

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

EDIVALDO ALVES CORREA JÚNIOR

**DESENVOLVIMENTO DE UMA MINIESTAÇÃO METEOROLÓGICA INTEGRADA
A UM DISPOSITIVO MÓVEL**

Ilha Solteira

2024

EDIVALDO ALVES CORREA JÚNIOR

**DESENVOLVIMENTO DE UMA MINIESTAÇÃO METEOROLÓGICA INTEGRADA
A UM DISPOSITIVO MÓVEL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira –
UNESP como parte dos requisitos para
obtenção do título de **Engenheiro
Eletricista**

Profa. Dra. Suely Cunha Amaro Mantovani
Orientadora

Ilha Solteira

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C824d Correa Junior, Edivaldo Alves.
Desenvolvimento de uma miniestação meteorológica integrada a um dispositivo móvel / Edivaldo Alves Correa Junior. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
79 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,
2024

Orientador: Suely Cunha Amaro Montovani

Inclui bibliografia

1. Estação meteorológica. 2. Transmissão sem fio. 3. Dispositivos móveis. 4.
Plataforma de controle. 5. Sensores de temperatura e umidade.

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aos vinte e quatro dias do mês de julho do ano de dois mil e vinte e quatro, o discente **EDIVALDO ALVES CORREA JÚNIOR** matriculado sob o nº 17205493, tendo como banca examinadora a sua orientadora, a *Profa. Dra. Suely Cunha Amaro Mantovani*, e os Pós- Doutorandos *Prof. Dr. André Penteadó do Amaral Bísvaro* e *Dr. Júlio Cesar Eduardo de Souza*, apresentou o Trabalho de Graduação intitulado "**DESENVOLVIMENTO DE UMA MINIESTAÇÃO METEOROLÓGICA INTEGRADA A UM DISPOSITIVO MÓVEL**", obtendo a nota 9,0 e conceito Aprovado.




Profa. Dra. Suely Cunha Amaro Mantovani

- orientadora -



Edivaldo Alves Correa Júnior

- discente -



Prof. Dr André Penteadó do Amaral Bísvaro

- Membro da Banca -



Pós- Doutorando Júlio Cesar Eduardo de Souza

- Membro da Banca -

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, em especial, à minha mãe Ana Cláudia Alves Corrêa que sem medir esforços fomentou em mim o interesse pelos estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me livrar do vale da sombra da morte e me permitir viver mais alguns anos ao lado da minha família e amigos, os quais sempre me apoiaram.

A minha mãe Ana Cláudia Corrêa e ao meu pai Edivaldo, mais conhecido como Preto Corrêa. Muito obrigado pelo imensurável suporte que me foi dado até aqui.

Aos amigos feitos pelo caminho, Ariel Gideon, Guilherme Orsolini, Gustavo Maezato, Helena Maryko Fujii, João Pedro Pigatto, Matheus Ito Oka, Pedro Paulo Pizzoquero, Taynara Santos Lima e Vinicius Monzem Garcia aqueles com os quais dividi momentos de alegria, tristeza, e diversas noites de estudo.

Um agradecimento especial a Matheus Ito Oka pela sua amizade fiel e companheirismo e por estar comigo no momento mais difícil da minha vida.

Aos irmãos feitos na república Amazonas em Guaratinguetá-SP.

Por último, mas não menos importante, agradeço à minha orientadora, Suely Cunha Amaro Mantovani pelas inúmeras horas no laboratório, as incontáveis caronas até o Campus 3 e todo incentivo em concluir este trabalho de graduação.

“O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano”. Isaac Newton

RESUMO

Nas últimas décadas houve um grande avanço tecnológico em circuitos integrados, principalmente nas áreas de sensores e comunicação sem fio, que culminou com a criação de estações meteorológicas automatizadas, aplicadas na agricultura, do tipo doméstico ou profissional. Por causa disso, tem-se como proposta desenvolver uma miniestação meteorológica integrada a um dispositivo móvel, para fins domésticos, de baixo custo, utilizando a plataforma Arduino Mega e com uma conexão wireless, a partir da leitura dos sensores de temperatura, umidade do ar, sensor de pressão atmosférica, raios ultravioletas e monóxido de carbono. A miniestação meteorológica usa a tecnologia de transmissão de dados sem fio, destinada a pequenas distâncias e que permite a troca de dados entre dispositivos por radiofrequência e também por um módulo *ESP wifi* para maiores distâncias. Esses dados meteorológicos são compartilhados e armazenados na nuvem via comunicação sem fio com um smartphone ou PC. Os dados obtidos pelo circuito da miniestação são comparados com a Rede Agro meteorológica do Noroeste Paulista, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos – DEFERS-FEIS-UNESP, visando a sua validação. Desta comparação se observa dados semelhantes a referência e algumas diferenças são observadas pelo condicionamento não ideal e o local utilizado para os testes da miniestação implementada.

Palavras-chave: Estação meteorológica; Transmissão sem fio; Dispositivos móveis; Plataforma de controle; Sensores de temperatura e umidade.

ABSTRACT

In recent decades there has been a great technological advance in integrated circuits, mainly in the areas of sensors and wireless communication, which culminated in the creation of automated meteorological stations, applied in agriculture, whether domestic or professional. Because of this, the proposal is to develop a mini meteorological station integrated into a mobile device, for low-cost domestic purposes, using the Arduino Mega platform and with a wireless connection, based on the reading of temperature and air humidity sensors, atmospheric pressure sensor, ultraviolet rays and carbon monoxide. The mini weather station uses wireless data transmission technology, designed for short distances and which allows data exchange between devices via radio frequency and also via an ESP *wi-fi* module for longer distances. This meteorological data is shared and stored in the cloud via wireless communication with a smartphone or PC. The data obtained by the mini station circuit is compared with the Agro-meteorological Network of Northwest São Paulo, Department of Phytosanitary, Rural Engineering and Soils – DEFERS-FEIS-UNESP, aiming at its validation. This comparison shows data similar to the reference, and some differences are observed due to the non-ideal conditioning and the location used for testing the implemented mini station.

Keywords: Weather station; Wireless transmission; Mobile devices; Control platform; temperature and humidity sensors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Planejamento agrícola e tomadas de decisão.	22
Figura 2 - Arquitetura do hardware para um sistema embarcado.	24
Figura 3 - Sistemas embarcados no mercado de componentes.....	25
Figura 4 - Tipos de Arduinos.....	24
Figura 5- Arduino Mega 2560	27
Figura 6 - a) ESP 8266. b) NodeMCU ESP8266-12E	29
Figura 7 - Dashboards do ThingSpeak . a) Desktop. b) Móvel.	32
Figura 8 - Upload de dados - requisição HTTP.....	33
Figura 9 - App Dabble. a) Logomarca. b) Tela inicial.	34
Figura 10 – Ilustração para sensores e transdutores	35
Figura 11 - <i>Smartphone</i> Galaxy S5 x sensores.....	36
Figura 12 - Exemplos de sensores MEMS.....	37
Figura 13 - Módulo sensor GUVVA-S12SD.....	38
Figura 14 - Espectro de radiação de luz ultravioleta.....	39
Figura 15 - Características do fotodiodo.....	40
Figura 16- Sensor DHT11.....	42
Figura 17 - Instrumento de detecção de gases portáteis e preços.....	44
Figura 18- Sensor MQ7.	45
Figura 19 - Circuito elétrico do sensor de CO, MQ7.....	45
Figura 20 - Gráfico do sensor MQ7 x temperatura e umidade relativa do ar.	46
Figura 21 - Sensor BMP 280-frente e verso.....	47
Figura 22 - a) Conversor de nível lógico bidirecional. b) Indicação das tensões e os canais.....	50
Figura 23 – Esquemático ilustrativo da miniestação meteorológica.....	51
Figura 24 – Hardware da miniestação meteorológica em (a) e (b).....	53

Figura 25- Programa para a conexão <i>wifi</i>	54
Figura 26 - Configuração da conexão <i>wifi</i>	55
Figura 27 - Confirmação de conexão <i>wifi</i>	55
Figura 28 - Upload dos dados ao servidor ThingSpeak.....	56
Figura 29 - Teste do sensor MQ-7	57
Figura 30- Conexões de teste para o sensor GUVAS12SD.....	58
Figura 31 - Teste e montagem do módulo DHT11.	58
Figura 32 - Teste do sensor BMP280.....	59
Figura 33 - Postagem dos dados no servidor ThingSpeak.....	60
Figura 34 - (a) Configurações dos gráficos. (b) Plotagem da variável climática ao longo do tempo.	61
Figura 35 – Miniestação com o <i>bluetooth</i> e Arduino Mega	62
Figura 36 – <i>Data Logger</i> Dabble. a) Tela do <i>Datalogger</i> . b) Medidas tratadas no Excel.....	63
Figura 37 – Coleta de dados na miniestação meteorológica (3 vistas).	64
Figura 38 - Fluxograma para miniestação meteorológica.	65
Figura 39 – Canal e os gráficos das variáveis climáticas ao longo do tempo. a) Temperatura (DHT11). b) Umidade relativa do ar. c) Concentração de monóxido de carbono. d) Temperatura (BMP280). e) Pressão atmosférica. f) Altitude. g) Índice de radiação Ultravioleta. h) Local do canal.....	67
Figura 40 - Comparativo entre as variáveis climáticas. a) Miniestação. b) Canal Clima Tempo da UNESP- Ilha Solteira.....	68
Figura 41 – Sequência de passos para a visualização do gráfico na versão mobile.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características técnicas do Arduino Mega 2560.....	27
Tabela 2 - Características técnicas do modelo NodeMCU ESP-12E	30
Tabela 3 - Características técnicas para o Sensor GUVA-S12SD	39
Tabela 4 - Índice UV x sinal de saída do Guva-S12SD	41
Tabela 5 - Características técnicas do sensor DHT11	43
Tabela 6 - Características técnicas do módulo MQ-7.....	47
Tabela 7 - Características s técnicas do sensor BMP 280.....	49
Tabela 8 - Conversor de nível lógico bidirecional.	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos tipos de sensores	35
Quadro 2 - Classificação pela função dos sensores e a grandeza que medem	35
Quadro 3 - Pinagem do Sensor BMP 280	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	17
1.2	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO.....	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
3.1	METEOROLOGIA, CLIMATOLOGIA E A AGROMETEOROLOGIA	21
3.2	SISTEMAS EMBARCADOS.....	23
3.3	PLATAFORMA DE CONTROLE ARDUINO	25
3.3.1	Módulo Arduino Mega 2560	27
3.3.2	Plataforma de controle NodeMCU ESP8266 12 E	28
3.4	COMUNICAÇÃO VIA <i>BLUETOOTH</i> E <i>WIFI</i>	31
3.5	PLATAFORMAS PARA A ANÁLISE DE DADOS VIA INTERNET	31
3.6	SENSORES	34
3.6.1	Sensor de raios ultravioleta	38
3.6.2	Sensor de umidade e temperatura	42
3.6.3	Sensor de monóxido de carbono (CO)	43
3.6.4	Sensor de pressão	47
3.6.5	Conversor de nível lógico bidirecional	49
4	DESENVOLVIMENTO DA MINIESTAÇÃO METEOROLÓGICA	51
4.1	ARQUITETURA PARA A MINIESTAÇÃO METEOROLÓGICA	51
4.2	MONTAGEM DO HARDWARE DA MINIESTAÇÃO METEOROLÓGICA.....	52
4.3	PROGRAMAÇÃO.....	53
4.4	TESTES INDIVIDUAIS PARA OS SENSORES	56
4.4.1	Testes para a montagem do sensor MQ-7	57
4.4.2	Testes para a montagem do sensor GUVB	57

4.4.3	Testes para a montagem do sensor DHT11	58
4.4.4	Testes para a montagem do sensor BMP 280	59
4.5	CONFIGURANDO A TRANSMISSÃO DE DADOS E A PLATAFORMA THINGSPEAK	59
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	62
5.1	RESULTADOS COM A SUPERVISÃO DO DABBLE.....	62
5.2	PROTÓTIPO FINAL	63
5.3	FLUXOGRAMA DOS PROGRAMAS	64
5.4	DASHBOARD DA MINIESTAÇÃO VERSÃO WEB	66
6	CONCLUSÃO	72
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
	APÊNDICE A - Circuito esquemático para a Miniestação Meteorológica.....	78
	APÊNDICE B - Resumo do trabalho apresentado no CIC-2021.....	79

1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 80 com a melhor eficiência energética dos Datas loggers — dispositivos registradores de dados e da comunicação entre computadores, estações meteorológicas automáticas são estudadas como opção e solução de monitoramento e previsão de variáveis climáticas no meio agrário para aumentar a produção. Há grande preocupação hoje em dia, quanto às mudanças climáticas, principalmente o aquecimento global, elevação de velocidade eólica, intensificação de anomalias, eventos extremos, inundações, prolongamento de secas, dentre outras. Sendo assim, cresce o número de pesquisas para estudar estes fenômenos e o desenvolvimento de estações meteorológicas (SILVA, 2021).

Com o advento da Internet das Coisas (IoT), estações meteorológicas integradas a *World Wide Web* começaram a ser produzidas. Estas tecnologias, antes utilizadas apenas pela indústria, começaram a ser exploradas pelo agronegócio, impulsionadas pela produção de módulos wireless de baixo custo e consumo de energia, aumentando a autonomia dos sistemas por meio da energia solar.

Com toda essa integração adquirida a partir da (IoT) surgem as Estações Meteorológicas Automatizadas (EMAs) que monitoram variáveis climáticas usando microcontrolador com módulo wireless e sensores, e a programação de alto nível, que realizam previsões por meio de Machine Learning utilizando uma base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para treinar o algoritmo (SILVA, 2021; NETO *et al*, 2018)

O monitoramento das diversas variáveis meteorológicas com grande precisão, é devido também aos avanços tecnológicos que têm favorecido inúmeras áreas, incluindo a meteorologia, a agricultura e o cuidado com o meio ambiente. No Brasil, há um bom número de estações meteorológicas, tanto públicas, como privadas como a rede do INMET (2021), e a do DEFERS-FEIS-UNESP (2021), porém muitas vezes em alguns locais estratégicos, limitado a uma grande área e/ou município. Muitos sistemas de auxílio à tomada de decisões requerem dados mais pontuais, sendo necessária, a criação de sub-redes locais que possam contribuir em lavouras em sítios ou fazendas, agregando informações aos dados já existentes, como temperatura e precipitação de chuvas, tornando-os mais robustos e confiáveis, para

o uso doméstico, como é o caso das estações meteorológicas encontradas à venda na internet.

Com as novas tecnologias (micro sensores, plataforma de controle, etc.) e a disponibilidade em lojas especializadas possibilitou que a criatividade e a demanda pudessem gerar equipamentos funcionais e interessantes, necessários para todo e qualquer tipo de tarefa de apoio à pesquisa. Portanto, a supervisão de variáveis climáticas em áreas com o cultivo das mais diversas culturas, se tornou mais acessível em termo de custos.

Devido, principalmente, aos grandes produtores que possuem recursos financeiros e tecnologia para produzir em larga escala, o setor da agroindústria brasileiro vem se destacando em números de produção de alimentos. Por outro lado, os pequenos produtores rurais que dependem da pequena produção para subsistência da sua família, o acesso à tecnologia para auxiliá-los no manejo de suas culturas e propriedades é mais difícil. (SOUZA , 2012).

O estudo de variáveis climatológicas tem sido assunto de pesquisas para muitos cientistas, devido às grandes agressões que o meio ambiente vem sofrendo e a enorme demanda social por alimentos, cuja produção baseia-se nas condições ambientais e nas previsões futuras de chuva, temperatura, umidade do ar, etc. A análise de variáveis climáticas oferece uma série de informações necessárias ao planejamento de ações direcionadas ao convívio com as intempéries do ambiente, por isso é importante a coleta de dados meteorológicos precisos. (SOUZA , 2012).

1.1 OBJETIVOS

Neste projeto de pesquisa teve-se como proposta desenvolver uma miniestação meteorológica de baixo custo, para fins domésticos e de pequenas propriedades rurais, utilizando tecnologia da IoT, a plataforma Arduino Mega 2560 e a conexão sem fio por meio de um módulo *bluetooth* ou módulo ESP *wifi*. São usados sensores de temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica, raios ultravioleta e monóxido de carbono, cuja coleta de dados é armazenada nas nuvens, transmitidos via comunicação sem fio. Por meio de aplicativos são exibidos em tempo real em uma página web de forma gráfica, ao longo do tempo. Com a análise dos dados climáticos obtém-se o conhecimento sobre a região onde se localiza a

mini estação, auxiliando a população e agricultores, a tomar decisões mais assertivas. Visando a validação, os resultados são comparados com a Rede Agro meteorológica do Noroeste Paulista, do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos – DEFERS-FEIS-UNESP (2021).

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

O texto está organizado em seis capítulos. Inicia-se por esta seção introdutória onde é contextualizado o tema no universo das mini estações meteorológicas e em seguida, tem-se o capítulo 2, onde se faz uma revisão de alguns trabalhos da literatura, que embasaram esta pesquisa.

No capítulo 3, têm-se a fundamentação teórica com uma breve descrição dos principais temas envolvendo meteorologia e a agrometeorologia. No âmbito do universo IoT, faz-se uma breve descrição dos sistemas embarcados e de algumas tecnologias importantes disponíveis atualmente no mercado de componentes, tais como os microssensores para medir as grandezas meteorológicas para a implementação da mini estação meteorológica, bem como os módulos microcontroladores, Arduino Mega 2560 e o NodeMCU ESP8266-12E, e os aplicativos para a visualização e análise de dados armazenados nas nuvens, em especial o ThingSpeak.

Descreve-se no capítulo 4, o desenvolvimento da mini estação meteorológica, os testes com os vários sensores e programas, a comunicação entre os microcontroladores e, ao final, a comunicação entre os módulos *wifi* e os aplicativos para visualização e consulta dos dados via web.

No capítulo 5 apresentam-se os resultados em gráficos obtidos e a montagem completa, incluindo a montagem do canal da mini estação meteorológica no ThingSpeak.

Em seguida têm-se as conclusões no capítulo 6 e sugestões de futuros trabalhos, seguida pelas referências bibliográficas que proporcionaram os conhecimentos necessários para o desenvolvimento desta pesquisa e, por fim, os apêndices.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Muitos são os trabalhos encontrados na literatura que abordam o projeto de estações meteorológicas e as tecnologias utilizadas, tanto em software como hardware. Por isso, foram selecionados alguns destes trabalhos que forneceram o embasamento necessário para o desenvolvimento desta pesquisa.

Em Souza (2015) foi proposto o desenvolvimento de uma estação meteorológica reduzida usando o Arduino Mega 2560, o conceito de Internet das coisas (IoT) e a plataforma de visualização de dados Thinkspeak, com o objetivo de monitorar o clima da região em que estiver implantada e gerar relatórios nas nuvens, para análises futuras. Ao informar para o usuário as condições climáticas, como umidade do solo, o sistema pode prevenir que gastos desnecessários de água ocorram. Observa que, como as alterações climáticas recentes estão ocorrendo com maior frequência, e de maneira mais intensa, esta base de dados pode contribuir para o entendimento das alterações climáticas da região, fazendo com que os agricultores utilizem estas informações para produzir o ano inteiro, sem que sua safra sofra com desequilíbrios ecológicos, com estresse hídrico, etc. A previsão do tempo é feita por meio da coleta de dados meteorológicos realizada periodicamente.

Em Sousa *et al* (2014) foi realizado um sistema envolvendo hardware e software, utilizando o conceito de Internet das Coisas e técnicas de sistemas embarcados, para monitoramento e controle de um sistema de irrigação, para auxiliar o produtor rural na tomada de decisão sobre o uso dos recursos naturais e aumento na produção de alimentos. O sistema central de controle com interface *Ethernet*, a partir dos dados coletados pelos sensores, aciona os atuadores, motobomba e válvulas hidráulicas. Os experimentos em campo foram realizados em uma plantação de banana-prata na cidade de Janaúba-MG, os dados são coletados a cada 15 segundos e enviados para um servidor, COSM na nuvem via protocolo TCP/IP, sendo necessário a conexão com a internet. Com a coleta de dados pelos sensores são gerados gráficos, possibilitando o correto controle da irrigação, reduzindo assim o desperdício de recursos.

Em Cunha, Medeiros e Medeiros Filho (2018), foi desenvolvido um equipamento de baixo custo, capaz de coletar variáveis climáticas locais, na cidade de Caraúbas (RN), em tempo real, utilizando sensores de temperatura, umidade

relativa do ar e raios ultravioleta. Um microcontrolador e um módulo *wifi*, ESP8266 Node MCU ESP-12E, processam os dados que são enviados para a Web, possibilitando o acesso aos dados climáticos. Justificam o projeto por saberem que a coleta de dados meteorológicos precisos oferece uma série de informações necessárias ao planejamento de ações direcionadas ao convívio com as intempéries do ambiente. Nesta cidade há uma escassez de dados exatos em relação a algumas grandezas atmosféricas, as quais estão intimamente ligadas ao clima da região. Os resultados obtidos apresentaram boa aproximação, quando comparados aos dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) mais próximo.

Com o objetivo de monitorar também variáveis climáticas, Silva *et al* (2020) utilizaram IoT para implementar o protótipo de uma estação agro meteorológica. Beneficiando-se da facilidade de conexão entre os dispositivos e a rede, foram monitoradas a temperatura, umidade, pressão atmosférica, iluminância e a radiação ultravioleta. Com o protótipo buscavam facilitar a rotina do pequeno produtor rural em relação a produção dos cultivos e geração de informação para uma melhor tomada de decisões. Para acessar as informações do protótipo foi utilizada a plataforma IoT ThingSpeak, que fornece a visualização dos dados em tempo real e suas respectivas séries temporais. A estação agro meteorológica final foi criada como uma solução barata e útil para o microprodutor rural que não possui informações sobre o clima em suas áreas de plantio.

Com a revisão destes trabalhos obteve-se os subsídios necessários para o desenvolvimento desta pesquisa, a orientação e as escolhas das tecnologias usadas, como a plataforma de controle, o microcontrolador Arduino Mega, os módulos wireless e os métodos para comunicação com aplicativos online, tal como Dabble e ThingSpeak, bem como os sensores necessários para a leitura das variáveis climáticas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção são apresentados os termos utilizados em meteorologia, mais especificamente em agrometeorologia e um breve levantamento bibliográfico sobre o universo IoT. As tecnologias de baixo custo utilizadas para se medir as grandezas meteorológicas serão descritas para a implementação da miniestação meteorológica, bem como os microcontroladores e sensores escolhidos.

3.1 METEOROLOGIA, CLIMATOLOGIA E A AGROMETEOROLOGIA

Climatologia e Meteorologia estudam os fenômenos atmosféricos, entretanto, possuem abordagens diferenciadas. A climatologia e a meteorologia se preocupam com as questões relativas aos fenômenos atmosféricos e, para entender a diferença entre esses termos é necessário saber a diferença entre clima e tempo.

Quando se diz que hoje está chovendo ou que faz frio, esta afirmativa refere-se ao tempo, por outro lado, quando se diz que em um determinado mês as temperaturas diminuem ou que as chuvas cessam, esta afirmativa refere-se ao clima. Portanto, tempo é o comportamento momentâneo da atmosfera e o clima é o comportamento da atmosfera em um período mais longo ou permanente. Dessa forma, a diferença entre os dois ramos do conhecimento, é que a meteorologia estuda o tempo atmosférico (também chamado de tempo meteorológico) e a climatologia estuda o clima (MUNDO EDUCAÇÃO, 2024)

A Meteorologia dedica-se ao estudo dos fenômenos imediatos, presente e o futuro, medindo e explicando as variações das temperaturas na última semana, por exemplo, enquanto a climatologia estuda os fenômenos atmosféricos a médio e longo prazo. A Climatologia caracteriza os climas a partir dos registros efetuados nas estações climatológicas, utilizando-se, portanto, do trabalho já realizado pela Meteorologia, tendo por base a média e totais acumulados da ocorrência de chuva, temperatura, vento, etc., possibilitando caracterizar a dinâmica climática de uma determinada região, exemplos: clima equatorial, tropical ou ainda, identificar mudanças no ritmo pluviométrico ou térmico num período considerado.

A Meteorologia preocupa-se com a dinâmica do tempo, observando e analisando as alterações diárias da temperatura, pressão atmosférica, direção e velocidade do vento, umidade, nuvens, chuva etc., realizando, com esses dados, a previsão do tempo. Esses dados, armazenados, analisados e decodificados em um

período sempre superior a 20 anos, servirão de base para se compreender o clima e suas manifestações e as alterações que ocorreram em qualquer região - trabalho da Climatologia.

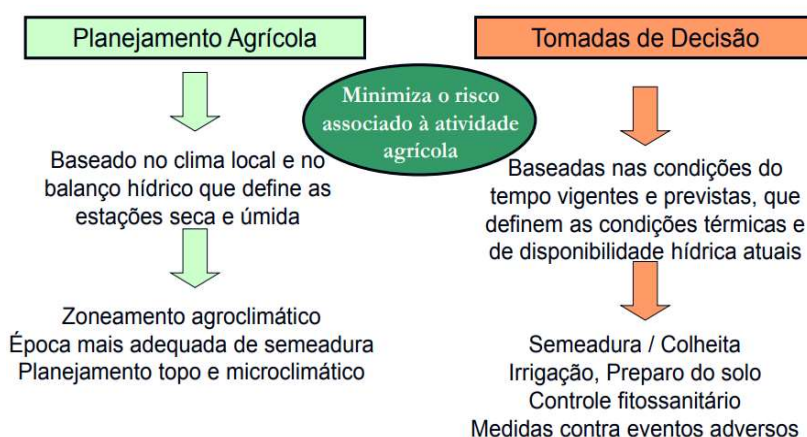
Apesar dos dois ramos do conhecimento possuir um caráter interdisciplinar, a Meteorologia está mais atrelada à Física, enquanto a Climatologia é mais próxima à Geografia, mas ambos os especialistas precisam ter um amplo conhecimento sobre ambas as áreas.

A Meteorologia tem como objetivo o entendimento dos processos físicos e químicos que determinam o estado da atmosfera nas mais variadas escalas espaciais e temporais, abrangendo desde a turbulência local até a circulação atmosférica e oceânica globais. O conhecimento desta ciência é importante para o desenvolvimento de um País, em especial nos setores agrícola, energético e da conservação do meio ambiente.

A Agrometeorologia, também chamada de Meteorologia Agrícola, estuda a interação dos fenômenos meteorológicos e seus impactos na cadeia produtiva do sistema agropecuário. Suas técnicas são fundamentais para a tomada de decisão em diversas áreas e etapas do agronegócio como, por exemplo, no planejamento agrícola. (AGROTOOLS, 2021; SENTELHAS; ANGELOCCI, 2012).

A Meteorologia Agrícola interage com as mais diversas áreas de conhecimento das Ciências Agrárias. Em razão dessa interação com as diversas áreas ligadas à agronomia, a Meteorologia Agrícola tem papel fundamental tanto no planejamento agrícola como nas tomadas de decisão, ilustrada na Figura 1.

Figura 1- Planejamento agrícola e tomadas de decisão.



Fonte: Sentelhas e Angelocci, 2012

Com o monitoramento dos dados climáticos pode-se fazer um controle mais preciso da produção agrícola, tanto em larga quanto em baixa escala.

3.2 SISTEMAS EMBARCADOS

Sistemas embarcados ou embutidos são sistemas eletrônicos microprocessados com capacidade de processamento de dados, inseridos em um determinado dispositivo ou produto, de forma a controlar ou monitorar uma determinada função ou processo específico. O núcleo destes sistemas são os microcontroladores, que são unidades de processamento flexíveis em termos de sua utilização e aplicação. Esses sistemas são geralmente projetados para serem simples e de baixo custo, compostos por um conjunto limitado de componentes, além dos microcontroladores, podem ter sensores e atuadores. Exemplo de sistemas embarcados são os “smartphones” ou telefones celulares, que possuem atualmente muitas aplicações. (EMBARCADOS, 2022)

Os sistemas embarcados têm crescido muito na última década, tal a inserção em nosso cotidiano e encontram aplicações em produtos comerciais de todas as áreas, tais como saúde, finanças, energia, recursos hídricos, comunicações, transportes, construção civil, serviços essenciais às comunidades, aeroespacial, defesa, entre outras.

O sistema aeroespacial Apollo Guidance Computer foi reconhecido como o primeiro sistema embarcado, que foi desenvolvido por Charles Stark Draper no MIT. O computador de guia, que operava em tempo real, era considerado o item mais arriscado do projeto Apollo, por causa do uso de circuitos integrados monolíticos para reduzir o tamanho e peso do equipamento.

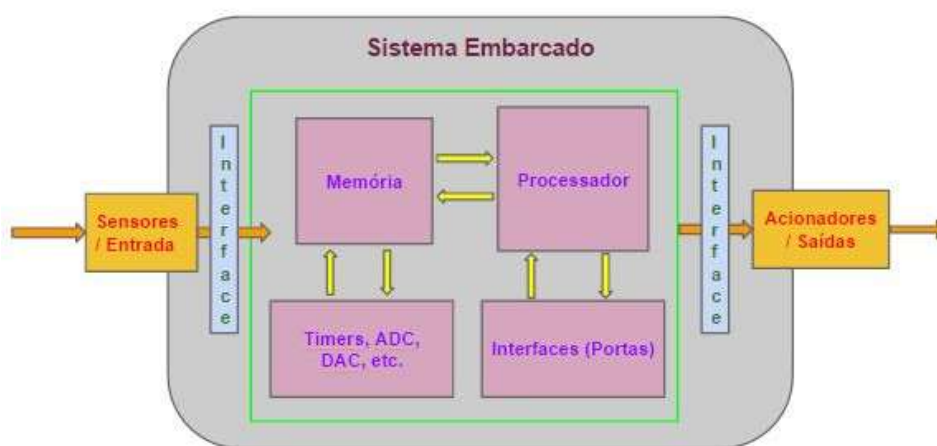
O primeiro sistema embarcado maciçamente produzido foi o sistema militar computador-guia do míssil nuclear LGM-30 Míssil Minuteman, lançado em 1961 que possuía um disco rígido para a memória principal. Depois o computador guia foi substituído por um novo, na segunda versão do míssil em 1966, constituído de uma grande quantidade de circuitos integrados (CIs), o que serviu para reduzir o preço dos circuitos integrados. (SISTEMA EMBARCADO, 2024).

Desde então, os embarcados vêm reduzindo seu preço e aumentando o poder de processamento e funcionalidade. Em 1978 foi lançada pela *National Electrical Manufacturers Association* a norma para microcontroladores programáveis.

Em meados da década de 80, vários componentes externos foram integrados ao mesmo *chip* do processador, o que resultou em circuitos integrados chamados microcontroladores (com memória, ROM, RAM, CPU, Barramento) e na difusão dos sistemas embarcados. Com o custo menor dos microcontroladores (cerca de um dólar americano), tornou-se viável substituir componentes analógicos caros como potenciômetros e capacitores por eletrônica digital controlada por pequenos microcontroladores, popularizando os sistemas embarcados no final desta década. (SISTEMA EMBARCADO, 2022).

Resumindo, um sistema embarcado é constituído de hardware (e software), interfaces de entradas e saídas, sensores e atuadores e realiza uma função específica para o qual foi programado, sendo apresentado na Figura 2, um exemplo de arquitetura de um sistema embarcado.

Figura 2 - Arquitetura do hardware para um sistema embarcado.

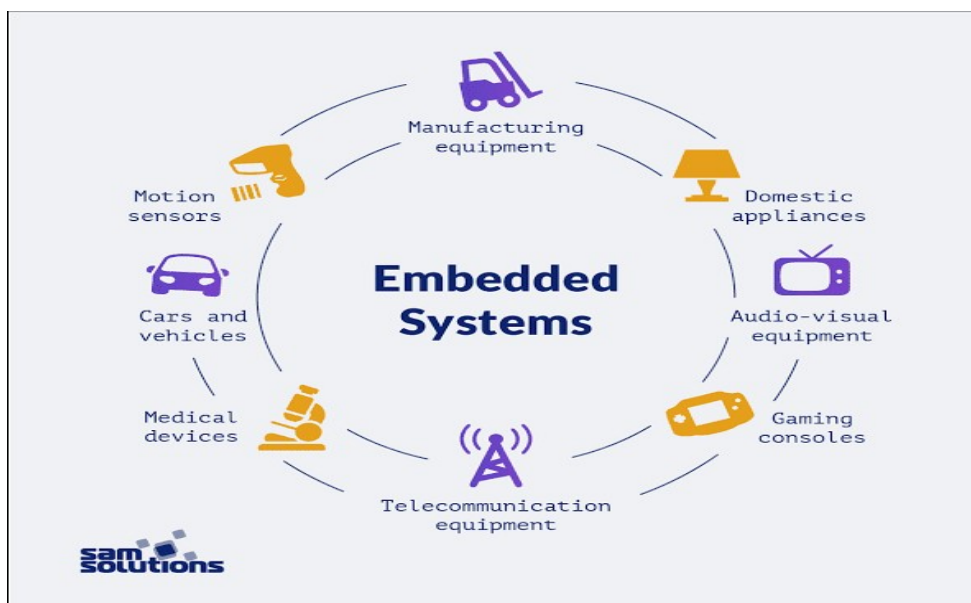


Ambiente Externo

Fonte: Dos Reis, 2024.

Hoje em dia, os sistemas embarcados são encontrados nas mais diversas aplicações, como no display de um forno de microondas, ou no controle de temperatura dos dispositivos de ar condicionado, além de inúmeros outros eletrodomésticos. Por seu caráter prático e programável já domina as mais diversas indústrias como ilustrado na Figura 3.

Figura 3 - Sistemas embarcados no mercado de componentes.



Fonte: RS Components, 2024.

Na indústria automobilística são inúmeras as aplicações como, por exemplo, no controle da mistura ar - combustível, sincronização do motor, verificação do uso do cinto de segurança, multimídia entre outros. Um automóvel moderno pode chegar a ter cerca de cem microprocessadores trabalhando nos sistemas embarcados (JOHNSON, 2024).

Para a realização desta pesquisa foram usados dois módulos com microcontroladores, Arduino Mega 2560 e o NodeMCU ESP8266 ambos instalados em placas eletrônicas prototipadas que facilitam a criação de sistemas embarcados, não necessitando de componentes e circuitos auxiliares externos.

3.3 PLATAFORMA DE CONTROLE ARDUINO

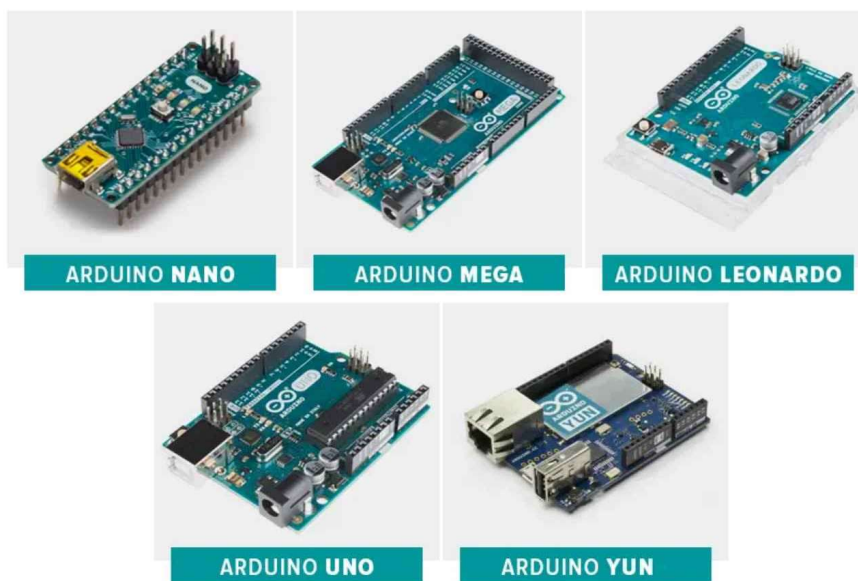
O Arduino é considerado uma plataforma de controle que consiste em uma placa de prototipagem eletrônica open source desenvolvida com a missão de democratizar a aprendizagem da robótica e da eletrônica. Sua característica open-source permite que outros fabricantes desenvolvam suas próprias placas ou módulos a partir do circuito existente.

Criado por um grupo de pesquisadores, em 2005 (ARDUINO, 2024), o objetivo era elaborar um dispositivo barato, funcional e fácil de programar, sendo assim acessível a projetistas amadores e estudantes. Ademais, o Arduino foi

constituído utilizando-se o conceito de hardware livre, ou seja, qualquer um pode personalizar ou modificar o Arduino a partir do seu hardware básico. Quanto ao software a placa é programada via IDE (integrated Development environment) ambiente de desenvolvimento integrado em linguagem C ou C++ conectando-a a um cabo USB. O IDE Arduino é multiplataforma, ou seja, funciona nos sistemas computacionais Windows, Macintosh e Linux e está disponível em Arduino Mega 2560 (2024).

O Arduino permite uma enorme variedade de aplicações, proporcionando uma automação mais acessível, principalmente pelo baixo custo. Profissionais da eletrônica e amadores compartilham projetos mundo a fora pela internet, formando uma grande comunidade com dicas quanto ao uso do dispositivo. Para ilustrar, na Figura 4 são mostrados os diversos tipos de Arduinos existentes no mercado. (BANZI; SHILOH, 2014).

Figura 4 - Tipos de Arduinos.



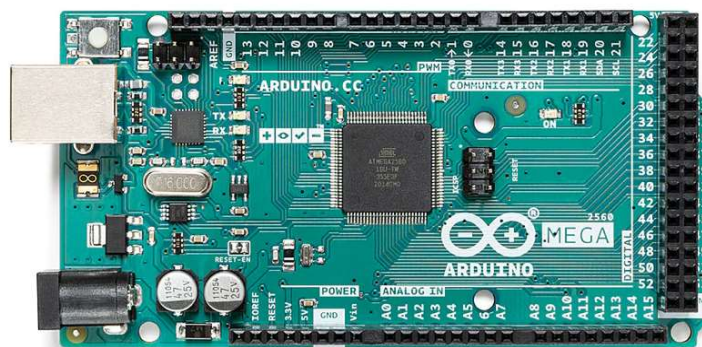
Fonte: Banzi; Shiloh, 2014.

Um dos mais usados é o Arduino UNO por ser mais simples e de baixo custo, por outro lado, o Arduino Mega 2560 possui um bom número de entradas analógicas e digitais e quantidade de memórias RAMs e ROMs suficientes e necessárias para a coleta de dados de uma miniestação meteorológica.

3.3.1 Módulo Arduino Mega 2560

Este modelo contém uma placa com microcontrolador baseado no ATmega2560; 54 pinos de entrada e saída e 16 entradas analógicas, capacidade importante para os projetos em que uma grande quantidade de atuadores e sensores venha a ser usado; 15 saídas PWM, 4 UART's (portas de hardware serial), conexão USB, conector de alimentação e botão de reset. Conecta-se a um computador via cabo USB para a sua energização, uma fonte de alimentação ou bateria. Apresenta-se na Figura 5 a placa Arduino Mega 2560 e na Tabela 1 as suas características técnicas.

Figura 5- Arduino Mega 2560



Fonte: Arduino Mega 2560, 2024.

Tabela 1- Características técnicas do Arduino Mega 2560

Características Técnicas	
Micro Controlador	ATmega 2560
Tensão operacional	5 V
Tensão de entrada	7-12 V
Pinos de E/S	54
Pinos de entrada analógica	16
Corrente cc por pino E/S	20 mA
Corrente DC para pino de 3,3 V	50 mA
Memórias	SRAM (8KB); EEPROM (4KB); Flash(256KB).
CLOCK	16 MHz

Fonte: Arduino Mega 2560, 2024.

A placa Arduino Mega 2560 possui um conversor analógico digital de 10 bits. Isso significa que as tensões fornecidas pela placa que estão entre 0V a 5V serão convertidas em valores inteiros entre 0 e 1023, com resolução de 5V/1024 unidades ou 0,0049Volts por unidade.

3.3.2 Plataforma de controle NodeMCU ESP8266 12E

O NodeMCU é formado por um ESP12E que possui um ESP8266EX em seu interior. O ESP8266 é um microcontrolador SoC (*System-on-a-Chip* ou *Sistema-em-um-Chip*), produzido pela empresa chinesa Espressif Systems (2024), apresentando *wifi* integrado e baixo consumo de energia. O NodeMCU possui um Processador RISC, Tensilica LX106 32bit com clock máximo de 160 MHz. (10 vezes mais rápido que o Arduino), uma memória RAM de 20KB e uma memória Flash de 4MB. Os *Shields wifi* mais comuns possuem conexões 802.11b e g (11Mbps e 56Mbps de limite de velocidade, respectivamente) e o ESP possui as mesmas conexões além da 802.11n que possui um limite 300Mbps de velocidade e tem um alcance até duas vezes maior.

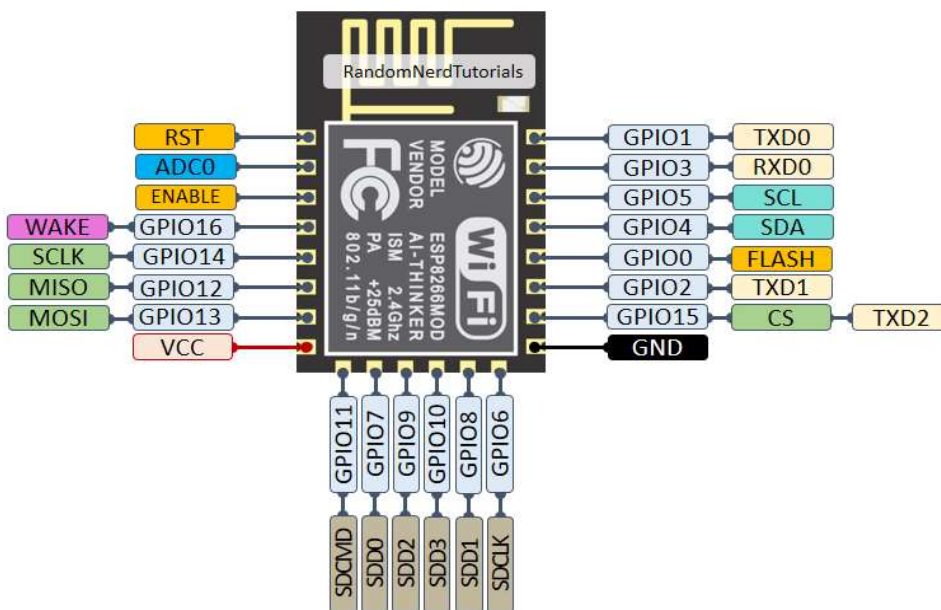
O microcontrolador ESP8266 surgiu no mercado em 2014 e desde então tem sido usado como o microcontrolador de vários dispositivos como o ESP-1, ESP-12, ESP Olimex, entre outros. A grande diferença entre os modelos está principalmente, na conectividade *wifi*, número de GPIOs de cada placa, disponibilidade de memória, baixo custo. Além disso, todos apresentam a facilidade em programar, uma vez que podem ser programados via IDE Arduino, com a linguagem de programação LUA, Python e JavaScript.

O NodeMCU é usado para construir sistemas embarcados, possuindo um grande diferencial em relação a seus concorrentes por causa do sistema de comunicação *wifi* nativo, facilitando os projetos que necessitam desta comunicação como o Arduino Mega, por exemplo, que necessita de um *Shield ethernet* para acessar a rede. Portanto, pode ser utilizado em diversos projetos como módulo *wifi* para outros microcontroladores.

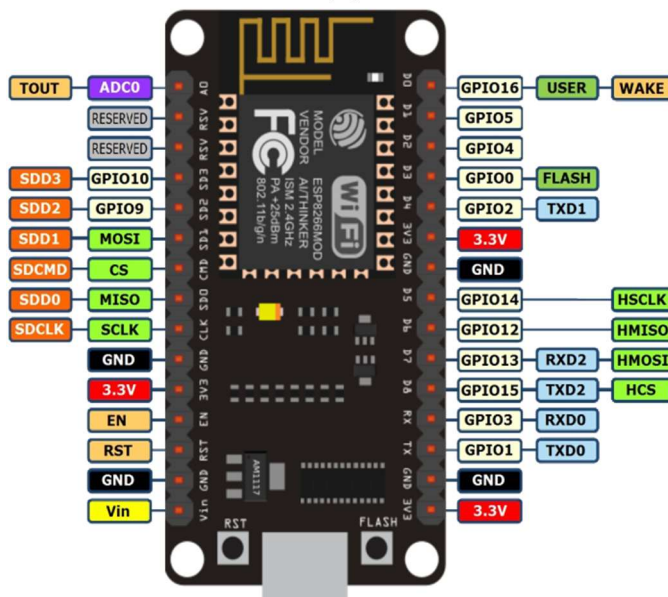
O NodeMCU ESP 8266 12E tem um *firmware open source* que programa o ESP8266 em linguagem de baixo nível, tal qual um software embarcado ou um sistema operacional de um computador fazendo com que suas funcionalidades,

gestão de IO, memória e protocolos de comunicação estejam sempre disponíveis ao se utilizar o dispositivo. Foi desenvolvido para ser uma solução popular de uso para um microcontrolador, principalmente em projetos IoT. Na Figura 6 (a) apresenta-se o Esp8266 e na Figura 6 (b) o NodeMCU ESP8266 12E. Na Tabela 2 têm-se as características técnicas do modelo NodeMcu ESP-12E. (KOYANAGI, 2018)

Figura 6 - a) ESP 8266. b) NodeMCU ESP8266-12E



(a)



(b)

Fonte: Expressif Systems, 2024

Tabela 2 – Características técnicas do NodeMCU ESP 8266 12E

Características Técnicas	
Chip	ESP8266
Adaptador:	USB para UART
Tensão de alimentação:	4,5 a 9V
Tensão de operação:	3,3V(regulador LM1117 /500 mA)
2x entradas de energia protegida por diodo:	para um cabo USB e uma bateria
Corrente de trabalho:	70 mA (máx. 200mA)
Memória Flash:	16MB max (512k normal)
Processador:	Tensilica L106 32 bit
Velocidade de Processador	80-160MHz
RAM	32K + 80K
GPIOs	17(multiplexada com outras funções), PWM
Conversor ADC	Ent. pino A0 (10bit resolução 1024)
Comunicação:	Serial (TX/RX), I ² C
Suporta comunicação:	TCP e UDP
Suporte 802.11	b/g/n/d/e/i/k/r
Conectores:	GPIO, I2C, SPI, UART, saída PWM (Corrente máx. 12mA);
Modos de funcionamento:	STA/AP/STA+AP

Fonte: Expressif Systems, 2024

Existem dois modos de operação em que o NodeMcu ESP-12E pode atuar, ponto de acesso e cliente. Na configuração ponto de acesso, o módulo se comporta de forma semelhante a um roteador, sendo possível a criação de uma rede *wifi* restrita com *login* e senha, nesta configuração é criado um servidor com IP (Internet Protocol) aleatório ou predefinido como página web, com informações sobre os componentes eletrônicos conectados ao microcontrolador. No modo cliente o microcontrolador se conecta a uma rede *wifi* existente, criando um servidor onde todos os dispositivos conectados nesta mesma rede *wifi*, acessam o servidor por meio do endereço IP. (TUTORIAIS, TECNOLOGIAS E TENDÊNCIAS, 2018)

3.4 COMUNICAÇÃO VIA BLUETOOTH E WIFI

As conexões *bluetooth* e *wifi* são tecnologias do tipo *wireless* (sem fio). Embora ambas tenham o intuito de eliminar a conexão por fios, cada uma atende a uma especificidade. O *bluetooth* é indicado para a transmissão de dados em curta distância e em baixa velocidade, o *wifi* atende a distâncias maiores e prima pela velocidade.

O *bluetooth* é um protocolo para transmissão de dados via ondas de rádio que possuem pouco alcance e uma pequena largura de banda, de 2,4 GHz a 2,483GHz. Sua velocidade é de 1Mbps (Megabits por segundo) e um alcance médio entre 1 e 100 metros. A tecnologia foi criada por meio da parceria de empresas como a Ericsson, IBM, Intel, Nokia e Toshiba em 1998 e o primeiro dispositivo *bluetooth* foi lançado em 1999. Devido ao seu pequeno consumo energético (aproximadamente 3 mA), o *bluetooth* é bastante utilizado para conectar periféricos como teclado, mouse, fones de ouvido e aparelhos celulares. (ITPEDIA, 2018).

O *wifi* é um protocolo de transferência de dados em alta velocidade e tem a capacidade de suporte para redes de tráfego de dados. Possui alcance semelhante ao *bluetooth* que vai de 30 a 70 metros de distância, porém consome muito mais energia, operando nas frequências de 2.4 Ghz e 5GHz. Possui diversas taxas de transferência, sendo as mais comuns às taxas de 11 e 54 Mbps previstas no padrão IEEE 802.11 a, b ou g. Também contém protocolos de criptografia muito bem estabelecidos para garantir a segurança da rede. O objetivo do *wifi* é permitir a criação de redes sem fio (LANS - Local Area Network), possibilitando que diversos dispositivos se conectem as redes ao mesmo tempo, para acessar a web (ITPEDIA, 2018).

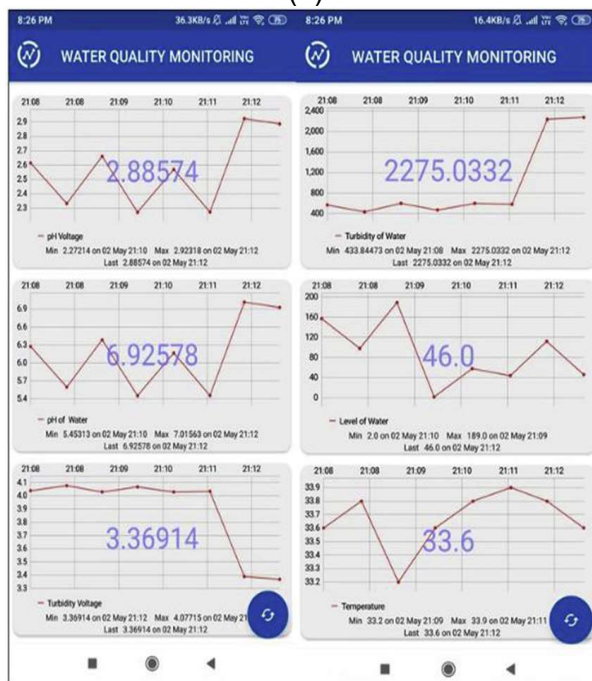
3.5 PLATAFORMAS PARA A ANÁLISE DE DADOS VIA INTERNET

O ThingSpeak é uma plataforma IoT *open source* que disponibiliza serviços de visualização e análise de dados, de propriedade da MathWorks, proprietária do software MATLAB. Pode ser executada em dispositivos móveis ou *desktop*, sendo possível criar diversos modelos matemáticos por que tem integrado o MATLAB. Para ilustrar , mostra-se os dois tipos de *dashboards* do Thingspeak na Figura 7 (a) e (b).

Figura 7 - Dashboards do ThingSpeak . a) Desktop. b) Móvel.



(a)



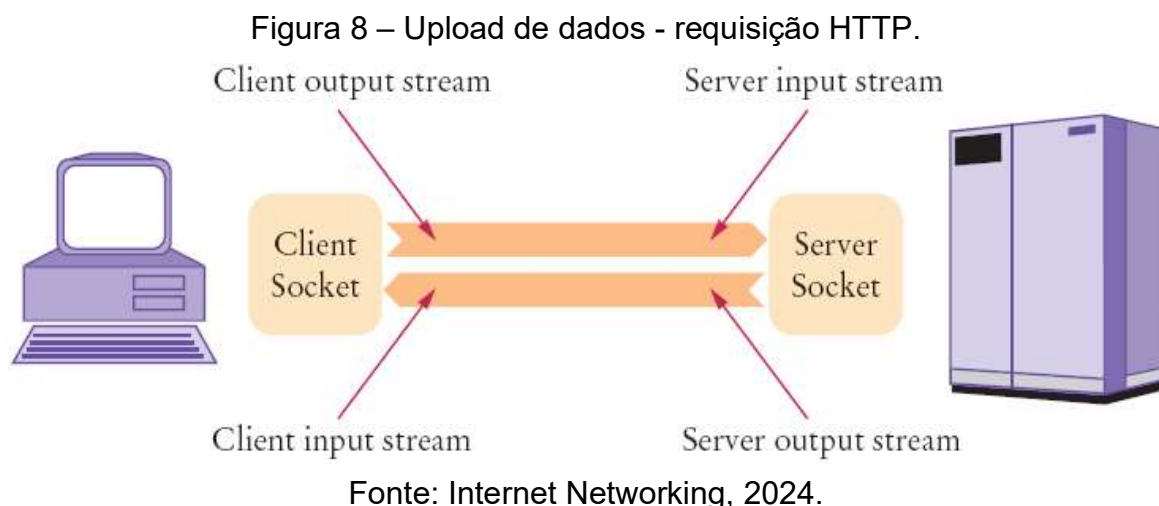
(b)

Fonte: ThingSpeak, 2024.

Esta ferramenta possui as versões paga e gratuita, sendo que na versão paga é oferecido o suporte ao uso do MATLAB, o que pode ser importante na construção de modelos matemáticos a depender do rigor do tratamento de dados. Quanto ao plano gratuito, o envio máximo de dados é de 3 milhões de mensagens ano, ou seja, uma média 8219 mensagens por dia, suficiente para a maioria das aplicações IoT, um total de 4 canais por usuário e um tempo entre os envios de no mínimo 15

segundos. Caso os dados sejam mandados em um intervalo menor, são ignorados (BERTOLETI, 2024).

O envio de dados ou *upload* é feito via requisição HTTP ao servidor do ThingSpeak como mostrado na Figura 8. Para que o envio chegue ao canal do projeto é gerada uma chave na plataforma, endereçando o canal e assim direcionando os dados.



O ThingSpeak e as ferramentas do MATLAB embutidas facilitam desenvolver projetos IoT com sensores, para coleta de dados em tempo real; construir serviços IoT para monitoramento remoto de sensores de qualidade do ar; usar modelos no MATLAB para prever níveis de poluição; construir aplicações para monitoramento remoto de sensores espalhados pela fazenda e desenvolver modelos matemáticos para aumentar a produção e reduzir custos na colheita (THINGSPEAK, 2024).

Outra plataforma interessante para o desenvolvimento de aplicações IoT é o aplicativo (App.) Dabble, cuja logomarca é mostrada na Figura 9 (a) e a tela inicial é mostrada na Figura 9(b). Esse aplicativo transforma o smartphone em um dispositivo de entrada e saída (E/S) virtual, permitindo controlar hardware via *bluetooth*, como um controlador de *gamepad* ou *joystick*; comunicar-se com ele como um monitor serial; acessar sensores, como acelerômetro, GPS e proximidade e outros recursos de um smartphone.(STEMpedia, 2024).

Figura 9 - App Dabble. a) Logomarca. b) Tela inicial.



Fonte: STEMpedia, 2024.

3.6 SENSORES

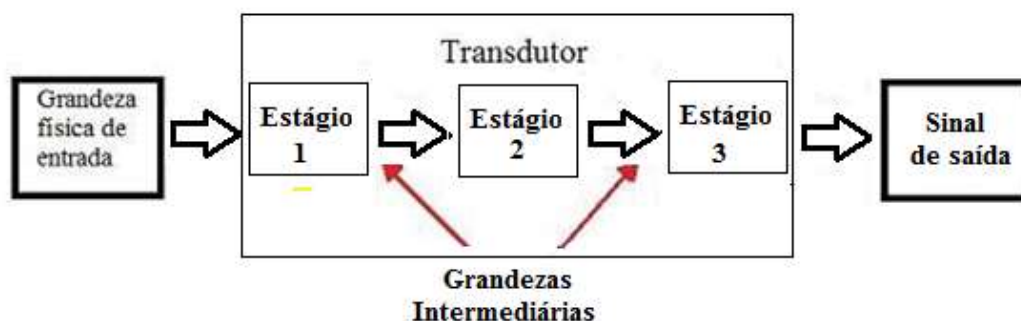
Sistemas de medição são essenciais a todo e qualquer tipo de civilização, desde as mais antigas, quando se percebeu a necessidade de medir tempo, espaço, distâncias, quantidades, massas e etc. Com o avanço da ciência e da tecnologia notou-se a importância aos diversos segmentos científicos e o domínio dessa interação com ambiente por meio dos sensores.

Sensores são dispositivos que interagem com o ambiente para medir a variação de alguma grandeza física, como a variação de temperatura, calor, luz, som e movimento. Detectam o que está sendo mensurado e reagem de forma particular, com uma torção mecânica, ou um estímulo elétrico, biológico ou químico, por exemplo.

O conceito de sensor é entendido em sua forma integral apenas quando está associado há um transdutor. O transdutor é um conversor de energia, ou seja, ele

converte um sinal de uma forma física (mecânica, química, ótica) em outra. Para a maioria dos sensores utilizados neste trabalho o transdutor converte todas as grandezas em sinais elétricos analógicos e/ ou digitais, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Ilustração para sensores e transdutores



Fonte: Adaptado de Teixeira, 2021.

Os sensores são caracterizados por meio do Quadro 1 que apresenta uma classificação e os exemplos. Outra caracterização dos sensores é dada no Quadro 2 que apresenta sua função e a grandeza que medem.

Quadro 1 – Classificação dos tipos de sensores

Passivos x Ativos	Analógicos x Digitais	Absolutos x Incrementais
Chaves	Chaves	Potenciômetro
Resistores variáveis	Potenciômetro	Servo como sensor
Célula fotoelétrica	Encoder	
Cristal piezoelétrico		

Fonte: Própria do autor.

Quadro 2 – Classificação pela função dos sensores e a grandeza que medem

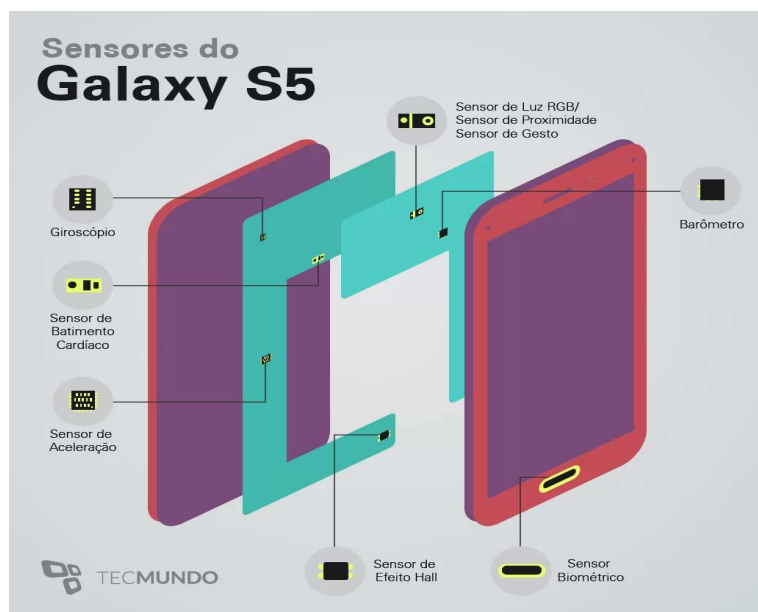
Cinemáticos	Dinâmicos	Imagens	Outros
posição	conjugado	ccd - analógico	presença
orientação	força	ccd - digital	som
velocidade	tato		luz
aceleração			temperatura
proximidade			tensão e corrente

Fonte: Própria do autor.

Os sensores são dispositivos que estão presentes no dia a dia das pessoas, integrados a dispositivos móveis como no Galaxy S5, Figura 11, que apresenta um giroscópio, acelerômetro (capazes de detectar movimento, ajuste de posição da tela do celular e até contabilizar a quantidade de passos diários de um indivíduo),

magnetômetro (responsável por medir os campos magnéticos e apontar a direção nos mapas utilizados no *smartphone*). Estes três sensores juntos fornecem a localização espacial, agregando valor a qualquer *smartphone* encontrado no comércio de equipamentos eletrônicos.

Figura 11 - *Smartphone* Galaxy S5 x sensores



Fonte: Tecmundo, 2014.

O avanço da tecnologia proporcionou a miniaturização de diversos dispositivos e circuitos integrados com tecnologia de montagem em superfície (do inglês, Surface Mounted Device—SMD). Outra evolução importante em se tratando de sensores foi o avanço para a tecnologia dos MEMS abreviatura de *Micro Electro-Mechanical Systems* (Sistemas Micro eletromecânicos) que são máquinas eletromecânicas miniaturizadas.

Os componentes de um MEMS são microsensores, microatuadores, sistemas microeletrônicos e microestruturas, feitos em substrato de silício usando técnicas de fabricação de microusinagem, com o tamanho variando entre 1 e 1000 micrômetros (10^{-6}).

Microsensores são sensores encapsulados como circuitos integrados(CIs). Existe uma grande variedade de sensores, transdutores que convertem grandezas físicas do ambiente em sinais elétricos, estes são enviados para os sistemas microeletrônicos. Alguns exemplos de sensores MEMS do tipo capacitivo, piezoresistivo e ressonante, são mostrados na Figura 12.

Figura 12 - Exemplos de sensores MEMS



Fonte: Stroski, 2024

Os MEMs combinam microeletrônica baseada em silício, com a tecnologia de microusinagem, agregando funcionalidades que tornam um sistema literalmente embarcado. A tecnologia MEMS evoluiu no final dos anos 80, devido ao amadurecimento de técnicas de fabricação da microeletrônica e a ideia dos pesquisadores sobre a possibilidade de inserir em um chip, funções eletrônicas e mecânicas. Houve também o interesse da indústria nestes dispositivos prevendo potenciais aplicações nas mais diversas áreas como Telecomunicações, Automobilística, Médica, Biomédica, Eletrônica de consumo, Instrumentação, Controle de processos, Aeronáutica e Aeroespacial. (TORRES, 2024).

Processo de natureza multidisciplinar, a tecnologia MEMS, usa conceito da microeletrônica, engenharia mecânica, ciência dos materiais, física e química, que juntos produzem sistemas integrados em um único chip, gerando dispositivos capazes de desempenhar funções de sensoriamento, controle e atuação. MEMS consideram as propriedades mecânicas e elétricas do silício, enquanto que (CIs) tradicionais são desenvolvidos explorando somente as propriedades elétricas. (TORRES, 2024).

A tecnologia MEMS é usada em microrrobôs para criar pequenas máquinas de baixo custo, com potência e tempo de resposta, baixos. Mas, existe uma grande quantidade de aplicações, além da robótica, alguns exemplos são:

- Todos os aparelhos eletrônicos modernos possuem MEMS (*Smartphones* têm acelerômetros para saber a posição atual e mudar a tela ;

- *Smartphones* e aparelhos de som modernos têm microfiltros para eliminar a distorção do som;
- Carros possuem vários MEMS como: acelerômetros para ativar airbags, sensores de pressão para os pneus, sensores IR, etc.;
- Acelerômetros, giroscópios e unidades de medida inercial (IMU) para orientação de mísseis e sistema de navegação para navios, carros, aviões e drones;
- Microsensores para diagnóstico de doenças e monitoramento dos pacientes. (STROSKI, 2024).

Para a realização da miniestação meteorológica, proposta desta pesquisa, são utilizados diversos sensores miniaturizados, tais como, sensor de temperatura e umidade, sensor de raios ultravioleta, sensor de CO e de pressão, apresentados a seguir.

3.6.1 Sensor de raios ultravioleta

Para detectar raios ultravioletas (UV) foi usado nesta pesquisa o módulo sensor de raios ultravioleta, cujo sensor é o GUVA-S12SD que possui uma saída analógica que varia sua tensão, conforme a radiação UV detectada e um microcontrolador qualquer, pode interpretar esse sinal para ser usado em determinada aplicação. Podendo ser utilizado para o monitoramento de radiação ultravioleta liberada pela luz solar e, também de lâmpadas UV.

Este módulo apresenta 3 pinos, VCC para alimentação de 2,5 a 5V, GND, comum e um pino, S, de saída analógica. Na Figura 13 mostra-se o módulo sensor GUVA S12SD com o sensor (branco) localizado na parte superior da placa. Suas características técnicas são apresentadas na Tabela 3.

Figura 13 - Módulo sensor GUVA-S12SD.



Fonte: Usinainfo, 2024.

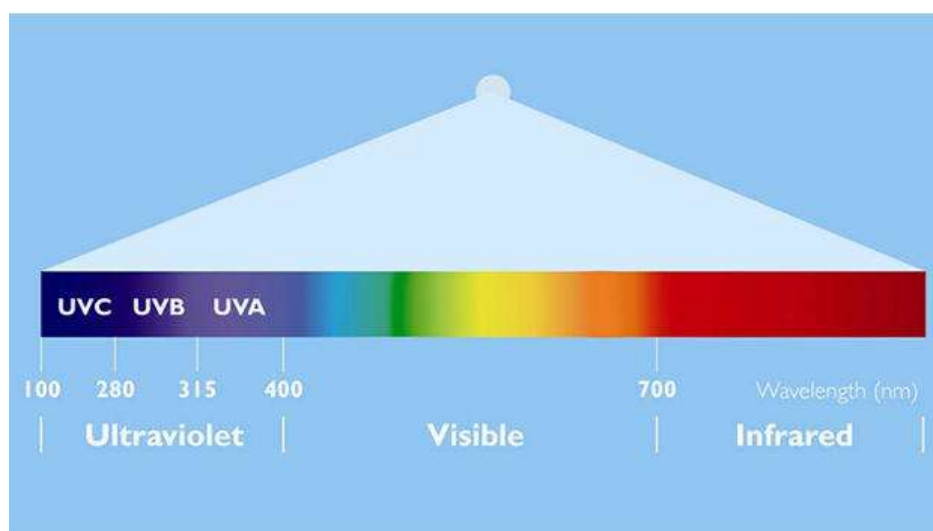
Tabela 3- Características técnicas para o módulo sensor GUVA-S12SD

Características Técnicas (MARCA- Keyes)	
Sensor	GUVA-S12SD
Tensão	2,5 a 5V
Comprimento de onda UV	240 - 370nm
Tensão de saída, V_0	4,3V
Ângulo de visão	130°
Temperatura de trabalho	-20 a 85° C

Fonte: Datasheet GUVA - S12SD, 2011.

A radiação UV, produzida e emanada pelo sol, está dividida em três faixas de energia distintas: UVA (320 nm a 400 nm), UVB (290nm a 320 nm) e UVC (200 nm a 290 nm). A que oferece dano e energética é a UVC, que é filtrada pela camada de ozônio, por isso, não atinge a superfície da terra. Para ilustrar, apresenta-se na Figura 14, o espectro de radiação de luz, incluindo a luz ultravioleta que são invisíveis, não se consegue perceber, somente sentir seus efeitos no corpo.

Figura 14 - Espectro de radiação de luz ultravioleta



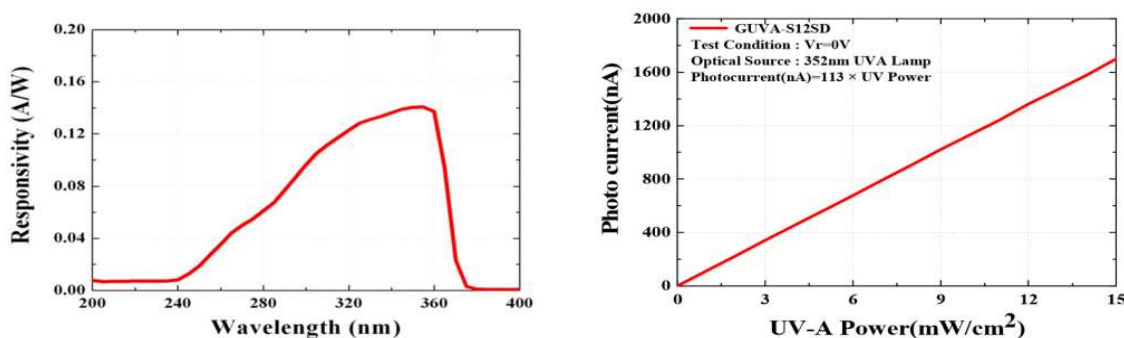
Fonte: Voltimum. ..., 2020

O sensor GUVA-S12SD detecta raios ultravioletas UVB, monitora UV Index (índice UV) e UVA de lâmpadas. Para isso, possui um fotodiodo semiconductor (de

silício) sensível à radiação UV, com a tecnologia Schottky¹, de resposta rápida. Quando exposto a fótons UV, o fotodiodo gera pares elétrons-lacunas, por meio do processo de fotoionização². A corrente resultante é proporcional à intensidade da radiação UV incidente. (DATASHEET GUVA - S12SD, 2011)

O sensor fotodiodo tem sinais de resposta na ordem de nano amperes, este sinal é amplificado para ser usado em inúmeras aplicações. Na Figura 15 (a) mostra-se a curva de Responsividade³ x comprimento de onda (Responsivity vs Wavelength) do fotodiodo. e na Figura 15 (b), a intensidade da UVA (Photo current vs UV-A Power).

Figura 15 - Características do fotodiodo



Fonte: Sensor UV, 2024.

Na curva de responsividade observa-se a faixa de operação do comprimento de onda, λ , dada pelas suas especificações técnicas e a alta responsividade para aproximadamente, $\lambda = 360nm$.

O resultado de uma saída de tensão analógica no sensor varia de acordo com a tensão gerada, expressa em Volts, ou convertida em milivolts. Este é relacionado aos dados da tabela disponibilizada pelo fabricante, Tabela 4, onde é estabelecida a relação entre a tensão de saída em milivolts e a intensidade da radiação, UV. Essa abordagem assegura que a leitura do sensor seja interpretada, de forma correta, fornecendo informações relevantes sobre os níveis de radiação UV no ambiente monitorado.

¹ O diodo Schottky tem comutação ultrarrápida e quando polarizado diretamente possui queda de tensão muito baixa. Além disso, possui junção Metal-N ao contrário do diodo comum que possui uma junção P-N.

² Fotoionização é a utilização da energia do fóton para ionizar um elemento, removendo-lhe um elétron

³ A responsividade espectral mede a quantidade de corrente que sai do dispositivo por unidade de potência de luz incidente em amperes por watt (A/W).

Tabela 4- Índice UV x sinal de saída do Guva-S12SD

UV Index	0	1	2	3	4	5
Vout(mV)	<50	227	318	408	503	606
Analog Value	<10	46	65	83	103	124
UV Index	6	7	8	9	10	11 ⁺
Vout(mV)	696	795	881	976	1079	1170+
Analog Value	142	162	180	200	221	240

Fonte: Sensor de luz ultravioleta Guva-S12SD, 2021.

O índice UV ou índice ultravioleta é uma escala relativamente recente (criada em 1992) e mede a força dos raios ultravioletas em um determinado lugar e tempo. É um padrão internacional de medida da intensidade da radiação ultravioleta desenvolvido por cientistas canadenses, aprovada e padronizada pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). (ÍNDICE ULTRAVIOLETA, 2021).

A escala ou índice UV é utilizada para previsões diárias e em muitos sites e serviços meteorológicos encontram-se a previsão de incidência de raios UV ao longo do dia, que auxilia na prevenção, por exemplo, de câncer de pele.

O índice UV é projetado como uma escala linear aberta, diretamente proporcional à intensidade da radiação UV e ajustando o comprimento de onda com base no que causa queimaduras solares na pele humana. O objetivo do índice UV é auxiliar na proteção das pessoas da radiação UV, que traz benefícios à saúde com moderação, mas em excesso causa queimaduras solares, danos ao DNA, envelhecimento e câncer de pele, imunossupressão, e danos aos olhos, como catarata.(SENSOR DE LUZ ULTRAVIOLETAGUVA-S12SD, 2021).

Os raios UVC são completamente bloqueados pela camada de ozônio e não tem efeito no corpo, a preocupação deve ser com os demais raios. Os raios UVA oferecem maiores danos a saúde humana, independente do clima e horário, estão presentes todos os dias, seja no frio, chuva, neve, sol ou garoa, desde o nascer do dia. Penetram mais profundamente na pele e são responsáveis pelo

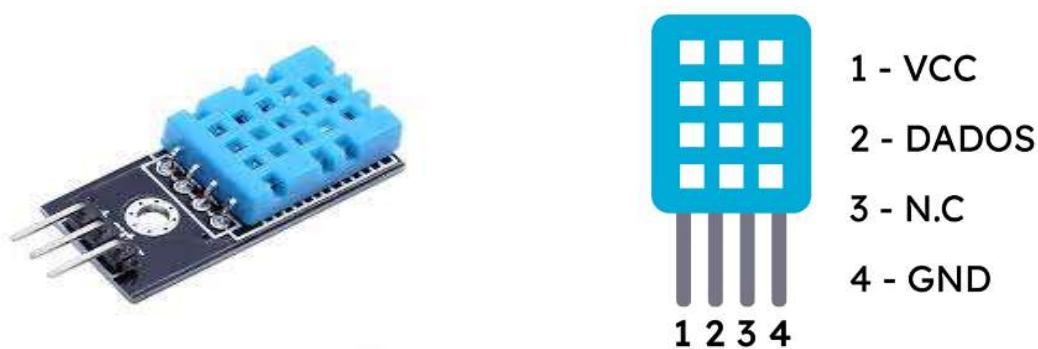
envelhecimento precoce, manchas na pele, alergias e doenças como o câncer de pele. Os raios UVA representam 95% da radiação solar emitida pelo sol. Enquanto os raios UVB são responsáveis por queimaduras e bronzeamento, são mais fortes nas estações mais quentes do ano, aparecem das 9h às 16h, porém, ambos aumentam o risco de câncer de pele. (ÍNDICE ULTRAVIOLETA, 2024; RAIOS UVA E UVB, 2024).

O sensor UV módulo Guva-S12SD pode ser aplicado para monitorar a radiação em locais de sol intenso (praias, piscinas) visando alertar o usuário sob o risco de queimaduras na pele, ou atuando diretamente em estufas, nas quais as plantas são expostas a raios UV de forma controlada.

3.6.2 Sensor de umidade e temperatura

Para medir umidade e temperatura usa-se o sensor DHT11, componente com quatro pinos, apresentado na Figura 16. O DHT11 é um medidor de temperatura e umidade digital básico, de baixo custo e consumo de energia. Este sensor inclui um componente de medição de umidade do tipo resistivo e um sensor de temperatura NTC, podendo se conectar a um microcontrolador de 8 bits, por meio de um sinal serial de uma via. Oferece alta confiabilidade e estabilidade em longo prazo, resposta rápida, capacidade anti-interferência. Pode transmitir o sinal de saída até 20 metros, tornando-o a melhor escolha para várias aplicações, A única desvantagem é obter novos dados, uma vez a cada 2 segundos. São apresentadas na Tabela 5, as suas características técnicas.

Figura 16- Sensor DHT11



Fonte: Eletrogate. Sensor de umidade temperatura DHT11, 2024

Tabela 5 – Características técnicas do sensor DHT11

Características Técnicas	
Tensão de operação:	3,0 – 5,0V (5,5V máximo)
Faixa de medição de umidade:	20 a 90% UR
Faixa de medição de temperatura:	0° a 50°C
Corrente: máx de 500 mA	100µA a 150µA em modo de espera
Precisão de umidade de medição:	± 5,0% UR
Precisão de medição de temperatura:	± 2,0°C
Tempo de resposta:	< 2 segundos
Dimensões:	23 mm x 12 mm x 5 mm (sem terminais)
Compensação de temperatura	
Sinal digital calibrado	

Fonte: Datasheet DHT11, 2012.

Devido à sua simplicidade, ao baixo custo e baixo consumo de energia, o DHT11 é utilizado em aplicações, tais como, projetos de monitoramento ambiental, como em residências, escritórios, e estufas devido a sua capacidade de medir com precisão a umidade relativa e a temperatura do ambiente. Pode ser empregado ainda em estações meteorológicas amadoras para registrar e analisar dados climáticos; em sistemas de automação residencial é aplicado no controle eficiente de dispositivos com base nas condições ambientais.

3.6.3 Sensor de monóxido de carbono (CO)

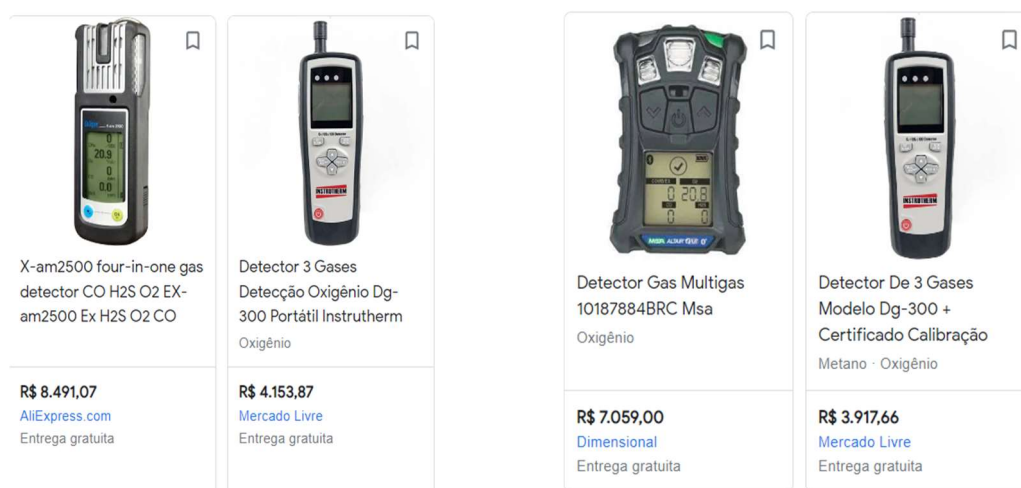
Muito úteis em ambientes confinados, os sensores de gás ou monóxido de carbono⁴ são de uso necessários em locais que pode haver vazamento de gases para a atmosfera. A importância de produzir estes sensores para monitorar o ambiente é devido a que, o nariz humano consegue detectar alguns tipos de vazamentos, mas não consegue quantificá-lo em uma faixa segura para a saúde.

Fazendo uma pesquisa na internet nota-se uma grande quantidade de sensores e detectores de gases e substâncias, profissionais. Dentre as marcas comerciais são mostrados alguns na Figura 17, os multimedidores da Dräger,

⁴ O Monóxido de carbono CO, incolor e inodora é resultante da combustão incompleta dos compostos que possuem carbono na composição. Por exemplo, os combustíveis de motores a combustão. (Brasil Escola, 2024).

Instrutherm e MSA, entre outros, portáteis, usados para 1 a 6 tipos de gases. (DRÄGER, 2024). Apesar de toda a robustez e alto custo destes detectores, para a automação, os sensores de gases da família MQ apresentados na Figura 18, podem ser uma solução.

Figura 17 - Instrumento de detecção de gases portáteis e preços.



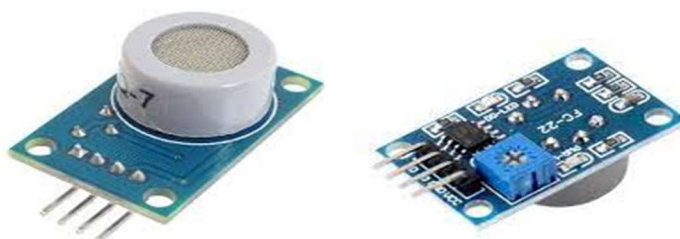
Fonte: Própria do Autor

Considerando uma pesquisa acadêmica e a montagem do protótipo, optou-se pelo sensor da família MQ, de menor custo e tamanho, mostrado na Figura 18. Para detectar o gás monóxido de carbono tem-se o sensor de Gás MQ-7, usado em projetos de segurança e automação residenciais caseiros. Este sensor de gás não foi desenvolvido para aplicações que envolvam segurança humana ou patrimonial e é destinado apenas a propósitos experimentais. (SENSOR DE MONÓXIDO DE CARBONO, 2017). Existem diversos sensores diferentes na série MQ para detectar diferentes tipos de gases, tais como, MQ-135 sensível a Qualidade do Ar, CO₂, CO, Álcool, Tolueno, Acetona; MQ-131 sensível ao ozônio; MQ6 sensível a GLP, Butano, Propano, dentre outros.

O sensor MQ7, mostrado em detalhe na Figura 22, tem um potenciômetro que ajusta o nível de detecção do gás, quando a concentração de Monóxido de Carbono fica acima do nível ajustado pelo potenciômetro, a saída digital D0UT fica em nível alto, se abaixo do nível, DOUT é igual a zero. Para ter uma resolução melhor e medir a variação da concentração do gás no ar é usada a saída analógica AOUT,

para isso é necessário um conversor A/D, ou ser usado uma placa como a Arduino ou Raspberry Pi , que apresentam conversores A/D internamente.

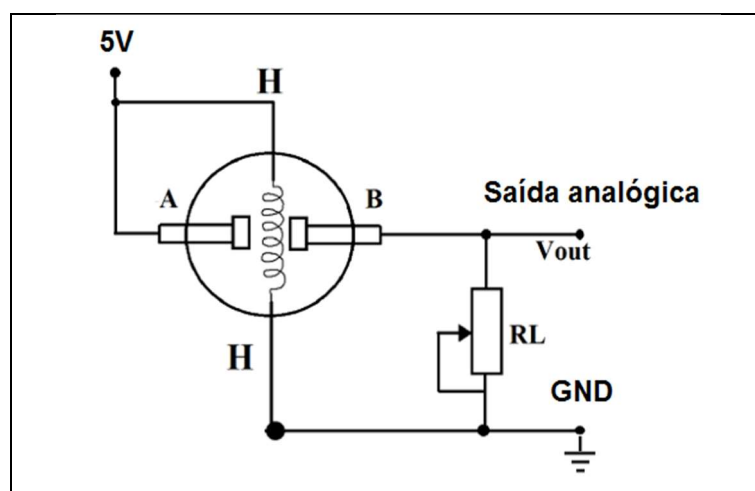
Figura 18- Sensor MQ7.



Fonte: Sensor de monóxido de carbono, 2017.

O sensor MQ-7 mede a concentração de monóxido de carbono em uma ordem de 10 a 10.000 partes por milhão (ppm). Por conter duas saídas, uma analógica e outra digital o sensor pode ser conectado a um microcontrolador para a realização de acionamentos e comandos elétricos (sirenes e alarme de incêndio, por exemplo) e alimentar sistemas supervisórios. Este sensor tem um aquecedor interno e por isso solta um cheiro emanado do seu invólucro no primeiro uso. Para melhor entendimento do seu funcionamento, apresenta-se na Figura 19 o diagrama elétrico do seu circuito.

Figura 19 - Circuito elétrico do sensor de CO, MQ7.

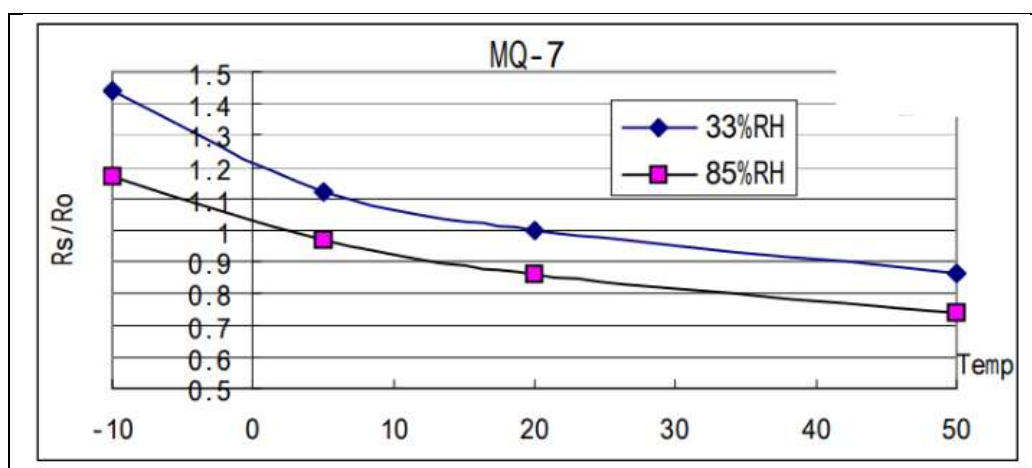


Fonte: Sensor de monóxido de carbono, 2017.

Os sensores da família MQ são do tipo eletrocatalítico, feitos de uma bobina de fio de platina aquecido eletricamente, coberto primeiro com uma base de

cerâmica, tais como alumina e, em seguida, com um revestimento final exterior do catalisador de paládio e ródio, disperso em um substrato de tório. Entre os terminais H há uma resistência elétrica responsável por aquecer a atmosfera. Entre os pinos A e B tem-se o sensor de gás em uma atmosfera que reage às mudanças da concentração do gás. Quanto maior a concentração do gás menor será o valor da resistência entre A e B. Sendo assim através de um divisor de tensão o sinal é acondicionado de forma diretamente proporcional para servir de entrada ao microprocessador. Além disso, o sensor também tem dependências com a temperatura e umidade relativa do ar, o gráfico da Figura 20 demonstra isso.

Figura 20 – Gráfico do sensor MQ7 x temperatura e umidade relativa do ar.



Fonte: Cereza, 2022.

Por fim, o funcionamento do sensor em uma aplicação prática acontece com a queima de um palito de fósforo ou isqueiro, ao aproximar o fogo a concentração de partículas por milhão aumenta. Pode ser aplicado em sistema de monitoramento de CO individual ou coletivo, estação meteorológica e dispositivo para prevenção de acidentes por asfixia. Na Tabela 6 tem-se uma síntese das demais características do sensor.

Tabela 6 - Especificações técnicas do módulo MQ-7

Especificações Técnicas	
Detecção do gás:	monóxido de carbono (CO)
Concentração de detecção:	10 ~10000ppm
Tensão de operação:	3 a 5V
Resistência de aquecimento:	31 ± 3 Ohms
Tensão de aquecimento:	$5 V \pm 0,2V$
Potência de aquecimento:	350 mW
Sensibilidade	Ajustável via potenciômetro
Saídas	Digital e Analógica
Usa um comparador	LM393
Dimensões	32x20x15mm

Fonte: Makerhero: Sensor de gás, MQ-7, 2024

3.6.4 Sensor de pressão e temperatura digital

O sensor de pressão usado no trabalho é o BMP 280, mostrado na Figura 21, de tecnologia MEMS, detecta grandezas como pressão atmosférica, temperatura ambiente e altitude, cuja pinagem é dada a seguir, no Quadro 3 :

Figura 21 - Sensor BMP 280-frente e verso



Fonte: Makerhero. Sensor BMP280, 2024

Quadro 3 - Pinagem do Sensor BMP 280

VCC: Conexão de alimentação (3,3V).
GND: Conexão de terra
SCL/SCK: Pino para a linha de clock do barramento I2C (Inter-Integrated Circuit) ou SPI (Serial Peripheral Interface), dependendo da configuração.
SDA/MOSI: Pino para a linha de dados do barramento I2C ou SPI, responsável pela comunicação de dados
CSB/CS: Pino de seleção de chip usado em configurações SPI para identificar o dispositivo em um barramento de comunicação múltipla.
SDO/MISO: Pino para a saída de dados do barramento I2C ou SPI, em configurações SPI ou usado para comunicação de leitura em configurações I2C.

Existe no componente, um sensor de pressão piezoelétrico MEMS que mede a pressão atmosférica. A deformação desse elemento piezoelétrico de silício em resposta à pressão, gera uma carga elétrica proporcional à pressão que é convertida em unidades de pressão, geralmente em pascal (Pa) ou hectopascal (hPa). Com base nesses dados determina, com precisão, a altitude de um ambiente. (MAKERHERO. SENSOR BMP280, 2024)

Para medir a temperatura o BMP280 possui um sensor integrado, geralmente um termopar que registra variações na resistência elétrica em resposta à temperatura ambiente. A leitura dessa medida é convertida em unidades de temperatura, como graus Celsius (°C) ou Fahrenheit (°F).

O BMP280 também é equipado com um circuito interno de calibração que automaticamente compensa variações na temperatura e outros fatores que podem afetar as leituras de pressão, melhorando a precisão das leituras em diferentes condições ambientais.

Para comunicação e interface, o BMP280 se conecta com microcontroladores ou outros dispositivos por meio de interfaces digitais como I2C ou SPI.⁵ Os dados de temperatura e pressão são lidos pelos dispositivos conectados, que interpretam essas informações conforme a aplicação.

O baixo consumo de energia deste sensor permite o funcionamento por longos períodos com alimentação por bateria, indicado para projetos como drones, estações meteorológicas, termômetros, GPS, dispositivos de

⁵ São protocolos de comunicação para pequenas distâncias: I2C é um barramento serial multimestre, desenvolvido pela Philips, usado para conectar periféricos de baixa velocidade a uma placa mãe, a um sistema embarcado ou smartphones, que utiliza duas linhas de comunicação SDA e SCL, além de VCC e GND. O SPI utiliza 4 linhas de sinal para a comunicação entre as partes.

navegação e monitoramento ambiental, entre outros (MAKERHERO. SENSOR BMP280, 2024)

O módulo BMP280 é a versão mais nova do BMP180, tendo como principais diferenças, ganhos em termos de precisão e consumo de energia, além do tamanho 63% menor, 13% mais veloz, comunicação via I2C e SPI, por isso o módulo BMP280 vem sendo usado em dispositivos móveis e portáteis.

Sua comunicação pode ser feita com qualquer microcontrolador, trabalha com tensão de 1,8V a 3,6V, mas possui um regulador de tensão em sua placa, por isso é possível receber alimentação direta de 5V, com consumo de corrente de apenas 2,7uA e por essas e outras características, o sensor de pressão BMP280 tem um excelente custo/benefício. Um resumo de suas características técnicas é apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 – Características técnicas do sensor BMP 280.

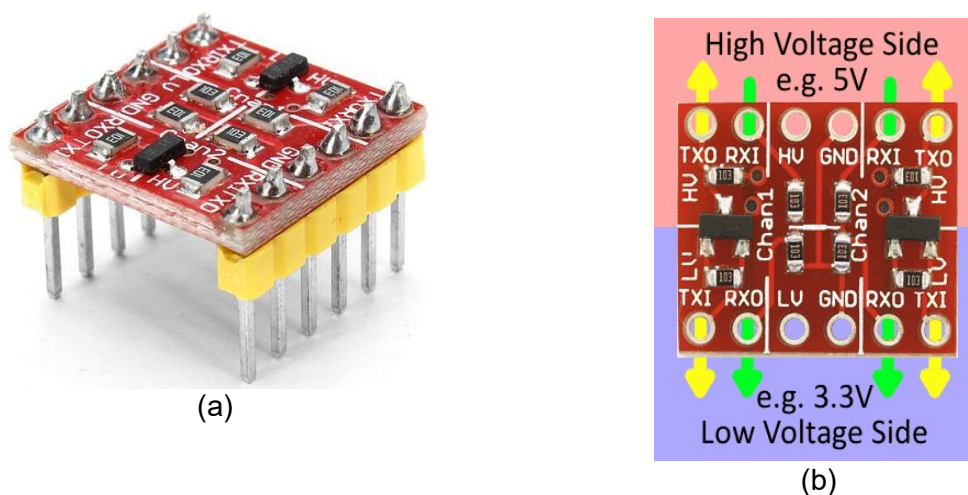
Características Técnicas	
Tensão de operação	3V (1,8 à 3,6) VDC , Máx. 50mVpp de ripple
Consumo de corrente	2.7µA
Interface de comunicação (saída 0	I2C e SPI
Faixa de medição de pressão	300 – 1100 hPa (equiv. +9000 à -500m) acima/abaixo do nível do mar)
Precisão	±0.12 hPa (equiv. ±1m)
Faixa de temperatura	-40 à 85 °C
Precisão de temperatura	±1.0 °C
Dimensões	15 x 12 x 2,3mm (sem os pinos)

Fonte: Makerhero. Sensor BMP280, 2024

3.6.5 Conversor de nível lógico bidirecional

Para compatibilizar as tensões dos dispositivos que operam em 5V e outros com 3,3V, pode ser usado um conversor de nível lógico bidirecional encontrado no mercado de componentes eletrônicos, confiável e robusto. Na, Figura 22, mostra-se um modelo usado neste trabalho , um *step-down* de sinais 5V para 3,3V e também um *step-up* de sinais 3,3V para 5V, são 2 canais com 4 pinos cada, podendo operar simultaneamente ou isoladamente um do outro.

Figura 22 – a) Conversor de nível lógico bidirecional. b) Indicação das tensões e os canais.



Fonte: Makerhero. Conversor de nível lógico bidirecional, 2024.

Nos pinos centrais, os pinos HV (High Voltage), GND e LV (Low Voltage), são as tensões de referência e esses pinos devem ser alimentados para que o módulo funcione. Os pinos TX0 e TXI são bidirecionais, ou seja, podem converter sinais de 3.3V para 5V em ambos os sentidos, ideal para uso com módulos I2C. Enquanto que, os pinos RXI e RX0 são unidirecionais (o sinal de 5V entra no pino RXI e sai 3.3V no pino RX0). Suas características técnicas são resumidas na Tabela 8.

Tabela 8- Conversor de nível lógico bidirecional.

Especificações Técnicas	
Conversor de Tensão	3,3V – 5V (funciona para 2,2 V)
Entrada e saída bidirecional	TXI e TXO:
Tensão de referência (baixa)	LV
Tensão de referência (alta)	HV
Ground	GND
Dimensões	15,5x 16 x 11,5mm

Fonte: Makerhero. Conversor de nível lógico bidirecional, 2024

Este componente é indicado apenas para converter nível lógico (sinal), e não tensão. Para converter tensão existe o conversor de tensão 5V para 3.3VDC , chamado Conversor Step Down 5V/3.3V.

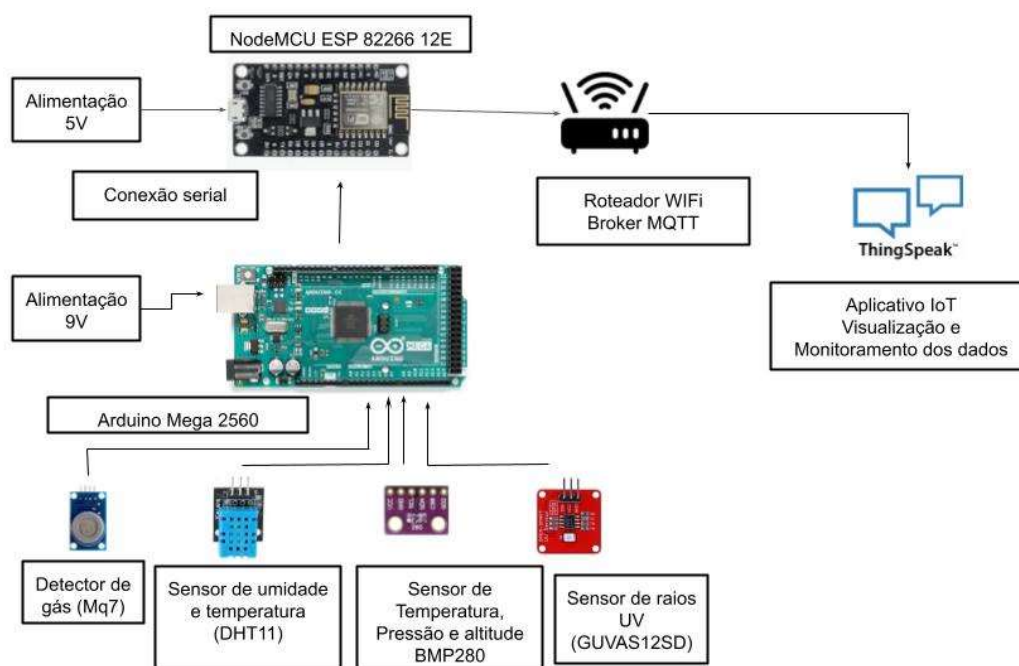
4 DESENVOLVIMENTO DA MINIESTAÇÃO METEOROLÓGICA

Neste capítulo apresenta-se o desenvolvimento do projeto, iniciando a descrição pela montagem dos circuitos dos sensores, em seguida os testes, comunicação entre os microcontroladores e ao final a comunicação entre módulo *wifi* e ThingSpeak para visualização em um monitor ou via *bluetooth* em um smartphone.

4.1 ARQUITETURA PARA A MINIESTAÇÃO METEOROLÓGICA

Para realizar as medidas das variáveis climáticas na miniestação meteorológica fez-se um esquemático ilustrativo do processo, conforme mostrado na Figura 23.

Figura 23 – Esquemático ilustrativo da miniestação meteorológica.



Fonte: Própria do Autor

Na Figura 23 são mostrados os quatro sensores que foram utilizados para a aquisição das variáveis climáticas, o DHT11, GUAVA S12SD, BMP280 e o MQ-7. O DHT11 mede a umidade relativa do ar e a temperatura, o GUAVA S12SD mede os níveis de incidência de raios UVA, o BMP280 foi utilizado para coleta de dados de pressão atmosférica, temperatura e altitude, por fim utilizou-se o MQ-7 para medir a concentração de CO em ppm. (partes por milhão) nas proximidades da miniestação meteorológica.

O Arduino MEGA2560 é programado para receber os dados dos sensores, enquanto que o módulo *wifi* NodeMCU ESP8266-12E, conectado ao Arduino MEGA por cabo, faz somente a conexão *wifi* usando o protocolo MQTT (Message Queue Telemetry Transport) com uma CPU e um monitor, visando a visualização dos dados no aplicativo ThingSpeak. Pela necessidade de um número maior de entradas analógicas, foi usado o Arduino MEGA 2560 para a interface com os sensores, ao invés do NodeMCU ESP8266-12E.

Após o Arduino MEGA receber os dados medidos pelos sensores, estes dados são transformados em *strings* utilizando o JSON (JavaScript object Notation). Depois estes dados são transferidos, via módulo *wifi* NodeMCU ESP8266-12E, para a plataforma web ThingSpeak usando o protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol). A requisição HTTP de transferência é efetuada com a chave da plataforma do usuário, após um socket TCP Client enviar ao socket TCP Server, o código de permissão do canal.

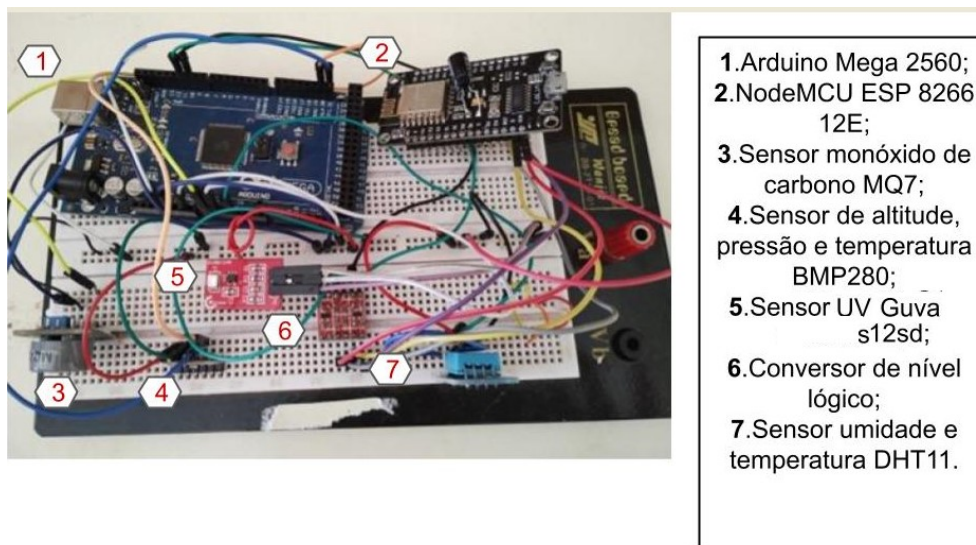
Na plataforma ThingSpeak cada grandeza é apresentada em um gráfico em função do tempo e pode-se configurar quesitos como cor, títulos dos eixos, de forma a visualizar e fazer o acompanhamento da evolução dos dados mensurados na região.

Os níveis de transferência de dados entre o Arduino MEGA e o NodeMCU ESP8266-12E são normalizados por um LLC (Logical Level Converter) , ou conversor de nível lógico, 3,3-5V bidirecional.

4.2 MONTAGEM DO HARDWARE DA MINIESTAÇÃO METEOROLÓGICA

A montagem do hardware do projeto é apresentada em um *protoboard*, visto na Figura 24, com os componentes descritos anteriormente. O circuito esquemático com as ligações se encontra no **APÊNDICE A**. A maioria dos sensores usados vem calibrados de fábrica não sendo necessário ajustes no sinal de saída, somente o sensor de monóxido de carbono que possui um potenciômetro para o ajuste de sua sensibilidade.

Figura 24 – Hardware da miniestação meteorológica em (a) e (b).



Fonte: Própria do Autor

4.3 PROGRAMAÇÃO

Inicia-se a programação pela conexão entre o NodeMCU ESP8266-12E e o Thingspeak .Baseado no guia de Bertoleti (2020), foram realizados alguns testes para a conexão *wifi* do NodeMCU ESP8266-12E com a plataforma ThingSpeak, utilizando o sensor de monóxido de carbono MQ-7.

Na programação desta conexão *wifi* foi utilizada a rede “EduROAM ”, rede internacional de serviços de roaming que está disponível para estudantes e pesquisadores de instituições de ensino superior. Depois de algumas complicações e com o auxílio dos técnicos de rede do departamento de engenharia elétrica da universidade e colegas de laboratório, obteve-se o programa mostrado na Figura 25.

Figura 25- Programa para a conexão *wifi*.

```

#include <ESP8266WiFi.h>
int mq7;
extern "C" {
#include "user_interface.h"
#include "wpa2_enterprise.h"
}

// SSID to connect to
static const char* ssid = "eduroam";
// Username for authentication
static const char* username = "edivaldo.correa-junior@unesp.br";
// Password for authentication
static const char* password = "L2z6jlf5";
String apiKey = "F8GKKQQVW00KTD62";
const char* server = "api.thingspeak.com";
//#define DHTPIN D1 //pin where the dht11 is connected

```

Fonte: Própria do autor

As primeiras linhas do código incluem a biblioteca *wifi* para o NodeMCU ESP8266-12E, a definição de variável de tipo inteiro para salvar os dados do sensor MQ-7 , a interface do usuário e o tipo de conexão. Depois disso, são estabelecidas as configurações necessárias para a conexão *wifi* como o nome de rede, login, senha, chave API (Application Programming Interface) do canal ThingSpeak, e o endereço da plataforma.

Ainda na configuração da conexão *wifi* e de I/O's (Inputs/Outputs) do NodeMCU ESP8266-12E, mostra-se na Figura 26, o programa com as instruções finais para o estabelecimento de uma conexão estável com o servidor ThingSpeak..

Figura 26 - Configuração da conexão *wifi*.

```

WiFiClient client;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(115200);
  pinMode(A0, INPUT);

  // Setting ESP into STATION mode only (no AP mode or dual mode)
  wifi_set_opmode(STATION_MODE);

  struct station_config wifi_config;

  memset(&wifi_config, 0, sizeof(wifi_config));
  strcpy((char*)wifi_config.ssid, ssid);

  wifi_station_set_config(&wifi_config);

  wifi_station_clear_cert_key();
  wifi_station_clear_enterprise_ca_cert();

  wifi_station_set_wpa2_enterprise_auth(1);
  wifi_station_set_enterprise_identity((uint8*)username, strlen(username));
  wifi_station_set_enterprise_username((uint8*)username, strlen(username));
  wifi_station_set_enterprise_password((uint8*)password, strlen(password));
  wifi_station_set_enterprise_new_password((uint8*)password,
  strlen(password));

  wifi_station_connect();

```

Fonte: Própria do autor

Ao final, o NodeMCU ESP8266-12E é programado para alertar se houve a conexão, emitindo uma mensagem de espera em caso negativo, e em caso positivo, retorna uma mensagem de confirmação da conexão e do endereço de IP, conforme código do programa na Figura 27.

Figura 27 - Confirmação de conexão *wifi*

```

// Wait for connection AND IP address from DHCP
Serial.println();
Serial.println("Waiting for connection and IP Address from DHCP");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(2000);
  Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
}

```

Fonte: Própria do autor

Para finalizar os testes, os dados do sensor MQ7 são mostrados no servidor e postados no canal, de acordo com o programa mostrado na Figura 28. No monitor serial foi observada uma variação da concentração de monóxido de carbono, simulada acionando um isqueiro, validando o programa e os resultados obtidos com o sensor.

Figura 28 - Upload dos dados ao servidor ThingSpeak

```

void loop()
{
    if (client.connect(server,80) // "184.106.153.149" or api.thingspeak.com
    {
        mq7=analogRead(A0);

        String postStr = apiKey;
        postStr += "&field1=";
        postStr += String(mq7);
        postStr += "&field2=";
        // postStr += String();
        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.println(mq7);
    }
    client.stop();

    Serial.println("Waiting...");

    // thingspeak needs minimum 15 sec delay between updates
    delay(1000);
}

```

Fonte: Própria do autor

4.4 TESTES INDIVIDUAIS PARA OS SENSORES

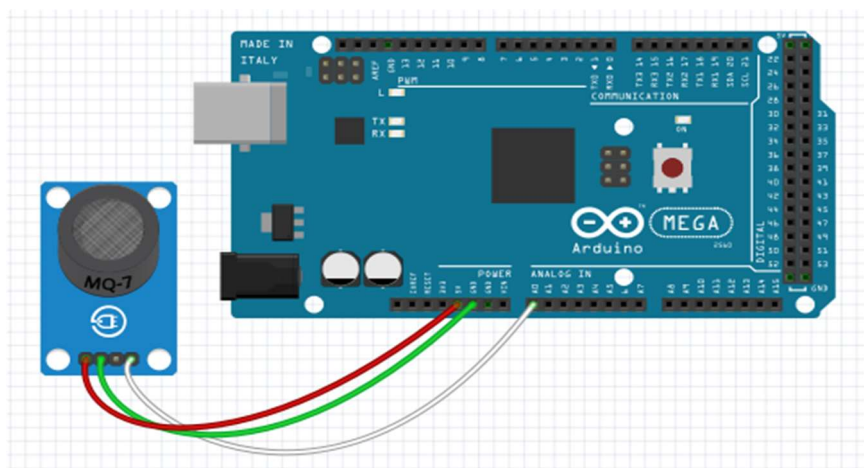
Pela quantidade de sensores (4) importantes para a miniestação, número de entradas analógicas necessárias, além da disponibilidade de dispositivos no laboratório de sistemas digitais, o Arduino Mega 2560 foi utilizado para a aquisição de dados das seis variáveis meteorológicas. Os quatro sensores usados para a coleta de dados, MQ7- concentração de monóxido de carbono; GUVAS12SD- indicação de nível de incidência de raios UVA e DHT11- medição de temperatura e umidade relativa do ar utilizam as entradas analógicas do Arduino e o BMP280 -

sensor de pressão, temperatura e altitude em relação ao nível do mar, utiliza a comunicação I2C. Para cada sensor foram feitos testes de verificação e calibração.

4.4.1 Testes para a montagem do sensor MQ-7

A montagem do módulo sensor MQ-7 utilizado para medir os níveis de concentração de monóxido de carbono em partes por milhão (ppm) e sua conexão com o Arduino MEGA 2560 é apresentada na Figura 29. Para analisar a variação da concentração de monóxido de carbono no ambiente foi utilizado um isqueiro, pois o MQ7 possui um funcionamento intrínseco baseado no aquecimento. Foram ligados os pinos de GND, VCC e Sinal a entrada analógica, A₀ do Arduino MEGA.

Figura 29 - Teste do sensor MQ-7

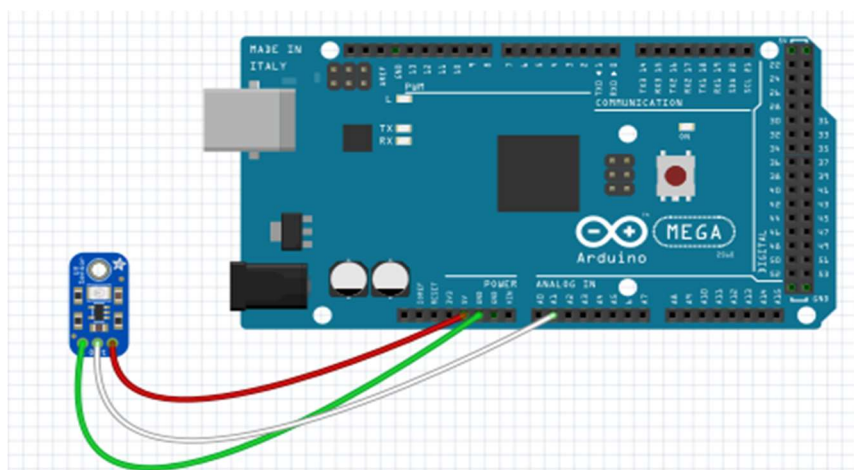


Fonte: Própria do autor

4.4.2 Testes para a montagem do sensor GUVA

A montagem para os testes do sensor de raios UV, GUVA S12SD, é apresentada na Figura 30 Além da ligação de VCC e GND, o Sinal do sensor foi ligado a entrada A₁, do Arduino MEGA. A programação foi mais complexa, sendo criadas diversas faixas para englobar os intervalos nomeados para cada grau de incidência solar. O teste do sensor foi realizado colocando o módulo GUVA em ambientes externos ao laboratório.

Figura 30- Conexões de teste para o sensor GUVAS12SD

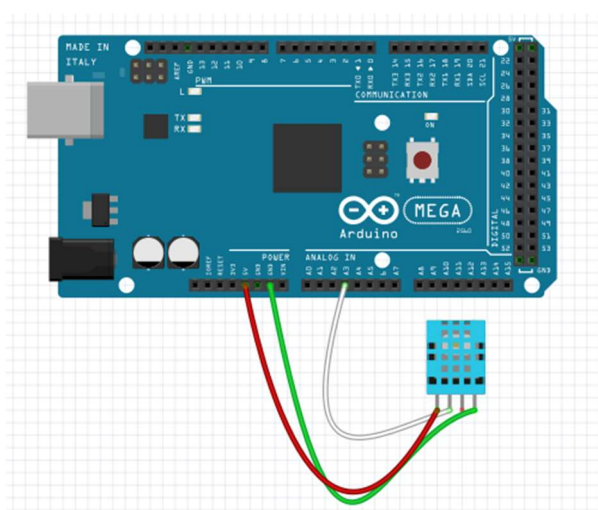


Fonte: Própria do autor

4.4.3 Testes para a montagem do sensor DHT11

Para obter-se as medidas da temperatura e umidade relativa do ar, o sensor DHT11 foi conectado diretamente ao ArduinoMEGA, pinos VCC, GND e A₃ para o Sinal de saída, Figura 31. Na programação foi utilizada a biblioteca DHT.h que faz o tratamento dos dados do sensor. A variação de temperatura foi analisada pelo monitor serial da IDE do Arduino e sua precisão foi aferida utilizando um Multímetro Fluke para conferência.

Figura 31 - Teste e montagem do módulo DHT11.

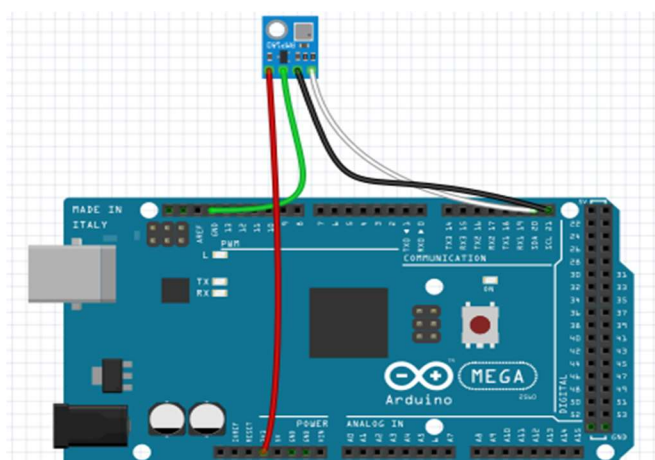


Fonte: Própria do autor

4.4.4 Testes para a montagem do sensor BMP 280

Devido a sua precisão, o sensor BMP 280 é uma boa escolha para aferir pressão, temperatura e altitude, utilizando a transmissão de dados pela interface I2C utilizando duas linhas, SDA e SCL. A transmissão de dados é feita por meio do Serial Data (SDA) e o *Serial Clock* (SCL) – o SDA envia e recebe os dados e o SCL cria um *clock* que sincroniza os sistemas. Na Figura 32 têm-se as conexões do módulo sensor BMP280 para os testes.

Figura 32 - Teste do sensor BMP280



Fonte: Própria do autor

Para se utilizar o módulo sensor BMP 280 foi desenvolvido um programa para garantir a transmissão de dados pelo barramento I2C e utilizando bibliotecas previamente instaladas. A precisão do sensor foi comparada com dados de pressão, temperatura e altitude, Rede Agro Meteorológica do Noroeste Paulista, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos – DEFERS-FEIS-UNESP.

4.5 CONFIGURANDO A TRANSMISSÃO DE DADOS E A PLATAFORMA THINGSPEAK

Os dados coletados dos sensores são transmitidos (via NodeMCU ESP8266-12E) ao servidor ThingSpeak para visualização e monitoramento, na tela de um monitor (PC), conforme programa mostrado a seguir, Figura 33.

Figura 33 - Postagem dos dados no servidor ThingSpeak

```

void cloud_connect() {
  //"184.106.153.149" or api.thingspeak.com
  if (client.connect(server, 80)) {
    String postStr = apiKey;
    postStr += "&field1=";
    postStr += String(temp);
    postStr += "&field2=";
    postStr += String(hum);
    postStr += "&field3=";
    postStr += String(mq7);
    postStr += "&field4=";
    postStr += String(temp_);
    postStr += "&field5=";
    postStr += String(Press);
    postStr += "&field6=";
    postStr += String(Alt);
    postStr += "&field7=";
    postStr += String(UV_index);
    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);
  }
}

```

Fonte: Própria do autor

Os dados do monitoramento climático são compartilhados com o módulo *wifi* em formato de *string* e transmitidos à plataforma que pode traduzir em gráficos variando com o tempo. O comando “PostStr” no programa é o responsável pelo *upload* dos dados ao ThingSpeak. Os dados são enviados ao canal desejado da plataforma, por uma chave API nomeada como “apikey”. O código único fornecido a cada usuário foi declarado e permite o *upload* de forma correta

Os gráficos disponibilizados pela plataforma são plotados em uma cor padrão e sua descrição é feita de forma manual no botão de edição do gráfico. Nas configurações dos gráficos têm-se as opções de nome de legendas no eixo horizontal e vertical, título do gráfico, campo para código de cores, escala de tempo e quantidade de pontos por intervalo, dimensionamento por máximo e mínimo, entre outros, ilustração na Figura 34 (a) e (b).

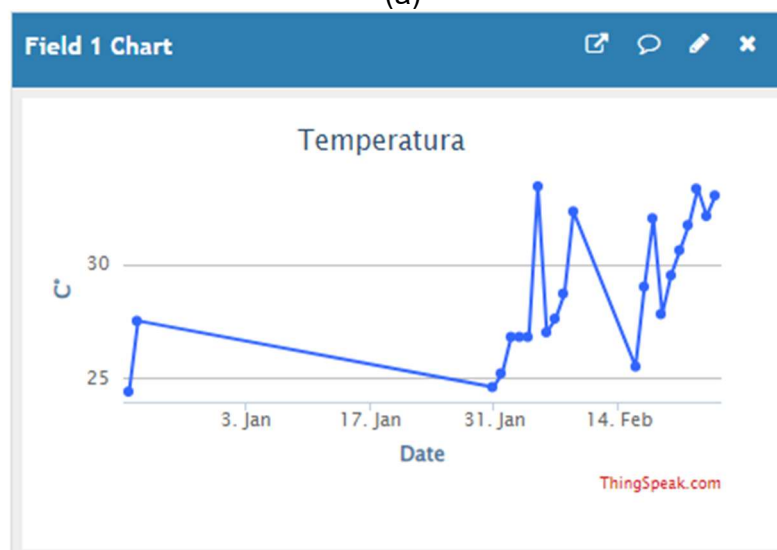
Figura 34 - (a) Configurações dos gráficos. (b) Plotagem da variável climática ao longo do tempo.

Field 1 Chart Options ? x

Title:	Temperatura	Timescale:	daily
X-Axis:		Average:	
Y-Axis:	C°	Median:	
Color:	#3366ff	Sum:	
Background:	#ffffff	Rounding:	
Type:	line	Data Min:	12
Dynamic?:	false	Data Max:	50
Days:		Y-Axis Min:	
Results:	1000000	Y-Axis Max:	

Save Cancel

(a)



(b)

Fonte: Própria do autor

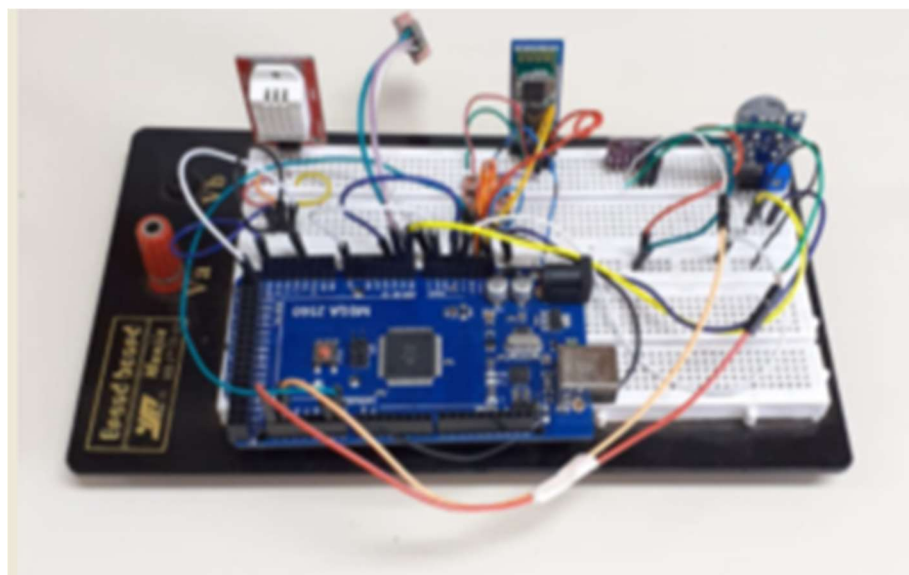
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico são apresentados os resultados das medidas dos sensores da miniestação meteorológica em dois modos de comunicação, um feito no início dos trabalhos usando a visualização por um supervisorio criado utilizando o aplicativo Dabble, que gerou um resumo para o XXXIII Congresso de Iniciação Científica da UNESP e o outro modo usando o sistema de supervisão ThingSpeak.

5.1 RESULTADOS COM A SUPERVISÃO DO DABBLE

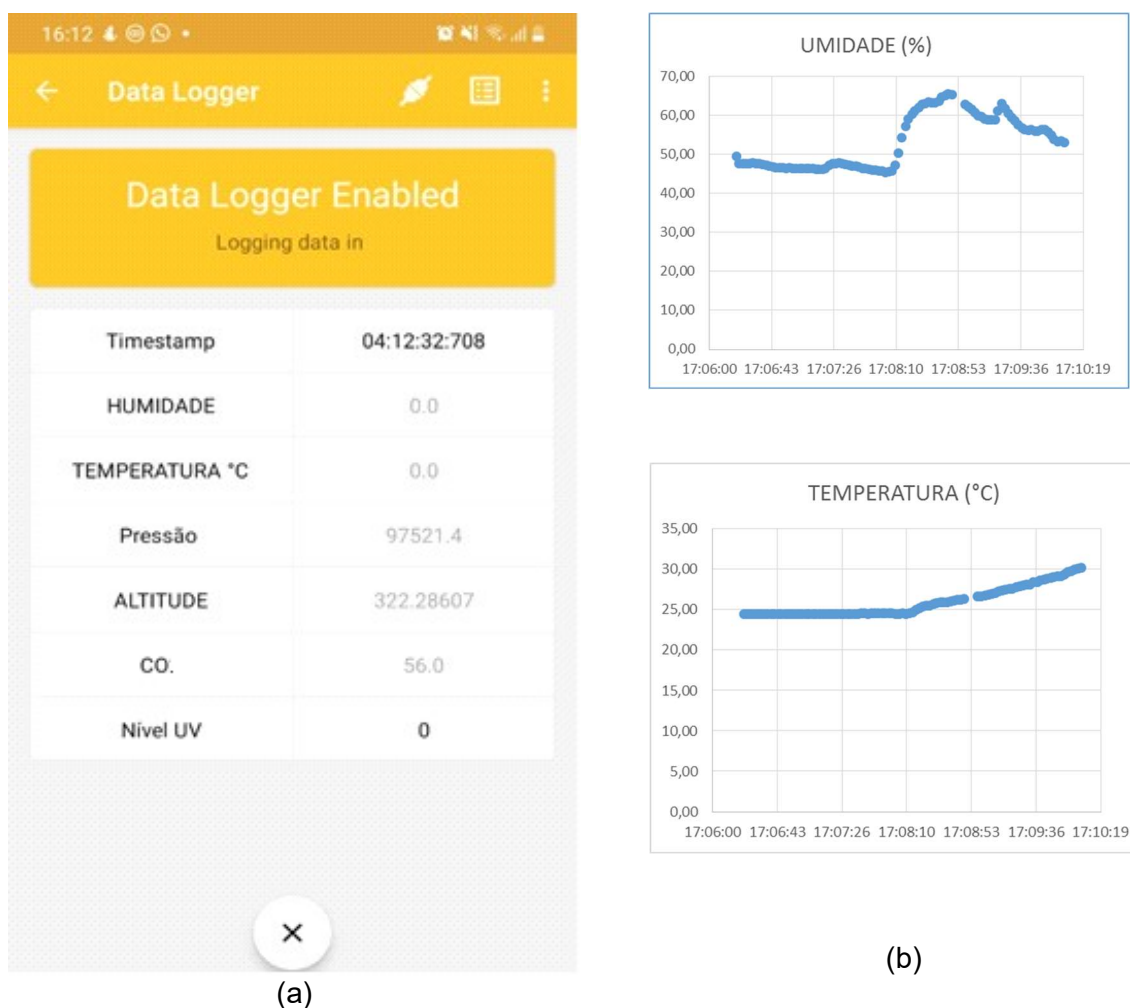
Por meio da conexão *bluetooth* e o Arduino Mega, mostrada na Figura 35, e usando o modo *Data Logger* do Dabble, obtém-se a leitura dos dados dos sensores em tempo real, da umidade, temperatura, pressão, altitude, CO e nível UV . Estes dados são registrados e podem ser exportados em um arquivo CSV (Comma-Separated-Values) ou valores separados por vírgulas. para posterior análise em um desktop, utilizando softwares como o Excel. A tela do aplicativo Dabble é apresentada na Figura 36.

Figura 35 – Miniestação com o *bluetooth* e Arduino Mega



Fonte: Própria do autor.

Figura 36 – *Data Logger Dabble*. a) Tela do *Datalogger*. b) Medidas tratadas no Excel.



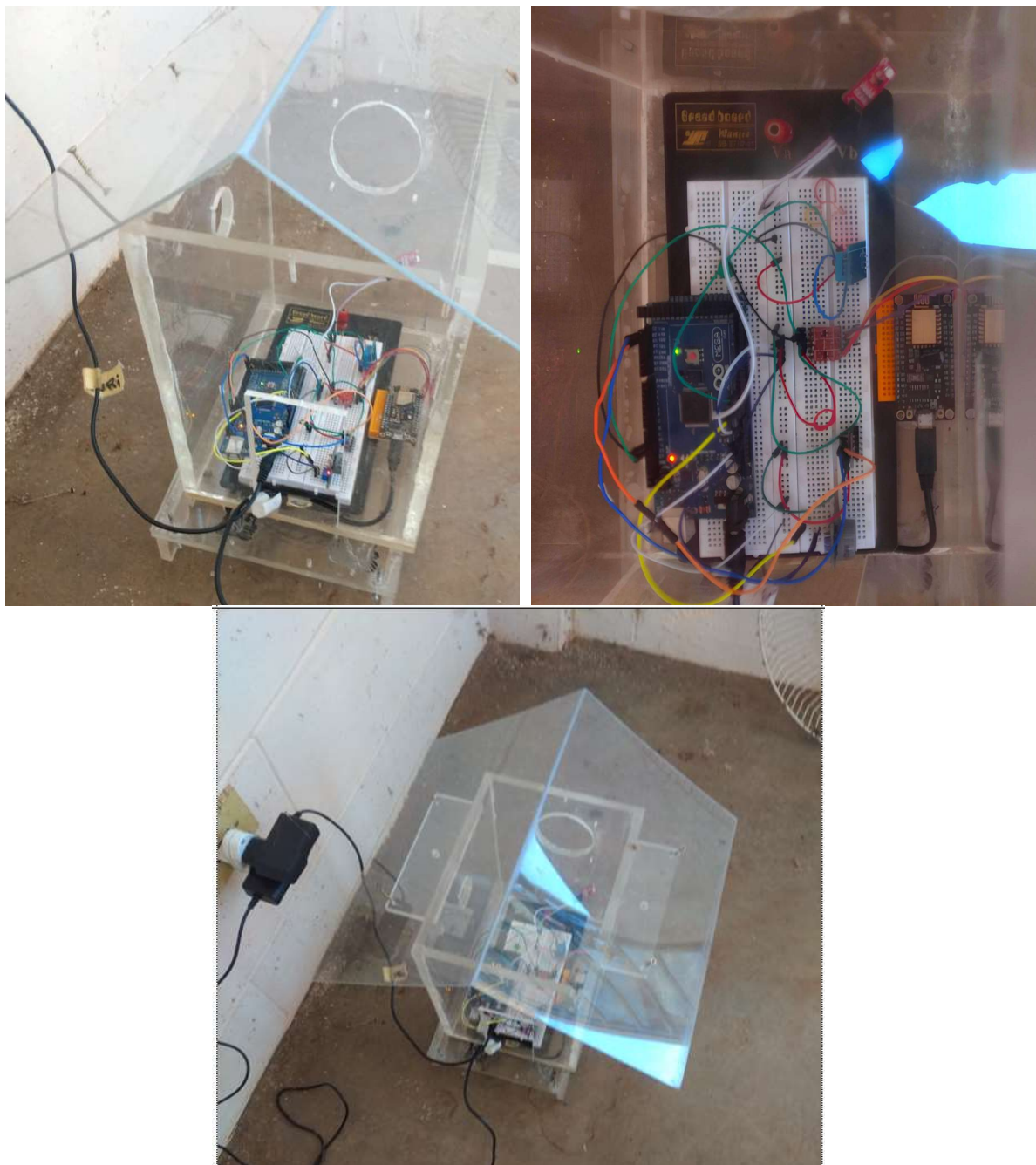
Fonte: Própria do autor.

Na Figura 36 observa-se que o aplicativo foi programado para funcionar na entrada Data Logger (Data Logger Enabled) , mostra os resultados dos dados coletados em (a) visualizados na tela do smartphone, e a amostragem em gráfico dos dados da umidade e a temperatura em (b) armazenados e tratados no Excel . Estes resultados constam do resumo apresentado no XXXIII Congresso de Iniciação Científica da UNESP, evento realizado na UNESP em setembro de 2021, **APÊNDICE B**.

5.2 PROTÓTIPO FINAL

O protótipo foi acondicionado em um recipiente acrílico para proteção contra intempéries, conforme mostrado na Figura 37, sendo colocado na guarita dos vigilantes do Campus 3 com sinal de internet próximo , para a coleta de dados.

Figura 37 – Coleta de dados na miniestação meteorológica (3 vistas).

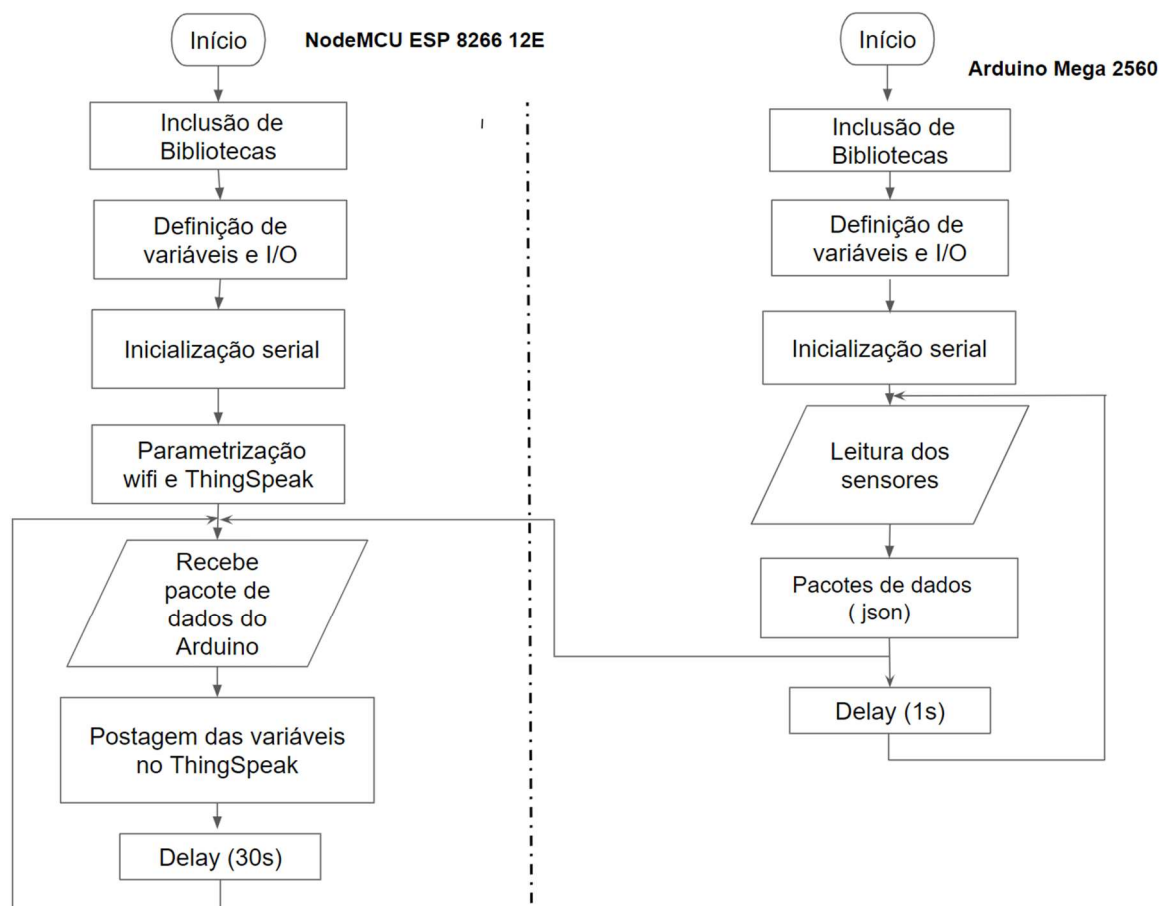


Fonte: Própria do autor.

5.3 FLUXOGRAMA DOS PROGRAMAS

O fluxograma elaborado para o desenvolvimento do programa da miniestação meteorológica, apresentado na Figura 38, é composto de duas partes, uma é o código embarcado no Arduino Mega, que corresponde a aquisição de dados e a outra é o código embarcado no NodeMCU ESP 8266-12E, que corresponde a transmissão wifi para a plataforma ThingSpeak.

Figura 38 - Fluxograma para miniestação meteorológica.



Fonte: Própria do autor.

Neste fluxograma para o código do Arduino Mega inicia a leitura das bibliotecas utilizadas. Após, ocorre a definição das variáveis que receberam os dados lidos pelos sensores e os I/O's para a leitura dos dados e conexão serial com o NodeMCU ESP 8266-12E. Logo após, é garantido a conexão serial com o NodeMCU, em seguida são chamadas as funções para a aquisição dos dados que após serem atribuídos a objetos Json, são serializadas e transformadas em *strings* que são enviados ao NodeMCU.

Ao ser inicializado o programa que está no NodeMCU ESP 8266-12E, tem-se a leitura das bibliotecas, após são configurados os pinos responsáveis pela comunicação serial, seguido pela definição do tipo e nome das variáveis.

Para conexão com a internet são definidos parâmetros como rede e senha do usuário. Na conexão com o ThingSpeak são definidos chave de escrita, endereço do site para que os dados sejam postados no canal do projeto. Com a conexão serial

estabelecida entre Arduino Mega e NodeMCU, os dados enviados em um *string* para o NodeMCU são postados no site, finalizando assim, o algoritmo.

O aplicativo (ou servidor) ThingSpeak na versão gratuita, o intervalo de envio de dados tem que ser maior que 15 segundos, por isso, é programado um delay de 30 segundos, evitando a perda de envio de dados.

5.4 DASHBOARD DA MINIESTAÇÃO VERSÃO WEB

Após registro e criação do canal no aplicativo, com o programa “rodando” nos microcontroladores, para se observar o *dashboard* no ThingSpeak e a evolução das medidas das variáveis climáticas, basta acessar a guia meus canais, ou pelo ID do canal: 1583297 (“Channel ID”). Alguns resultados das medidas da miniestação meteorológica são apresentados nos gráficos das Figuras 39 (a) a (g). e em (h) a localização do canal.

Com o objetivo de validação, na Figura 40 são comparados os resultados obtidos da miniestação, com os gráficos de variáveis climáticas. do canal Clima Tempo da UNESP- Ilha Solteira.

Figura 39 – Canal e os gráficos das variáveis climáticas ao longo do tempo.
 a) Temperatura (DHT11). b) Umidade relativa do ar. c) Concentração de monóxido de carbono. d) Temperatura (BMP280). e) Pressão atmosférica. f) Altitude. g) Índice de radiação Ultravioleta. h) Local do canal.

Miniestação Meteorológica

Channel ID: **1583297**

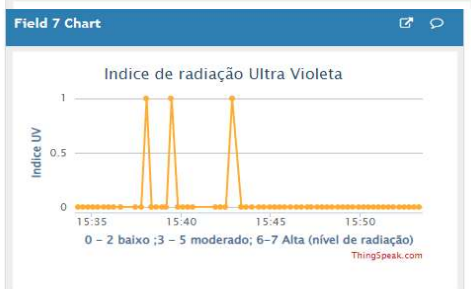
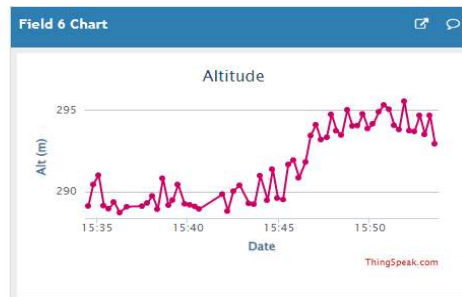
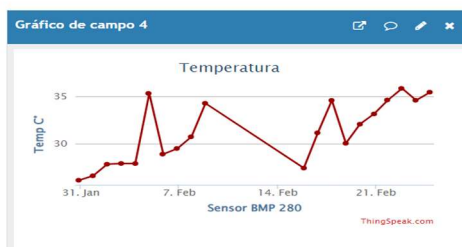
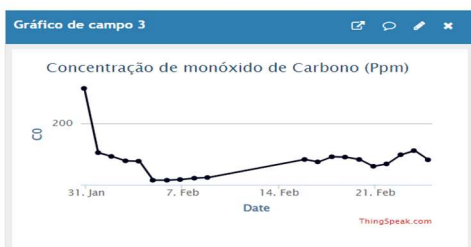
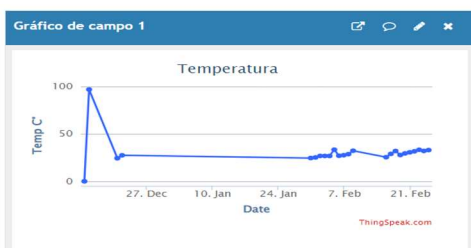
Author: **mwa0000024835192**

Access: Public

Trabalho de graduação elaborado para os estudos das variáveis climáticas: temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, altitude e radiação ultravioleta.

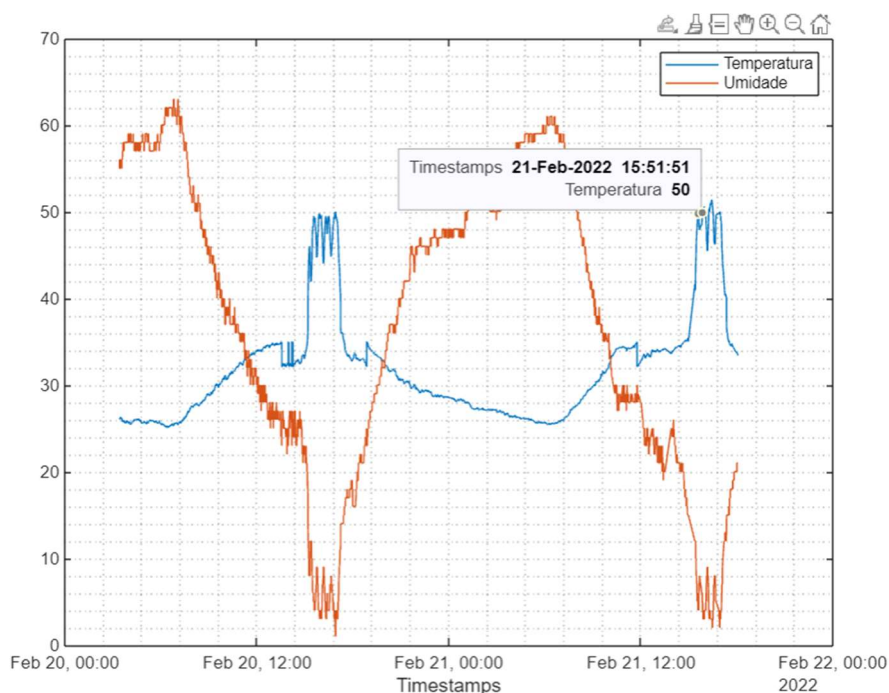
Isd, feis

Export recent data

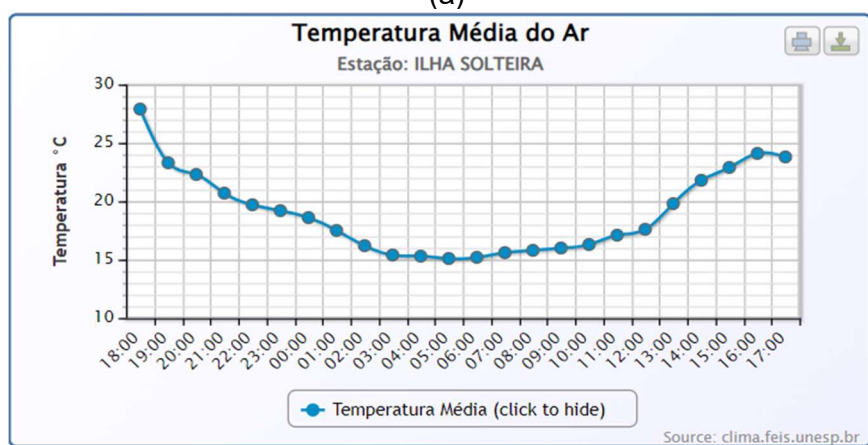


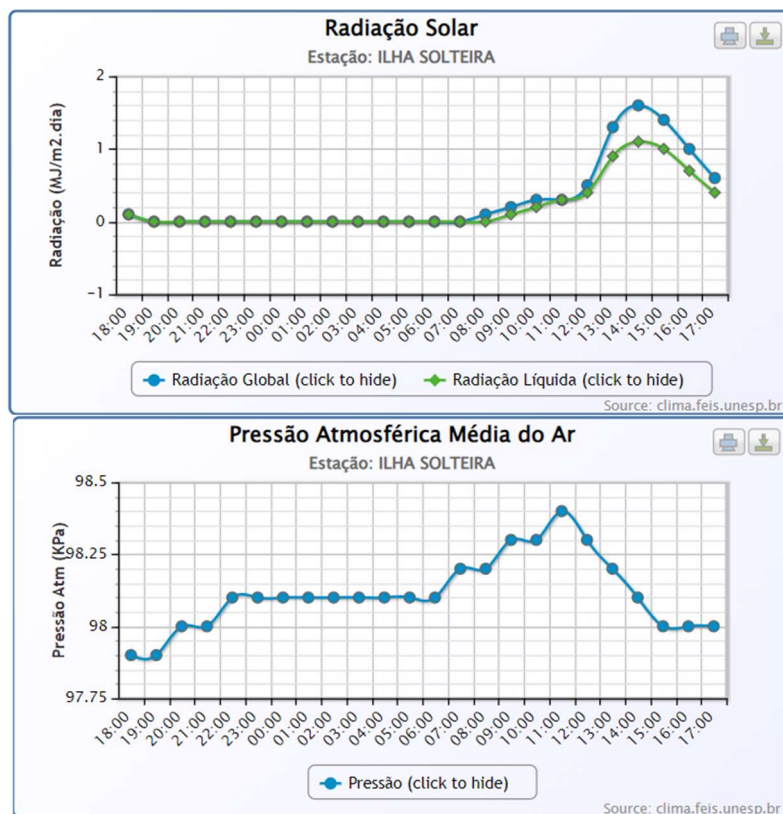
Fonte: ThingSpeak, 2022.

Figura 40 - Comparativo entre as variáveis climáticas. a) Miniestação. b) Canal Clima Tempo da UNESP- Ilha Solteira.



(a)



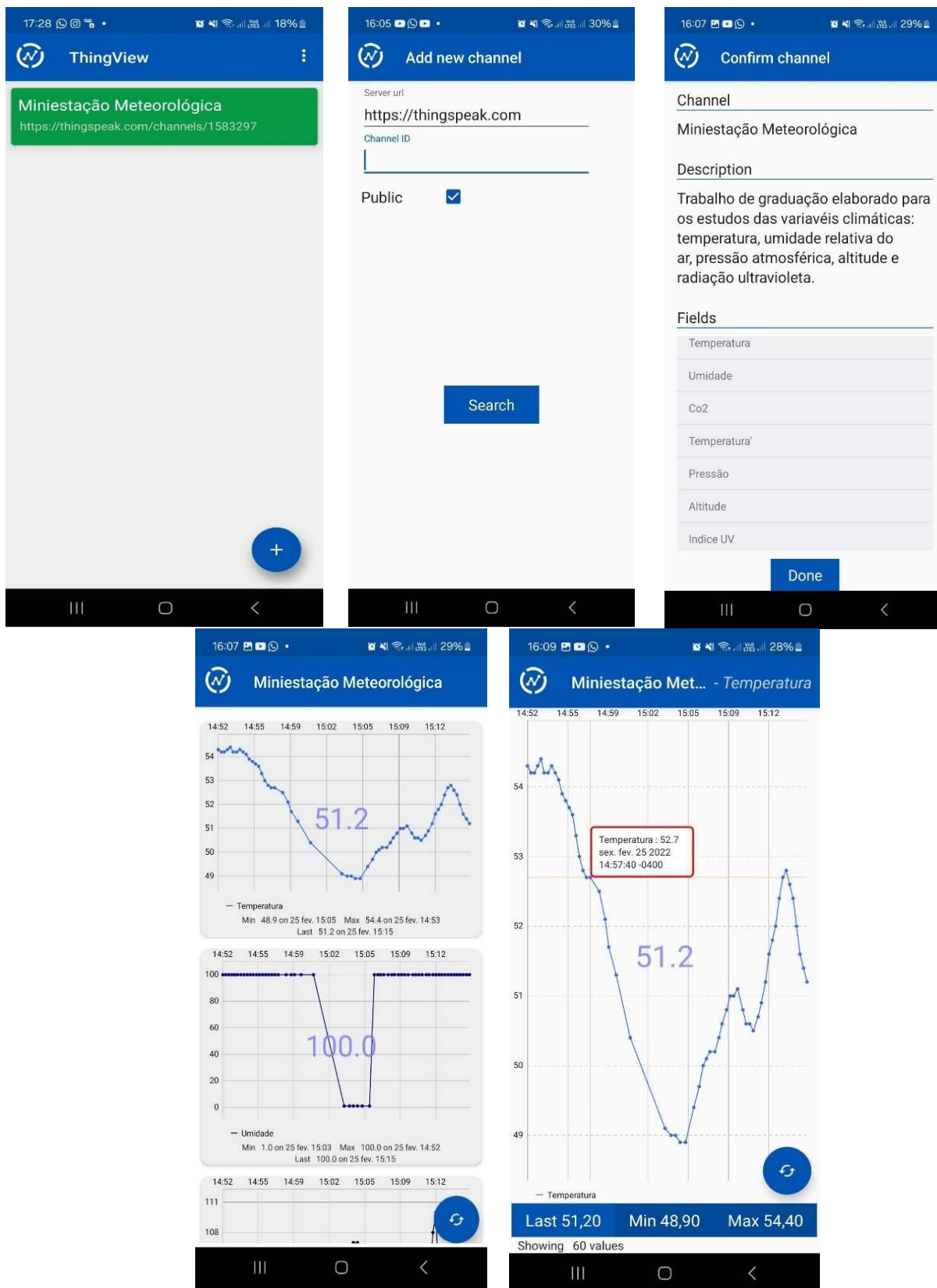


(b)

Na Figura 40 (a) observam-se os dados colhidos de umidade e temperatura de dois dias onde é constatado a relação inversamente proporcional entre as variáveis climáticas em questão e a variação de temperatura com valores mínimos durante a manhã e a noite e máximos no período da tarde, alcançando seu pico as 16 horas. Esse comportamento é semelhante aos gráficos observados durante a medição do Canal Clima UNESP – ISA. . As divergências se devem principalmente, ao local de instalação e o condicionamento diferente, aplicados em cada estação meteorológica.

Para utilizar a versão mobile do canal Thingspeak é necessário baixar no dispositivo celular o aplicativo ThingView. Ao abrir pode-se adicionar um canal, para monitorar , um exemplo de visualização é dado na Figura 41.

Figura 41 – Sequência de passos para a visualização do gráfico na versão mobile.



Fonte: ThingSpeak, 2022.

Da esquerda para a direita, com o cadastro pronto da miniestação na primeira tela, tela principal, na segunda entra-se com o ID do canal da miniestação, em seguida aparece que o canal foi confirmado e as informações da miniestação registrada. Na tela seguinte ainda no smartphone, aparece os gráficos das medidas, neste caso de temperatura e umidade, que também foram registradas pelo monitor do computador.

Resultados esperados no desenvolvimento da miniestação meteorológica baseado em tecnologias atuais e de baixo custo, foi a captura dos dados de interesse e enviá-los por meio de dispositivos *wifi* de pouco ou longo alcance, ao usuário final, disponibilizando os dados de forma visual, por meio de interfaces gráficas e interativas, assim como por meio de serviços web (WebService) para à tomada de decisões para aplicações na agricultura, em culturas que dependem de dados mais pontuais e em regiões distantes ou de difícil acesso.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho de pesquisa foi desenvolvido o projeto de uma miniestação meteorológica usando o conceito de IoT, integrada a um dispositivo móvel de baixo custo para fins domésticos ou de pequenas propriedades rurais. Para a montagem foram utilizadas as plataformas de controle, Arduino MEGA 2560 e o módulo *wifi* Esp8266 NodeMCU Esp-12E para o monitoramento das variáveis climáticas, de temperatura, umidade, pressão, altitude, CO e nível UV (Ultravioleta). Os resultados são visualizados na tela de um *smarthphone*, por meio da conexão *bluetooth* ou pelo acesso *wifi* ao app Thinkspeak. Ao final compara-se os dados obtidos com a miniestação meteorológicas com RAgmNP - DEFERS-FEIS-UNESP.

A disponibilidade no mercado de componentes dos vários sensores com medidas confiáveis, boa repetibilidade e de baixo custo, motivam pesquisas nesta área e facilitam o acesso às informações climáticas aos pequenos produtores rurais, auxiliando-os na economia de gastos com energia, água e insumos, minimizando os riscos associados à atividade agrícola.

A plataforma de controle utilizada, Arduino MEGA apresenta características atrativas como softwares de desenvolvimento livres e amigáveis, disponibilidade de entradas e saídas analógicas e digitais, bibliotecas de fácil acesso, diminuindo a complexidade dos programas.

Quanto ao módulo Esp8266 NodeMCU ESP-12E serviu como *wifi* para o Arduino MEGA, uma vez que essa versão é desprovida desta característica . Atualmente, já é uma realidade o Arduino MEGA com *wifi* integrado..

Os desafios deste projeto foram o desenvolvimento da programação em C++, principalmente na conexão serial entre as plataformas de controle,, os testes com os sensores e o uso dos vários aplicativos visando à sua comunicação com a internet e a apresentação dos resultados em um monitor ou *smartphone*.

A questão dos diferentes valores (mais baixos) de fontes de alimentação para os dispositivos modernos (visando diminuir o consumo e a dissipação) exigiu mais estudos e o uso de reguladores de tensão, importante para o enriquecimento do aprendizado em hardware.

Comparando os resultados de algumas variáveis climáticas da miniestação meteorológica com aos dados do Canal Clima tempo UNESP Ilha Solteira, observa-se um comportamento semelhante em diversos pontos. Justifica-se essas diferenças

pelas condições e local de medidas não ideais, a que foi submetida a miniestação, comprometendo o seu desempenho, e a necessidade de serem obtidas uma maior quantidade de medidas.

Para trabalhos futuros sugere-se a substituição do Arduino MEGA por um conversor ADC e o uso somente do NodeMCU ESP8266-12E que possui comunicação *wifi* . Outro melhoramento importante para dar autonomia ao protótipo da miniestação meteorológica é agregar uma fonte de energia renovável ; condicionar melhor, fazer placa PCB (Printed Circuit Board) para soldar os componentes e melhorar o condicionamento de cada sensor; colocar um sensor pluviométrico e por fim, fazer a instalação perene do projeto em local acessível, para que os dados possam ser acompanhados pelos estudantes do curso de engenharia Elétrica.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICIEN. Disponível em ;<https://www.agricien.com/blog/2020/1/17/la-importancia-de-las-variables-meteorologicas-para-el-adecuado-manejo-agronmico-en-el-cultivo-de-arroz>. Acesso em : 15 de maio de 2024

AGROTOOLS. Agrometeorologia: dados climáticos para a produtividade no campo. 28 jun 2021. Disponível em: <https://agrottools.com.br/blog/tecnologia-big-data/agrometeorologia/#:~:text=Tamb%C3%A9m%20chamada%20de%20meteorologia%20agr%C3%ADcola>. Acesso em: 23 de novembro de 2023.

ARDUINO. Disponível <https://pt.wikipedia.org/wiki/Arduino>. Acesso em : 24 de julho de 2024.

ARDUINO MEGA 2560. Disponível em: < <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3> >. Acesso em: 10 de junho de 2024.

BRASIL ESCOLA. Monóxido de carbono. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/monoxido-carbono.htm>. Acesso em : 22 de julho de 2024.

BERTOLETTI. Disponível em :<https://www.makehero.com/blog/esp8266-com-thingspeak/>. Acesso em: 10 de março de 2024

CEREZA, Gustavo. MQ7 sensor de monóxido de carbono. Disponível em : <https://elcereza.com/mq7/>. Acesso em: 10 de julho de 2024.

CUNHA, A. K., MEDEIROS, S. G. F. de , MEDEIROS FILHO, F. C. de. Micro Raauv: Uso de microcontroladores para medição de variáveis atmosféricas. UFERSA-Caraúbas-RN. Anais da Mostra Nacional de Robótica - MNR 2018.

DATASHEET DHT11, 2012. Disponível em: <http://www.sunrom.com> Acesso em 24 de julho de 2024.

DATASHEET GUYA - S12SD, 2011. <https://pdf1.alldatasheetpt.com/datasheet-pdf/view/712047/ROITHNER/GUYA-S12SD.html>. Acesso em 24 de julho de 2024.

DEFERS-FEIS-UNESP. Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista. Disponível em: <https://clima.feis.unesp.br/> . Acesso em: 06 ago 2021.

DE SOUZA, T. A.; DE OLIVEIRA, R. M.; SILVA, K. M. de J.; Dourado, R. M; INÁCIO, M. J.; ASPIAZÚ, I. Sistema embarcado aplicado ao monitoramento e controle de irrigação artificial em condições semiáridas. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a268>. Acesso em: 7 de maio de 2024.

DOS REIS, F. Introdução aos Sistemas Embarcados. Disponível em: <https://www.bosontreinamentos.com.br/electronica/electronica-geral/introducao-aos-sistemas-embarcados/>. Acesso: 24 de julho de 2024

DRÄGER. Monóxido de Carbono CO. Disponível em: <https://www.draeger.com/pt-br/Substances/255>. Acesso em: 10 jun 2024.

ELETROGATE. Sensor de umidade e temperatura DHT11. Disponível em : https://www.eletrogate.com/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11?utm_source=Site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign. Acesso em : 10 jun 2024.

EMBARCADOS. O que são os sistemas embarcados. 2022. Disponível em: <https://embarcados.com.br/o-que-sao-sistemas-embarcados/>. Acesso em: 24 de julho de 2024.

ESPRESSIF SYSTEMS. ESP8266 Overview. Disponível em: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp8266>. Acesso em 10 jul 2024

ÍNDICE ULTRAVIOLETA Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet_index. Acesso em : 27 jun 2024.

INMET. Mapa de estações meteorológicas. Disponível em : <https://portal.inmet.gov.br/servicos/mapa-de-esta%C3%A7%C3%B5es-meteorol%C3%B3gicas> .Acesso em : 06 ago 2021.

ITPEDIA. Wifi e Bluetooth, ambos sem fio, qual a diferença? Disponível em: <https://pt.itpedia.nl/2018/07/12/wifi-en-bluetooth-wat-is-het-verschil/>. Acesso em : 10 jun 2024.

JOHNSON, Jennifer. (2024) Is Agile Talent the answer for Embedded Systems Design?. Toptal. Disponível em: <https://www.toptal.com/insights/agile-talent/embedded-systems-design-agile-talent>. Acesso em: 10 jul 2024.

KOYANAGI, F. NodeMCU ESP8266: Detalhes e Pinagem. Disponível em: <https://www.fernandok.com/2018/05/nodemcu-esp8266-detahes-e-pinagem.html>. Acesso em: 10 jul. 2024.

MAGNETOMETERS OVERVIEW. Disponível em: <https://www.bosch-sensortec.com/products/motion-sensors/magnetometers/>>. Acesso em: 12 jul. 2024

MAKERHERO. Conversor de nível lógico bidirecional. Disponível em: <https://www.makehero.com/produto/conversor-de-nivel-logico-33-5vbidirecional/>. Acesso em: 10 jul 2024.

MAKERHERO. Sensor BMP280. Disponível em: <https://www.makehero.com/blog/monitoramento-de-temperatura-e-pressao-a-distancia-com-sensor-bmp280/> Acesso em: 10 jul 2024.

MAKERHERO. Sensor de Gás MQ-7 Monóxido de Carbono. Disponível em : <https://www.makehero.com/produto/sensor-de-gas-mq-7-monoxido-de-carbono/>. Acesso em: 10 jul 2024.

MUNDO EDUCAÇÃO. Qual a diferença entre climatologia e meteorologia? Rodolfo F. Alves Pena. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/qual-diferenca-entre-climatologia-meteorologia.htm>. Acesso em: 16 abr 2024 .

NETO, E. L. DE A. et al. ESTAÇÃO METEOROLÓGICA WIFI DE BAIXO CUSTO BASEADO EM THINGSPEAK. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR.-CBENS.2018 Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/651/651> Acesso em : 17 outr. 2021.

RAIOS UVA E UVB: Diferença entre eles Disponível em : [https://www.extremeuv.com.br/raios-uva-e-uvb-diferenca-entre-eles#:~:text=Os%20raios%20ultravioleta%20emitidos%20pelo,e%20UVC%20\(ultravioleta%20C\)](https://www.extremeuv.com.br/raios-uva-e-uvb-diferenca-entre-eles#:~:text=Os%20raios%20ultravioleta%20emitidos%20pelo,e%20UVC%20(ultravioleta%20C).). Acesso em : 27 jun 2024.

RS COMPONENTS. Disponível em: <https://br.rsdelivers.com/>. Acesso em :27 jan 2024.

SENSOR DE LUZ ULTRAVIOLETA GUVA-S12SD. Disponível em: https://www.usinainfo.com.br/sensor-uv-ultravioleta/sensor-de-luz-uv-ultravioleta-guva-s12sd-keys-4918.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwqMO0BhA8EiwAFTLgIG-DUnreBEzf4pM4N7QRRLN3rYYSa_i7ew0sRm-TtWjx0EYj_ynXoRoC4VUQAvD_BwE. Acesso em: 12 jul. 2021.

SENSOR DE MONÓXIDO DE CARBONO. Tutorial 2017 Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-gas-mq-135/>. Acesso em :12 fev 2022.

SENSOR UV. Disponível em : <http://www.geni-uv.com/en/product/uv-visible-sensor>. Acesso em :10 mai 2024

SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L.R.. Introdução a meteorologia agricola, 2012. Disponível em: http://www.leb.esalq.usp.br/leb/aulas/lce306/Aula1_2012.pdf Acesso em : 6 jul 2024.

SILVA, C. D. N.; DE LIMA, J. A. G. ; DA SILVA, L. G. C.; PONTES, W. M. C. S.; AMORIM, K. de P. (2020). Monitoramento de variáveis ambientais usando IoT para aplicações em agrometeorologia / Monitoring of environmental variables using IoT for applications in agrometeorology. *Brazilian Journal of Development*, 6(8), 58855–58869. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-338>

SILVA, T. A. Estação Metereológica sustentavel Aplicada Com IoT e Machine Learning. 2021. Trabalho de conclusão de Curso (Pós-graduação) - Centro universitário de Brasilia, [S. I.], 2021. Disponível em: <https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/pic/article/download/8150/4970>. Acesso em: 7 jul. 2021.

SOUZA, Hênio Carlos Ferreira de. Desenvolvimento de uma Estação Meteorologica Reduzida (EMR) para otimização do processo de irrigação. 2015. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado) - Universidade Estadual de Montes Claros, [S. I.],

2015. Disponível em: https://www.academia.edu/23575240/DESENVOLVIMENTO_DE_UMA_ESTA%C3%87%C3%83O_METEOROL%C3%93GICA_REDUZIDA_EMR_PARA_OTIMIZA%C3%87%C3%83O_DE_PROCESSO_DE_IRRIGA%C3%87%C3%83O. Acesso em: 5 nov. 2023.

SISTEMA EMBARCADO, 2024. Wikipedia. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_embarcado. Acesso em: 10 de abril de 2024.

STEMpedia . Disponível em : <https://thestempedia.com/>. Acesso em: 10 fev 2024.

STROSKI, P. N. O que são MEMS?Disponível em : <https://www.electricalibrary.com/2019/06/24/o-que-sao-mems/> .Acesso em: 24 de julho de 2024.

TECMUNDO. Conheça os 10 sensores do Samsung Galaxy S5. 2014. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/galaxy-s5/54042-conheca-os-10-sensores-do-samsung-galaxy-s5-ilustracao-.htm> . Acesso em 12 jul 2024.

TEIXEIRA, M. M.. Transdutor; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/transdutor.htm>. Acesso em 12 jul de 2021.

TORRES, H. MEMS - Sistemas Microeletromecânicos. 2014. Disponível em: <https://embarcados.com.br/mems/>>. Acesso em : 11 jul 2024

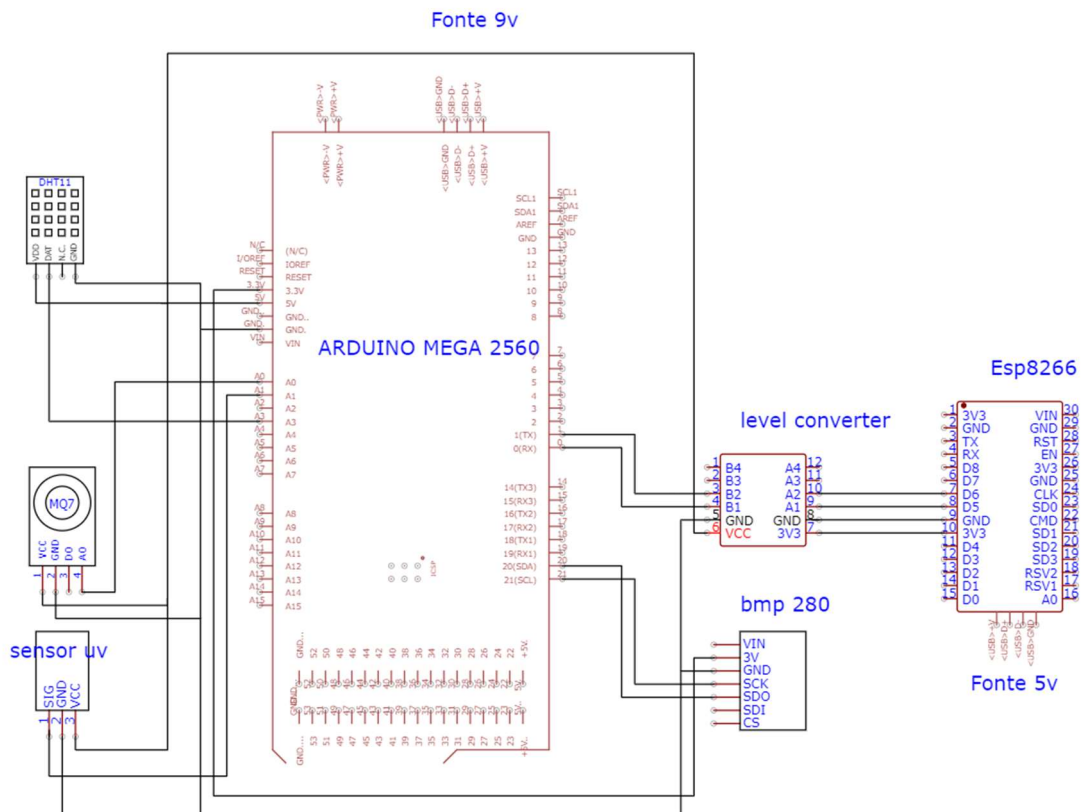
THINGSPEAK . Disponível em: <https://thingspeak.com/=1>. Acesso em: 20 jan 2021

TUTORIAIS, TECNOLOGIAS E TENDÊNCIAS Disponível em: <https://www.fernandok.com/2018/05/nodemcu-esp8266-detalhes-e-pinagem.html> Acesso em : 15 mai 2024.

USINAINFO Sensor de Luz UV Ultravioleta Guva-S12SD Keyes. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/sensor-uv-ultravioleta/sensor-de-luz-uv-ultravioleta-guva-s12sd-keyes-4918.html>. Acesso em: 29 de julho de 2024.

VOLTIMUM. Luz ultravioleta, tecnologia aliada para desinfecção e segurança do meio ambiente.2020 Disponível em: <https://www.voltimum.pt/artigos/noticias-do-sector/luz-ultravioleta>. Acesso em: 29 de julho de 2024.

APÊNDICE A – Circuito esquemático para a Miniestação Meteorológica



APÊNDICE B – Resumo do trabalho apresentado no CIC-2021



Desenvolvimento de uma miniestação meteorológica integrada a um dispositivo móvel.

Edivaldo Alves Correa Junior, Suely Cunha Amaro Mahtovani, UNESP, Campus de Ilha Solteira, Engenharia Elétrica, edivaldo.correa-junior@unesp.br

Palavras Chave: Sensores, Meteorologia, bluetooth

Introdução

O avanço tecnológico em circuitos integrados culminou com a miniaturização, o baixo custo e a alta precisão de dispositivos eletrônicos, como os sensores. A comunicação sem fio contribuiu também para a criação de estações meteorológicas automatizadas que monitoram diversas variáveis climáticas. No Brasil há um grande número de redes de estações meteorológicas públicas, como a rede do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), porém com localização estratégica em uma grande área e/ou município. A criação de sub-redes locais que contribuam em lavouras, sítios ou fazendas, somam-se às informações das redes maiores proporcionando medidas mais precisas.

Objetivo

Nesta pesquisa tem-se como objetivo o desenvolvimento de uma miniestação meteorológica integrada a um dispositivo móvel, via bluetooth e aplicativo (app.) Android, para fins domésticos, de baixo custo, a partir da leitura dos sensores de temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica, altitude, concentração de CO₂ e raios ultravioleta.

Material e Métodos

Apresenta-se na Figura 1 o esquema de conexão do projeto da miniestação. Neste são utilizados os sensores de temperatura e umidade, DHT22, altitude e pressão, BMP280, concentração de CO₂, MQ7 e raios UV, GUV-A-S12SD e a plataforma de desenvolvimento, Arduino Mega2560. O módulo bluetooth HC-05A faz a comunicação (wireless) com o smartphone, fornecendo a visualização das medidas e armazenamento via o aplicativo Dabble.



Figura 1. Esquema de conexão do projeto.

Resultados e Discussão

Mostra-se a montagem da miniestação na Figura 2. Com esta, foram obtidas as medidas propostas, e a

sua visualização, em tempo real, na tela do smartphone usando o aplicativo Dabble na entrada IoT -> Datalogger. O Dabble, entre suas várias funções, armazena os dados das variáveis meteorológicas em uma planilha, que são colocados em gráficos apresentados na Figura 3.



Figura 2. Miniestação meteorológica



Figura 3. Medidas: Pressão, Altitude, Temperatura e Umidade, e a interface, *datalogger* do Dabble.

Conclusão

A miniestação meteorológica demonstra medidas confiáveis obtidas dos sensores escolhidos, cujos resultados estão sendo comparados a estação meteorológica RAGmNP - DEFERS-FEIS-UNESP. O baixo custo e a visualização de dados por dispositivo móvel e aplicativos, facilita seu uso por pequenos produtores rurais.

¹ MALFATTI, G. M.; PAVAN, W.; FERNANDES, J. M. C. Rede de estações meteorológicas automáticas sem fio. Trabalho de Conclusão de Curso Instituto de Ciências Exatas e Geociências – Ciência da Computação – Universidade de Passo Fundo (UPF). Embrapa. 2014.