

PROTÓTIPO DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA UTILIZANDO SISTEMA EMBARCADO DE SOFTWARE E HARDWARE LIVRE

PROTOTYPE OF A WEATHER STATION USING FREE EMBEDDED SOFTWARE AND HARDWARE SYSTEM

Luiz Eduardo Viera Montanha¹

Ricardo Rall²

RESUMO

Com os grandes avanços da ciência, satélites foram enviados ao espaço com a tentativa de encontrar respostas e soluções para determinados assuntos. Um dos satélites enviados inicialmente era meteorológico, dando início a registros e transmissões de informações meteorológicas por todo o mundo. A partir daí, conhecimentos relacionados aos processos físicos, químicos e dinâmicos da atmosfera se tornaram importantes e estão permitindo, a partir de medições, prever fenômenos climáticos extremos como secas e chuvas, com o objetivo de reduzir o impacto desses acontecimentos sobre a sociedade. Portanto trabalhos com estações meteorológicas se tornaram importantes para os avanços da ciência e tecnologia e um destaque para estações desenvolvidas com custos peças e acessórios mais acessíveis e de baixo custo, possibilitando o acesso a essa tecnologia a um maior número de pessoas. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um protótipo de uma estação meteorológica utilizando materiais, tanto hardware quanto software, de baixo custo e livres sem perda da qualidade e segurança das medidas, que poderão ser acessadas remotamente em gráficos pré-moldados, para análises futuras. Para realizar este experimento, foram utilizados uma placa Arduino UNO, com um *shield ethernet*, que permite a comunicação com a internet para envio e atualização dos dados, além de um abrigo meteorológico e sensores responsáveis pela coleta das medidas de temperatura, umidade relativa do ar, luminosidade, pressão atmosférica e radiação ultravioleta. A armazenagem dos dados apresentou bons resultados e estão disponíveis em ambiente web e mobile, sendo acessados em tempo real pela plataforma responsável.

Palavras-chave: Arduino, Meteorologia, *ThingSpeak*.

¹ Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, FATEC Botucatu. Av. José Ítalo Bacchi, s/n - Jardim Aeroporto, Botucatu - SP, 18606-851. e-mail: dan27.filho@gmail.com

² Professor de Ensino Superior do Centro Paula Souza, FATEC Botucatu. Av. José Ítalo Bacchi, s/n - Jardim Aeroporto, Botucatu - SP, 18606-851. e-mail: ricardo.rall@fatec.sp.gov.br

ABSTRACT

Advances in science have sent satellites to space aiming to find answers and solutions to certain issues. At the beginning, one of the sent satellites was a meteorological one, starting records and transmissions of weather information around the world. Thenceforth, knowledge related to the physical, chemical and dynamic processes of the atmosphere has become important and are allowing, through measurements, to predict extreme climatic phenomena such as droughts and rains, in order to reduce the impact of these events on society. Therefore, weather stations have become important for advances in science and technology. This paper aimed to develop a prototype of a weather station using low cost and free materials, both hardware and software, keeping good quality and safety measures. In addition, these measurements can be accessed remotely on precast charts for future analysis. A microcontroller board, Arduino, UNO model, was used, with shield ethernet allowing communication with the internet to send and update data, as well as a meteorological shelter and sensors responsible for collecting temperature measurements, relative humidity, luminosity, atmospheric pressure and ultraviolet radiation. Stored data showed good results and are available in web and mobile environment being accessed in real time by the responsible platform.

Key Words: Arduino, Weather, ThingSpeak.

¹ Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, FATEC Botucatu. Av. José Ítalo Bacchi, s/n - Jardim Aeroporto, Botucatu - SP, 18606-851. e-mail: dan27.filho@gmail.com

² Professor de Ensino Superior do Centro Paula Souza, FATEC Botucatu. Av. José Ítalo Bacchi, s/n - Jardim Aeroporto, Botucatu - SP, 18606-851. e-mail: ricardo.rall@fatec.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores avanços da tecnologia foi o surgimento dos computadores em meados da década de 40 e 50, que possibilitaram a realização de previsões de tempo e 10 anos depois, o primeiro satélite meteorológico foi lançado ao espaço, dando início a registros e transmissões de informações meteorológicas por todo o mundo (YNOUE *et al.*, 2017). Os grandes avanços nas comunicações e a facilidade de acesso às informações proporcionam uma maior capacidade de conhecimento dos processos físicos, químicos e dinâmicos da atmosfera, tornando possível, a partir de medições, prever fenômenos climáticos extremos como secas e chuvas, com o objetivo de reduzir o impacto desses acontecimentos sobre a sociedade.

Uma estação meteorológica é composta por um conjunto de instrumentos ou sensores que são responsáveis pela aquisição de dados meteorológicos em um mesmo local (INMET, 2019). Além de ser uma ferramenta fundamental no monitoramento das condições meteorológicas, seus dados podem ser utilizados posteriormente para análises, por agricultores e/ou pesquisadores.

Está se tornando cada vez mais comum estações meteorológicas automatizadas, que minimizam erros nas medidas, permanecendo apenas as falhas provenientes de equipamentos, que como manutenção inadequada ou calibração incorreta, afetando diretamente a confiabilidade e a integridade das medidas e resultando na busca de implantações de métodos mais eficazes, seguros e simples. De acordo com PEREIRA, E. B. *et al.* (2017), uma estação meteorológica automática é composta por uma unidade de memória central, como o microcontrolador Arduino UNO, conectada a sensores que possuem a capacidade física de mensurar parâmetros meteorológicos e climáticos como pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento.

Uma outra tecnologia que tem se tornado extremamente utilizada é a internet das coisas ou mais conhecida *internet of things* (IoT). Essa tecnologia está interligando o mundo físico e virtual, surgindo assim novas formas de comunicação entre pessoas e coisas, e entre coisas, criando um mundo em que os objetos ao nosso redor se comuniquem com a internet com a menor intervenção humana (DE MATOS, AMARAL e HESSEL, 2017). Mais precisamente, a internet das coisas significa “uma rede mundial de objetos interligados com base em protocolos de comunicação” (BASSI e HORN, 2008, p. 97-114). Utilizando a tecnologia de Iot uma estação meteorológica pode captar os dados e enviá-los para uma base de dados remota.

O objetivo do trabalho foi desenvolver um protótipo de uma estação meteorológica de baixo custo, utilizando hardwares e softwares livres com comunicação web, visando manter o

menor valor para sua aplicação sem perder em qualidade, promovendo assim uma maior acessibilidade a produtores rurais que necessitam dessas informações climáticas para obter um melhor controle de plantio e cultivo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Materiais

2.1.1 Arduino

O Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto (*open-source*) com hardware e software simplificados. Em relação às placas de Arduino, são capazes de ler dados de entrada e transformá-los em uma saída. Para a programação de seu microcontrolador, que é realizado no Software Arduino (IDE), é necessária a emissão de um conjunto de instruções, utilizando a linguagem de programação C/C++ (ARDUINO, 2019).

O Arduino UNO é o mais comumente utilizado em projetos prototipados, por ser uma ferramenta simples, ter uma ótima aplicação com grandes funcionalidades e baixo custo de hardware. Dentro de suas especificações, para o funcionamento correto do Arduino, sua alimentação externa pode ser variada de 6V a 20V, sendo que a tensão recomendada para o funcionamento da placa é de 7V a 12V. Além disso, o Arduino fornece tensão de 3,3V para alimentação de *Shields* e módulos externos (raramente sensores) com corrente de 50mA e de 5V, para alimentação de *Shields* e circuitos externos. Ainda fornece os conectores GND para pinos de referência, “terra”.

O componente principal da placa de Arduino é seu microcontrolador ATMEL ATMEGA328, um dispositivo com 8 bits da família AVR com arquitetura RISC avançada e com encapsulamento DIP28 (SOUZA, 2019). Para melhor entendimento, a Tabela 1 apresenta todas as especificações do Arduino UNO. Na Figura 1, pode-se observar o microcontrolador utilizado e a Figura 2 apresenta o ambiente inicial, onde é feita a programação, conhecido como Arduino IDE. Este ambiente de desenvolvimento permite a inserção de bibliotecas para auxiliar no desenvolvimento de certo equipamento, é dividido em duas partes, *Void setup*: é a parte de programação sem repetições (usado normalmente para declaração de portas de conexão) e o *Void loop*: é a parte de programação repentina, ou seja, a parte de programação que repete a cada execução. A declaração de variáveis globais é feita no início, antes destas duas partes.

Figura 1 - Arduino UNO

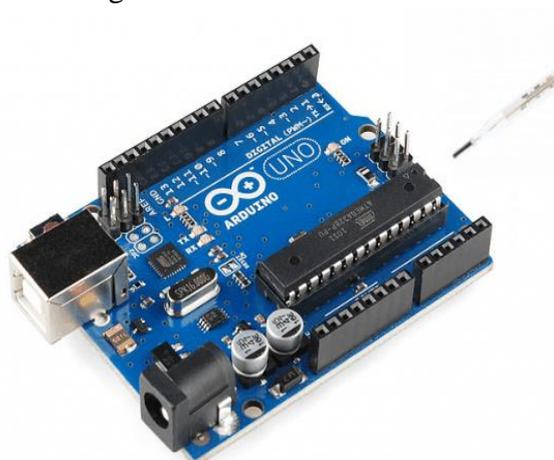
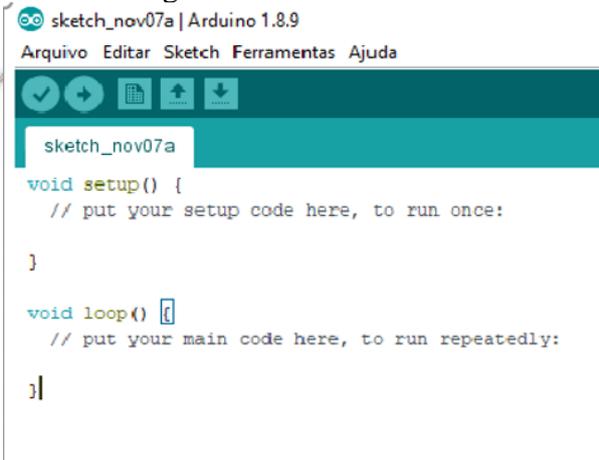


Figura 2 – IDE do Arduino



Fonte: Souza, 2014.

Tabela 1 – Principais especificações Arduino UNO

Microcontrolador	ATmega328
Voltagem Operacional	5V
Voltagem de entrada (recomendada)	7-12V
Voltagem de entrada (limites)	6-20V
Pinos E/S digitais	14 (dos quais 6 podem ser saídas PWM)
Pinos de entrada analógica	6
Corrente CC por pino E/S	40 mA
Corrente CC para o pino 3,3V	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) dos quais 0,5KB são utilizados pelo bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidade de Clock	16 MHz

Fonte: Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>. Acesso em: 28 mar. 2022.

2.1.2 Shield Ethernet

A Figura 3 mostra uma placa auxiliar que é acoplada ao Arduino permitindo a comunicação com a internet pelo meio cabeado. O Shield Ethernet possui um conector RJ- 45 fêmea e admite a inserção de um cartão de memória Micro SD.

Figura 3 - Shield Ethernet



Fonte: Filipeflop, 2020.

2.1.3 Abrigo meteorológico - impressão 3d

Para realizar a impressão 3D é necessário ter um modelo tridimensional do objeto através de softwares CAD (Computer Aided Design). O objeto é desenvolvido em um dos softwares de modelagem e preparado para ser impresso. A impressora é ligada ao computador que possui o arquivo contendo o objeto desenhado e utiliza um dispositivo mecânico para dispor e unir minúsculas partículas de filamentos, dentre os mais comuns são os PLA e ABS, em finas camadas. Essas camadas são sobrepostas uma a uma, formando o objeto modelado (MATSUURA, 2013, apud PINHEIRO *et al.*, 2018).

Para o desenvolvimento do abrigo meteorológico, foi utilizada a impressora Tevo Tarantula juntamente com o Filamento PLA, cuja cor selecionada foi a laranja. Este abrigo no qual foi utilizado para o projeto possui utilidade genérica, logo que serve para componentes eletrônicos em fases de testes. Para utilizar o abrigo, é necessário verificar os componentes eletrônicos para realizar a sua construção, assim mantendo um controle de risco com o espaço dentro do abrigo.

2.1.4 Sensores

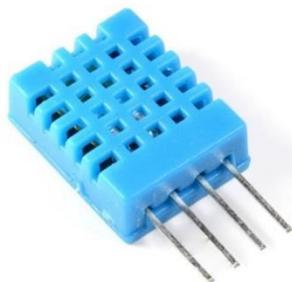
Uma estação meteorológica deve apresentar instrumentos capazes de aferir medidas relacionadas ao meio meteorológico. Estes equipamentos, após a coleta destes dados meteorológicos, armazenam as informações e dispõem de maneira facilitada para análises futuras. Seguem os sensores utilizados para o desenvolvimento da estação meteorológica.

- DHT 11:

Para o seu funcionamento, “o sensor usa como transdutores uma resistência elétrica sensível à umidade e um resistor semiconductor tipo NTC (Negative Temperature Coefficient)

para a temperatura” (SANTOS; AMORIM; DEREZYNSKI, 2017). A Figura 4 mostra o sensor que foi utilizado para a medição da temperatura e umidade relativa do ar.

Figura 4 - Sensor DHT11



Fonte: Filipeflop, 2020.

- Barômetro:

Foi utilizado o modelo BMP280, conforme a Figura 5, um sensor piezo-resistivo capaz de converter forças atuantes sobre ele em diferença de potencial elétrico, com o objetivo de realizar as medições da pressão atmosférica e da temperatura. Além disso, o sensor pode informar um valor aproximado da altitude do local em que estiver instalado (CID, 2019).

Figura 5 - Sensor de Pressão atmosférica



Fonte: Cid, 2019.

- Resistor dependente de luz (LDR):

O LDR, mostrado na Figura 6, é um sensor fotossensível que altera o valor de sua resistência, conforme ocorre a incidência de luz sobre si. É parcialmente composto por um material semicondutor que conforme a intensidade de raios luminosos incidentes, ocorre variação na sua resistência elétrica. Assim, quando aumenta a intensidade luminosa, diminui a

resistência elétrica, e quando se diminui a intensidade luminosa, aumenta a resistência elétrica (FRITZEN, 2019).

Figura 6 - Sensor de luminosidade

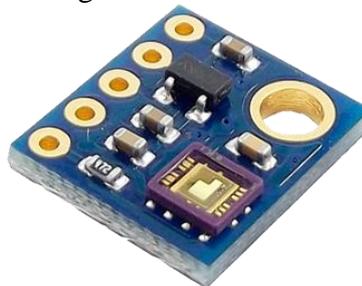


Fonte: Fritzen, 2019.

- Sensor de Radiação Ultravioleta:

Foi utilizado o modelo MI8511, conforme a Figura 7, sendo responsável por medir a luz no espectro ultravioleta e monitorando a luz nos comprimentos de onda entre o intervalo de 280nm e 390nm, que cobre as faixas dos raios UVA e UVB (Figura 8), sendo estes os raios responsáveis pelos danos causados à pele, tanto superficialmente como mais profundos (LUSOSAT, 2019).

Figura 7 - Sensor UV



Fonte: Lusosat, 2019.

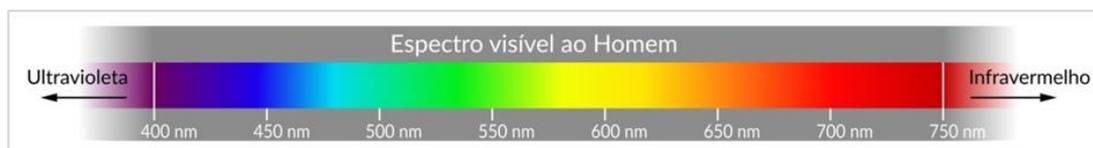
- Protoboard:

Para permitir a ligação dos sensores ao microcontrolador, foi necessária a utilização de uma *protoboard*. Foi escolhida com ser pequena, assim pode-se economizar espaço dentro do abrigo a qual foi utilizada. Ela contém 170 pontos e um adesivo na parte de trás para se adaptar as diversas superfícies.

Figura 8 - *Protoboard*

Fonte: Filipeflop (2022)

Figura 8 - Espectro Eletromagnético da Radiação Solar

Fonte: Adaptado de Pereira *et al.*, 2017 (p. 15)

2.2 Métodos

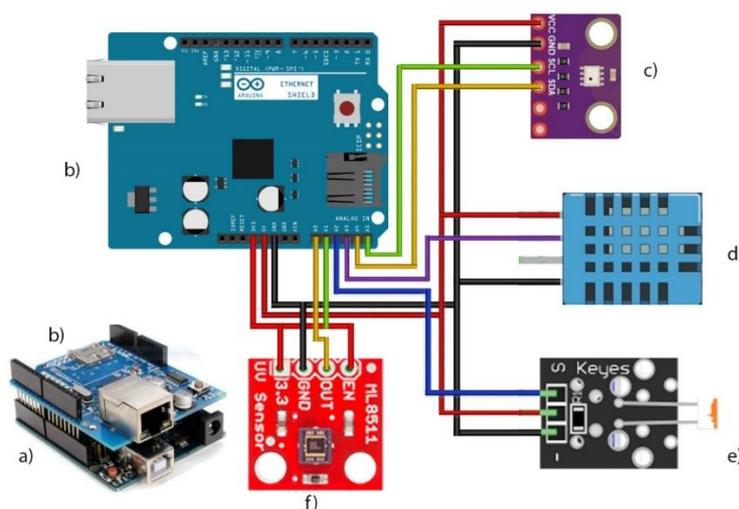
2.2.1 Comunicação com a rede

Para a disponibilização e visualização de maneira pública e em tempo real, os dados medidos foram exportados a uma plataforma on-line que se responsabiliza em permitir o acesso às medidas da estação. Para isso, é necessária uma conexão com a internet com a utilização de uma placa auxiliar ao Arduino que faz essa conexão de maneira cabeada, sendo que, a cada conexão com a rede o DHCP fornece um endereço IP na rede para realizar a comunicação entre o Arduino e a internet, e assim, os dados são enviados para a plataforma. Para o projeto, foi utilizado o modelo do *Shield Ethernet w5100*, como apresentado na Figura 1.

2.2.2 Esquema de ligação

A seguir, na Figura 9, pode-se observar o esquema de ligação do Arduino e seus equipamentos.

Figura 9 - Esquema de ligação dos equipamentos



Fonte: Próprio Autor, 2022.

A primeira conexão realizada foi a do Arduino e seu *Shield Ethernet* (letras A e B). Logo após, se iniciou a ligação dos sensores com a utilização de Jumpers e cada sensor possui uma certa semelhança no jeito de se comunicar com o Arduino, possuindo uma porta responsável pela sua alimentação (VCC, que pode variar para cada sensor 5V ou 3,3V), uma porta responsável pelo terra (GND) e uma porta responsável pelo sinal emitido pelos sensores.

Para realizar a ligação do sensor de pressão atmosférica, mais conhecido como barômetro (C), foram utilizadas, além das portas VCC (nesse caso a sua alimentação é de 3,3V) e GND, as portas SCL e das, sendo respectivamente e obrigatoriamente as portas A5 e A4 por seguirem o protocolo I2C.

Já os sensores de umidade relativa (D) e o de luminosidade (E) foram ligados somente em alimentação de 5v, um GND e a uma de sinal sendo ligada em uma porta analógica do Arduino.

O sensor de radiação ultravioleta seguiu a mesma ligação, só que com uma alimentação de 3,3V e necessitando de duas ligações para as portas analógicas do Arduino.

2.3 Impressão 3D

Uma das tecnologias que tem se tornado mais acessíveis é o uso da impressora 3D, uma máquina capaz de criar objetos em três dimensões. É uma tecnologia que obteve um grande avanço nesses últimos tempos e se tornou de grande utilidade em vários ambientes. Suas primeiras aplicações em nível pessoal foram por volta de 2006, e a partir dessa época, muitas empresas locais se dedicaram a realizar o desenvolvimento das impressoras permitindo que a

programação seja livre, ou seja, com seu código aberto, ocasionando na diminuição de seu valor (GORNI, 2013, citado por PINHEIRO *et al.*, 2018).

Neste trabalho foi utilizado a tecnologia 3D para a impressão da estrutura externa da estação meteorológica

2.4 ThingSpeak

De acordo com a definição feita pela própria plataforma, o *ThingSpeak* é um serviço de análise de internet das coisas (*Internet of Things*, IoT), que proporciona o acesso, a visualização e a análise do fluxo de dados em tempo real na nuvem. Os dados para o *ThingSpeak* podem ser expedidos a partir de dispositivos próprios, criando visualizações instantâneas de dados e permitindo o envio de alertas (THE MATHWORKS, 2019).

Dentre seus diversos recursos, o *ThingSpeak* permite a visualização dos dados em tempo real e a execução de análises de IoT automaticamente com base em agendamentos, permite a criação de protótipos e construção de sistemas IoT sem a configuração de servidores ou desenvolver softwares web (THE MATHWORKS, 2019).

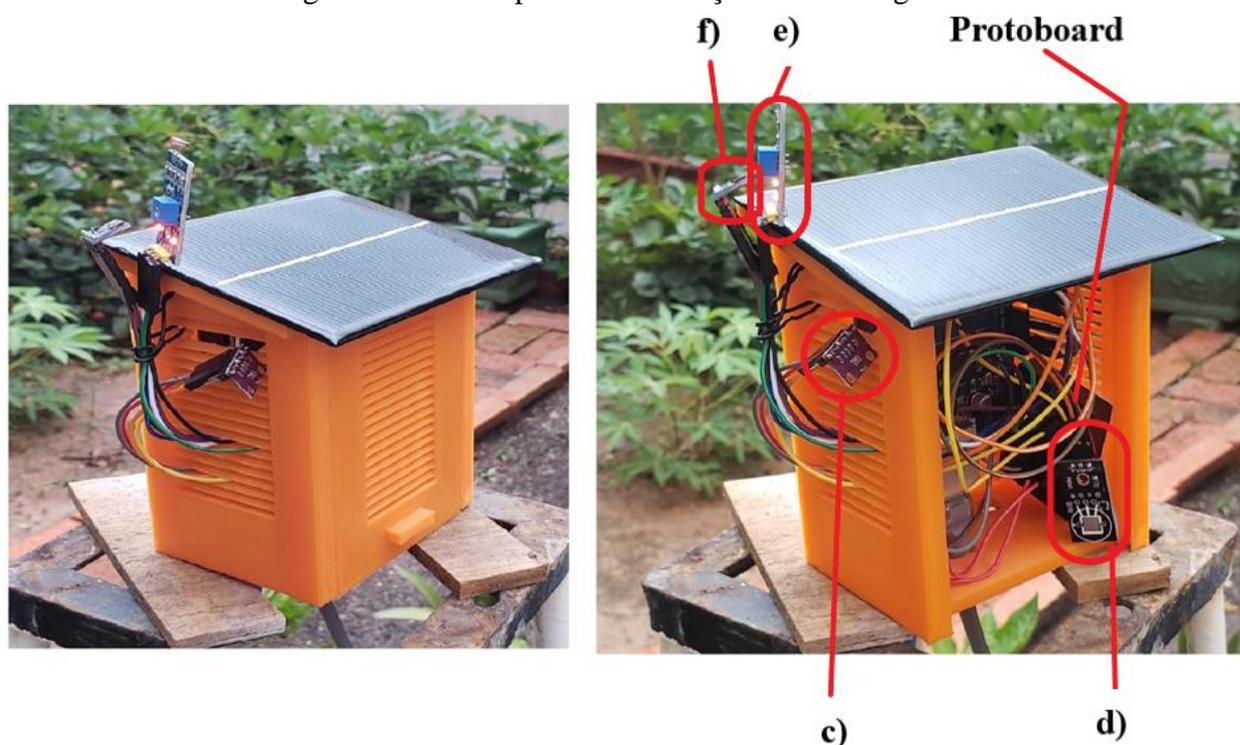
Durante a fase de coleta dos dados, os sensores enviam os dados para a nuvem onde são armazenados em um canal público ou privado. O *ThingSpeak* armazena estes dados em canais privados por padrão, mas podem ser utilizados os canais públicos para o seu compartilhamento. Os dados estando em um canal do *ThingSpeak*, podem ser analisados, visualizados, utilizados para cálculos, interagir com a Web e outros dispositivos e, durante o armazenamento na nuvem, é permitida a visualização e a exploração dos dados por meio de ferramentas analíticas online, possibilitando a elaboração de cálculos de novos dados e sua visualização em gráficos. A plataforma fornece acesso a uma grande ferramenta chamada MATLAB, que permite, conversão, combinação e cálculo de novos dados, além de agendar a execução de cálculos, auxiliar o entendimento visual usando funções de plotagem internas e combinar dados de vários canais para uma análise mais detalhada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 10 apresenta a montagem final do projeto, com todas as conexões de sensores e placas, conexões de cabos de rede e alimentação, protoboard com jumpers conectados, um abrigo meteorológico onde se localiza o Arduino juntamente com o *Shield Ethernet* e um dos sensores usados para o projeto, sensor de temperatura e umidade relativa do ar (d). Os sensores de luminosidade (e) e radiação ultravioleta (f) obrigatoriamente devem ficar fora do abrigo para

que ocorra um maior contato com o sol e, conseqüentemente, uma maior precisão dos dados. O sensor de pressão atmosférica (c) acompanhará os sensores fora do abrigo. A conexão é feita através de jumpers e estão ligados em uma Protoboard que se encontra encostado na parte direita por dentro do abrigo. Pelo risco de alta exposição as condições climáticas, como a chuva e o sol, ficariam expostos apenas a parte de captura dos dados destes sensores por aberturas presentes no abrigo meteorológico.

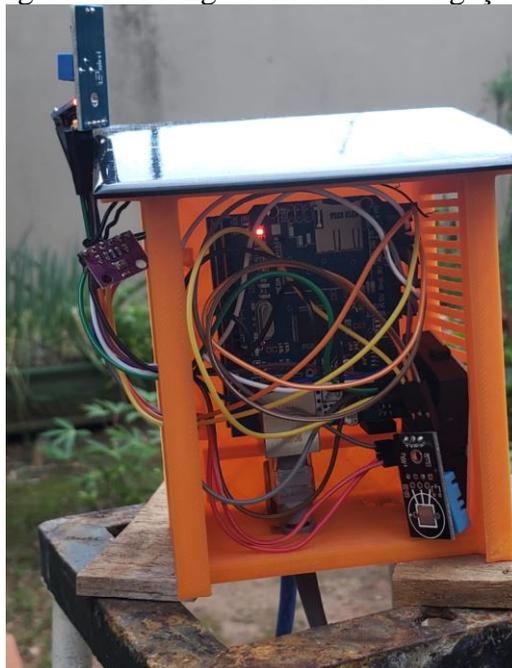
Figura 10 - Protótipo final da estação meteorológica



Fonte: Proprio Autor, 2022.

A Figura 11, mostra o abrigo meteorológico contendo todos os equipamentos descritos acima e suas respectivas ligações em funcionamento na prática em seu ambiente próprio com uma melhor visão por dentro do abrigo meteorológico, colhendo os dados e os enviando para a plataforma responsável para o armazenamento e disponibilização das medidas. Nesta figura pode-se observar o Arduino UNO junto com o Shield Ethernet, sensores, cabos de energização e para rede, todos os equipamentos em funcionamento.

Figura 11 - Abrigo com visão das ligações



Fonte: Próprio Autor, 2022.

Para a visualização dos dados coletados pela estação meteorológica, é necessário realizar um cadastro na plataforma do *ThingSpeak*, se o acesso for pela web. Os dados são disponíveis por meio de gráficos sinalizando qual a medida e sua unidade na parte vertical em comparação com o tempo. Na Figura 12, pode-se observar a variação da temperatura em um pequeno tempo de coleta de dados.

Para realizar o acesso aos dados em meio Mobile, é necessário somente o identificador (ID) da conta responsável. Logo após o preenchimento do ID, já estará disponível a visualização das medidas em um formato para celular. Na Figura 13, pode-se observar a variação da luminosidade em um curto período de coleta de dados. A partir da análise correspondente a luminosidade, foi possível verificar algumas condições climáticas em tempo real como por exemplo: céu aberto, nebuloso, noite, dia. Mesmo contendo uma base de dados relativamente baixa, já foi possível averiguar as condições climáticas.

Figura 12 - Gráfico Web

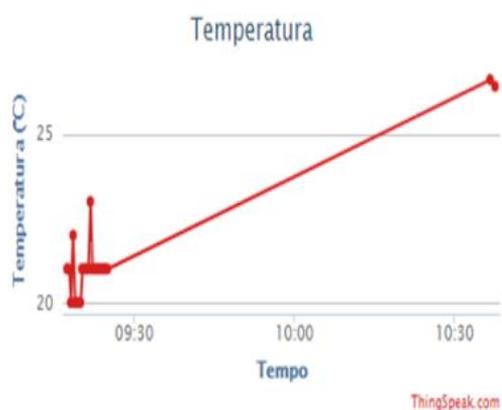


Figura 13 - Gráfico Mobile



Fonte: Próprio Autor, 2022.

Os gráficos apresentados nas Figuras 12 e 13 foram aplicados as outras medidas obtendo os mesmos resultados satisfatórios.

Tabela 2 – Lista de materiais utilizados

Quantidade	Descrição do material	Valor (Reais)
1	Arduino UNO e seu cabo de alimentação	54,90
1	Sensor DHT11 (Temperatura e umidade relativa do ar)	13,90
1	Sensor Barômetro (Pressão Atmosférica)	19,00
1	Sensor LDR (Luminosidade)	7,90
1	Sensor Radiação UV	25,00
1	Shield Ethernet	59,90
16	Jumpers (Macho x Macho)	12,90
1	Mini Protoboard (170 pinos)	7,90
1	Cabo de Rede Ethernet (RJ45 Macho)	10,90
10 m	Filamento PLA laranja 1,75mm de espessura	25,00
-	Energia Elétrica utilizada pela Impressão	5,00
TOTAL	-	242,30

Fonte: Proprio Autor, 2022.

A pesquisa de preços dos materiais utilizados foi realizada pelos sites FilipeFlop e Mercado livre, sendo feita uma média dos valores.

Pode-se perceber que o custo permanece baixo e acessível em comparação com estações meteorológicas prontas encontradas pela internet, que possuem um custo de aproximadamente R\$ 900,00, com os mesmos sensores utilizados no trabalho. Estas estações profissionais encontradas pela internet possuem um maior custo por conter uma montagem mais resistente as condições climáticas, ou seja, são mais duradouras, mas são menos acessíveis pelos seus altos orçamentos.

4 CONCLUSÕES

A partir deste trabalho, pode-se afirmar que estações meteorológicas de baixo custo podem ser viáveis e funcionais se comparadas com as estações climáticas prontas de mercado, como valores médios em torno de R\$ 900,00, uma diferença de R\$ 657,70 ou 73% mais baratas. Esse valor é resultado de uma média de pesquisas realizadas.

Logo pode-se afirmar que uma estação meteorológica de baixo custo poderá promover a acessibilidade a muitos pequenos produtores rurais que desejam informações climáticas para o controle do plantio, irrigação, cultivo etc.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. **What is Arduino?** Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#>. Acesso em: 21 out. 2019.

BASSI, A.; HORN, G. **Internet of Things in 2020: A Roadmap for the Future**. European Commission: Information Society and Media, v. 22, p. 97-114, 2008.

CID, A. S.; CORREA, T. Venturino: análise da variação de pressão em um tubo de Venturi utilizando Arduino e sensor de pressão. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, v. 41, n. 3. 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v41n3/1806-9126-RBEF-41-3-e20180333>. Acesso em: 06 fev. 2020.

DE MATOS, E.; AMARAL, LA; HESSEL, F. **Sistemas sensíveis ao contexto: tecnologias e desafios na internet de todos os ambientes**. In: BATALLA, JM *et al.* (Ed.). Além da Internet das coisas: tudo interconectado. Cham: Springer, 2017. p. 1-25.

FILIFELOP. **Ethernet Shield W5100 para Arduino**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/ethernet-shield-w5100-para-arduino/>. Acesso em: 06 fev. 2020.

FILIFELOP. **Sensor de Umidade e Temperatura DHT11**. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-umidade-e-temperatura-dht11/>. Acesso em: 12 fev. 2020.

FILIFELOP. **Mini Protoboard 170 Pontos**. Disponível em: <https://www.filifeelop.com/produto/mini-protoboard-170-pontos/>. Acesso em: 29 mar. 2022.

FRITZEN, C. **Como funciona um LDR (resistor dependente de luz)**. Disponível em: <https://fritzenlab.com.br/2016/01/como-funciona-um-ldr-resistor-dependente-de-luz/>. Acesso em: 18 out. 2019.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Instrumentos Meteorológicos**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=instrumentos>. Acesso em: 25 out. 2019.

LUSOSAT (Portugal). **USAR O SENSOR ULTRA-VIOLETAS**. 2019. Disponível em: <http://lusosat.org/ml8511uv.php>. Acesso em: 07 nov. 2019.

PEREIRA, E. B. *et al.* **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2 ed., São José dos Campos: INPE, 2017, 79 p.

PINHEIRO, C. M. P. *et al.* Impressoras 3d: uma mudança na dinâmica do consumo. **Signos do Consumo**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 15-22, jan./jun. 2018.

SANTOS, A. A. M.; AMORIM, H. S.; DEREZYNSKI, C. P. Investigação do fenômeno de ilha de calor urbana através da utilização da placa Arduino e de um sítio oficial de meteorologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 1, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172017000100605&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 12 fev. 2020.

SOUZA, F. **Arduino UNO**. Embarcados. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/Arduino-uno/>. Acesso em: 22 out. 2019.

SOUZA, F. **Arduino UNO - Sensor de Temperatura Interno**. Embarcados. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/arduino-sensor-de-temperatura-interno/>. Acesso em: 17 out. 2019.

THE MATHWORKS (Org.). **ThingSpeak**. Disponível em: <https://ThingSpeak.com/>. Acesso em: 12 out. 2019.

YNOUE, R. Y. *et al.* **Meteorologia: Noções Básicas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 40 p.