



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

DALLYSON REZENDES MUNIZ DE OLIVEIRA

**O USO DO ARDUÍNO EM UMA MINI ESTAÇÃO METEOROLÓGICA:
COMPARAÇÃO COM A ESTAÇÃO AUTOMÁTICA DE CARAÚBAS-RN**

CARAÚBAS

2023

DALLYSON REZENDES MUNIZ DE OLIVEIRA

**O USO DO ARDUÍNO EM UMA MINI ESTAÇÃO METEOROLÓGICA:
COMPARAÇÃO COM A ESTAÇÃO AUTOMÁTICA DE CARAÚBAS-RN**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof^ª. Dr^a Ana Tereza de Abreu Lima.

CARAÚBAS

2023

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

OO48u OLIVEIRA, Dallyson Rezendes Muniz.
O USO DO ARDUÍNO EM UMA MINI ESTAÇÃO
METEOROLÓGICA: COMPARAÇÃO COM A ESTAÇÃO AUTOMÁTICA
DE CARAÚBAS-RN / Dallyson Rezendes Muniz OLIVEIRA. -
2023.
36 f. : il.

Orientadora: ANA TEREZA DE ABREU LIMA.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2023.

1. estação. 2. meteorologia. 3. Arduino. 4.
análise. 5. benefício. I. DE ABREU LIMA, ANA
TEREZA, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2
e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Caraúbas Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues CRB: 15/700

DALLYSON REZENDES MUNIZ DE OLIVEIRA

**O USO DO ARDUÍNO EM UMA MINI ESTAÇÃO METEOROLÓGICA:
COMPARAÇÃO COM A ESTAÇÃO AUTOMÁTICA DE CARAÚBAS-RN**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em 10/10/ 2023.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



ANA TEREZA DE ABREU LIMA

Data: 18/10/2023 10:20:16-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ana Tereza de Abreu Lima, Prof.^a. Dr.^a. (UFERSA)

Presidente

Documento assinado digitalmente



ALLYSON ARILSON LIMA FILGUEIRA

Data: 17/10/2023 14:11:26-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Allyson Arilson Lima Figueira, Prof. Me. (UFERSA)

Membro Examinador



PEDRO NERI BANDEIRA DE SOUZA

Data: 17/10/2023 14:58:44-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pedro Neri Bandeira Souza, Prof. Me. (UFERSA)

Membro Examinador

Maria Almeida de Araújo.
Maria de Fátima.
João Antonio de Rezendes.

Damião Marcolino dos Santos
Maria Gomes de Freitas

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por me permitir a força e paciência necessária para ultrapassar obstáculos enfrentados durante todo o trabalho, aos familiares e amigos que me incentivaram, aos professores pelos conselhos e orientações a todos que fizeram parte dessa longa caminhada desde o começo do curso de maneira direta ou indireta me ajudaram a superar todas as dificuldades, e a minha parceira de vida que sempre esteve comigo em todos os momentos.

É uma disciplina que promove, com visão integrada, o gerenciamento e o compartilhamento de todo o ativo de informação possuído pela empresa. Esta informação pode estar em um banco de dados, documentos, procedimentos, bem como em pessoas, através de suas experiências e habilidades.

Gartner Group

RESUMO

As características referentes ao clima e ao solo estão diretamente ligadas a diversas áreas, sendo a principal delas a agricultura, com isto surge a necessidade de medir e prever estas características. Atualmente em algumas regiões ainda há a dificuldade de se implantar instrumentos como estações meteorológicas, muitas vezes pelo seu difícil acesso e custo elevado. Este trabalho traz a proposta de desenvolvimento de uma estação meteorológica projetada utilizando Arduino Uno, possibilitando a colheita de dados de temperatura, umidade. Com auxílio de técnicas de programação em linguagem C, os dados são armazenados e disponibilizados para serem analisados em um computador em tempo real. Foi realizada uma comparação de dados obtidos e custo de estações meteorológicas automáticas e projetadas, onde foi observado uma semelhança entre dados e um ótimo custo benefício, o que indica um bom funcionamento da estação.

Palavras-chave: estação; meteorologia; Arduino; análise; benefício.

ABSTRACT

The characteristics related to climate and soil are directly linked to several areas, the main one being agriculture, with this arising the need to measure and predict these characteristics. Currently, in some regions, there is still difficulty in implementing instruments as intermediate stations, often due to their difficult access and high cost. This work proposes the development of a meteorological station designed using Arduino Uno, enabling the collection of data on temperature, humidity. With the help of programming techniques in C language, the data is stored and made available to be analyzed on a computer in real time. A comparison of data obtained and the cost of automatic and projected railway stations was carried out, where a similarity between data and an excellent cost-benefit ratio was observed, which indicates a good functioning of the station.

Keywords: station; meteorology; Arduino; analysis; benefit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Linha do tempo do Arduino	20
Figura 2	–	Mapa do município de Caraúbas-RN... ..	22
Figura 3	–	EMA do campus Caraúbas-RN	22
Figura 4	–	Cabos, protoboard e fios	23
Figura 5	–	Montagem do circuito com o sensor de temperatura	24
Figura 6	–	Montagem do circuito com tela LCD.....	25
Figura 7	–	Estação projetada	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	–	Temperatura do ar coletada pelo Arduíno	26
Gráfico 2	–	Umidade relativa do ar coletada pelo Arduíno	27
Gráfico 3	–	Temperatura vs umidade relativa do ar coletadas pelo Arduíno.....	27
Gráfico 4	–	Temperatura do ar coletada pelo HOBOLink	28
Gráfico 5	–	Umidade relativa do ar coletada pelo HOBOLink.....	28
Gráfico 6	–	Temperatura vs umidade relativa do ar coletadas pelo HOBOLink.....	29
Gráfico 7	–	TMM coletada pelo Arduino e HOBOLink	30
Gráfico 8	–	UR coletada pelo Arduino e HOBOLink	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Custos da mini-estação meteorológica	32
Tabela 2	– Custos da estação meteorológica automática	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Bel	Bacharel
Dr	Doutor
Me	Mestre
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
RN	Rio Grande do Norte
EMA	Estação Meteorológica Automática
UR	Umidade Relativa
TMM	Temperatura Máxima Média
UV	Ultra Violeta
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ONU	Organização das Nações Unidas
SDA	Serial Data
SCL	Serial Clock
I2C	Inter - integrated circuit
IDE	Integrated Development Environment
NTC	Negative Temperature Coefficient
LCD	Liquid Crystal Display
ICSP	In Circuit Serial Programming
MHz	Megahertz
USB	Universal Serial Bus
IOT	Internet of Things
A2	Analógica 2
A4	Analógica 4
A5	Analógica 5

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
%	Porcentagem
\$	Cifrão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	Grandezas Físicas.....	18
3.1.1	Temperatura.....	18
3.1.2	Umidade.....	19
3.2	Estação Meteorológica.....	19
3.3	Prototipagem com microcontrolador.....	20
3.3.1	Arduíno.....	20
3.3.2	Sensores.....	21
3.3.3	Sensor de temperatura e umidade.....	21
3.3.4	Tela.....	21
3.4	Estação Meteorológica Projetada.....	21
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1	Caracterização do local de estudo.....	22
4.2	HOBOLink.....	22
4.3	Montagem do sistema com Arduino.....	23
4.3.1	Sensor de temperatura e umidade (DHT11)	23
4.3.2	Arduíno.....	23
4.3.3	Cabos, protoboard e fios (jumpers)	23
4.3.4	Software.....	24
4.4	Montagem do circuito.....	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	26
5.1	Temperatura e Umidade.....	26
5.2	Custos.....	32
6	CONCLUSÃO	33
7	REFERÊNCIAS.....	34
8	ANEXOS	36

1. INTRODUÇÃO

O clima semiárido é uma variação do clima tropical, predominante na região nordeste do Brasil, sendo caracterizado por ser quente e seco, ou seja, alta temperatura e baixa umidade, com longo intervalo entre o período de chuva, ou seja, com escassez de chuva, em algumas áreas do semiárido ocorre a concentração de chuvas intensas em um curto período de tempo do ano, geralmente entre novembro e abril, e altas temperaturas no restante do tempo (GUITARRA, 2021).

A análise de dados climáticos é muito importante para que seja possível compreender as condições meteorológicas e as mudanças climáticas, ao ser feita uma análise é possível levantar dados para seguir tendências e anomalias que afetam o meio ambiente. Essas análises são importantes para diversos setores como agricultura, transporte, energia, e planejamento urbano. Para se fazer uma análise eficiente, são necessários vários recursos tecnológicos. A coleta de dados em tempo real é essencial, e são coletados dados de temperatura, umidade, pressão atmosférica, precipitação e velocidade dos ventos, e ainda sensores de qualidades do ar podem monitorar os poluentes que nele existe.

O órgão responsável por fazer a coleta de dados no Brasil é o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), divulgando informações meteorológicas que são extraídas de estações espalhadas pelo país e de imagens de satélite (ARAÚJO, 2018).

Mesmo havendo um grande número de estações, ainda há locais onde não é possível instalar as estações convencionais, sendo assim, uma abordagem promissora seria uma estação utilizando Arduino criando um protótipo com vários sensores e microcontroladores capazes de fazer coletas em tempo real de dados como, luminosidade, de intensidade UV, de pressão atmosférica, de temperatura, umidade e de material particulado, isso possibilitaria o uso em locais remotos, inacessíveis para as estações convencionais, e permitindo que instituições e qualquer indivíduo tenham acesso a informações relevantes sobre o clima.

Por fim, este trabalho possui a finalidade de desenvolver um protótipo de fácil montagem, portátil e de baixo custo com intuito de auxiliar em pesquisas e análises climáticas, realizando comparações de dados com estações meteorológicas automáticas, provando sua eficiência.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho, tem como objetivo montar uma estação meteorológica utilizando Arduino como placa de prototipagem eletrônica, sensores que detecta temperatura e umidade (DHT11), e tela LCD I2C 16x2. Será feito upload de dados extraído para planilha do excel em tempo real e em seguida apresentar os dados extraídos comparando com os dados fornecidos pelo HOBOLink da estação automática da UFERSA campus Caraúbas.

2.1 Objetivo Geral

Montagem de estação meteorológica utilizando Arduino, coleta e comparação de dados com a estação meteorológica automática da UFERSA, campus Caraúbas.

2.2 Objetivos Específicos

- Descrever o processo de montagem;
- Montar estação meteorológica utilizando Arduino;
- Explanar sobre cada microcontroladores e sensor utilizados;
- Apresentar os dados extraídos da estação;
- Comparar com os dados fornecidos pelo HOBOLink da estação meteorológica automática da UFERSA campus Caraúbas.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

A estação meteorológica é um equipamento capaz de monitorar as informações do clima onde está instalado e, geralmente, monitoram temperatura e umidade, podendo ainda captar dados como precipitação, intensidade UV, pressão atmosférica e medir a poluição do ar. Essas informações são importantes para o desenvolvimento de várias atividades, tanto para plantações, criação de animais, armazenamento de objetos e até se o ambiente pode afetar sua saúde (BABOS, 2023).

A plataforma Arduino é constituída de software e hardware, sendo atualmente muito utilizada para prototipagem de eletrônicos, por ser uma opção barata que é acessada por muitas pessoas, pois mesmo com o mínimo de conhecimento já conseguem fazer seus projetos por ser uma plataforma muito simples e intuitiva. Formada por um microcontrolador que é, basicamente, o seu processador e diversos outros componentes e sensores que podem ser conectados facilmente para a criação de projetos. Existem diversas vantagens ao utilizar um Arduino para a criação de uma estação meteorológica: baixo custo de prototipagem, facilidade na programação, diversos tutoriais, artigos e projetos prontos na internet, softwares de simulação gratuitos disponíveis, diversos desenvolvedores e *hobbystas* e não necessita de experiência ou conhecer bem sobre eletrônica e programação, porém, é recomendável saber os conceitos básicos pelo menos (ARDUINO, 2023).

3.1 Grandezas Físicas

3.1.1 Temperatura

A temperatura é uma grandeza física escalar que classifica o estado térmico de um corpo, em outras palavras, caracteriza se o corpo está quente ou frio, determinando a agitação das moléculas do mesmo. Quanto mais elevada a temperatura maior será a vibração das moléculas (SILAS, 2017).

A temperatura possui grande importância para os dados meteorológicos porque apresenta estados energéticos e dinâmicos da atmosfera, capacitando a facilidade ou bloqueio de fenômenos atmosféricos (QUEIROGA, 2019). Esta variável está relacionada com a translação e a rotação do planeta Terra, e com outros fatores que influenciam na mudança de temperatura, como a umidade do ar, latitude e altitude, ventos e circulações oceânicas (OLIVEIRA, 2019).

A medição da temperatura é realizada por estações meteorológicas através de sensores que podem estar ou não diariamente expostos aos raios solares (OLIVEIRA, 2019).

3.1.2 Umidade

A relação entre a evaporação das águas e da transpiração das plantas resulta na umidade atmosférica. O ar é composto por uma quantidade maior de gases e uma quantidade pequena de água, o que resulta em dois tipos de umidade: absoluta e relativa, a umidade absoluta é o peso do vapor da água contido em uma unidade de volume do ar, enquanto a umidade relativa é uma porcentagem da umidade absoluta de saturação (FROTA, 2001).

Medida em porcentagem (%), é um fator diário, a umidade influencia diretamente no clima e é uma variável meteorológica muito influente nas atividades rurais (OLIVEIRA, 2019).

3.2 Estação Meteorológica

Para a previsão do tempo acontecer, é preciso se basear em dados atmosféricos como a umidade relativa do ar, pressão atmosférica, precipitação, ventos e vários outros fatores, que são observados em estações meteorológicas. As informações sobre o tempo são úteis e utilizadas em vários setores com finalidades distintas, como por exemplo o setor do agronegócio para garantir uma boa colheita, o setor da pesca para averiguar se há condições favoráveis e seguras para pescas, e para outros como o turismo, a marinha e a aeronáutica (INMET, 2023).

Atualmente, no Brasil, são administradas cerca de 750 estações meteorológicas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), divididas em estações automáticas, que captam dados a cada hora, e em estações convencionais, que captam dados três vezes ao dia (INMET, 2023). Estações convencionais exigem uma coleta diária de dados por um técnico, enquanto as estações automáticas utilizam sensores eletrônicos para captar os dados, que em seguida são enviados da estação para uma central de computadores para realizar sua integração, o que facilita e permite as análises de condições climáticas (DIAS e ROMANO, 2018).

Alguns sensores que podem compor as estações meteorológicas são termômetro, barômetro, higrômetro, anemômetro, biruta ou manga de vento, piranômetro, heliógrafo e pluviômetro, utilizados para medir a temperatura, pressão atmosférica, umidade do ar, velocidade dos ventos, orientação dos ventos, insolação, duração da ação do sol e precipitação pluviométrica, respectivamente (DIAS e ROMANO, 2018).

3.3 Prototipagem com microcontrolador

3.3.1 Arduíno

O Arduino possui dois aspectos: em hardware, software. O hardware consiste em seus vários modelos de placas, enquanto o software seria onde se desenvolve o código fonte e a linguagem Arduino (SOUZA, 2017).

A primeira placa Arduino foi produzida na Itália (Arduino-cc) e foi disseminada em 2005. Ela foi desenhada para auxiliar estudantes de Design que não tinham conhecimentos básicos de programação e eletrônica para a criação de diversos protótipos (SOUZA, 2017). Em seguida surgiram as placas Diecimila (2007), Nano (2008), Uno e Mega (2010), Mega ADK e Leonardo (2011), Due (2012), 101 (2014) e MKR Wifi e NB Iot (2018). A figura 01 mostra a linha do tempo da placa Arduino (ARDUINO, 2023).

Figura 01: Linha do tempo do Arduino.



Fonte: ARDUINO, 2023.

Nos dias de hoje, a placa mais famosa é a placa Uno R3, sendo muito comum encontrar estas placas em laboratórios de pesquisa e em indústrias (SOUZA, 2017).

O objetivo da plataforma de prototipagem Arduíno é facilitar o desenvolvimento de projetos e sistemas abordados, todo seu material é disponibilizado pelo fabricante, como a IDE, bibliotecas.

3.3.2 Sensores

Os sensores são responsáveis pela conversão da energia física, térmica ou de qualquer outro tipo, em energia elétrica. Cada sensor possui seus componentes específicos para transformar variantes climáticas em pulsos elétricos para que haja a leitura realizada por um *software* específico (ARAÚJO, 2018).

3.3.3 Sensor de temperatura e umidade

Este sensor é capaz de detectar as temperaturas e umidades, indo de temperaturas de 0°C a 50°C através de um termistor com precisão de ± 2 °C do tipo NTC (Negative Temperature Coeficiente) que tem a resistência minimizada com o aumento da temperatura. Nele a umidade é entre 20% e 90% com precisão de $\pm 5\%$, do tipo HR202 composto por uma placa capacitiva que se comunica com um microcontrolador através da leitura dos sensores que ocorre pelo circuito interno (OLIVEIRA, 2019).

3.3.4 Tela

A tela LCD é utilizada 16 x 2 para mostrar os dados obtidos na coleta instantaneamente após a leitura. Contém um adaptador I2C (*Inter-Integrated Circuit*), o circuito integrado é utilizado para simplificar a conexão entre Arduino e tela LCD possibilitando a passagem de dados via porta SCL e DAS. O dispositivo LCD conectada tem seu próprio endereço que está descrito no código 0x22.

3.4 Estação Meteorológica Projetada

A estação projetada foi pensada para ser uma opção mais barata e portátil e podendo ser íntegra em várias áreas. A estação pode ser levada para locais remotos podendo assim medir dados de temperatura e umidade e por ser uma opção mais barata é acessível para o público em geral desde pessoas comuns a pesquisadores e estudantes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização do local de estudo

O local de estudo abordado é a cidade de Caraúbas, localizada no Estado do Rio Grande do Norte, com aproximadamente 20 mil habitantes. A pesquisa foi dividida nas seguintes etapas: de montagem da estação, levantamento de dados, análise e comparação em relação aos dados da EMA localizada na UFERSA, campus Caraúbas, os dados retirados foram disponibilizados pelo HOBOLink. As figuras 02 e 03 mostram o mapa do município de Caraúbas e sua localização no Estado do Rio Grande do Norte, e a EMA, localizada na UFERSA, campus Caraúbas.

Figura 02: Mapa do município de Caraúbas-RN.



Fonte: Family Search, 2023.

Figura 03: EMA do campus Caraúbas-RN.



Fonte: Autoria própria, 2023.

4.2 HOBOLink

O HOBOLink disponibiliza diariamente dados registrados pela estação automática de Caraúbas-RN, registrados a cada 5 minutos, ela possui dados a partir de outubro de 2019.

4.3 Montagem do Sistema com Arduino

4.3.1 Sensor de temperatura e umidade (DHT11)

As conexões foram realizadas utilizando 3 pinos que possuem funções específicas, identificados de 1 a 3, sendo necessário o intervalo de 1 segundo entre as leituras.

4.3.2 Arduino

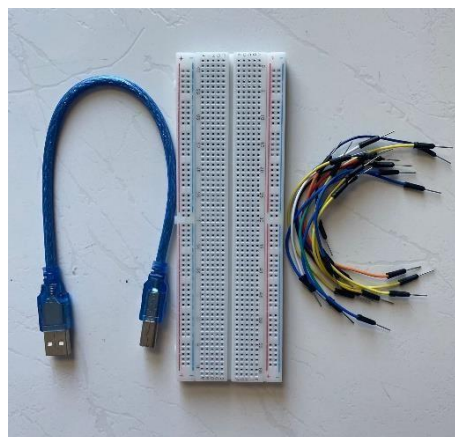
A placa Arduino utilizada neste trabalho foi a Arduino UNO, uma placa micro controladora baseada no ATmega328P que é de fácil substituição porque não é soldado à placa e possui 1kb de EEPROM, uma memória que não apaga quando desliga. A mesma possui 14 pinos digitais de saída/entrada, 6 entradas analógicas, ressonador cerâmico com 16 MHz, conector ICSP, conexão USB, botão de reset e uma tomada de energia. Para conectá-lo, utiliza-se um cabo USB conectado a um computador ou ligá-lo com um adaptador AC-to-DC ou a uma bateria para iniciar (ARDUINO, 2023).

Por ser uma plataforma open-hardware, o Arduino possui seu próprio ambiente de desenvolvimento, baseado na linguagem C, o que facilita para os iniciantes a utilização pois a deixa bastante intuitiva (OLIVEIRA, 2019).

4.3.3 Cabos, protoboard e fios (*jumper*s)

A protoboard utilizada possui 830 furos, com as dimensões 165mm x 57mm x 10mm, permitindo que os componentes eletrônicos se interliguem em infinitas maneiras para produzir circuitos eletrônicos. Os fios e cabos são utilizados para conectar os componentes com a placa protoboard e o Arduino, representados na figura 04.

Figura 04: Cabos, protoboard e fios



Fonte: Autoria própria, 2023.

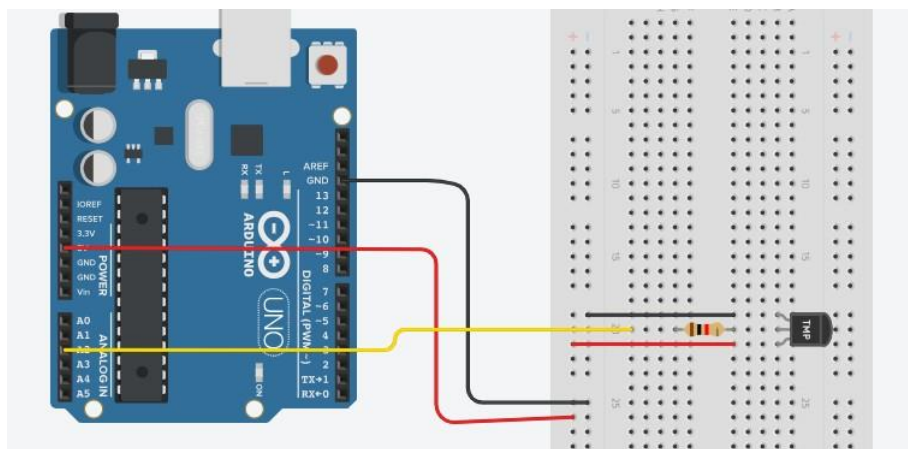
4.3.4 Software

O software utilizado foi o arduíno IDE (*Integrated Development Environment*) que é o ambiente de desenvolvimento integrado a plataforma e foi utilizada para escrever o código descrito em linguagem C. O código utilizado descreve algumas funções para a leitura dos dados obtidos pelo sensor e em seguida apresentar os dados obtidos no serial monitor, na tela LCD e também uma função utilizada para armazenar os dados na memória EEPROM do Arduino. Estes dados serão enviados via cabo e posteriormente irão ser descritos em planilha no Excel, o código está localizado no anexo.

4.4 Montagem do circuito

Primeiramente foi feita a montagem do sensor de DHT 11 na placa Arduino utilizando a protoboard, jumpers e o resistor de 1K, para passagem de dados o sensor foi ligado na porta analógica A2 do Arduino com o respectivo resistor, de maneira como mostra a figura 05 abaixo:

Figura 05: Montagem do circuito com o sensor de temperatura.

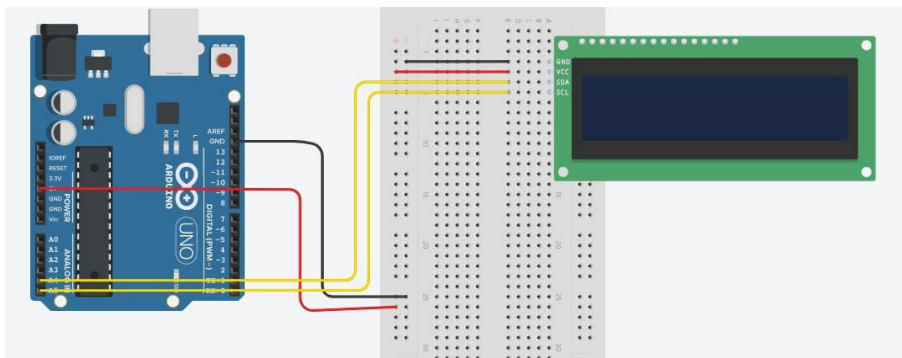


Fonte: Tinkercad, 2023.

A protoboard de 830 furos foi utilizada para fixar o sensor de temperatura, junto com os jumpers que fazem a ligação do sensor com a placa, o resistor é utilizado para manter uma comunicação estável com a placa.

Logo após a tela LCD 16x2 (I2C) foi colocada na protoboard ligada com os jumpers na placa Arduino. As seguintes ligações para a passagem de dados, as saídas SDA e SCL foram ligadas respectivamente nas portas analógicas A4 e A2, feitas como mostra na figura 06 abaixo:

Figura 06: Montagem do circuito com tela LCD.



Fonte: Tinkercad, 2023.

Com a parte física finalizada foi feita a escrita do código que contém algumas bibliotecas como a LiquidCrystal I2C, DHT e a EEPROM que seriam utilizadas respectivamente para um bom funcionamento da tela LCD, sensor de temperatura, armazenamento e passagem de dados do Arduino para o Excel. Foram utilizadas funções específicas para a leitura de dados, exibição no serial monitor, na tela LCD e armazenamento na memória do Arduino Para que fosse possível transmitir os dados coletados para planilha no Excel em tempo real.

Posteriormente a estação foi levada até a UFERSA campus Caraúbas para realizar a coleta de dados. O protótipo ficou localizado dentro do campus UFERSA Caraúbas, e os dados foram obtidos das 9 horas até as 17 horas com uma frequência de atualização de 5 a 10 minutos, a miniestação estava ligada ao computador que fazia o armazenamento de dados em tempo real sendo descritos em uma planilha no Excel. Foram realizadas as coletas de 3 dias para a análise, dia 23 de setembro, 12 e 13 de outubro.

Por último foi feita uma comparação entre a estação automática da UFERSA campus Caraúbas e o protótipo da miniestação. A temperatura e umidades foram analisadas e foram utilizados apenas 3 a 5 dados por hora com intervalos de 10 a 20 minutos para fazer a média por hora. Da estação automática os dados foram obtidos no HOBOLink do mesmo dia e horários que foi feita a coleta dos dados do protótipo.

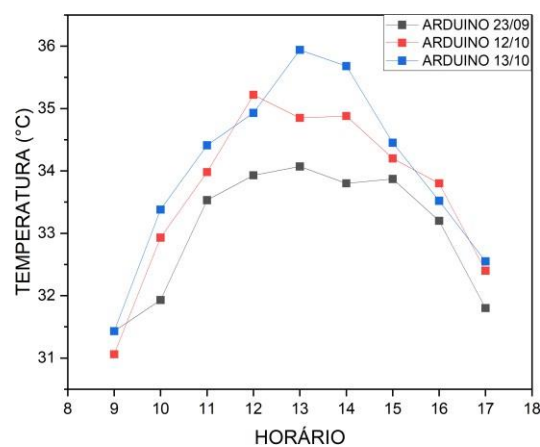
Também foi realizada uma comparação de custos da estação automática da UFERSA campus Caraúbas e do protótipo da miniestação, os custos de cada componente da miniestação e de uma estação automática do modelo presente na UFERSA campus Caraúbas foram obtidos por meio de uma pesquisa e os resultados estão apresentados e discutidos a seguir.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Temperatura e umidade

Com os dados obtidos foram elaborados alguns gráficos para avaliar as variações de temperatura média e umidade obtidas pelo Arduino e pela estação meteorológica automática da UFERSA Caraúbas, durante os dias 23 de setembro, 12 de outubro e 13 de outubro de 2023, entre às 9h e 17h.

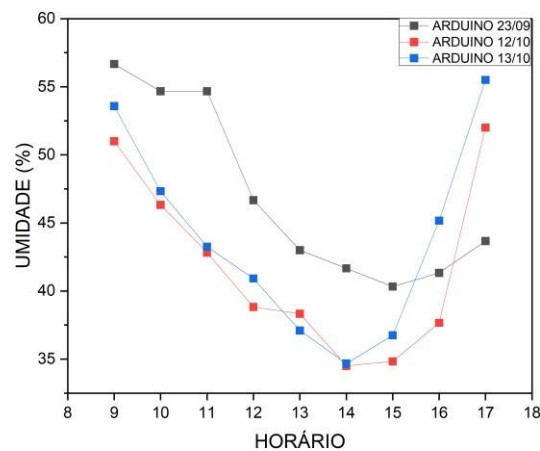
Gráfico 01: Temperatura do ar coletada pelo Arduino, Caraúbas-RN, 2023.



Fonte: Autoria própria, 2023.

O gráfico 01 acima mostra a relação da temperatura ao longo dos dias 23 de setembro, 12 e 13 de outubro, apresentadas pelo Arduino. O gráfico forma três linhas concavas, iniciando às 9h com 31,06°C (12/10), 31,43°C (13/10) e 31,43°C (23/09), aumentando até atingir a maior TMM medida às 13 horas de 35,94 °C, referente ao dia 13 de outubro, diminuindo até a última média coletada às 17 horas, obtendo uma TMM de 32,55 °C (13/10), 32,4 °C (12/10) e 31,8 °C (23/09).

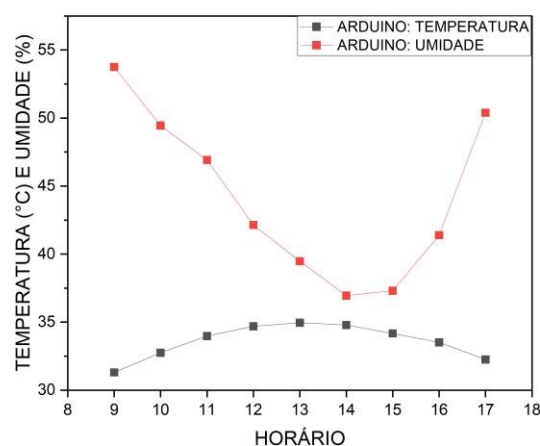
Gráfico 02: Umidade relativa do ar coletada pelo Arduino, Caraúbas-RN, 2023.



Fonte: Autoria própria, 2023.

O gráfico 02 mostra uma relação da umidade relativa do ar ao longo do dia 23 de setembro, 12 e 13 de outubro, apresentadas pelo Arduino. O gráfico forma três linhas convexas, iniciando às 9h com 56,67% (23/09), 53,58% (13/10) e 51% (12/10), diminuindo até atingir a menor UR medida às 14 horas, com 34,5 %, referente ao dia 12 de outubro, tornando a aumentar até a última média coletada às 17 horas, obtendo uma UR de 55,5% (13/10), 52% (12/10) e 43,67% (23/09).

Gráfico 03: Temperatura vs umidade relativa do ar coletadas pelo Arduino, Caraúbas-RN, 2023.

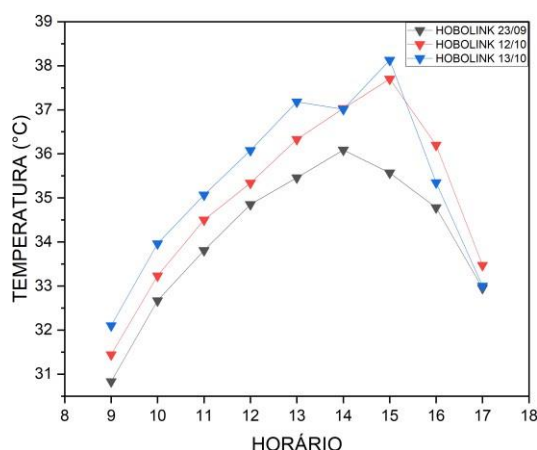


Fonte: Autoria própria, 2023.

O gráfico 03 compara a temperatura e umidade usando a média das coletas de dados realizadas pelo Arduino nos dias 23 de setembro, 12 e 13 de outubro. Nota-se que a maior temperatura média coletada é de 34,95 °C (13 horas) e a menor é de 31,31 °C (9 horas). Em

relação a umidade relativa do ar, a maior encontrada foi de 53,75% (9 horas) e a menor de 34,79% (14 horas). As curvas do gráfico comprovam que a temperatura é inversamente proporcional a umidade relativa do ar.

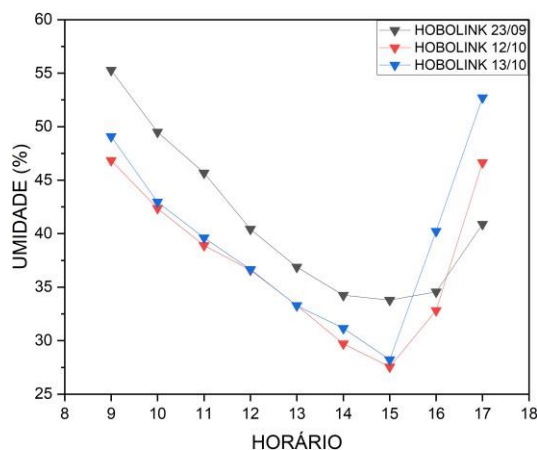
Gráfico 04: Temperatura do ar coletada pelo HOBOLink, Caraúbas-RN, 2023.



Fonte: Autoria própria, 2023.

O gráfico 04 acima mostra a relação da temperatura ao longo dos dias 23 de setembro, 12 e 13 de outubro, apresentadas pelo HOBOLink. O gráfico forma três linhas concavas, iniciando às 9h com 31,44°C (12/10), 32,1°C (13/10) e 30,83°C (23/09), aumentando até atingir a maior TMM medida às 15 horas de 38,13 °C, referente ao dia 13 de outubro, diminuindo até a última média coletada às 17 horas, obtendo uma TMM de 33,47 °C (12/10), 33 °C (13/10) e 32,95 °C (23/09).

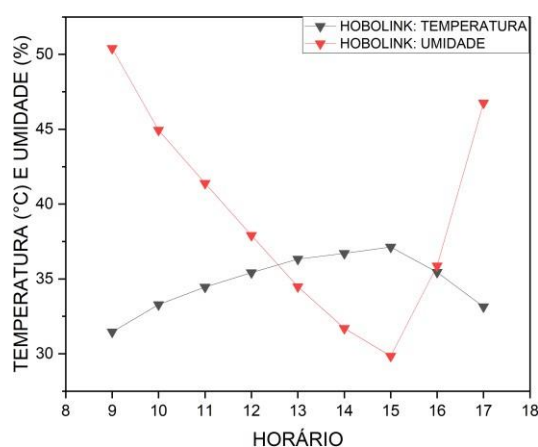
Gráfico 05: Umidade relativa do ar coletada pelo HOBOLink, Caraúbas-RN, 2023.



Fonte: Autoria própria, 2023.

O gráfico 05 mostra uma relação da umidade relativa do ar ao longo do dia 23 de setembro, 12 e 13 de outubro, apresentadas pelo HOBOLink. O gráfico forma três linhas convexas, iniciando às 9h com 55,28% (23/09), 49,08% (13/10) e 46,84% (12/10), diminuindo até atingir a menor UR medida às 15 horas, com 27,55 %, referente ao dia 12 de outubro, tornando a aumentar até a última média coletada às 17 horas, obtendo uma UR de 52,7% (13/10), 46,65% (12/10) e 40,89% (23/09).

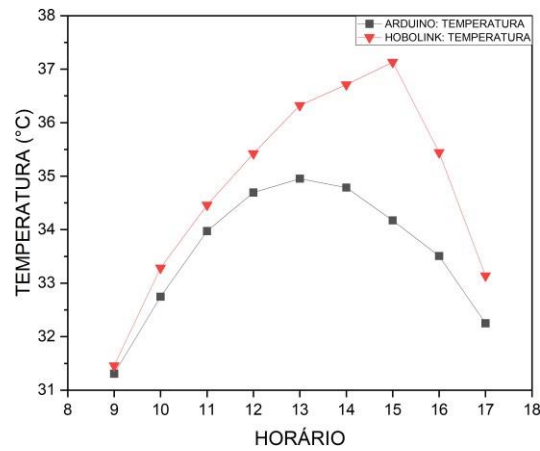
Gráfico 06: Temperatura vs umidade relativa do ar coletadas pelo HOBOLink, Caraúbas-RN, 2023.



Fonte: Autoria própria, 2023.

O gráfico 06 compara a temperatura e umidade usando a média das coletas de dados realizadas pelo HOBOLink nos dias 23 de setembro, 12 e 13 de outubro. Nota-se que a maior temperatura média coletada é de 37,13 °C (15 horas) e a menor é de 31,46 °C (9 horas). Em relação a umidade relativa do ar, a maior encontrada foi de 50,4% (9 horas) e a menor de 29,85% (15 horas). As curvas do gráfico comprovam que a temperatura é inversamente proporcional a umidade relativa do ar.

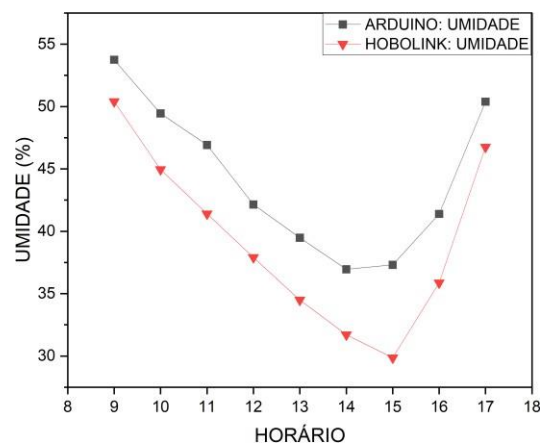
Gráfico 07: TMM coletada pelo Arduino e HOBOLink, Caraúbas-RN, 2023.



Fonte: Autoria própria, 2023.

O gráfico 07 acima faz a comparação da temperatura média dos dias 23 de setembro, 12 e 13 de outubro, apresentadas pelo Arduino e HOBOLink. O gráfico forma duas linhas concavas, iniciando às 9h com 31,31 °C (Arduino) e 31,46 °C (HOBOLink), aumentando até atingir a maior TMM média, às 15 horas com 37,13 °C (HOBOLink), diminuindo até a última média coletada às 17 horas, obtendo uma TMM de 33,14 °C (HOBOLink) e 32,25 °C (Arduino).

Gráfico 08: UR coletada pelo Arduino e HOBOLink, Caraúbas-RN, 2023.



Fonte: Autoria própria, 2023.

O gráfico 08 acima faz a comparação da umidade relativa média dos dias 23 de setembro, 12 e 13 de outubro, apresentadas pelo Arduino e HOBOLink. O gráfico forma duas

linhas convexas, iniciando às 9h com 53,75% (Arduino) e 50,4% (HOBOLink), diminuindo até atingir a menor UR média, às 15 horas com 29,85% (HOBOLink), aumentando até a última média coletada às 17 horas, obtendo uma UR média de 50,39% (Arduino) e 46,75% (HOBOLink).

Segundo a ONU (Organização das Nações Unidas), o nível ideal da umidade do ar está entre 40 e 70%, com isto, nota-se que a maioria das médias das umidades diárias coletadas pelo Arduino estão dentro deste nível, já nos dados coletados do HOBOLink chegam abaixo de 40%.

Para o cálculo do erro relativo, foi realizada a média aritmética dos dados coletados da TMM e UR dos dias 23 de setembro, 12 e 13 de outubro. Para a TMM coletada pelo Arduino temos 33,6 °C, e para TMM coletada pelo HOBOLink temos 34,82 °C. Utilizando a fórmula do erro relativos, temos que:

$$E_R = \left| \frac{V_A - V_H}{V_H} \right| \times 100$$

Onde:

V_A : Temperatura/Umidade coletada pelo Arduino (valor medido);

V_H : Temperatura/Umidade coletada pelo HOBOLink (valor verdadeiro ou mais provável).

Substituindo:

$$E_R = \left| \frac{33,6 - 34,82}{34,82} \right| \times 100 = 0,035 \times 100 = \mathbf{3,5 \%}$$

E para a UR, temos que a UR média coletada pelo Arduino é de 44,2%, enquanto a coletada pelo HOBOLink é de 39,25%, substituindo na fórmula do erro relativo:

$$E_R = \left| \frac{44,2 - 39,25}{39,25} \right| \times 100 = 0,126 \times 100 = \mathbf{12,6 \%}$$

Considerando que o modulo DHT11 possui um erro agregado a ele de cerca de 2%, deve-se levar também em consideração que a estação projetada foi montada e mantida na sombra pelo fato de estar ligada a fonte alimentadora (notebook) transportando dados em tempo real no Excel, como mostra a figura 07. Este fator pode estar relacionado ao motivo dos dados do Arduino terem sido um pouco mais baixos do que o do HOBOLink.

Figura 07: Estação projetada.

Fonte: Autoria própria, 2023.

5.2 Custos

A diferença de custos entre uma Estação Meteorológica e um protótipo utilizando o Arduino é significativa, as tabelas abaixo mostram os custos de cada componente da estação, resultados de uma pesquisa de mercado realizada em outubro de 2023.

Tabela 01: Custos da mini-estação meteorológica.

COMPONENTE DA MINI ESTAÇÃO	PREÇO (R\$)
Arduino Uno	70,00
Sensor DHT11	15,00
Protoboard	20,00
Tela LCD 16x2	25,00
TOTAL	130,00

Fonte: Autoria própria, 2023.

Tabela 02: Custos da estação meteorológica automática disponíveis no site Clima e Ambiente.

ALGUMAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS	PREÇO (R\$)
Estação meteorológica profissional WS22	9.990,00
Estação meteorológica Vantage Pro2 Davis	32.600,00
Estação Solarimétrica – WS30	18.400,00

Fonte: Autoria própria, 2023.

6. CONCLUSÃO

O trabalho apresentado teve como objetivo uma proposta portátil e econômica de uma estação meteorológica com uso do Arduino, levando em consideração que as estações convencionais a automáticas tem um custo elevado e necessitam de local específico para montagem dificultando o acesso a locais remotos, para isso, foi elaborado um protótipo de uma mini estação com uso de sensores que coletam dados de temperatura e umidade, esses dados são apresentados na tela LCD e planilha no Excel simultaneamente, em tempo real. Os dados coletados foram analisados e descritos em gráficos para uma melhor análise com base nos dados coletados e possível chegar à conclusão de que a estação projetada possui bom desempenho nos resultados, se aproximando na temperatura com um erro relativo baixo e na umidade com um erro relativo maior, porém aceitável.

A mini estação se faz necessária para uso em locais remotos e de difícil acesso, podendo ser utilizada por estudantes e pesquisadores e sendo um importante recurso para estudos meteorológicos, se faz importante nas áreas do clima, agricultura, pesca e marinha, melhorando a capacidade de estudos dessa fatores de temperatura e umidade em locais inacessíveis para as estações convencionais.

É importante reconhecer que a mini estação tem suas limitações, incluindo a falta de uma fonte alimentadora, e a capacidade de armazenamento de dados. No entanto, as limitações já apontam para oportunidade de pesquisas futuras para que fosse possível coletar dados por mais dias sem a necessidade de estar conectado ao notebook, que neste trabalho foi utilizado como fonte de alimentação, coleta e passagem de dados em tempo real.

Em conclusão, esse trabalho forneceu importantes informações para as áreas do estudo do clima e também da prototipagem com uso do Arduino, espera-se que o protótipo sirva para compreensão do uso do Arduino em uma mini estação meteorológica para análises e pesquisas em futuros estudos na área.

7. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Rogério Gonçalves. **Mini-estação meteorológica utilizando Arduino**. 2018. Disponível em: <https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/544/1/tcc_%20Rog%c3%a9rio%20Gon%c3%a7alves%20Ara%c3%baajo.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2023.

Arduino. 2023. Disponível em: <<https://portalidea.com.br/cursos/arduino-bsico-apostila01.pdf>>. Acesso em 13 ago. 2023.

BABOS, Flávio. **Estação Meteorológica com Arduino: Tutorial Completo**. 2023. Disponível em: <<https://flaviobabos.com.br/estacao-meteorologica-arduino/>>. Acesso em: 20 ago. 2023.

Caraúbas, Rio Grande do Norte – Genealogia. Family Search. Disponível em: <https://www.familysearch.org/pt/wiki/Cara%C3%BAbas,_Rio_Grande_do_Norte,_Brasil_-_Genealogia>. Acesso em: 13 ago. 2023.

Clima e Ambiente. Disponível em: <<https://www.climaeambiente.com.br/>>. Acesso em 15 de out. 2023.

DIAS, Ragner de Paiva; ROMANO, Yuri Santiago da S. **Desenvolvimento de estação meteorológica utilizando Arduino**. 2018. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/305/1/TCC2_2018_01_RagnerPaivaDias_YuriSantiagoRomano.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2023.

Frantic Waasa. Tinkercad. 2023. Disponível em <<https://www.tinkercad.com/login?next=%2Fthings%2F1rl3pkkiFtC-frantic-waasa%2Feditel>>. Acesso em: 07 ago. 2023.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual do conforto térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/935754-Manual-de-conforto-termico.html>>. Acesso em: 03 ago. 2023.

GUITARRARA, Paloma. **Clima Semiárido**. Brasil Escola. Disponível em:<<https://brasilestola.uol.com.br/geografia/clima-semiarido.htm>>. Acesso em: 16 out. 2023.

Instituto Nacional da Meteorologia. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/sobre-meteorologia#:~:text=Portanto%2C%20os%20instrumentos%20meteorol%C3%B3gicos%20s%C3%A3o,local%2C%20%C3%A9%20denominada%20esta%C3%A7%C3%A3o%20meteorol%C3%B3gica>>. Acesso em: 07 ago. 2023.

QUEIROGA, Daniel Queiroga. **O microclima e o (des) conforto térmico em ambientes abertos na cidade de Patos – PB**. Caraúbas. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/2954/2/DANIELQQ_MONO.pdf>. Acesso: 23 jul. 2023.

OLIVEIRA, Alicia Mayra Araújo de. **Protótipo de mini-estação meteorológica utilizando Plataforma Arduino**. 2019. Disponível em: <

https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2370?locale=pt_BR>. Acesso em: 23 jul. 2023.

SILAS, Joabe. **Temperatura**. Brasil Escola. 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=DA92XkWrk3Q>>. Acesso em: 16 out. 2023.

SOUZA, Marco Polo Moreno de. **Curso Básico de Arduino**. 2017. Disponível em: <<http://www.marcopolo.unir.br/images/downloads/material-extensao/apostila-curso-basico-de-arduino.pdf>>. Acesso em: 03 ago. 2023.

ANEXO: CÓDIGO UTILIZADO

```
#include <EEPROM.h>
#include <DHT.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define DHT_PIN A2
#define DHTTYPE DHT11

#define endereco 0x3F
#define colunas 16
#define linhas 2
#define INTERVALO 18000000

LiquidCrystal_I2C lcd(endereco, colunas, linhas);
DHT dht(DHT_PIN, DHTTYPE);

int enderecoEEPROM = 0; // Inicializa o endereço de início na EEPROM

void setup() {
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("INICIANDO SISTEMA");
  dht.begin();
  lcd.init();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(2, 0);
  lcd.print("INIT SYSTEM");
  delay(3000);
}

void loop() {
```

```

float h = 0, t = 0, f = 0;
h = dht.readHumidity();
t = dht.readTemperature();
f = dht.readTemperature(true);

if (isnan(h) || isnan(t)) {
    Serial.println(F("Falha na leitura do sensor"));
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print("FALHA SENSOR");
} else {
    // Verifica se t e h são diferentes de zero antes de exibi-los
    if (t != 0 && h != 0) {
        Serial.print(t);
        Serial.print(" C° ");
        Serial.print(h);
        Serial.print(" %RH ");
        Serial.print(f);
        Serial.print(" F°.");
        Serial.println();

        lcd.clear();
        lcd.setCursor(2, 0);
        lcd.print("MONITORANDO");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(t);
        lcd.print("C ");
        lcd.print(h);
        lcd.print("%RH ");

        // Armazena os dados na EEPROM
        EEPROM.put(enderecoEEPROM, t);
        enderecoEEPROM += sizeof(t);
        EEPROM.put(enderecoEEPROM, h);
    }
}

```

```
    enderecoEEPROM += sizeof(h);  
  }  
}  
  
delay(INTERVALO);
```

