11	26,26 a	78,94b
Média	27,90	78,35
CV (%)	1,05	0,58

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo Teste Tukey, significativo a 5% de probabilidade.

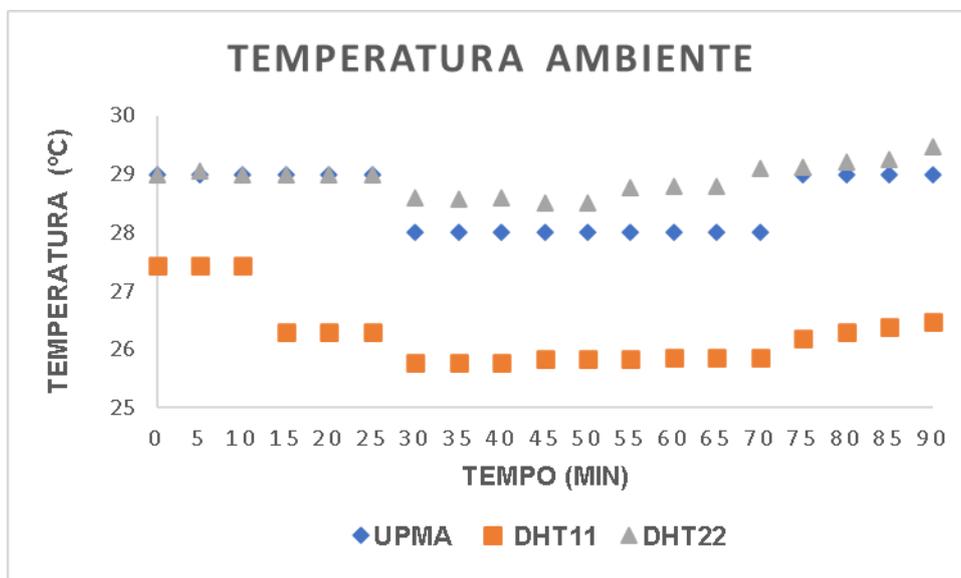
De acordo com as variáveis analisadas para a avaliação da precisão dos dados registrados pelos sensores das estações em comparação, as médias de temperatura ambiente registradas pelo sensor DHT11, apresentaram diferença significativa em relação ao sensor da estação da UPMA, registrando médias de temperatura inferiores à estação convencional. O sensor DTH22 apresentou média de medição de temperatura, próxima à média de aferição de temperatura da estação da UPMA.

As médias de umidade do ar analisadas entre os sensores apresentaram variação significativa, onde as médias registradas pelo sensor DHT11 aferiu médias maiores de umidade do ar em relação aos dados do sensor de umidade da UPMA. O sensor DHT22 usado no protótipo aferiu médias de umidade do ar, iguais aos registrados pelo sensor da estação convencional.

Conforme os dados obtidos pelos respectivos sensores, podemos observar que as leituras captadas pelo sensor DHT22 da mini estação, foram as que registraram dados mais próximos aos dados aferidos pela estação convencional, fornecendo precisão em relação aos dados captados. Os dados registrados pelo DHT11 apresentaram médias de medição mais distantes dos dados da estação convencional, necessitando desse modo se realizar ajustes para que os dados possam ser mais precisos.

Os gráficos a seguir foram gerados a partir dos dados médios de temperatura e umidade do ar, presentes nas tabelas 2 e 3, respectivamente, onde podemos observar a variação média entre os dados aferidos pelos sensores do protótipo e os da estação da UPMA.

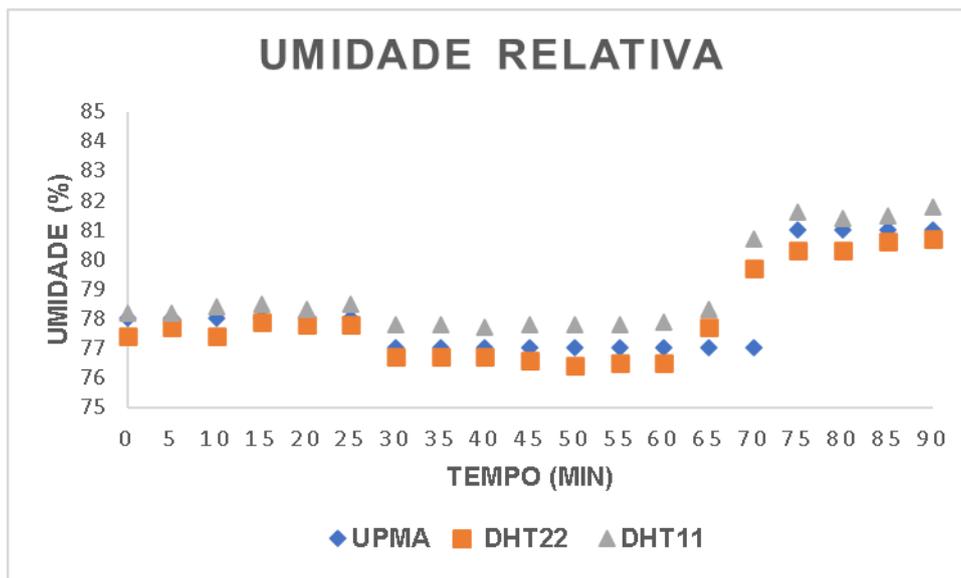
**Figura 23** - Gráfico comparativo entre dados de temperatura coletados pela mini estação e os dados da estação convencional



Fonte: Autor (2022).

O gráfico a seguir foi gerado a partir dos dados da tabela 3, onde podemos observar a variação de leitura de umidade ambiente entre os sensores da mini estação e da estação convencional. A linha pontilhada azul apresenta o registro dos dados da estação convencional e as linhas laranja e cinza, representação os registros de umidade gerados pelo DHT11 e o DHT22, respectivamente. Observa-se por meio do gráfico que as leituras registradas são bem próximas das registradas pela estação da UPMA.

**Figura 24** - Gráfico comparativo entre dados de umidade relativa coletados pela mini estação e os dados da estação convencional.



Fonte: Autor (2022).

Conforme pode se observar no gráfico, os registros entre ambos os sensores se aproximam da mesma margem de captura dos dados de umidade ambiente, de modos que ambos os sensores registram dados de umidade relativa confiáveis.

## 6.2 Umidade do Solo

A tabela a seguir apresenta os dados obtidos por meio do sensor de umidade do solo, na qual as leituras foram feitas realizando-se teste em vaso com solo seco e úmido, onde para a aferição da umidade do solo foi adicionado água no solo seco, de modo a se avaliar se o sensor conseguiu medir a porcentagem de água presente no solo do vaso, se avaliando assim a capacidade de medição da umidade. Os dados a seguir são resultados da coleta de dados realizadas em um intervalo de cada 30 minutos.

**Tabela 5** – Registro medição umidade do solo

Tempo	Umidade do Solo (%)
0	30
1	91
30	87
60	80
90	77
120	70
150	64
180	58
210	50
240	47
270	32
300	27

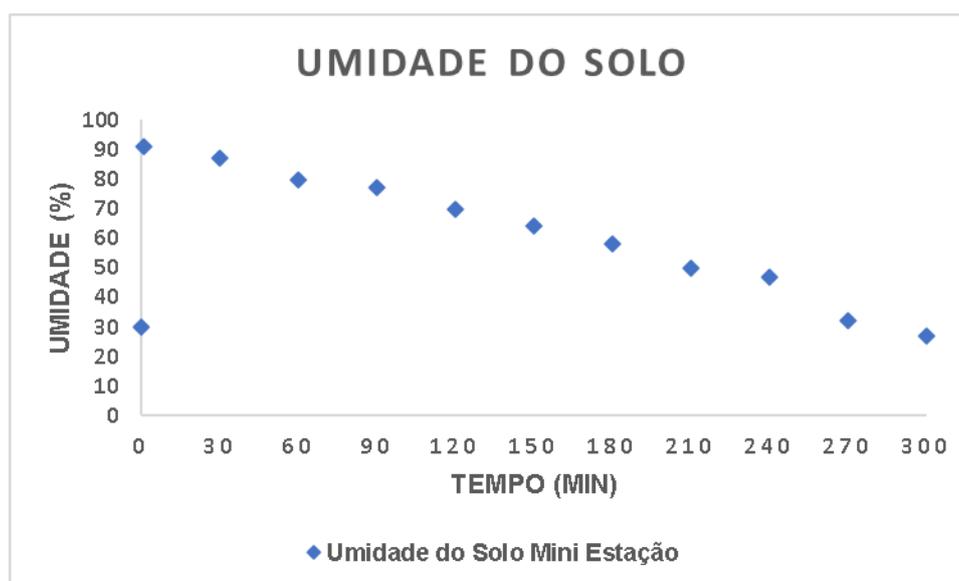
**Fonte:** Autor (2022).

A finalidade de se medir a umidade do solo, é para se obter dados referentes a evaporação da água presente no mesmo, além da capacidade de absorção da água pelas plantas a fim de que permita se realizar um planejamento mais eficaz sobre o uso da água na agricultura, a fim de se evitar perdas e prejuízos em campo, fazendo o uso mais consciente desse recurso, evitando-se assim desperdícios e custos mais elevados em relação ao uso dos recursos hídricos.

Os dados de umidade do solo obtidos correspondem a umidade na unidade padrão. Esta leitura é obtida por meio da voltagem, em que o sensor fornece uma tensão analógica e quando conectado ao microcontrolador realiza uma conversão de tensão analógica de 5V em um valor digital.

O gráfico a seguir foi gerado a partir dos dados aferidos com o sensor de umidade do solo, onde representa graficamente a umidade do solo do vaso, da fase seca a fase umidade, até sua evaporação no decorrer das horas do dia.

**Figura 25** – Variação de umidade no solo presente em vaso.



**Fonte:** Autor (2022).

Com os dados coletados e observando-se o gráfico de umidade do solo, podemos avaliar que os dados referentes a umidade variaram desde o momento zero, em que o solo se encontrava seco, e que partir do minuto 1, quando se foi inserido água no vaso, registrou essa variação, onde ocorreu o aumento de umidade no solo, estava anteriormente seco, e que variou conforme as horas, devido à evaporação, onde se nota a redução da umidade presente no solo do vaso.

### 6.3 Temperatura do Solo

Nas tabelas a seguir podemos verificar os dados coletados com o sensor DS18B20, utilizado para mensurar a temperatura do solo. Para a obtenção dos dados, para verificação da precisão dos valores registrados pelo sensor do protótipo, fez-se a realização de dois testes para avaliar a precisão deste sensor, onde a tabela 6 apresenta os dados do sensor em ambiente, comparados com as leituras da estação meteorológica da UMPA. A tabela 7 apresenta os dados do sensor DS18B20 comparados com um termômetro do tipo sonda, utilizado para aferição de temperatura do solo em jardins.

**Tabela 6** - Dados de umidade relativa registrados pelo sensor da estação meteorológica convencional da UMPA e o sensor do protótipo.

Tempo	Temperatura estação	Temperatura Mini Estação DS18B20
0	29	29,2
5	29	29,2
10	29	29,2
15	29	29,2
20	29	29,1
25	29	29,1
30	28	28,4
35	28	28,4
40	28	28,4
45	28	28,4
50	28	28,4
55	28	28,5
60	28	28,5
65	28	28,5
70	28	28,5
75	29	29,3
80	29	29,4
85	29	29,4
90	29	29,4
	<b>VARIAÇÃO MÉDIA</b>	<b>0,32</b>

Fonte: Autor (2022).

**Tabela 7** - Dados de temperatura registrados pelo termômetro de jardim e o sensor do protótipo.

Tempo	Temperatura Termômetro de Jardim	Temperatura Mini Estação DS18B20
0	30	30,3
5	30	30,3
10	30	30,3
15	30	30,3
20	30	30,2

25	30	30,2
30	30	30,2
35	30	30,1
40	30	30,1
45	29	29,4
50	29	29,4
55	29	29,4
60	29	29,4
65	29	29,5
70	29	29,5
75	29	29,5
80	30	30,2
85	30	30,2
90	30	30,1
	<b>VARIACÃO MÉDIA</b>	<b>0,29</b>

Fonte: Autor (2022).

Conforme podemos observar na tabela 7, que apresenta o comparativo dos dados fornecidos pela estação convencional e da mini estação, e a tabela 8 que apresenta os dados obtidos em comparação com um termômetro de jardim, podemos analisar as leituras obtidas entre elas. Os dados da estação convencional e os do termômetro de jardim, apresentam números inteiro em comparativo com as registradas pelo sensor DS18B20 da mini estação, que registra leituras com casas decimais. Como podemos ver, os dados registrados pelo sensor da mini estação se assemelham aos da estação convencional, tendo uma variação média de 0,32° C em relação aos dados registrados pela estação da UPMA, e aos do termômetro do tipo sonda, usado em jardins, o sensor da mini estação teve uma variação média de 0,29° C em relação a ela, deste modo a mini estação apresenta precisão nos dados que são aferidos.

Por meio da tabela 8 a seguir, se verifica que não houve variação significativa entre as médias de temperatura do solo, mensuradas pelo sensor de temperatura da estação convencional da UPMA em relação ao sensor de aferição de temperatura do solo da mini estação meteorológica. As variáveis entre as medições de temperatura não tiveram variação significativa entre os sensores analisados a 5% pelo teste de Tukey.

**Tabela 8** - Dados de variação de medições entre o sensor de temperatura da UPMA com o sensor DS18B20 da mini estação. Temperatura do solo (°C).

Sensor	Temperatura do Solo 1 (°C)
UPMA	28,52 a
Mini estação DS18B20	28,86 b
Média	28,69
CV (%)	0,33

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo Teste Tukey, significativo a 5% de probabilidade.

Por meio da tabela 9 a seguir, se verifica que não houve variação significativa entre as médias de temperatura do solo, mensuradas pelo termômetro de jardim, em relação ao sensor de aferição de temperatura do solo da mini estação meteorológica. As variáveis entre as medições de temperatura não tiveram variação significativa entre os sensores analisados a 5% pelo teste de Tukey.

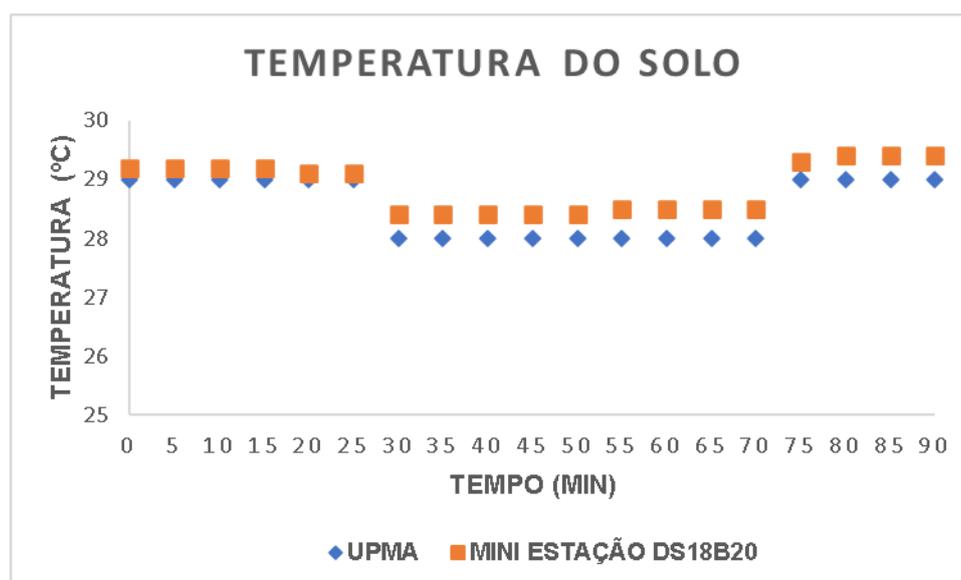
**Tabela 9** - Dados de variação de medições entre o termômetro de jardim com o sensor DS18B20 da mini estação. Temperatura do solo (°C).

Sensor	Temperatura do Solo 2 (°C)
Termômetro de Jardim	29,63 a
Mini estação DS18B20	29,92 b
Média	29,77
CV (%)	0,32

Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo Teste Tukey, significativo a 5% de probabilidade.

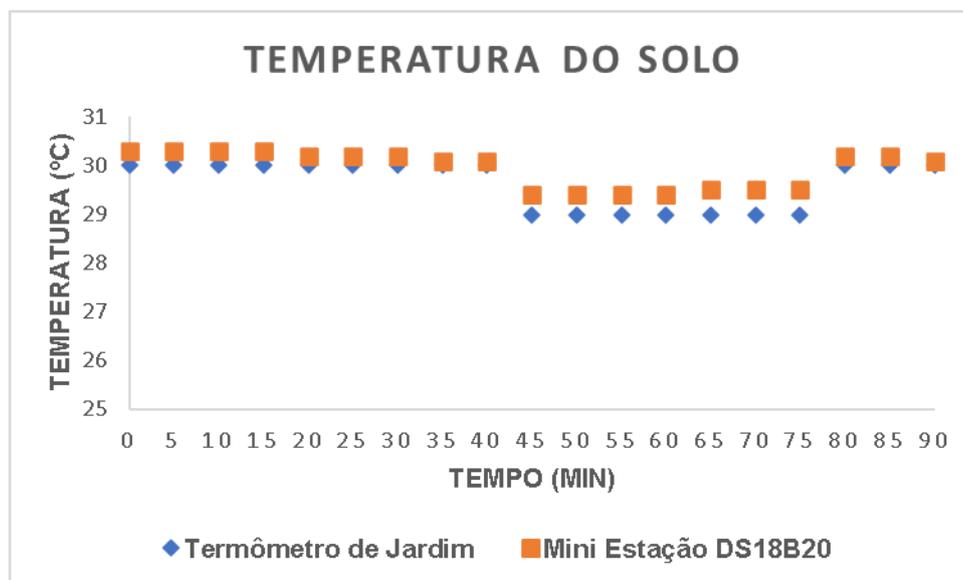
Os gráficos a seguir foram gerados a partir dos dados da tabela 6 e 7, onde representam a variação das leituras registradas entre a mini estação com os da estação convencional, e os registrados pelo termômetro de jardim. Observa-se por meio do gráfico que as leituras registradas são bem próximas das registradas pela estação da UPMA.

**Figura 26** - Gráfico comparativo entre dados de temperatura coletados pela mini estação e os dados da estação convencional



Fonte: Autor (2022).

**Figura 27** - Gráfico comparativo entre dados de temperatura coletados pela mini estação e o termômetro de jardim



Fonte: Autor, (2022).

#### 6.4 Orçamento

Os custos dos componentes da montagem do protótipo, apresenta uma diferença significativa em relação a uma estação meteorológica automática no mercado. Essa diferença de preços é bastante notável, e pode ser observada a partir das tabelas 7 e 8 que mostram os custos de cada componente do protótipo da mini estação, comparados com os valores de outras estações do mercado. Os valores a serem apresentados na tabela 8, são resultados de uma pesquisa de mercado, para apresentar os preços das estações automáticas convencionais.

**Tabela 10** - Custos da mini estação meteorológica

Componente	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Total
Módulo ESP8266 NodeMcu Lollin	1	31,35	31,35
Sensor Umidade do solo anticorrosivo	1	34,09	34,09
Sensor de Umidade e Temperatura DHT22	1	38,50	38,50
Jumprs Dupont M x M 10 cm	10	4,40	4,40
Jumprs Dupont F x F 10 cm	10	4,40	4,40
Protoboard 170 pontos	1	8,00	8,00
Resistor 10 ohms	1	0,50	0,50
Cabo AWG 26 1M	1	5,00	5,00
Conector Borne 3 vias	2	6,00	12,00
Conector Borne 2 vias	1	4,00	4,00
Luminária Solar de Jardim	1	20,00	20,00
Total (R\$)			162,00

Fonte: Autor (2022).

**Tabela 11** - Custos de estação meteorológica automáticas no mercado

<b>ALGUMAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS</b>	<b>Preço (R\$)</b>
Estação meteorológica Novotest.br 1041	1579,99
Estação Meteorológica Vantage Pro2 Davis	12000,00
Estação Meteorológica GSM - WH2910i	7182,00
Estação Meteorológica Vantage Vue Davis - K6250	7000,00
Estação Meteorológica WH2910c	2599,00
Estação Meteorológica NOVOTEST.BR 3010	2499,00

**Fonte:** Clima e Ambiente (2022).

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve o objetivo de avaliar alguns dispositivos, como sensores térmicos, trabalhados em programação de software, para desenvolver um protótipo de mini estação meteorológica de baixo custo, na qual o intuito principal foi o desenvolvimento de um equipamento viável, na qual fosse prático e de custo acessível, para a coleta de dados climáticos em áreas de atividades agrícolas, que permitisse a obtenção de informações confiáveis sobre as variações meteorológicas em campo.

Como foi observado por meio das tabelas e gráficos apresentados no trabalho, que continham os dados obtidos dos testes em campo, em relação à aferição de dados referentes as condições de temperatura e umidade do ambiente, observou-se que os sensores utilizados no projeto, aferiram e registraram dados relativamente próximos aos dados registrados por uma estação metrológica convencional, sendo que neste ponto de avaliação, o sensor DHT22 foi o que apresentou melhor confiabilidade dos dados, apresentando uma precisão de  $\pm 99\%$  dos dados coletados, em relação ao segundo sensor utilizado, o DHT11, que apesar de ter registrados os dados, apresentou uma variação significativa em relação à coleta dos dados de temperatura e umidade do ambiente, necessitando de mais ajustes para se obter dados precisos.

Em relação a avaliação de umidade do solo, o sensor HD-38, utilizado no projeto, apresentou boa qualidade e confiabilidade no registro dos dados almejados, tendo em vista os testes realizados para avaliar os referidos dados em campo. Foi possível perceber durante os testes, que em solo seco, o sensor conseguiu registrar a variação de umidade no solo, quando o mesmo passou a receber a inserção de água, registrando também a variação de água no solo, quando mesmo passou pelo processo de evaporação, desse modo se apresentando bastante eficiente quanto a sua precisão na aferição e registro dos dados, sendo desse assim confiável para uso no projeto.

Na obtenção dos dados referentes a temperatura do solo, o sensor utilizado no trabalho, o DS18B20, se mostrou bastante eficiente para a finalidade que foi utilizado, pois este aferiu e

registrou os dados de maneira precisa, em comparativo com a estação meteorológica convencional e o termômetro de jardim, fornecendo desse modo dados confiáveis, para os trabalhos em campo.

Economicamente o projeto se apresentou viável, considerando os componentes utilizados para a montagem do protótipo, sendo de fácil aquisição no mercado, podendo ser encontradas em lojas especializadas em componentes eletrônicos e na internet, em lojas virtuais, apresentando também custo bem acessível.

De modo geral, a aferição dos dados realizadas pelo protótipo, se mostraram bem simples de serem coletadas e registradas pela plataforma utilizada no projeto, na qual os dados estão sempre sendo atualizados em curtos intervalos de tempo, além de ser de fácil compreensão por quem vier a analisá-las, de modo que também a visualização dos dados é de fácil conferência, já que podem estar sendo acessadas de qualquer dispositivo que apresente conectividade com a internet.

Tendo em vista os resultados obtidos com esse trabalho, podemos avaliar que o protótipo desenvolvido, se mostrou como algo viável para uso em áreas agrícolas, considerando o custo benefício dos componentes utilizados, e a fácil utilização dos softwares empregados para a elaboração do protótipo, e a confiabilidade dos dados que foram aferidos durante os testes, considerando também o comparativo com equipamentos mais sofisticados para a obtenção de dados meteorológicos, que em sua maioria, apresentam elevados custos para serem adquiridos e implantados nas propriedades rurais. Por fim, deve-se ressaltar, que o protótipo ainda podem necessitar de novos pequenos ajustes com o decorrer da utilização em campo, considerando a qualidade dos componentes que podem sofrer desgastes com o passar do tempo, que podem vir a sofrer com a corrosão, além de tudo, novos componentes podem estar sendo adicionados ao protótipo, com o intuito de aferir novos dados meteorológicos, vale ressaltar que o protótipo necessita de ajustes, quanto a sua estrutura física, para ser inserido diretamente no campo, para que futuramente este, possa de fato ser utilizado, além de que para ser comercialmente utilizado, o mesmo precisará ser confeccionado em estrutura única, com a elaboração de um aplicativo próprio para a captação dos dados remotos, e ser de fácil implantação por pessoas mais leigas no assunto.

## REFERÊNCIAS

AGROPOS. **Como funciona os sensores de umidade na agricultura?**. Disponível em: <https://agropos.com.br/sensores-de-umidade/>. Acesso em: 20 mar. 2022.

AGROSMART. **O impacto das mudanças climáticas na agricultura**. Disponível em: <https://agrosmart.com.br/blog/impacto-mudancas-climaticas-na-agricultura/>. Acesso em: 10 mar. 2022.

AGROTOOLS. **A agrometeorologia: entenda a importância dos dados climáticos para a produtividade no campo**. Disponível em: <https://agrotools.com.br/blog/tecnologia-big-data/agrometeorologia/>. Acesso em: 10 mar. 2022.

ARDUINO. **O que é Arduino?**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>. Acesso em: 11 mar. 2022.

CHBAGRO. **Entenda a diferença entre clima e tempo para o agronegócio**. Disponível em: <https://blog.chbagro.com.br/entenda-a-diferenca-entre-clima-e-tempo-para-o-agronegocio#:~:text=A%20meteorologia%20%C3%A9%20o%20termo,metodologias%20de%20trabalho%20bastante%20distintas..> Acesso em: 12 mar. 2022.

CIDADES-BRASIL. **Município de Redenção**. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-redencao.html>. Acesso em: 20 mar. 2022.

CIRCUITAR. **Programação para Arduino - Primeiros Passos**. Disponível em: <https://www.circuitar.com.br/tutoriais/programacao-para-arduino-primeiros-passos/>. Acesso em: 10 mar. 2022.

CITISYSTEMS. **Sensor de Temperatura: O Melhor para sua Aplicação**. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/sensor-de-temperatura/>. Acesso em: 12 mar. 2022.

CITISYSTEMS. **Sensor de Temperatura: O Melhor para sua Aplicação**. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/sensor-de-temperatura/>. Acesso em: 13 mar. 2022.

CITISYSTEMS. **Sensor: Você Sabe o Que é Quais os Tipos?**. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/sensor-voce-sabe-que-quais-tipos/>. Acesso em: 11 mar. 2022.

CLIMA E AMBIENTE. **Estação meteorológica**. Disponível em: <https://www.climaeambiente.com.br/prod,idproduto,3724788,estacao-meteorologica->

estacao-meteorologica-vantage-pro2-davis--300-metros----k6152. Acesso em: 20 mar. 2022.

ELECTROFUN. **Sensor De Temperatura DS18B20 À Prova De Água**. Disponível em: <https://www.electrofun.pt/sensores-arduino/sensor-temperatura-ds18b20> . Acesso em: 14 mar. 2022.

FILIFELOP. **Diferenças entre microcontrolador e microprocessador**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/diferencas-entre-microcontrolador-e-microprocessador/> . Acesso em: 12 mar. 2022.

FILIFELOP. **Envie dados do temperatura e umidade relativa do ar para o ThingSpeak com o ESP8266**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/esp8266-com-thingspeak/> . Acesso em: 14 mar. 2022.

FILIFELOP. **Monitorando Temperatura e Umidade com o sensor DHT11**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/monitorando-temperatura-e-umidade-com-o-sensor-dht11/>. Acesso em: 12 mar. 2022.

FILIFELOP. **Sensor de Umidade e Temperatura DHT11**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/> . Acesso em: 13 mar. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Glossário**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/glossario/gloss%C3%A1rio#:~:text=Refere%2Dse%20ao%20comportamento%20dos,temperatura%2C%20umidade%2C%20vento%20etc..> Acesso em: 14 abr. 2022.

JF-PAREDE. **Tipos de microcontroladores e suas aplicações**. Disponível em: <https://jf-parede.pt/microcontrollers-types-their-applications#:~:text=Atualmente%2C%20existem%20diferentes%20tipos%20de,64%20bits%20e%20128%20bits.> . Acesso em: 12 mar. 2022.

MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos Cultivos**: O fator meteorológico na produção agrícola. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2009. p. 3-530.

MUNDO CLIMA. **Equipamentos de medição climática**. Disponível em: <https://www.mundoclima.com.br/estacoes-meteorologicas/fixas/> . Acesso em: 15 mar. 2022.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Qual a diferença entre climatologia e meteorologia?**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/qual-diferenca-entre-climatologia-meteorologia.htm#:~:text=Dessa%20forma%2C%20fica%20posta%20a,presente%20quanto%20para%20o%20futuro..> Acesso em: 15 mar. 2022.

PPGENFIS. **O FUNCIONAMENTO E USO DE ALGUNS SENSORES**. Disponível em: <https://ppgenfis.if.ufrgs.br/mef004/20061/Cesar/SENSORES-Definicao.html> . Acesso em: 12 mar. 2022.

## APÊNDICE A – CÓDIGO FONTE PARA O PROTÓTIPO DE MINI ESTAÇÃO METEOROLÓGICA

```
//Mini estação meteorológica
//Autor: Alex Azevedo Alves - 2022
#include <DHT.h> // INCLUIR BIBLIOTECA PARA dht
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <Wire.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

String apiKey = "CHAVE DO THINGSPEAK"; // Insira sua chave de API de escrita do
ThingSpeak

const char *ssid = "NOME DO WIFI*"; // ssid do WiFi - Nome da Rede
const char *pass = "SENHA DO WIFI"; // Senha do WiFi
const char* server = "api.thingspeak.com"; // Endereço do Servidor

OneWire barramento(D4);
DallasTemperature sensor(&barramento);

#define DHTPIN 5 // Define o Pino do DHT22

DHT dht(DHTPIN, DHT22);

WiFiClient client;

void setup()
{
    Serial.begin(115200);
```

```
delay(10);
pinMode(A0,INPUT);
dht.begin();

Serial.println("Conectando a ");
Serial.println(ssid);

WiFi.begin(ssid, pass);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
{
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi conectado");
}

void loop()
{
    sensor.requestTemperatures();
    float h = dht.readHumidity();
    float t = dht.readTemperature();
    float s = analogRead(A0);
    float tempC = sensor.getTempCByIndex(0);

    if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(tempC))
    {
        Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
        return;
    }
}
```

}

```
if (client.connect(server,80)) // "184.106.153.149" ou api.thingspeak.com
{

    String postStr = apiKey;
    postStr += "&field1=";
    postStr += String(t);
    postStr += "&field2=";
    postStr += String(h);
    postStr += "&field3=";
    postStr += String(s);
    postStr += "&field4=";
    postStr += String(tempC);
    postStr += "\r\n\r\n";

    client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
    client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
    client.print("Connection: close\n");
    client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+apiKey+"\n");
    client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
    client.print("Content-Length: ");
    client.print(postStr.length());
    client.print("\n\n");
    client.print(postStr);

    Serial.print("Temperatura: ");
    Serial.print(t);
    Serial.print(" °C, Humidade do Ar: ");
    Serial.print(h);
```

```
Serial.print(" Umidade do solo: ");  
Serial.print(s);  
Serial.println("%");  
Serial.print("Temperatura do solo: ");  
Serial.println(tempC);  
    }  
client.stop();  
  
Serial.println("Aguardando...");  
delay(10000);  
}
```