

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

CASSIO MAGALHÃES HAYEK

**DISPOSITIVO DE PROTOTIPAGEM DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA
MICROCONTROLADA PARA CAPTAÇÃO DE DADOS DE VARIÁVEIS
ATMOSFÉRICAS E RADIAÇÃO SOLAR**

Manaus

2020

CASSIO MAGALHÃES HAYEK

**DISPOSITIVO DE PROTOTIPAGEM DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA
MICROCONTROLADA PARA CAPTAÇÃO DE DADOS DE VARIÁVEIS
ATMOSFÉRICAS E RADIAÇÃO SOLAR**

Projeto de pesquisa desenvolvido durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Weverson dos Santos Cirino, Me.

Manaus

2020

Universidade do Estado do Amazonas – UEA
Escola Superior de Tecnologia - EST

Reitor:

Cleinaldo de Almeida Costa

Vice-Reitor:

Cleto Cavalcante de Souza Leal

Diretora da Escola Superior de Tecnologia:

Ingrid Sammyne Gadelha Figueiredo

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:

Israel Gondres Torne

Banca Avaliadora composta por:

Prof. Weverson dos Santos Cirino (Orientador)

Israel Gondres Torne

Daniel Guzmán Del Rio

Data da defesa: 20/10/2020.

CIP – Catalogação na Publicação

Magalhães Hayek, Cassio

Dispositivo de prototipagem de uma estação meteorológica microcontrolada para captação de dados de variáveis atmosféricas / Cassio Magalhães Hayek; [orientado por] Weverson dos Santos Cirino. – Manaus: 2020.

49 p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2020.

1. Variáveis atmosféricas. 2. Arduino. 3. Estação meteorológica. 4. *Sensores*. I. Dos Santos Cirino, Weverson.

CASSIO MAGALHÃES HAYEK

DISPOSITIVO DE PROTOTIPAGEM DE UMA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA
MICROCONTROLADA PARA CAPTAÇÃO DE DADOS DE VARIÁVEIS
ATMOSFÉRICAS

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Nota obtida: _____ (_____)

Aprovado em ____/____/____.

Área de concentração: Microcontroladores

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Weverson dos Santos Cirino, Me.

Avaliador: Israel Gondres Torne, Me.

Avaliador: Daniel Guzmán Del Rio, Me.

Manaus 2020

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos amantes da tecnologia,
aos que buscam constantemente por
conhecimento e botam isso em prática.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter me dado, discernimento, força, saúde e sabedoria para superar as etapas ao longo de minha trajetória acadêmica e também.

À minha mãe, pois sem seu incentivo, orientação e apoio jamais teria conseguido.

Ao meu orientador por apascentar e apoiar durante a elaboração deste trabalho.

À minha namorada que me motivou e não mediu esforços para me ajudar.

Ao setor de meteorologia da UEA/EST, por apoiar a ideia do projeto e torna-lo possível.

Por fim, agradeço aos meus amigos que me acompanharam e estiveram ao meu lado durante todas as complicações da graduação, que me incentivaram e contribuíram para essa conquista.

RESUMO

O presente trabalho propôs a construção de um dispositivo microcontrolado utilizando a plataforma de hardware e software Arduino, com o objetivo de obtenção de dados de medidas de superfície e perfis de variáveis atmosféricas que sejam acessíveis à pesquisadores e à população em geral, especialmente produtores rurais, os quais realizam atividades em que fatores climáticos e de tempo desempenham papel de suma importância. Durante o projeto também foram utilizados alguns sensores, tais como de pressão relativa do ar, umidade, temperatura, luminosidade e umidade do solo compondo assim uma pequena estação meteorológica, de baixo custo. Para garantir a capacidade da estação de adquirir dados precisos e confiáveis foram realizados ensaios em laboratório e a fim de fundamentar o projeto foi elaborada uma pesquisa sobre o funcionamento, a estrutura de estações meteorológicas e equipamentos utilizados. Foram realizados também ensaios manuais para coleta de dados e comparação com os resultados obtidos de institutos oficiais específicos para aferição de medidas climáticas. Dessa forma, constata-se que o protótipo gera resultados confiáveis para o usuário e sua implementação de baixo custo torna-se viável quando comparado com outros equipamentos encontrados no mercado atualmente.

Palavras chave:

–Variáveis atmosféricas – Arduino – Estação meteorológica – Sensores.

ABSTRACT

This work proposed the construction of a microcontrolled device using the Arduino hardware and software platform, with the objective of obtaining data on surface measurements and profiles of atmospheric variables that are accessible to researchers and the population in general, especially rural producers, which carry out activities in which climatic and weather factors play an extremely important role. During the project, some sensors were also used, such as relative air pressure, humidity, temperature, luminosity and soil moisture, thus composing a small, low-cost meteorological station. In order to guarantee the station's ability to acquire accurate and reliable data, laboratory tests were carried out and in order to substantiate the project, research was carried out on the operation, the structure of meteorological stations and equipment used. Manual tests were also carried out for data collection and comparison with the results obtained from specific official institutes for the measurement of climatic measures. Thus, it appears that the prototype generates reliable results for the user and its low-cost implementation becomes viable when compared to other equipment found on the market today.

Keywords:

Atmospheric variables - Arduino - Meteorological station - Sensors.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Abrigo meteorológico, fechado e aberto.....	15
Figura 2 - Esquema básico de um microcontrolador.....	17
Figura 3 - Ide de Programação do Arduino.....	18
Figura 4 - Modelos de Arduinos.....	19
Figura 5 - Gráfico da resistência em função da temperatura dos sensores de temperatura.....	20
Figura 6 - Sensor de umidade.....	21
Figura 7 - Sensor de umidade do solo.....	22
Figura 8 - Anemômetros rotacionais.....	23
Figura 9 - Sensor de Pressão Piezoelétrico.....	24
Figura 10 - <i>Display</i> LCD Gráfico Nokia 5110.....	25
Figura 11 - Módulo micro <i>Secure Digital</i> (SD).....	25
Figura 12 - Proposta de projeto.....	27
Figura 13 - Fluxograma do projeto.....	28
Figura 14 - Inclusão de biblioteca.....	29
Figura 15 - Declaração de variável.....	29
Figura 16 - Inicialização e layout de display.....	30
Figura 17 - Inicialização e leitura dos sensores.....	31
Figura 18 - Armazenamento em variáveis e exibição dos resultados.....	31
Figura 19 - Gravação de dados no cartão SD.....	32
Figura 20 - Soldagem dos componentes.....	33
Figura 21 - Montagem dos sensores DHT11 e BMP 180.....	34
Figura 22 - Implementação do higrômetro e LDR.....	35
Figura 23 - Implementação do leitor cartão micro sd e display nokia 5110.....	36
Figura 24 - Dispositivo montado.....	36
Figura 25 - Esquema elétrico.....	37
Figura 26 - Ambiente de teste.....	38
Figura 27 - Resultado da leitura dos sensores.....	38
Figura 28 - Armazenamento dos resultados.....	39
Figura 29 - Monitoramento do dispositivo.....	40
Figura 30 - Gráfico da temperatura.....	41
Figura 31 - Gráfico do nível de luminância.....	41
Figura 32 - Comparação com dados do INMET.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Grandezas meteorológicas.....	14
Tabela 2 - Resultados dos sensores obtidos a cada 30 minutos.....	40
Tabela 3 - Custo do projeto	42

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1 REFERENCIAL TEÓRICO	13
1.1 METEOROLOGIA.....	13
1.1.1 Variáveis meteorológicas.....	14
1.1.2 Estações Meteorológicas.....	15
1.2 MICROCONTROLADORES	16
1.2.1 Arduino.....	17
1.3 SENSORES E PERIFÉRICOS.....	19
1.3.1 Sensor de Temperatura	19
1.3.2 Sensor de Umidade	20
1.3.3 Sensor de Umidade do Solo.....	21
1.3.4 Sensor de velocidade do vento: Anemômetro.....	22
1.3.5 Sensor de radiação solar.....	23
1.3.6 Sensor de pressão	24
1.3.7 Display LCD NOKIA 5110.....	24
1.3.8 Módulo de Leitura e gravação de Micro SD	25
2 METODOLOGIA	26
3 IMPLEMENTAÇÃO.....	28
3.1 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO PARA VALIDAÇÃO DO ALGORITMO ...	28
3.2 VALIDAÇÃO DO ALGORITMO NO SOFTWARE ARDUINO IDE	29
3.3 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO EM HARDWARE	32
3.4 MONTAGEM DO CIRCUITO E IMPLEMENTAÇÃO DOS SENSORES.....	33
3.4.1 Montagem dos sensores DHT11 e BMP 180	33
3.4.2 Montagem dos sensores higrômetro e foto resistor	34
3.4.3 Implementação do leitor cartão micro sd e display nokia 5110	35
3.5 DISPOSITIVO COMPLETO E ESQUEMA ELÉTRICO	36
4 RESULTADOS	37
4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS	39
4.2 ANÁLISE DE CUSTO DO PROJETO.....	42
CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
APÊNDICE A – CÓDIGO DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO.....	46

INTRODUÇÃO

As Medidas de superfície e de perfis, de variáveis atmosféricas, são fundamentais em diversas aplicações em meteorologia, hidrologia, estudos em qualidade do ar, assim como em aplicações na engenharia elétrica para um levantamento adequado do recurso de energias fotovoltaicas através da intensidade solar e características climáticas da região. Tais informações são essenciais, por exemplo, para as previsões às quais a população tem acesso via jornais, televisão e internet.

No entanto, estes fatores podem se tornar menos precisos, dependendo da área de abrangência (escala espacial) e escala temporal em que são realizadas a coleta de dados, quanto maior a quantidade de informação do ambiente, conseguimos aumentar o nível de acerto da previsão para pontos específicos de uma cidade, bairros afastados e/ou comunidades do interior onde não houve coletas de informações.

A qualidade das previsões, tanto de tempo como climáticas é melhor, quanto maior a disponibilidade de informações sobre variáveis atmosféricas, isto é, torna-se mais precisa a medida em que aumenta a densidade de rede de coleta deste tipo de informação.

O problema a ser abordado ocorre, pois, as previsões de tempo limitam-se a áreas mais próximas da cidade onde tem uma rede maior de coleta de dados e acesso mais fácil para instalações de sondas meteorológicas, então para melhorar a precisão são necessários equipamentos que façam medições locais, porém a maior parte dos dispositivos e equipamentos para obtenção de dados meteorológicos, seja em superfície ou em altitude, não são fabricados no Brasil, o que aumenta consideravelmente o custo e facilidade acesso para a aquisição dos mesmos.

Vistas as dificuldades foi levantada a hipótese de que é possível desenvolver um dispositivo utilizando a plataforma Arduino, funcionando como uma pequena estação meteorológica microcontrolada para obtenção de dados de medidas de superfície, perfis e variáveis atmosféricas, na baixa troposfera, através de sensores para medições locais melhorando a qualidade da previsão climática e que seja de baixo custo e acessível à pesquisadores e à população em geral especialmente produtores rurais as quais realizam atividades em que fatores climáticos desempenham papel de suma importância.

Desta forma o presente trabalho tem como objetivo projetar e desenvolver um dispositivo microcontrolado, na plataforma Arduino, com sensores de baixo custo. Obtendo medidas de radiação solar, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, temperatura e velocidade do vento. Sendo neste último será feito um estudo para análise de viabilidade de implementação no microcontrolador, aonde a visualização das leituras dos sensores será em um microcomputador,

além de apresentar uma fundamentação teórica sobre o interfaceamento e funcionamento da plataforma, Arduino e seus sensores, descrever todas as etapas da produção do dispositivo desde o desenvolvimento do código no IDE do Arduino, para avaliar e adquirir dados dos sensores de temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, radiação solar e anemômetro (Velocidade do vento), montar sistema microcontrolado protótipo, avaliar os dados coletados e realizar testes para averiguação do seu funcionamento geral do dispositivo.

O trabalho se justifica pelo fato de um dispositivo de baixo custo que faça a leitura de dados climáticos do ambiente proporciona uma previsão de tempo mais precisa, além de economia monetária, informação atualizada na hora, sem necessidade de consultar meios de informação. E através do dispositivo podemos ter uma boa noção de como o tempo está se comportando num determinado instante e lugar, a partir disso traçar a situação de possíveis mudanças de tempo e clima, que podem ocorrer, e serem tomadas medidas estratégicas a partir da observação meteorológica que segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) é:

A observação meteorológica é uma avaliação ou uma medida de um ou vários parâmetros meteorológicos. As observações são sensoriais quando são adquiridas por um observador sem ajuda de instrumentos de medição, e instrumentais, em geral chamadas medições meteorológicas, quando são realizadas com instrumentos meteorológicos. (INMET,2019).

Dessa forma, para o desenvolvimento deste projeto são necessários conhecimentos de conceitos teóricos adquiridos ao longo da Graduação em Engenharia Elétrica e ainda aumentar o conhecimento relacionado às disciplinas de Circuitos Elétricos, Laboratório de Circuitos Elétricos I e II, Eletrônica Digital I, Laboratório de Eletrônica Digital I e II, Modelagem, Simulação de Sistemas Discretos, Tecnologia de Hardware Reprogramável, Tópicos Especiais em Engenharia: Arduino e Microcontroladores.

Este trabalho está estruturado em quatro seções primárias como listadas a seguir:

- a) referencial teórico: serão apresentados conceitos fundamentais das tecnologias, normas, etapas de teste e equipamentos necessários para o entendimento do projeto;
- b) metodologia: serão descritos cada passo durante a coleta de dados, desenvolvimento da programação do IDE no Arduino, cálculos e montagem do microcontrolador gerando assim o dispositivo;
- c) implementação: será descrito o que foi feito para realizar a montagem do projeto completo com o objetivo de possibilitar o início da realização de testes;
- d) análise e interpretação dos resultados: tem o objetivo de apresentar, interpretar e analisar os dados obtidos através da realização testes com o dispositivo concluído.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com a problemática levantada e a hipótese proposta pelo trabalho, é preciso ter o conhecimento de diversas informações pertinentes para o desenvolvimento do projeto proposto.

Sendo a proposta de um protótipo microcontrolado de uma pequena estação meteorológica faz-se, necessário saber os componentes básico que a compõe, as suas unidades e grandezas padrões, metodologias aplicadas para captação de dados e funcionamento das mesmas.

Para o teste, torna-se necessário verificar como deve ser feito, assim como que parâmetros serão analisados e quais medidas padronizam e validaram se o procedimento para obtenção de dados será adequado.

Além das especificações do teste, é importante entender sobre os equipamentos que serão utilizados ao decorrer do projeto para a sua implementação como sensores, periféricos, componentes eletrônicos, suas particularidades e o seu funcionamento dos microcontroladores especificamente o Arduíno.

E também para o desenvolvimento do *software* do dispositivo, é necessário conhecer a linguagem de programação C/C++, a qual é utilizada e adaptada na maioria dos microcontroladores assim como as bibliotecas necessárias, para interpretação e comunicação dos sensores para visualização no microcomputador.

1.1 METEOROLOGIA

O tempo e o clima são parâmetros atmosféricos estudados desde o tempo das cavernas até às civilizações modernas. A meteorologia, por sua vez, ocupa-se em estudar às propriedades físicas da atmosfera de forma que possa compreender a interação da mesma com outros componentes do sistema climático, como o oceano, o solo e até mesmo a vegetação. Em suma, a meteorologia é a ciência que estuda fenômenos atmosféricos desde a superfície da Terra até a estratosfera, ou seja, até cerca de 25 km de altitude.

Sendo assim, todas as grandezas que caracterizam o sistema climático são de interesse da meteorologia que, no que lhe concerne, realiza a monitorização assim como observações geofísicas e previsão do tempo. Contudo, as variações atmosféricas que causam maior impacto sobre a atividade humana, como a temperatura, vento, pressão, humidade, são as mais visadas e estudadas por meteorologistas (MIRANDA, 2013).

1.1.1 Variáveis meteorológicas

A partir da observação meteorológica um conjunto de grandezas pode ser caracterizado, sendo que muitas delas têm dimensão física, ou seja, existe a obrigação de se utilizar um sistema de unidades. O mais usual é o Sistema Internacional de unidades (SI), algumas variáveis podem ser observadas na Tabela 1 (MIRANDA, 2013).

Tabela 1. Grandezas meteorológicas

Grandeza	Símbolo	Unidade SI	Unidade prática
Pressão	P	pascal, 1 Pa = 1 Nm ⁻²	1 mb = 1 hPa = 100 Pa
Temperatura	T	kelvin, K	celsius, °C
Precipitação	R	kg m ⁻²	1 “mm” = 1 kg m ⁻²
Humidade específica	q	adimensional	1 g kg ⁻¹ =10 ⁻³
Razão de mistura	r	adimensional	1 g kg ⁻¹ =10 ⁻³
Humidade relativa	RH	adimensional	%=10 ⁻²
Tensão de vapor	e	pascal	
Massa volúmica	ρ	kg m ⁻³	
Vento	V	m s ⁻¹	1 ms ⁻¹ =3.6 km h ⁻¹ =1.94 kt (nó)
Nebulosidade	N	adimensional	1/8 de céu

Fonte: MIRANDA, 2013.

A seguir, encontram-se conceitos das principais variáveis atmosféricas e que serão alvo de estudo deste trabalho:

- humidade relativa – representa a relação entre a quantidade de vapor de água que se encontra no ar e a máxima capacidade que poderia conter à mesma temperatura, visto que, o vapor de água também é um gás que compõe a atmosfera, sendo que quando não está presente diz-se que a massa de ar é seca e, por outro lado, quando está presente é úmida;
- temperatura – é uma grandeza que permite determinar quantitativamente o grau de agitação térmica das partículas de um corpo ou substância, sendo uma variável de estado, onde cada sistema termodinâmico em equilíbrio tem sua temperatura;
- vento – é definido como a velocidade de uma partícula de ar em escoamento horizontal. Sabendo que existem diferentes temperaturas na atmosfera, então o ar tem densidades diferentes e para tentar equilibrar essas diferenças o movimento das partículas de ar é sempre no sentido da região de maior pressão para a menor, a causa o vento;

- d) pressão - a Lei de Pascal define que a pressão num dado ponto de um fluido em repouso é igual ao peso, por unidade de área, de uma coluna de fluido até ao topo da atmosfera, ou seja, existe uma diferença de pressão na base e no topo da partícula; A pressão atmosférica por sua vez, pode variar verticalmente e horizontalmente, sendo que as variações horizontais originam os ventos.

1.1.2 Estações Meteorológicas

Uma observação é dita sensorial quando é adquirida sem a necessidade de instrumentos e instrumental quando as medições são realizadas com equipamentos meteorológicos (INMET, 2019).

Uma Estação Climatológica Principal (ECP), faz parte da Rede de Estações Meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia e realiza a coleta de dados dos instrumentos que permitem observar o tempo meteorológico, que indica o estado presente da atmosfera, assim como a previsão do tempo. Essas são padronizadas de acordo com o INMET, ou seja, todas são absolutamente iguais, possuindo um abrigo meteorológico, que pode ser observado na Figura 1, e dentro dele os principais aparelhos, como termômetro de mercúrio em vidro, para medição de máxima e mínima temperatura, microbarógrafos, que medem as variações atmosféricas ao longo do tempo desejado, seja dias, semanas ou meses, o termohigrógrafo, que une o registro de temperatura e humidade relativa do ar em um mesmo aparelho e separados seriam equivalentes ao termógrafo e higrógrafo (VIANELLO, 2011).

Outros instrumentos são o barômetro-padrão para medição da pressão atmosférica, o evaporímetro de Piche que mede a evaporação da água, o pluviômetro que estima a quantidade de chuva, geotermômetros, para temperaturas em diferentes níveis no interior do solo, anemômetros para medir a velocidade do vento, o heliógrafo usado para medir o número de horas de brilho solar.

Figura 1 - Abrigo meteorológico, fechado e aberto.



Fonte: INMET

Além desses instrumentos, é importante que não haja limitação de leitura, uma vez que existem observações visuais dependentes apenas da capacidade e experiência do observador.

1.2 MICROCONTROLADORES

Os microcontroladores, atualmente, estão presente em praticamente todo nosso cotidiano, tanto nas indústrias, quanto para usos pessoais, acadêmicos e profissionais. É uma tecnologia que simplifica os projetos e montagens e, além disso, os torna muito mais poderosos e compactos. Microcontroladores são utilizados para controlar circuitos a partir de informações que passamos a ele por um sistema de interfaceamento. Podemos defini-lo como:

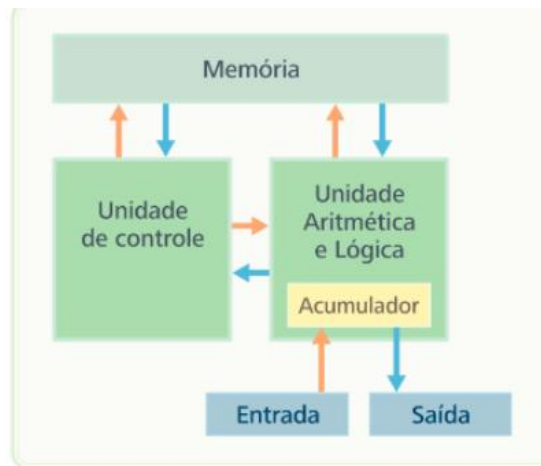
É um CI capaz de efetuar processos lógicos com extrema rapidez e precisão. A grande vantagem deste CI é a sua possibilidade de programação, o que o torna adaptável à finalidade desejada, e que possibilita seu ajuste de acordo com a tarefa que deverá executar (ASSIS, 2004).

Eles podem ser utilizados como gerenciadores lógicos e aritméticos, podendo seu controle ser estendido para periféricos, como sensores, displays, relés e muitos outros componentes. Eles surgiram através da evolução dos circuitos digitais, devido a exigência da complexibilidade, chegando ao ponto em que era mais barato e simples substituir as portas lógicas por um conjunto de software e processador. (PENIDO; TRINDADE, 2013).

Os microcontroladores estão muito populares na atualidade e estão sempre se adaptando para atender as exigências do mercado. Eles se mantêm através de uma fonte de DDP (Diferença de Potencial), geralmente é necessário o uso de baterias para mantê-lo em funcionamento, mas atualmente é possível encontrar dispositivos que consomem pouquíssima bateria e com isso, pode manter o microcontrolador em funcionamento por várias horas sem necessidade de recarregamento ou substituição.

A constituição de um microcontrolador é formada por uma (*Central Processor Unit* ou Unidade de Processamento Central) CPU. Para interpretar as instruções do código a ser executado, memória (*Programmable Read Only Memory* ou Memória Progra-mável Somente de Leitura) PROM. Para gravar as instruções do programa, memória (Random Access Memory ou Memória de Acesso Aleatório) RAM. Para memorizar as variáveis utilizadas pelo programa, conjunto de entradas e saídas e dispositivos auxiliares ao funcionamento (PENIDO; TRINDADE, 2013). Podendo ser visto um esquema básico seu na Figura 2:

Figura 2 – Esquema básico de um microcontrolador



Fonte: (PENIDO; TRINDADE, 2013).

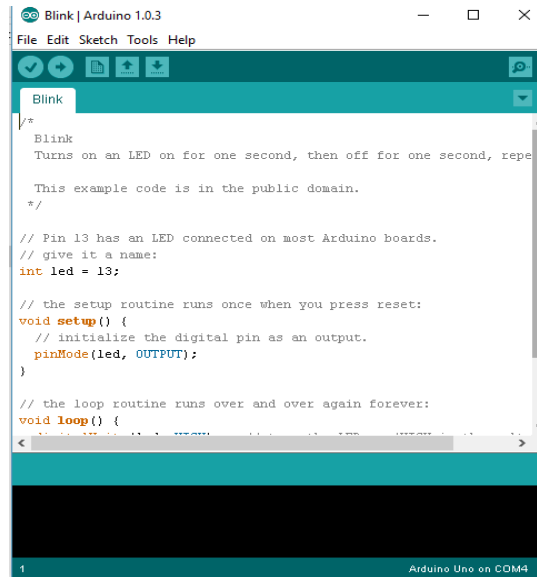
Os microcontroladores mais populares utilizados na década de 70 e 80 foram os 8085 e o Z80, já na década de 90 e no início do século XXI, o Microchip PIC passaram a ser largamente utilizados. Mas, atualmente o Arduino se tornou o mais popular, possuindo o seu ambiente de desenvolvimento, bibliotecas e diversos suportes a sensores, atuadores e comunicação (OLIVEIRA, 2017).

1.2.1 Arduino

O Arduino foi desenvolvido em 2005, na cidade de Ivrea (Itália) por uma equipe de cinco pesquisadores: Massimo Banzi, David Cuartielles, Tom Igoe, Gianluca Martino e David Mellis. O objetivo deles era desenvolver dispositivo barato, funcional e de fácil programação. Para se programar, é necessário conectar o dispositivo ao computador através de um cabo USB e implementar o código na *IDE*, pode-se ver um exemplo na Figura 3 utilizando a linguagem de programação C/C++. Depois de programado, o Arduino pode funcionar de maneira independente, apenas necessitando de uma fonte de alimentação para funcionar.

O Arduino em si não bem é um microcontrolador, ele é uma plataforma de desenvolvimento de sistemas embarcados, mas possui um microcontrolador conectado a ela, a fabricante Atmel detém o maior *Market share* da marca. Um fator para a popularização desta plataforma é que ela não está vinculada a nenhum fabricante específico, ou seja, qualquer um tem a possibilidade de consultar, examinar e modificar o produto.

Figura 3 – Ide de Programação do Arduino.



```

Blink | Arduino 1.0.3
File Edit Sketch Tools Help
Blink
/*
 * Blink
 * Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.
 *
 * This example code is in the public domain.
 */

// Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards.
// give it a name:
int led = 13;

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH);   // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);              // wait for a second
  digitalWrite(led, LOW);    // turn the LED off by making the pin LOW
  delay(1000);              // wait for a second
}

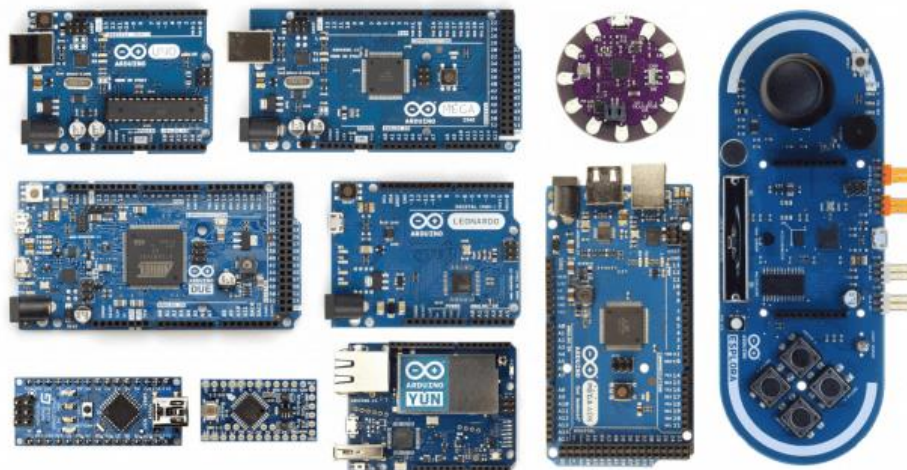
```

Fonte Própria.

É possível encontrar uma grande quantidade de componentes e periféricos para se utilizar com Arduino, com isso, há uma infinidade de aplicações a serem executadas com o dispositivo. Existem também os Shields, que são placas que adicionam funções para a plataforma.

Atualmente existem diversos modelos de Arduino, como pode ser visualizado na Figura 4, e a definição de qual utilizar varia de acordo com a necessidade de portas de entrada e saída desejadas. A placa mais comum encontrada no mercado é o Arduino Uno, que possui 14 portas digitais e 6 analógicas.

Figura 4 – Modelos de Arduinos



Fonte: (Arduino Portugal, 2019).

1.3 SENSORES E PERIFÉRICOS

Os sensores são largamente empregados em atividades onde é necessário obter valores do ambiente que está sendo monitorado. Segundo o professor da Universidade Estadual Paulista, Marcelo Wendling:

Sensores servem para informar um circuito eletrônico a respeito de um evento que ocorra externamente, sobre o qual ele deva atuar, ou a partir do qual ele deva comandar uma determinada ação. [...] Sensor é o termo empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza física que precisa ser mensurada (medida), como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc. (WENDLING, 2010).

Quando se está estudando sensores, é necessário conhecer a diferença entre o conceito de variáveis e atuadores. Variáveis são fenômenos físicos, como a temperatura, luminosidade, corrente, entre outros. Já atuadores “são dispositivos que modificam uma variável controlada. Recebem um sinal proveniente do controlador e agem sobre o sistema controlado” (WENDLING, 2010), alguns exemplos de atuadores são relés, motores, cilindros.

Um sensor nem sempre possui características elétricas compatíveis com o sistema de controle que está sendo utilizado, podendo o sinal de saída do sensor ser manipulado para com isso ser lido pelo controlador, algumas vezes o sinal também pode ter um nível de tensão muito baixo, necessitando de uma amplificação.

Existem dois tipos de sensores: analógicos e digitais. Os sensores analógicos podem assumir qualquer valor de sinal de saída, desde que esteja dentro de sua faixa de operação. Já os sensores digitais só assumem dois valores, sendo então generalizados para dois estados de operação 0 e 1.

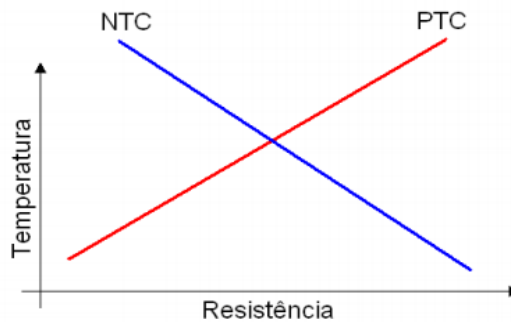
Os sensores a serem utilizados no projeto serão: sensor de temperatura, sensor de pressão, sensor de umidade, sensor de irradiação solar. Assim como um estudo para possibilidade de implementação do anemômetro (Sensor de velocidade do vento) no dispositivo.

1.3.1 Sensor de Temperatura

Sensores de temperatura variam sua saída em decorrência da variação da temperatura do ambiente em que ele está localizado. Eles podem ser classificados em dois tipos: (*Negative*

Temperature Coefficient) NTC. E (*Positive Temperature Coefficient*) PTC. Onde o primeiro tem o valor de sua resistência diminuído com o aumento da temperatura e o segundo tem o aumento do valor de sua resistência, também com o aumento da temperatura do ambiente. A Figura 5 mostra um gráfico relacionando o valor da resistência do sensor em decorrência da temperatura.

Figura 5 – Gráfico da resistência em função da temperatura dos sensores de temperatura.



Fonte: (Wendling, 2010).

Os sensores de temperatura são em geral de baixo custo e fáceis de utilizar e circuitos simples podem empregar a sua utilização.

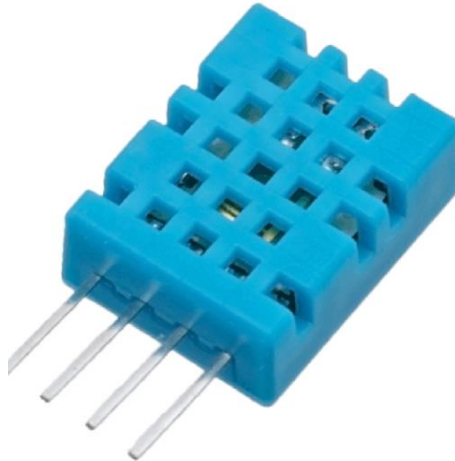
1.3.2 Sensor de Umidade

A umidade é o estado atmosférico que é determinado pelo conteúdo de vapor de água no ar, sendo a atmosfera formada por vários gases distintos e talvez o vapor de água seja o de maior valor no mundo. A água pode ser encontrada nos estados gasoso, líquido ou sólido, uma vez que a água em estado de vapor é denominada umidade. Então define-se umidade absoluta a quantidade real de água que o ar contém, sendo expressa em gramas por metro cúbico de ar. Já a relativa é o quociente entre a quantidade de umidade presente a uma determinada temperatura máxima, e a máxima quantidade de vapor de água que o ar pode conter nessa temperatura (THOMAZINI, 2011).

Nos últimos 50 anos, têm sido desenvolvidos diversos sensores de umidade denominados higrômetros. Um dos mais utilizados são feitos de capacitores, como sensores de umidade atmosférica, formados por uma camada de polímero que cobre um metal com uma fina camada de ouro depositada sobre o polímero, por meio de evaporação a vácuo. A camada de ouro, na realidade, é um filme suficientemente fino, que permite a difusão do vapor d'água por meio dessa camada, que apresenta variação linear da capacitância elétrica, com umidade relativa entre 0 a 75% e precisão em torno de 2%. Nessa faixa, o tempo de resposta é muito

rápido, de alguns décimos de segundo, embora se torne mais lento com a redução da temperatura (PEARCY, 1989). Pode-se observar um exemplo de sensores na Figura 6.

Figura 6 – Sensor de umidade



Fonte: (Baú da eletrônica, 2019).

Uma das medidas importantes, em relação ao sensor de umidade é a escolha do tipo, pois de acordo com o seu material ele tem uma faixa de operação ideal, então antes da adoção do sensor deve-se fazer um pré-estudo na região aonde irá operar, como por exemplo, em ambientes com um sistema condicionador de ar, áridos ou até mesmo em linhas produtivas com uso contínuos de gases.

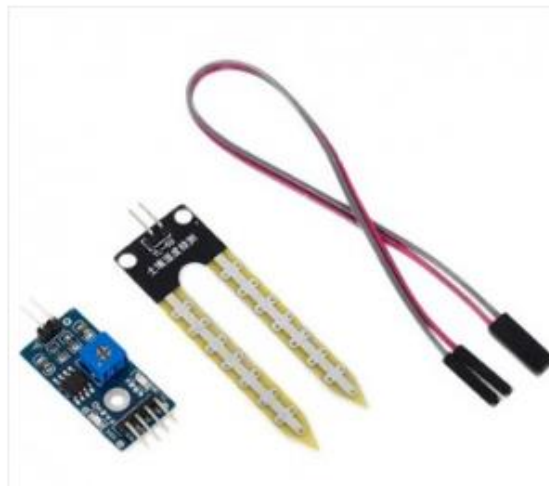
1.3.3 Sensor de Umidade do Solo

Um sensor de umidade do solo é um módulo detector da resistividade da terra, ou seja, são sensores que medem as variações de umidade da terra. O higrômetro é um sensor para medição da umidade do solo ou do ar. O sensor de umidade no Solo deve ser enterrado no solo para medição da umidade da terra.

O sensor de umidade do solo funciona exposto a condições do tempo, sendo um instrumento resistente à corrosão é projetado para detectar as variações de umidade no solo, funcionam com dois eletrodos para conduzir corrente elétrica pelo solo, fazendo a leitura de umidade relativa por comparação com a resistência, pois a água diminui a resistência, enquanto o solo seco conduz com mais dificuldade, sendo que quando o solo está seco a saída do sensor fica em estado alto, e quando úmido em estado baixo, a Figura 7 pode representar o sensor em questão. O limite entre seco e úmido pode ser ajustado através do potenciômetro

presente nestes tipos de sensor que regulará uma saída digital. Contudo para ter uma resolução melhor é possível utilizar a saída analógica e conectar a um conversor, já o seu funcionamento em campo para captação de umidade da terra possuem instalação simples. Sensores de monitorar a umidade do solo é fundamental na agricultura e cultivo. Portanto, estes sensores umidade no solo são recomendados processos de irrigação no campo e levantamentos meteorológicos.

Figura 7 – Sensor de umidade do solo



Fonte: (Sigma Sensores, 2020).

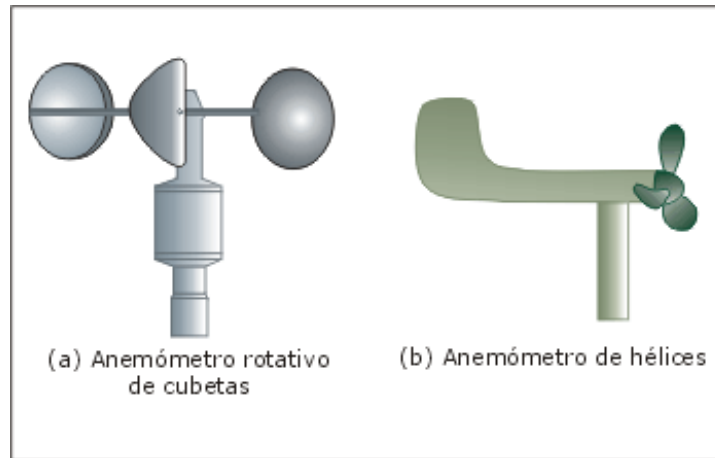
1.3.4 Sensor de velocidade do vento: Anemômetro

Os sensores de velocidade do vento são denominados anemômetros. Dentre eles os principais anemômetros existentes no mercado são: anemômetro de rotação, tubo de Pitot, anemômetro termoelétrico e anemômetro ultrassônico. A forma com que eles funcionam está diretamente ligada à sua estrutura, na Figura 8 podemos observar alguns exemplos.

Os Anemômetros mais utilizados em estações meteorológicas são os rotacionais, e o mais comum é o anemômetro de rotação (CYLIAX, 2006). Ou também conhecido "como anemômetro de caneca" pode ser constituído de copos fixos que giram radialmente acompanhando a velocidade média do vento que pode ser indicada por um tacômetro.

Geralmente, estes anemômetros podem ser encontrados com dimensões de 2 a 40 cm de diâmetro, podendo medir velocidades de 0,1 a 100 m/s (ALMEIDA, 2004). Outro anemômetro que parte do mesmo princípio de funcionamento é o tipo "aviãozinho" são formados por uma hélice captando o fluxo de ar no sentido axial, este tipo de anemômetro consegue medir velocidade mais elevadas por volta de 310 Km/h (ARAÚJO, 2019).

Figura 8. Anemômetros rotacionais.



Fonte: Bvsde cursoa meteoro.

Um benefício da utilização deste anemômetro é o baixo custo, e também é possível encontrar alguns que se acoplem ao Arduino, entre tanto possui a desvantagem de ter peças móveis que impossibilitam medidas de velocidades precisas devido ao atrito com o ar. Uma outra desvantagem é a necessidade da velocidade inicial ter uma intensidade capaz de vencer a inércia dos copos ou hélices. Além disso, o movimento dos copos pode ser impedido por folhas, galhos e qualquer outra barreira física necessitando assim de uma supervisão constante (RIBEIRO et al., 2004).

1.3.5 Sensor de radiação solar

A radiação solar é uma variável importante dos estudos climáticos e dimensionamento de projetos que visam o aproveitamento da energia solar, tais como produção de energia elétrica a partir de painéis solar fotovoltaicos. Esta radiação que incide em superfície pode ser dividida em dois componentes a direta e a difusa e moralmente são utilizados o piranômetro ou pireliômetro para fazer suas medidas, este aparelho tem uma funcionalidade complexa.

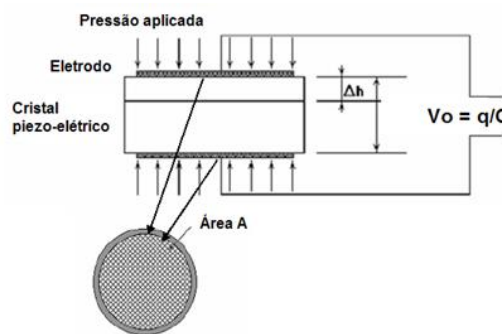
O piranômetro ou piranômetro é um equipamento utilizado para medir radiação solar em uma superfície plana e é projetado para medir a densidade de fluxo da radiação solar que adota como unidade padrão (W/m^2) do hemisfério acima, num intervalo de comprimento de onda de $0,3 \mu m$ a $3 \mu m$. A radiação solar espectro que atinge a superfície terrestre amplia seu comprimento de onda aproximadamente 300 nm a 2800 nm . Dependendo do tipo de piranômetro utilizado, serão obtidas medidas de radiação solar com diferentes graus de sensibilidade espectral (KIPP & ZONEN, 2019).

1.3.6 Sensor de pressão

A pressão é uma grandeza física definida pela força aplicada por um líquido ou um gás em uma superfície, geralmente expressa pelas unidades: Pascal (Pa), bar e psi. O sensor de pressão é um dispositivo sensível à pressão para determinar a pressão real aplicada ao mesmo, utiliza diferentes princípios de funcionamento, e ou componentes para converter essa informação em um sinal de saída.

Um dos métodos para adquirir o valor da pressão mais utilizado é o transdutor piezo elétrico. É um transdutor que se baseia na propriedade de transmissão piezoelétrica de um cristal de quartzo quando deformado elasticamente, gera um potencial elétrico através de seus terminais por meio de um plano cristalográfico (TOMAZINI, 2005), como na Figura 9:

Figura 9. Sensor de Pressão Piezoelétrico.



Fonte: (Smar, Sensores de Pressão, 2019)

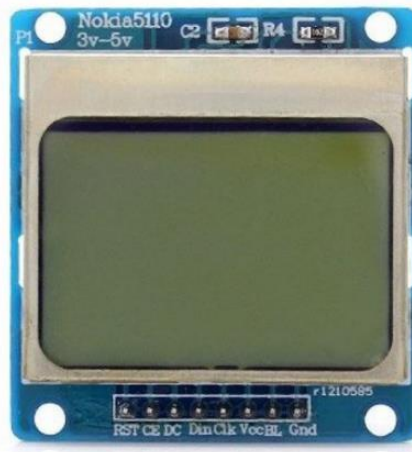
1.3.7 Display LCD NOKIA 5110

O Display LCD Gráfico Nokia 5110, o qual pode-se observar na Figura 10 é um modelo de display gráfico que trabalha nos mais diversos projetos em que há a necessidade de transmitir uma informação visual. Ele possui uma tela de 1,5 polegadas, luz de fundo azul, escrita monocromática na cor preta, resolução de 84x48 pixels, além de ter a capacidade de trabalhar com elementos gráficos, textos e bitmaps.

O Display Nokia 5110 trabalha com o chip PCD8544 da Phillips, o que torna fácil interação com qualquer microcontrolador, como Arduino, já que sua comunicação é feita via serial I2C e sua tensão de operação 3.3V gerando assim um baixo consumo. Ele possui 4 leds para visualização do display no escuro. Sua conexão com o microcontrolador é feita através de 7 pinos, sendo eles para alimentação, controle de contraste da luz de fundo e os demais para

comandos, tornando assim o display Nokia ideal utilização em diversos projetos que há a necessidade de exibição de informações de forma simples e objetiva, com baixo custo e boa aparência, geralmente é empregado em dispositivos e elementos eletrônicos tais como calculadoras, relógio digital e barômetros.

Figura 10. Display LCD Gráfico Nokia 5110.



Fonte: (Curto Circuito, 2020)

1.3.8 Módulo de Leitura e gravação de Micro SD

Por fim, disponível na Figura 11, o módulo micro Secure Digital (SD), que possui integrado um leitor de cartão o qual se comunica através do sistema de arquivos e do driver de interface, além do sistema de SCM de modo a completar o arquivo para ler e escrever no cartão micro SD, Ele possui 6 pinos, 2 para alimentação e as restantes para comunicação com o microcontrolador.

Com isso é possível armazenar em um cartão de memória dados e gerar arquivos para estes serem lidos por outros dispositivos, este dispositivo é essencial, pois as informações ficaram armazenadas por um longo período de tempo.

Figura 11. Módulo micro Secure Digital (SD).



Fonte: (Eletrogate, 2020)

2 METODOLOGIA

Este trabalho utilizará a Pesquisa Aplicada ou investigação aplicada como principal método científico de execução, o que significa a realização de uma pesquisa exploratória e explicativa sobre o material de desenvolvimento e bibliográficos adquiridos sobre o assunto abordado na pesquisa. Os procedimentos técnicos a serem utilizados serão os de pesquisa bibliográfica e experimental. Como método de abordagem, será utilizado o hipotético-dedutivo e a elaboração seguirá o método de procedimento monográfico. A coleta de dados será feita através da observação direta dos sensores, sendo estes dados qualitativos e interpretados de forma global.

Pesquisas bibliográficas vão ser feitas sobre a meteorologia e seus meios de obtenção dos dados através de equipamentos específicos que se fazem necessários para previsões atmosféricas, levantamento de informações sobre uma determinada região para expansão e desenvolvimento de projetos relacionadas ao clima, assim como o funcionamento das tecnologias utilizadas para implementação do dispositivo.

Ensaio manuais em laboratório serão realizados com o objetivo de coleta de dados para melhor entendimento do processo e comparação gráfica dos resultados ao final do projeto além de detectar possíveis pontos de melhorias no dispositivo durante a sua montagem ou problemas a serem evitados.

A próxima fase irá ser a obtenção do microcontrolador ideal dentro da família Arduino o qual tem uma maior variedade de sensores para implementação do projeto, assim como os respectivos sensores mencionados nesta pesquisa para implementação da estação meteorológica, em seguida será escrita a programação baseada na linguagem C/C++, já nesta fase, poderá ser feita uma bateria de testes, como os dos sensores utilizados, antes do teste do projeto final afim de calibração

O próximo passo será a montagem da interface física e assim então começarão os testes finais, dessa forma, tendo os resultados dos testes finais, haverá uma fase de aprimoramento e ajuste para uma melhor resposta do projeto assim como um comparativo com equipamentos no mercado que fazem estas aferições comprovando assim a eficácia do projeto e vantagens em relação a custo benefícios.

Um diagrama representativo do projeto final, assim como trabalhos futuros podem ser observados na Figura 12 abaixo. Um microcontrolador interligado a sensores por um circuito e/ou *shields* (Acoplamentos específicos da plataforma), receberá dados dos sensores, converterá e transmitirá à um microcomputador por meio de um protocolo de comunicação, podendo este

onde o usuário poderá criar um banco de dados e fazer diversas análises a partir das informações coletadas. Por fim, a Figura 13, mostra o fluxograma de funcionamento básico do projeto, das etapas de implementação de *software e hardware* para um melhor entendimento do usuário, sobre a sua funcionalidade.

Figura: 12. Proposta de projeto

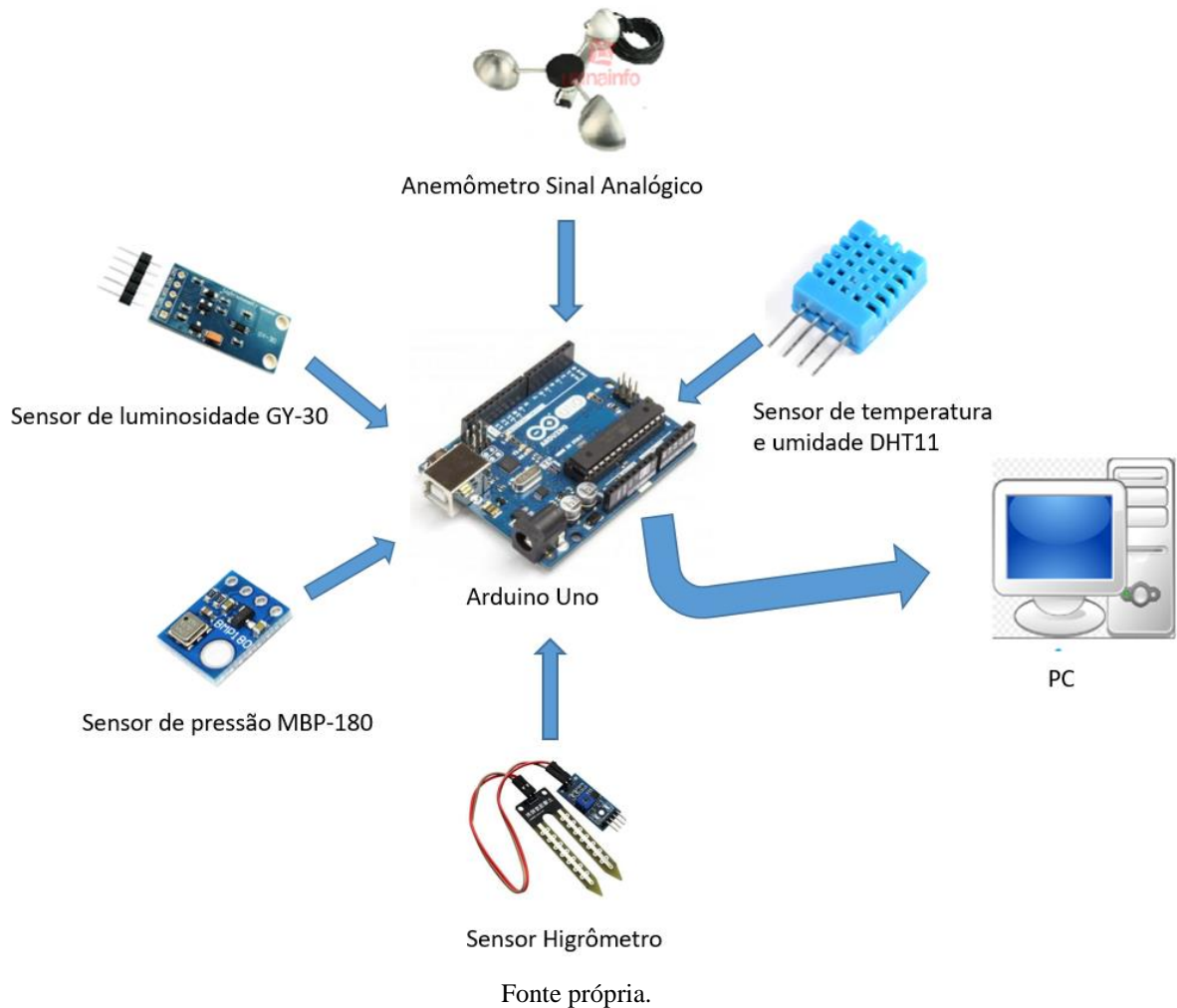
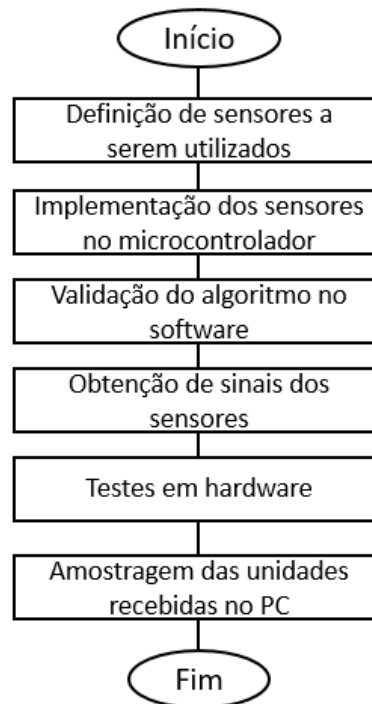


Figura: 13. Fluxograma do projeto



Fonte própria.

3 IMPLEMENTAÇÃO

Neste capítulo será abordada as todas as etapas necessárias para os meios de implementação do projeto, compostas pelas seguintes etapas: Ambiente de desenvolvimento, Validação do algoritmo no *software Arduino IDE*, Montagem e testes em hardware microcontrolador (*Arduino Uno*).

3.1 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO PARA VALIDAÇÃO DO ALGORITMO

O ambiente de desenvolvimento desta fase do projeto foi o seguinte:

- Computador: Desktop, com processador AMD Ryzen 5 1400 Quad-Core 3.2 GHz 8GB SSD 250GB; Placa de vídeo: Nvidia GTX1060 6 GB
- Sistema Operacional: Windows 10;
- Software para desenvolvimento das etapas do projeto e realização de testes: *Arduino IDE*; *Excel*
- Interface de comunicação: Serial 9600

3.2 VALIDAÇÃO DO ALGORITMO NO SOFTWARE ARDUINO IDE

Para fazer a validação do algoritmo foi utilizado o *software Arduino*, um (Ambiente Integrado de Desenvolvimento) IDE. com muitas funcionalidades que auxiliam no desenvolvimento de código além de possuir a capacidade de rodá-lo e transmitir diretamente para o seu hardware com um cabo serial.

No primeiro bloco de programação a seguir, mostrado na Figura 14, é feita a inclusão de bibliotecas as quais são de fundamental importância para o funcionamento do projeto, são através delas que podemos comunicar, identificar elementos lógicos da programação, converter, enviar e receber sinais dos sensores, tantos os analógicos quanto os digitais. Dentre elas estão as responsáveis por fazer a leitura e interpretação dos sinais dos sensores de pressão e altitude, o de temperatura e umidade, umidade do solo e o de luminância. Assim como as de conversão de sinais para gravação de dados no cartão micro SD e exibição de informações no display.

Figura: 14. Inclusão de biblioteca

```
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_PCD8544.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include "dht.h" //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA
#include <SD.h>
```

Fonte própria.

A próxima etapa realizada é a definição de variáveis e pinos a serem utilizados no projeto para comunicação com os seus periféricos, como mostra a Figura 15 primeiramente é feito a declaração de saída digitais do display, logo após definição de leitura analógicas já definida pela biblioteca do sensor de pressão e altitude, definição de entrada do pino de umidade e temperatura, assim também como o de umidade do solo e por fim a saída de informações para gravação de texto no cartão SD.

Figura: 15. Declaração de variável

```
Adafruit_PCD8544 display = Adafruit_PCD8544(4, 5, 6, 7, 8);
Adafruit_BMP085 bmp180;
const int pinoDHT11 = A2;
dht DHT;
const int pinoSensor = A0; // DECLACAÇÃO DE VARIÁVEL
int valorLido;
File myFile;
int pinoSS = 10;
```

Fonte própria.

Em seguida fez-se necessário configurar o display para exibição de informações, dados seu tamanho, optou-se por mostrar as unidades mais essenciais para a interpretação do clima são estas, temperatura, umidade e pressão. Na programação da Figura 16, fez-se a inicialização da serial de comunicação 9600 e do display, logo após, feito o ajuste do contraste, limpeza de buffer, definição do tamanho do texto e a cor de exibição. Para parte de visualização, dividiu-se o display em três retângulos, um no canto superior esquerdo para temperatura, outro no direito para umidade e um inferior para pressão.

Figura: 16. Inicialização e layout de display

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pinoSS, OUTPUT);

  SD.begin();
  display.begin(); // INICIALIZAÇÃO E LAYOUT DE DISPLAY
  display.setContrast(48);
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(BLACK);

  // Retangulo temperatura
  display.drawRoundRect(0,0, 44,24, 3, 2);

  display.setCursor(11,3);
  display.println("TEMP");
  display.setCursor(5,14);
  display.println("----"); |
  display.setCursor(29,14);
  display.drawCircle(31, 15, 1,1);
  display.println(" C");

  // Retangulo umidade
  display.drawRoundRect(45,0, 39 ,24, 3, 2);
  display.setCursor(52,3);
  display.println("UMID");
  display.setCursor(50,14);
  display.println("----");
  display.setCursor(75,14);
  display.println("%");

  // Retangulo pressao
  display.drawRoundRect(0,25, 84 ,23, 3, 2);
  display.setCursor(22,28);
  display.println("PRESSAO");
  display.setCursor(55,38);
  display.println("hPa");
  display.setCursor(11,38);
  display.println("-----");
  display.display();
}
```

Fonte própria.

Foi necessário também a inicialização dos sensores de umidade, temperatura, pressão, altitude, luminância e umidade do solo respectivamente, todos em interface de comunicação serial 9600 para visualização no microcomputador, após isto feito sua leitura em um determinado período de tempo que pode ser alterada de acordo com a necessidade do usuário

para atualizar a leitura do sensor como por exemplo de 5 em 5 segundos ou de meia em meia hora, configuração de exibição, adicionada a unidade de cada variável e imprimir o resultado no monitor serial. O programa pode ser observado na Figura 17.

Figura: 17. Inicialização e leitura dos sensores

```
DHT.read11(pinoDHT11);
Serial.print("Umidade: ");
Serial.print(DHT.humidity);
Serial.print("%");
Serial.print(" / Temperatura: ");
Serial.print(bmp180.readTemperature());           // SENSOR DE TEMPERATURA E UMIDADE
Serial.println(" °C (Grau Celsius)");

Serial.print("Pressão: ");
Serial.print(bmp180.readPressure());
Serial.println(" Pa (Pascal)");

Serial.print("Altitude: ");
Serial.print(bmp180.readAltitude());             // SENSOR DE PRESSÃO E ALTURA NÍVEL DO MAR
Serial.println(" m (Metros)");

int LDR = analogRead(A3);
Serial.print("Nível de luminosidade: ");         // SENSOR DE LUMINOSIDADE
Serial.println(LDR);

Serial.print("Umidade do solo: ");
Serial.print(valorLido);                         //SENSOR DE UMIDADE DO SOLO
Serial.println("%");
Serial.println("-----");
```

Fonte própria

Na Figura 18 é realizada a leitura dos valores do sensor de umidade, temperatura e pressão e são colocadas em variáveis do tipo *float*, ou seja, números fracionais. Logo após estes valores são setadas em uma determinada posição para exibição no display que irá atualizar à medida que será feita uma nova leitura dos valores, ou *loop*.

Figura: 18. Armazenamento em variáveis e exibição dos resultados

```
// Leitura temperatura, umidade e pressao
float h = DHT.humidity;
float t = bmp180.readTemperature();             // MOSTRAGEM DOS VALORES NO DISPLAY
float p = bmp180.readPressure()/100;

// Atualiza valor da temperatura
display.fillRect(4,13, 25 , 10, 0);
display.setCursor(4,14);
display.println(t,1);

// Atualiza valor da umidade
display.fillRect(50,13, 23 , 10, 0);
display.setCursor(50,14);
display.println(h,1);

// Atualiza valor da pressao
display.fillRect(4, 37, 46 , 10, 0);
display.setCursor(11,38);
display.println(p,2);

display.display();
```

Fonte própria

E finalmente na Figura 19, temos a etapa de implementação da programação do cartão micro SD, onde esta é responsável pela criação de um documento no formato .txt com o nome cassio, após isto executa o programa e salva os valores das variáveis umidade, temperatura, pressão, altitude, luminosidade, umidade do solo, após isso fecha o programa e executa novamente a cada loop do programa.

Figura: 19. Gravação de dados no cartão SD

```
myFile = SD.open("cassio.txt", FILE_WRITE);

myFile.println("Umidade: ");
myFile.println(DHT.humidity);
myFile.println("Temperatura: ");
myFile.println(bmp180.readTemperature()); // GRAVAÇÃO DE DADOS NO CARTÃO SD
myFile.println("Pressão: ");
myFile.println(bmp180.readPressure());
myFile.println("Altitude: ");
myFile.println(bmp180.readAltitude());
myFile.println("Luminosidade:");
myFile.println(LDR);
myFile.println("Umidade do solo:");
myFile.println(valorLido);
myFile.println(" ");
myFile.close();
```

Fonte própria

3.3 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO EM HARDWARE

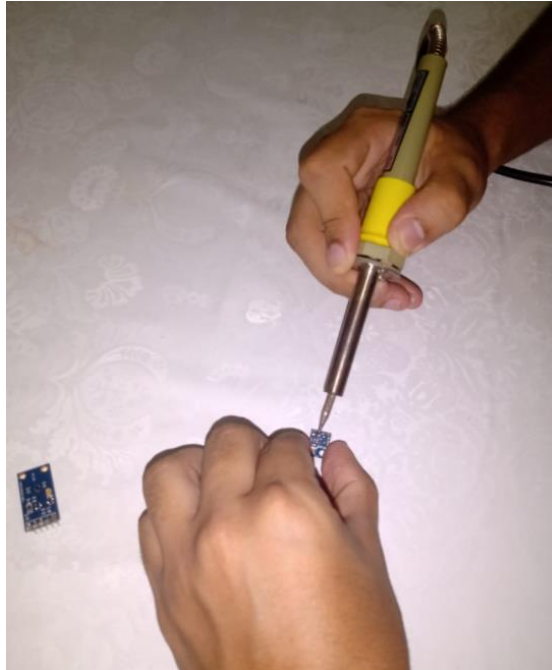
O ambiente de desenvolvimento para a fase de implementação em hardware foi necessário a utilização dos seguintes componentes:

- *Arduino uno;*
- Jumpers;
- Prontoboard;
- Micro SD 32GB
- Resistores de 1x 10K Ω e 1x 300 Ω
- Cabo Serial-USB
- Sensor de Temperatura e Umidade DHT11
- Sensor de Pressão BMP-180
- Sensor Higrômetro LM393
- Foto Resistor LDR
- Display LCD Nokia 5110
- MicroSD Card Adapter

3.4 MONTAGEM DO CIRCUITO E IMPLEMENTAÇÃO DOS SENSORES

Primeiramente para montagem do circuito foi realizada a soldagem dos pinos machos nas entradas fêmeas do sensor para posicionamento no protoboard, para isso foi utilizado estanho e um ferro de solda, esta etapa pode ser visualizada na Figura 20.

Figura: 20. Soldagem dos componentes



Fonte própria

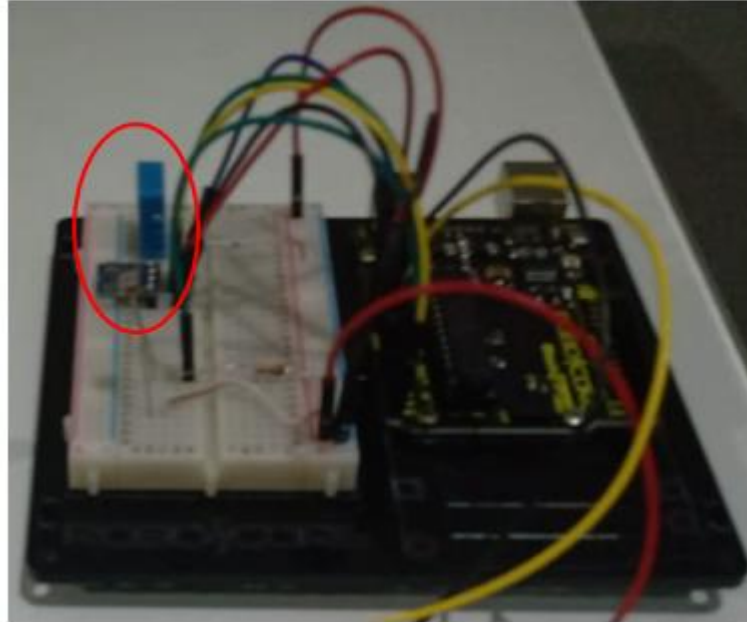
3.4.1 Montagem dos sensores DHT11 e BMP 180

Logo após isto começou-se a etapa de montagem do projeto fazendo o teste do sensor de temperatura e umidade, optou-se pela utilização do sensor DHT11, pois ele é de fácil manuseio e montagem e não requer uma programação muito avançada para o modo de uso que está sendo utilizado neste dispositivo. O circuito de montagem consiste apenas na utilização do sensor, uma ligação direta em uma entrada analógica do arduino e alimentação de 5V.

Em paralelo a esta atividade também foi realizada a comunicação com o sensor de pressão barômetro, altitude e temperatura BMP180, o qual tem suas entradas analógicas já definida pela biblioteca que não pode ser alterada A4 e A5 do arduino, onde este foi escolhido apenas para medição de pressão e altitude em relação ao nível do mar, pois a aferição de temperatura do primeiro sensor é mais precisa. Este sensor também utiliza uma ligação direta e funciona numa faixa de alimentação de 3,3 V. em seguida foi realizado o teste averiguando

todas as leituras de cada sensor e constatando que estavam no padrão de acordo com o ambiente e na Figura 21, podemos ver a implementação de ambos.

Figura: 21. Montagem dos sensores DHT11 e BMP 180



Fonte própria

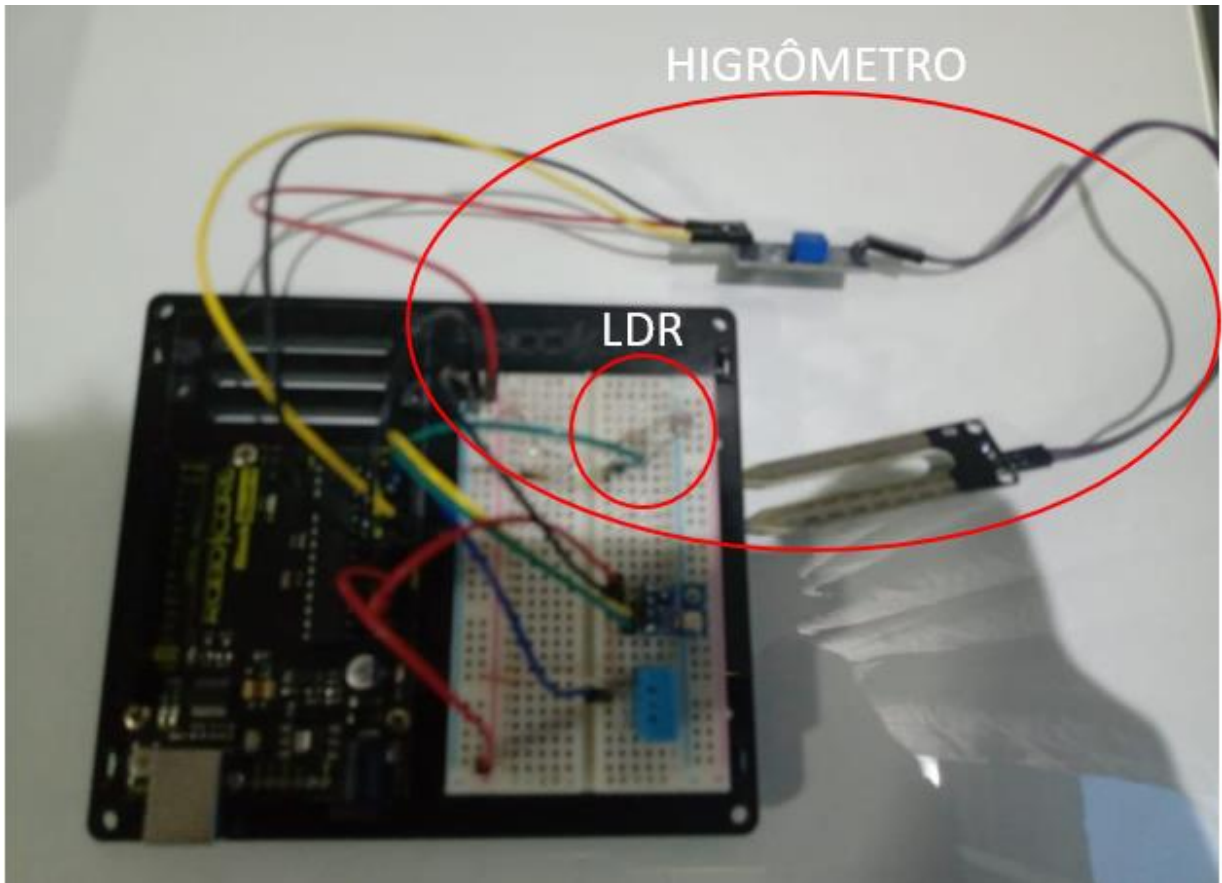
3.4.2 Montagem dos sensores higrômetro e foto resistor

Nesta etapa foi feita a implementação do sensor higrômetro que também dispõe de uma comunicação direta com arduino numa entrada analógica e alimentação de 5 V. Este foi escolhido pela possibilidade de simular o nível de irrigação de um ambiente e conseguir verificar se houve chuva ou algum fenômeno que deixou o solo mais molhado, conseguindo fazer esta leitura através do diferencial de tensão das garras que são inseridas dentro da terra.

Já na montagem do sensor de luminância foi escolhido o sensor GY-30 intensidade da luz em lux na faixa de 1 a 65535 lux, sendo ideal para aplicação em sistemas de controle de iluminação automático ou leitura de luminância solar, porém, durante a sua montagem constatou-se que a biblioteca dele obrigatoriamente utilizava também a pinagem A5 e A4 do arduino para leitura dos seus sinais então teve de ser descartada o seu uso, assim como o anemômetro pois não conseguia converter o seu sinal analógico para uma leitura no microcontrolador. Sendo assim decidiu-se ficar com o valor de pressão e utilizar um foto resistor no lugar pois a partir dele conseguira monitorar o nível de luminância e também adquirir o valor de pressão do ambiente, para a sua implementação necessitou-se apenas de um resistor

de $10\text{ K } \Omega$ para limitação de corrente sobre o foto resistor e obtendo assim sinais mais próximos para interpretação do nível de luminância do ambiente, sua comunicação é interpretada pelo arduino através do valor da tensão gerada na entrada analógica de acordo com a variação de luminosidade no local o qual se encontra. A implementação do higrômetro e LDR pode-se visto na Figura 22.

Figura: 22. Implementação do higrômetro e LDR



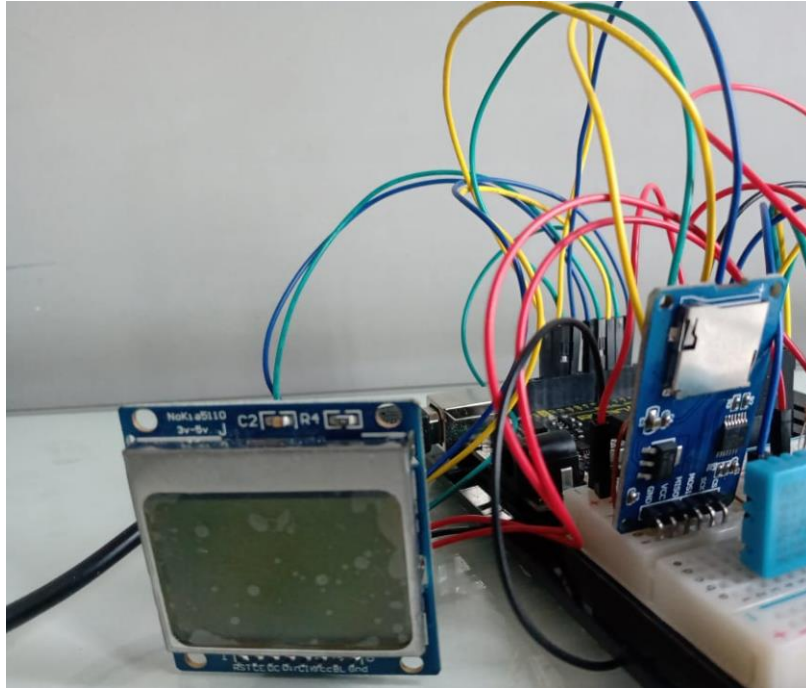
Fonte própria

3.4.3 Implementação do leitor cartão micro sd e display nokia 5110

Junto aos sensores foi realizada a ligação do circuito utilizando o leitor e gravador de micro SD *Card Adapter*, que utiliza uma alimentação de 5 V e 4 saída digitais para troca de informações com o arduino, ele é responsável pela gravação de dados lidos pelos sensores.

E por fim a ligação do display Nokia 5110, quem tem um total de 8 pinos os quais 3 são para alimentação, VCC 5V interligado junto a um resistor de $300\ \Omega$ para regulação da corrente de entrada, o terra e outra alimentação led 3,3V os outros 5 são para comunicação com o arduino através de saídas digitais, a implementação dos dois sensores podem ser vistos na Figura 23.

Figura: 23. Implementação do leitor cartão micro sd e display nokia 5110

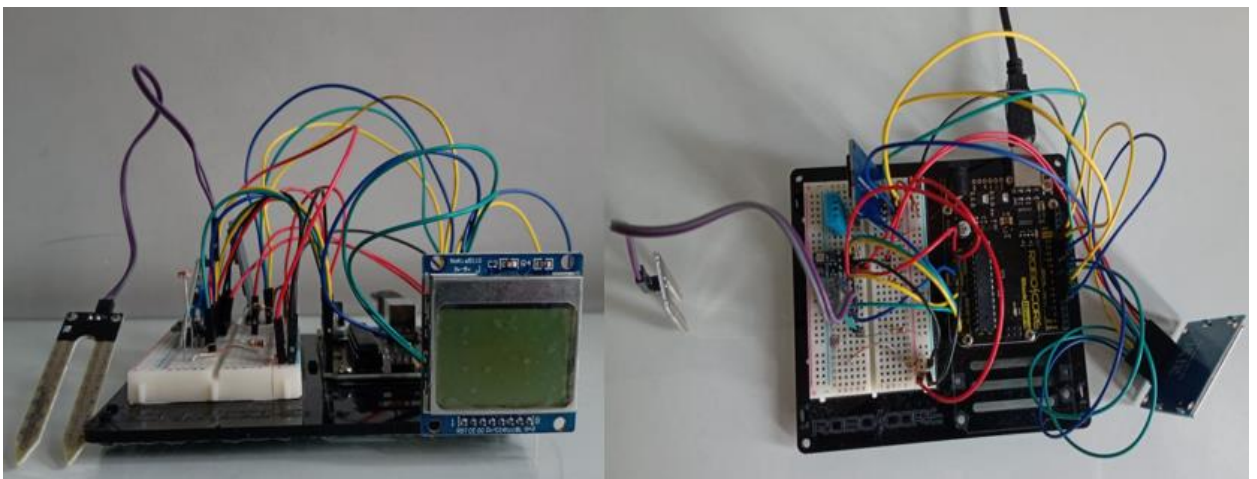


Fonte própria

3.5 DISPOSITIVO COMPLETO E ESQUEMA ELÉTRICO

Após realizada todas ligações, comunicação, programação e teste de funcionamento dos sensores e periféricos foram feitas algumas adequações de *layout* do projeto, buscando ganho de espaço e organização e chegou-se ao resultado do dispositivo completo como visto na Figura 24.

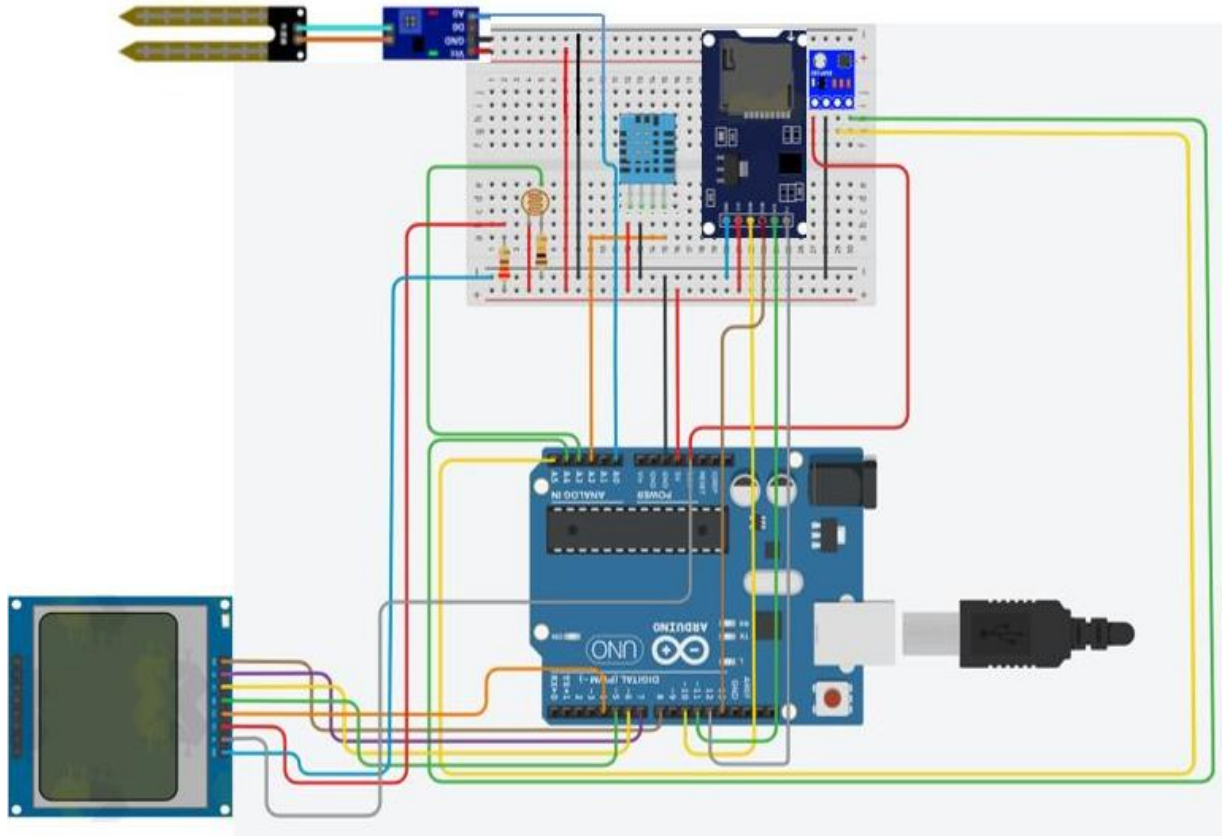
Figura: 24. Dispositivo montado



Fonte própria

O esquema completo das ligações entre os equipamentos realizada utilizando o projeto desenvolvido neste trabalho, para um melhor entendimento, foi feita a montagem no software *Fritzing*. Está representado na Figura 25.

Figura: 25. Esquema elétrico.



Fonte própria

4 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos após as atividades realizadas no capítulo anterior.

Durante a implementação do circuito, foram feitos testes de funcionalidade, porém após a montagem do circuito completo pode-se averiguar toda sua funcionalidade.

Então o protótipo foi levado para um ambiente ao ar livre onde poderíamos obter as medidas mais precisas e haviam plantas para também fazer-se a leitura da umidade do solo e demais sensores o comunicamos o arduino no Desktop através do cabo serial, para leitura das variáveis atmosféricas, pode-se observar o ambiente de teste na Figura 26.

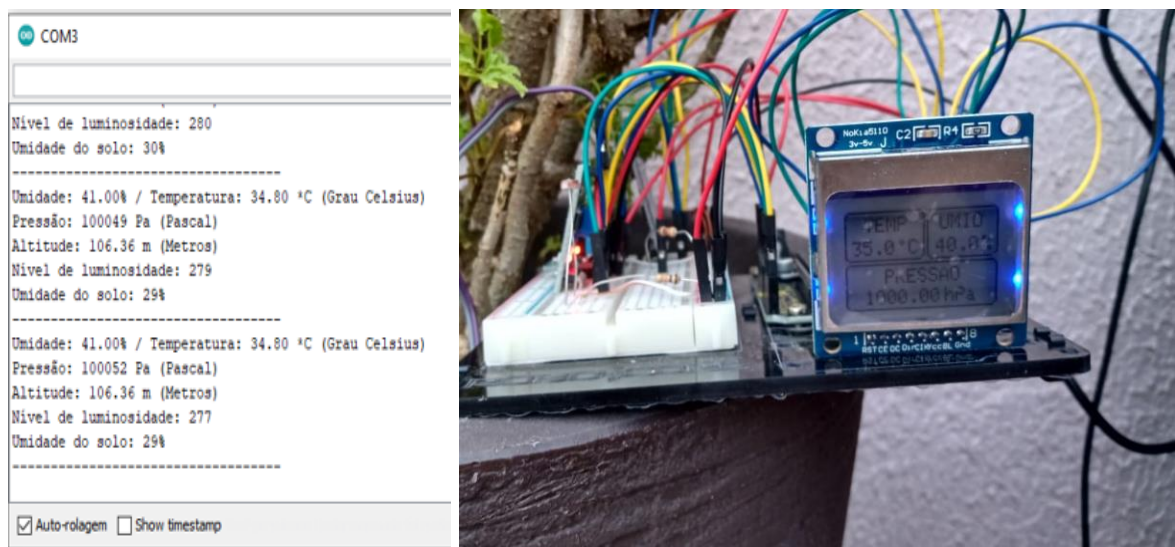
Figura: 26. Ambiente de teste



Fonte própria

Na Figura 27 podemos ver a leitura dos sensores feita pela serial 9600 das unidades: Umidade, temperatura, pressão, altitude em relação ao nível do mar, nível de luminosidade e umidade do solo, no momento em que a foto foi tirada assim também como a amostragem do display 5110.

Figura: 27. Resultado da leitura dos sensores



Fonte própria

Logo depois da leitura de dados e visualização no display, o arduino cria através do módulo micro SD um arquivo .txt, com o nome definido cassio, pode se ser alterado de acordo com a programação, e salva os valores obtidos pelos sensores a cada período de tempo definido pelo usuário. Então com a realização de alguns testes, retirou-se o cartão de memória que estava alocado no projeto e visualizou o arquivo gerado no Desktop, o qual continha as informações guardadas das leituras dos sensores, onde pode ser visualizada na Figura 28.

Figura: 28. Armazenamento dos resultados

```

cassio - Bloco de Notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
Umidade:
39.00
Temperatura:
29.00
Pressão:
100355
Altitude:
80.66
Luminosidade:
128
Umidade do solo:
0

Umidade:
39.00
Temperatura:
28.90
Pressão:
100350
Altitude:
81.41
Luminosidade:
127
Umidade do solo:
0
Ln 1, Col 1 100% Windows (CRLF) UTF-8

```

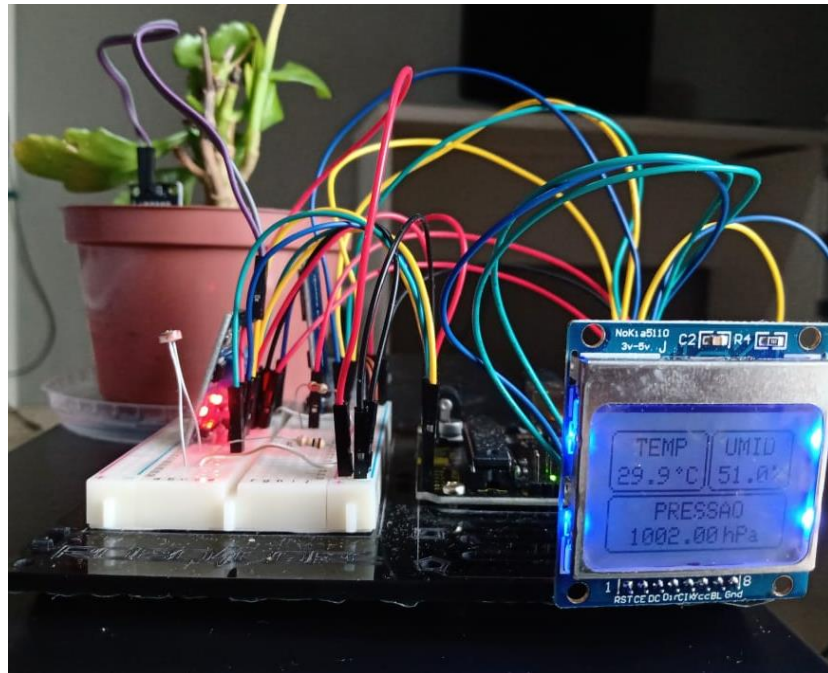
Fonte própria

4.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com todos os testes funcionais do projeto finalizados foi feito um monitoramento do dispositivo por 12 horas em um local coberto, porém exposto a incidência de luz e iniciando às 6 da manhã e finalizado às 18 horas da noite para avaliar seu funcionamento, como visto na Figura 29.

Fazendo o levantamento dos dados, obteve-se a Tabela 2, o qual contém os valores obtidos através do cartão micro SD guardados de meia em meia hora, de quatro variáveis lidas pelo protótipo umidade, temperatura, pressão e nível de luminosidade. Durante este período, desconsiderou-se as leituras da altitude em relação ao nível do mar e umidade do solo, pois o protótipo permaneceu estático em um ambiente coberto e essas medidas mantiveram-se praticamente constantes.

Figura: 29. Monitoramento do dispositivo



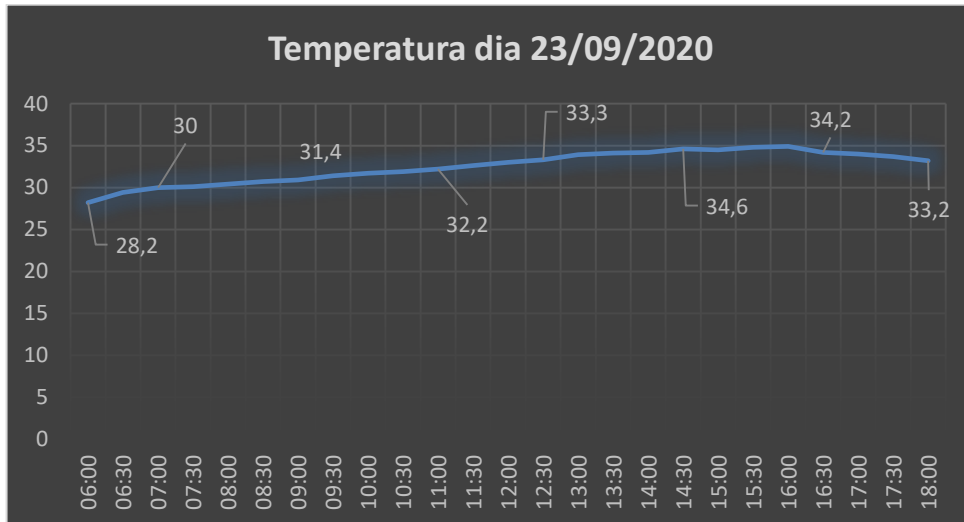
Fonte própria

Tabela 2. Resultados dos sensores obtidos a cada 30 minutos

Hora	Umidade	Temperatura °C	Pressão (Pa)	Luminosidade
06:00	65	28,2	100487	146
06:30	62	29,4	100511	349
07:00	60	30	100549	452
07:30	60	30,1	100586	527
08:00	59	30,4	100608	569
08:30	60	30,7	100635	588
09:00	58	30,9	100645	601
09:30	57	31,4	100655	634
10:00	59	31,7	100651	638
10:30	59	31,9	100622	671
11:00	57	32,2	100567	660
11:30	56	32,6	100529	673
12:00	55	33	100505	665
12:30	52	33,3	100450	668
13:00	48	33,9	100371	664
13:30	47	34,1	100324	660
14:00	47	34,2	100283	608
14:30	46	34,6	100246	611
15:00	47	34,5	100185	352
15:30	43	34,8	100145	362
16:00	41	34,9	100157	424
16:30	44	34,2	100145	362
17:00	46	34	100175	248
17:30	50	33,7	100174	217
18:00	50	33,2	100170	163

Para uma melhor visualização do resultado e análises também foi plotado dois gráficos a partir dos dados coletados do projeto durante o período da tabela acima, os quais podem ser visualizados nas Figuras 30 e 31 respectivamente.

Figura: 30. Gráfico da temperatura



Fonte própria

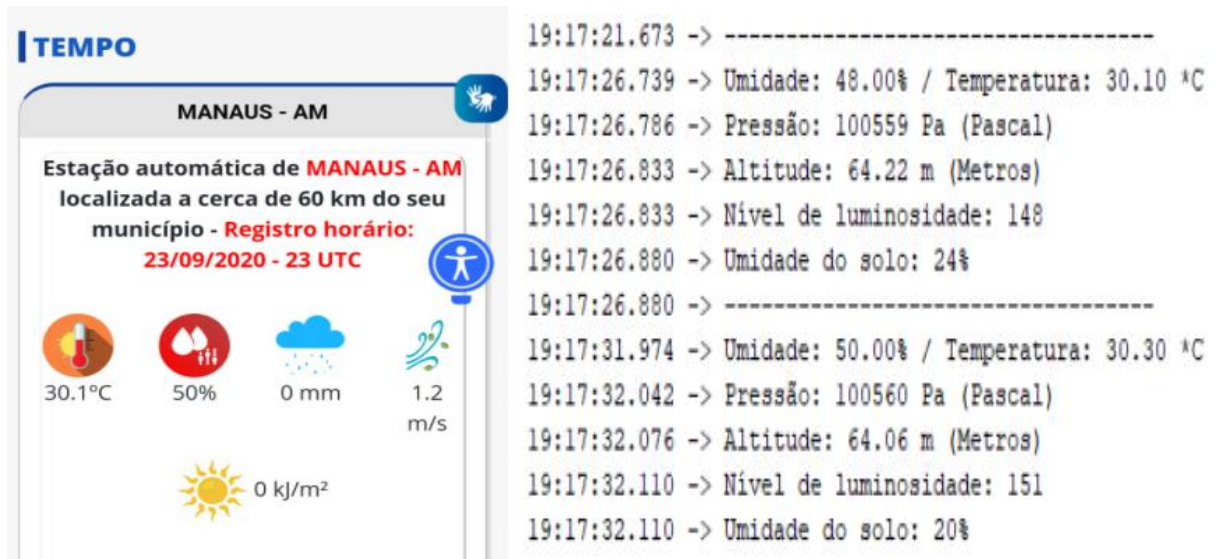
Figura: 31. Gráfico do nível de luminância



Fonte própria

Também foi realizado um teste comparativo com o instituto INMET no dia 23/09/2020 às 19:17 horas horário do Amazonas referente a dados de sua estação e do protótipo proposto no projeto averiguando integridade dos resultados, podendo ser observado na Figura 32.

Figura: 32. Comparação com dados do INMET



Fonte: portal INMET, 2020

4.2 ANÁLISE DE CUSTO DO PROJETO

Esta parte do resultado está relacionado aos gastos envolvidos no desenvolvimento do projeto.

A compra de alguns componentes não foi necessária, contudo os seus custos foram levados em consideração. Na tabela a seguir, pode-se visualizar os componentes utilizados, a quantidade utilizada, o custo unitário na compra de componentes comprados pela internet e em lojas onde residio.

Tabela 3. Custo do projeto.

ITEM	QUANTIDADE	CUSTO UNITITÁRIO
Arduino Uno	1	R\$54,00
Prontoboard	1	R\$12,50
Conjunto de jumpers personalizados	1	R\$9,90
Resistores	2	R\$2,00
Micro SD	1	R\$25,90
Sensor de Temperatura e Umidade DTH 11	1	R\$16,50
Sensor de Pressão, Temperatura e Altitude BMP-180	1	R\$18,00
Sensor Higrômetro	1	R\$19,50
Foto Resistor LDR	1	R\$5,00
MicroSD Card Adapter	1	R\$16,00
Display LCD Nokia 5110	1	R\$29,99
GASTO TOTAL DO PROJETO		R\$209,29

Fonte própria

Percebeu-se que o custo de implementação é relativamente baixo e acessível comparando o projeto com as tecnologias similares, como a da empresa *Nexus Intercom* e outras com propostas similares e preços médios de 600 dólares desconsiderando o valor do frete.

CONCLUSÃO

Ao longo do desenvolvimento do trabalho, no referencial teórico, foram feitas algumas revisões sobre assuntos pertinentes a meteorologia e microcontroladores como: Variáveis atmosféricas; estações meteorológicas; Arduino e sua programação. Além disso novos conhecimentos acerca de sensores e periféricos que compõe o protótipo desenvolvido para que o trabalho pudesse ter uma boa fundamentação.

O trabalho teve como objetivo desenvolver um dispositivo capaz de realizar leitura de variáveis atmosféricas e de superfície em um ambiente. Obtendo medidas de pressão atmosférica, umidade relativa do ar, temperatura, umidade do solo e nível de luminância e velocidade do vento. Assim coletando-as para compor uma pequena estação meteorológica que fosse confiável e de baixo custo para análise em um microcomputador.

Durante a metodologia foi planejado e analisado ideias de possíveis métodos para implementação, além de comentar sobre os métodos utilizados para a determinação de sua programação e seus periféricos a serem utilizados no projeto.

A implementação do protótipo foi composta pela preparação dos componentes para montagem do circuito, posteriormente testados cada componente com intuito de verificar sua viabilidade, com isso, encontrou-se a dificuldade em acoplar o anemômetro no projeto dada a utilização da capacidade máxima de componentes analógicos no sistema e preço alto de aquisição para integração no Arduino buscando desenvolver o mesmo numa plataforma mais robusta em trabalhos futuros, foi realizado também a substituição do sensor de luminosidade por um LDR. Logo após feita a validação da programação na linguagem C/C++ realizada no software Arduino IDE.

Depois de terminada a montagem, foram realizados diversos testes e registrados através de arquivos .txt dentro de um cartão micro SD para fazer a comprovação de sua execução e também comparações com outros sistemas de coletas de dados para averiguar sua confiabilidade buscou-se na situação atual da sociedade utilizar meios digitais para essa averiguação, pois um ambiente ideal como o laboratório de meteorologia da faculdade encontrava-se fechado devido a pandemia, onde foram levantados algumas dificuldades e propostas para trabalhos futuros.

Como trabalhos futuros, o principal objetivo é reduzir o tamanho físico do projeto, implementar um módulo de comunicação sem fio e protege-lo em um recipiente a prova de água a fim de que ele possa ser alocado facilmente em qualquer ambiente.

Portanto, em relação a proposta e objetivos para o desenvolvimento deste projeto, obteve-se um resultado satisfatório ao aplicar os conhecimentos adquiridos no decorrer das disciplinas estudadas no curso de Engenharia Elétrica como Linguagem de Programação, Circuitos Elétricos, Microcontroladores, Tecnologia de Hardware Reprogramável, Sistemas Microprocessados, Eletrônica Digital, dentre outras disciplinas. E ainda desenvolvendo um dispositivo prático que atende a problemática que é reduzir o preço de estações meteorológicas na região, e também aumentar a rede de coletas de dados meteorológicos para obter-se previsões climáticas e informações adicionais precisas em regiões afastadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, W. R. M. **Anemômetro baseado no método de tempo de trânsito: Estudo comparativo de arquiteturas, avaliação de incertezas e implementação.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Maranhão, 2004.

ARAÚJO, Inês. Disponível em: <<http://vieiradasilva.host22.com/?p=423>>. Acesso 18 de mai. 2019.

ARDUINO PORTUGAL, **O que é Arduino.** Disponível em: <https://www.arduinoportugal.pt/o-que-e-arduino/>>. Acesso em 14. abr. 2019

ASSIS, Pietro Diovane Keoma Bergamaschi de. **Microcontrolador.** 2004. 92f. Monografia (Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Presidente Antônio Carlos, Barbacena, 2004.

BAU DA ELETÔNICA, **Sensor de Umidade para Arduino.** Disponível em: <<http://www.baudaeletronica.com.br/sensor-de-umidade-do-solo.html> > Acesso em: 22. abr. 2019.

BVSDE, **Instrumentos meteorológicos, Velocidad del viento: Anemometros.** Disponível em: http://www.bvsde.paho.org/cursoa_meteoro/lecc5/lecc5_1.html acesso em: 21. mai. 2019

CYLIAX, I. **Internet-connected sonic anemometer.** Circuit Cellar, The Magazine for Computer Applications, 2006.

CURTO CIRCUITO, **Display LCD Gráfico 84x84 Nokia 5110.** Disponível em: <<https://www.curtocircuito.com.br/display-lcd-grafico-84x84-pixels-nokia-5110.html>> Acesso em: 23. set. 2020.

ELETROGATE, **Módulo micro SD CARD.** Disponível em: <<https://www.eletrogate.com/modulo-micro-sd-card>> Acesso em: 19. set. 2020.

INMET, **Instituto Nacional de Meteorologia. Instrumentos Meteorológicos.** Disponível em:<<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em 23. set. 2020.

INMET, **Instituto Nacional de Meteorologia. Instrumentos Meteorológicos.** Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=instrumentos>>. Acesso em 13. abr. 2019.

KIPP & ZONEN: **The Working Principle of a Thermopile Pyranometer.** Disponível em: <<https://www.kippzonen.com/News/572/The-Working-Principle-of-a-Thermopile-Pyranometer#>>. Acesso em 30. mar. 2019.

MIRANDA A M, Pedro. **Introdução à Meteorologia. Faculdade de Ciências**, Universidade de Lisboa, 2013.

OLIVEIRA, Sérgio de. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. 1.ed. São Paulo: Novatec, 2017, 235p.

PEARCY. **Plant Physiological Ecology, Field Methods and Instrumentation**. London, British Library, 1989.

PENIDO, Édilus de Carvalho Castro; TRINDADE, Ronaldo Silva. **Microcontroladores**, Ouro Preto, 2013.

RIBEIRO, costa et al. **Ensino, pesquisa e desenvolvimento da física no Brasil**, São Paulo, 2013

SIGMA SENSORES, **Sensor de umidade do solo**. Disponível em:<<https://sigmasensors.com.br/sensor-de-umidade-do-solo>>. Acesso em 19. set. 2020.

SMAR, **Sensores de pressão**, Disponível em: <<http://www.smar.com/brasil/artigo-tecnico/sensores-de-pressao>>. Acesso em: 12. mai. 2019

STULL, R. **An Introduction to Boundary Layer Meteorology**. Kluwer, Dordrecht. 1988.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro. **Sensores Industriais: Fundamentos e Aplicações**. 5 Ed. São Paulo: Érica, 2005.

VIANELLO, Rubens. **A Estação Meteorológica e Seu Observador**. Instituto Nacional de Meteorologia. 2011.

WENDLING, Marcelo. **Sensores**. Colégio Técnico Industrial de Guaratingueta. Guaratingueta, 2010.

APÊNDICE A – CÓDIGO DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

```

#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_PCD8544.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include "dht.h" //INCLUSÃO DE BIBLIOTECA
#include <SD.h>

Adafruit_PCD8544 display = Adafruit_PCD8544(4, 5, 6, 7, 8);
Adafruit_BMP085 bmp180;
const int pinoDHT11 = A2;
dht DHT;
const int pinoSensor = A0; // DECLACAÇÃO DE VARIÁVEL
int valorLido;
File myFile;
int pinoSS = 10;
int analogSoloSeco = 400;
int analogSoloMolhado = 150;
int percSoloSeco = 0;
int percSoloMolhado = 100;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pinoSS, OUTPUT);

  SD.begin();
  display.begin(); // INICIALIZAÇÃO DISPLAY
  display.setContrast(48);
  display.clearDisplay();

```

```
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(BLACK);

// Retangulo temperatura
display.drawRoundRect(0,0, 44,24, 3, 2);

display.setCursor(11,3);
display.println("TEMP");
display.setCursor(5,14);
display.println("----");
display.setCursor(29,14);
display.drawCircle(31, 15, 1,1);
display.println(" C");

// Retangulo umidade
display.drawRoundRect(45,0, 39 ,24, 3, 2);
display.setCursor(52,3);
display.println("UMID");
display.setCursor(50,14);
display.println("----");
display.setCursor(75,14);
display.println("%");

// Retangulo pressao
display.drawRoundRect(0,25, 84 ,23, 3, 2);
display.setCursor(22,28);
display.println("PRESSAO");
display.setCursor(55,38);
display.println("hPa");
display.setCursor(11,38);
display.println("-----");
display.display();

delay(1000);
```

```

// Inicializa o sensor BMP180
if (!bmp180.begin())
{
  Serial.println("Sensor BMP180 nao encontrado !!");
  while (1) {}
}

void loop()
{

DHT.read11(pinoDHT11);
Serial.print("Umidade: ");
Serial.print(DHT.humidity);
Serial.print("% ");
Serial.print(" / Temperatura: ");
Serial.print(bmp180.readTemperature()); //
SENSOR DE TEMPERATURA E UMIDADE
Serial.println(" *C (Grau Celsius)");

Serial.print("Pressão: ");
Serial.print(bmp180.readPressure());
Serial.println(" Pa (Pascal)");

Serial.print("Altitude: ");
Serial.print(bmp180.readAltitude());
Serial.println(" m (Metros)");

int LDR = analogRead(A3);
Serial.print("Nível de luminosidade: "); //
SENSOR DE LUMINOSIDADE
Serial.println(LDR);

valorLido = constrain(analogRead(pinoSensor),analogSoloMolhado,analogSoloSeco);

```

```

    valorLido =
map(valorLido,analogSoloMolhado,analogSoloSeco,percSoloMolhado,percSoloSeco);
    Serial.print("Umidade do solo: ");
    Serial.print(valorLido);
    Serial.println("%");

    Serial.println("-----");

// Leitura temperatura, umidade e pressao
float h = DHT.humidity;
float t = bmp180.readTemperature();
float p = bmp180.readPressure()/100;

// Atualiza valor da temperatura
display.fillRect(4,13, 25 , 10, 0);
display.setCursor(4,14);
display.println(t,1);

// Atualiza valor da umidade
display.fillRect(50,13, 23 , 10, 0);
display.setCursor(50,14);
display.println(h,1);

// Atualiza valor da pressao
display.fillRect(4, 37, 46 , 10, 0);
display.setCursor(11,38);
display.println(p,2);

display.display();

myFile = SD.open("cassio.txt", FILE_WRITE);

```

```
myFile.println("Umidade: ");
myFile.println(DHT.humidity);
myFile.println("Temperatura: ");
myFile.println(bmp180.readTemperature());           // GRAVAÇÃO SD
myFile.println("Pressão: ");
myFile.println(bmp180.readPressure());
myFile.println("Altitude: ");
myFile.println(bmp180.readAltitude());
myFile.println("Luminosidade:");
myFile.println(LDR);
myFile.println("Umidade do solo:");
myFile.println(valorLido);
myFile.println(" ");
myFile.close();

// Aguarda 5 segundos para efetuar nova leitura
delay(5000);
}
```