

CLIMATE DATA MEASUREMENT STATION USING THE NODEMCU PLATFORM - ESP8266.Will Ribamar Mendes Almeida - UNIVERSIDADE CEUMA - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5999-7536>Gylmara Kylma Feitosa Carvalhêdo Almeida - UNIVERSIDADE CEUMA - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5993-3874>Yonara Costa Magalhães - UNIVERSIDADE CEUMA - Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5502-9634>Mauricio Alves Carvalho - UNIVERSIDADE CEUMA - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0884-3876>

Develop a climate data acquisition, treatment and availability system through a meteorological station using the concept of Internet of Things (IoT) The proposed system consists of a microcontroller, NodeMCU ESP8266, several sensors such as: temperature, relative humidity air, atmospheric pressure, luminosity, among others. The proposal developed here not only provides a management system for stations in a user-focused and easy-to-use manner, but also allows for the high management of collected data, with the user responsible for the amount of time that the history will be kept. Low cost components were also used. From the point of view of its objectives and technical procedures, this research is classified as exploratory and a use case, respectively. As for how to approach the problem, this work can be classified as a qualitative research. In relation to the data collected in the prototype and compared to commercial equipment, coherent and close to expected results can be verified, with little variation in these, validating its use. The importance of developing equipment that performs local measurements, which is accessible to these users and which provides climate data in a more precise and reliable way, is verified. Systems such as meteorological stations help not only in the prevention of natural disasters, but also in commercial dynamics, for example, in agriculture, from the planting process to the time of harvest, climatic factors are directly linked to the good performance of these processes and quality of product.

Keywords: Microcontroller, Weather Station, NodeMCU ESP8266, sensor, JavaScript

ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS UTILIZANDO A PLATAFORMA NODEMCU - ESP8266

Desenvolver um sistema de aquisição, tratamento e disponibilidade de dados climáticos por meio de uma estação meteorológica utilizando o conceito de Internet das Coisas (IoT) O sistema proposto é composto por um microcontrolador, NodeMCU ESP8266, diversos sensores tais como: de temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, luminosidade, entre outros. A proposta aqui desenvolvida não só disponibiliza um sistema de gerenciamento para estações de forma focado no usuário e de fácil usabilidade, como possibilita a alta gestão de dados coletados ficando, a cargo do usuário, a quantidade de tempo que o histórico será mantido. Também utilizou-se componentes de baixo custo. Sob o ponto de vista dos seus objetivos e procedimentos técnicos esta pesquisa é classificada como exploratória e um caso de uso, respectivamente. Quanto a forma da abordagem do problema, este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa qualitativa. Em relação aos dados coletados no protótipo e comparados aos equipamentos comerciais, pode-se verificar resultados coerentes e próximos do esperado, com pouca variação destes, validando sua utilização. Verifica-se a importância no desenvolvimento de equipamentos que façam medições locais, que sejam acessíveis a estes usuários e que disponibilize dados climáticos de forma mais precisa e confiável. Sistemas como estações meteorológicas auxiliam não só na prevenção de catástrofes naturais, como também na dinâmica comercial, como por exemplo, na agricultura, do processo de plantio até o momento da colheita, os fatores climáticos estão ligados diretamente ao bom desempenho desses processos e a qualidade do produto.

Palavras-chave: Microcontrolador, Estação Meteorológica, NodeMCU ESP8266, Sensores, JavaScript

CLIMATE DATA MEASUREMENT STATION USING THE NODEMCU PLATFORM - ESP8266.

ESTAÇÃO DE MEDIÇÃO DE DADOS CLIMÁTICOS UTILIZANDO A PLATAFORMA NODEMCU - ESP8266

Summary: With technological advances, humanity has access to a wide range of information in different areas. Information that helps in decision making, data analysis and projections. One of the most prominent areas is the field of meteorology, climate study and its interactions. Nowadays, small farmers, producers, scientists, researchers and even hobbyists, among others, need to have access to such local data: temperature, atmospheric pressure, relative humidity, luminosity, among others. Due to the high cost of commercially distributed equipment dedicated to extracting this data, this ends up making access to this information unfeasible and, at the same time, making the processes, often simple, unfeasible due to the cost. In this context, we sought to develop a web platform capable of collecting, processing and providing information on climatic magnitudes from small meteorological stations developed especially for this purpose, based on the internet and the microcontroller NodeMCU ESP8266. With data on temperature, relative air humidity, luminosity and any other parameter that is required will be easily acquired and made available in a secure system with simplified access, making the user experience optimized and easy to integrate. The prototype showed adequate functioning and sufficiently reliable, making it a possible alternative for wider use, both commercially and academically.

Keywords: Microcontroller, Weather Station, NodeMCU ESP8266, Sensors, JavaScript,.

Resumo: Com o avanço tecnológico cada vez mais a humanidade se dispõe de acesso a uma vasta gama de informações em diferentes áreas. Informações esta que ajudam na tomada de decisão, análise de dados e projeções. Em uma das áreas de maior destaque está o campo da meteorologia, estudo do clima e suas interações. Nos tempos atuais pequenos agricultores, produtores, cientistas, pesquisadores e até mesmo Hobbystas, entre outros, precisam ter acesso a tais dados locais: temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, luminosidade, entre outros. Devido ao custo elevado de equipamentos comercialmente distribuídos dedicados à extração destes dados isto acaba que inviabilizando acesso a essas informações e, ao mesmo tempo, tornando os processos, muitas vezes simples, inviáveis devido ao custo. Neste contexto, buscou-se desenvolver uma plataforma web capaz de coletar, tratar e disponibilizar informações de grandezas climáticas providas de pequenas estações meteorológicas desenvolvidas especialmente para este fim tendo como base a internet e o microcontrolador NodeMCU ESP8266. Com dados de temperatura, umidade relativa do ar, luminosidade e qualquer outro parâmetro que for requisitado serão facilmente adquiridos e disponibilizados em um sistema seguro de acesso simplificado tornando a experiência do usuário otimizada e de fácil integração. O protótipo apresentou funcionamento adequado e suficientemente confiáveis, tornando-o uma possível alternativa para utilização mais ampla, tanto comercialmente, quanto academicamente.

Palavras-Chaves: Microcontrolador, Estação Meteorológica, NodeMCU ESP8266, Sensores, JavaScript.

1 INTRODUÇÃO

Não é de hoje que informações sobre o clima tem sua importância na dinâmica social, assunto como aquecimento global, bom desempenho na agricultura, previsão do tempo e diversos outros fatores estão ligados diretamente a aquisição de dados meteorológicos. A ciência que estuda tais fatores é chamada de climatologia. Ayoade (2012), corrobora citando que esta ciência trata dos padrões de comportamento da atmosfera em suas interações com as atividades humanas e com a superfície terrestre durante um longo período, buscando beneficiar o homem descobrindo e explicando o comportamento dos fenômenos atmosféricos.

Informações climáticas tem seu lugar de importância para sociedade em suas diversas áreas de atuação. A aquisição de dados climáticos, por exemplo, permite uma análise mais aprofundada do meio em estudo, podendo ser possível prever certos fenômenos e atuar diante deles. Sistemas como estações meteorológicas auxiliam não só na prevenção de catástrofes naturais, como também na dinâmica comercial, como por exemplo, na agricultura. Segundo Torres (2013), desde o processo de plantio até o momento da colheita, os fatores climáticos estão ligados diretamente ao bom desempenho desses processos e a qualidade do produto.

Atualmente, a principal forma de saber sobre as condições climáticas é por meio de jornais e da internet, mas a previsão pode ser errônea para alguns pontos de uma cidade, como bairros afastados e comunidades mais interioranas, uma vez que a abrangência da previsão é feita para uma localidade ou região específica. Portanto, verifica-se a importância no desenvolvimento de equipamentos que façam medições locais, que sejam acessíveis a estes usuários e que disponibilize dados climáticos de forma mais precisa e confiável. Assim, objetivou-se desenvolver um sistema de aquisição, tratamento e disponibilidade de dados climáticos por meio de uma estação meteorológica utilizando o conceito de Internet das Coisas (IoT). O sistema proposto é composto por um microcontrolador, NodeMCU ESP8266, diversos sensores tais como: de temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, luminosidade, entre outros, e uma plataforma web como servidor de dados. Com este sistema será possível a obtenção rápida das informações contidas tanto em ambientes fechados quanto em espaços abertos, tornando a solução acessível para diversas áreas e podendo ser implementada onde for requisitada.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Quanto à classificação deste artigo, esta pesquisa sob o ponto de vista da sua natureza pode ser classificada como uma pesquisa aplicada, tendo este trabalho sido desenvolvido pelo Núcleo de Pesquisa em Sistemas e Tecnologia da Informação – NuSTI da Universidade CEUMA. Para Prodanov (2013), o modelo de pesquisa utilizado tem como principal objetivo à solução de problemas específicos por meio de conhecimentos gerados para a aplicação prática, envolvendo desta forma verdades e conhecimentos locais. Sob o ponto de vista dos seus objetivos e procedimentos técnicos esta pesquisa é classificada como exploratória e um caso de uso, respectivamente. Quanto a forma da abordagem do problema, este trabalho pode ser classificado como uma pesquisa qualitativa.

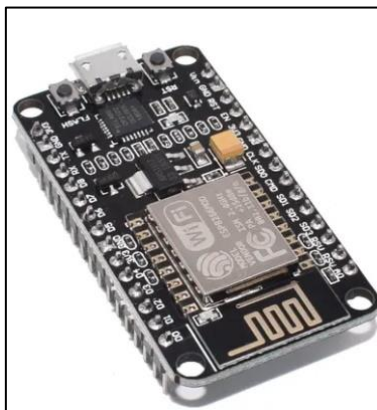
Nesta sessão será apresentada a descrição técnica dos materiais utilizados e o processo construtivo da estação meteorológica proposta. Para o desenvolvimento do sistema de coleta de dados foram utilizados materiais simples e de fácil aquisição, de forma que este pudesse ser facilmente reproduzido. Vale ressaltar que o monitoramento dos dados climáticos ocorreu, em função da pandemia do COVID-19, uma residência localizada dentro do centro urbano da capital Maranhense. Os principais materiais utilizando neste trabalho serão abaixo apresentados.

2.1 NodeMCU Esp8266

De acordo com a documentação oficial do NodeMCU (2020), este é definido como uma placa de desenvolvimento baseado a linguagem de programação LUA para o microcontrolador ESP8266 Wi-fi Soc da empresa Espressif (2018), além de poder ser implementado na linguagem de programação C a placa também consta nas políticas de suporte para o ESP8266 (Espressif NON-OS SDK), NonOS (2020). Este possui programação assíncrona e orientada a eventos, contudo, devido ao avanço desta tecnologia a placa teve suporte à integração com a IDE (Integrated Development Environment – Ambiente de desenvolvimento integrado) da plataforma Arduino (<https://www.arduino.cc/>) possibilitado uma maior integração e desenvolvimento de projetos relacionados a IoT.

Trata-se de uma placa bastante robusta, possuindo integração nativa com a rede Wireless, Wi-Fi - Wireless Fidelity, além de possuir um sistema de arquivo interno baseado em SPIFFS (SPI Flash File System) possuindo alta capacidade de armazenamento quando comparada com outras placas de mesma finalidade. O NodeMCU pode ser visto na Figura 1.

Figura 1: NodeMCU ESP8266



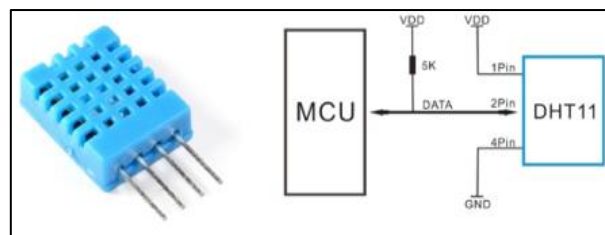
2.2 Sensor DHT11

De acordo com o *datasheet* deste componente eletrônico, Aosong (2020), o DHT11 é um sensor conjunto, ou seja, é um componente a qual possui um sensor de temperatura e outro de umidade integrados no mesmo encapsulamento. Possui uma saída digital calibrada e a medição de umidade é realizada através de um sensor resistivo enquanto a medição de temperatura é realizada através de um sensor NTC (*Negative Temperature Coefficient*). O tratamento de dados é realizado por um microcontrolador interno de 8 bits de alto

desempenho a qual tem o papel de tratar os dados recebidos pelos sensores e fornecer as informações em formato digital ao sistema a qual está conectado.

Cada componente passa por um alto processo de calibração em sua fabricação sendo que os coeficientes de calibração ficam armazenados na memória OTP (*One True Pairing*) do componente de modo que são utilizadas ao realizar o tratamento de dados. Possui baixo consumo de energia e, pela utilização de apenas um fio de transmissão de dados, sua utilização é simplificada. Devido a essas especificações este componente pode ser utilizado para diversas finalidades: desumidificadores, bens de consumo, equipamentos automotivos e automáticos, estações meteorológicas, *data loggers*, dentre outros. Seu consumo é pequeno possuindo uma corrente de operação de 200uA a 500mA, e em modo “stand by” consome uma corrente de 100uA a 150 uA. Na Figura 2 é apresentado o componente e seu esquema de ligação.

Figura 2: DHT11

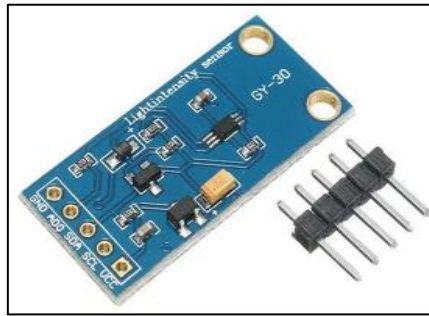


2.3 Módulo GY-30

De acordo com o seu *datasheet*, Rohm (2020), o módulo GY-30 é caracterizado como um sensor digital de 16 bits a qual tem a função de mensurar a luminosidade ambiente. Seu controlador, chip, é o circuito integrado (CI) BH1750FVI a qual é configurado para trabalhar na interface de comunicação I²C. O sensor GY-30 pode ser denominado como um módulo, pois se trata de um conjugado de circuitos na mesma placa: um regulador de tensão, o CI BH1750FVI, além de um MOSFET (Transistor de Efeito de Campo de Óxido de Metal Semicondutor). Além de possuir baixo consumo de energia, por possuir a interface de comunicação I²C pode ser integrado na maioria dos microcontroladores presentes no mercado.

Graças as características citadas, o sensor BH1750FVI pode ser empregado nas mais diversas funcionalidades, tais como: Máquinas de jogos portáteis, câmera digital, navegação veicular, TV LCD, celulares, entre outros. O sensor integrado na placa formando o módulo GY-30, Figura 3, pode também abranger funcionalidades menos complexas, tais como: estações meteorológicas, reguladores de ambiente, prototipagem e testes específicos.

Figura 3: GY-30-BH1750FVI



2.4 Sensor BMP180

De acordo com o *datasheet* disponibilizado pela fabricante deste componente Bosch (2020), o sensor BMP180 é uma nova geração de sensores de pressão digital de precisão apropriado para aplicações de consumo, a qual tem seu antecessor o BMP085. Graças a seu baixo consumo este pode ser aplicado em telefones celulares, dispositivos de navegação, estações meteorológicas, indicação de velocidade vesical, entre outros. Assim como o sensor descrito anteriormente, este sensor possui a interface de barramento I²C tornando-o bastante fácil de ser integrado na maioria dos microcontroladores. Este sensor é baseado na tecnologia piezoresistivo possuindo alta precisão e linearidade.

Em sua composição encontrasse um sensor piezoresistivo, um conversor analógico digital, uma unidade de controle com uma pequena memória E²PROM além de uma interface serial I²C. A calibração deste sensor é realizada na fabricação e seus parâmetros armazenados na memória E²PROM em um pacote de 176 bits. Assim, os dados salvos são utilizados para compensar deslocamentos, dependências de temperatura além de outros paramentos inerentes ao tratamento de dados. O sensor BMP180 é apresentado na Figura 4.

Figura 4: Sensor BMP180



2.5 Trabalhos Correlatos

Tendo em vista a vasta aplicação de projetos em situações que requerem aquisição de dados climáticos, é valido destacar que há outros trabalhos acadêmicos que propõem a mesma temática e dinâmica de projeto aqui citado. Contudo, por mais que a temática seja a

mesma, o que é válido dentro do campo científico, os trabalhos correlacionados aqui apresentam algumas características diferentes as quais devem ser levadas em consideração.

O trabalho de Holz (2018) propõe o desenvolvimento de uma estação de coleta de dados climáticos como Trabalho de Conclusão de Curso na Universidade de Joinville. Destaca-se o grande investimento no sistema físico, sendo utilizado aproximadamente R\$ 2.030 (dois mil e trinta) reais, que é um valor extremamente alto quando se comparado a trabalho apresentado aqui. Contudo, é válido destacar que, embora esse protótipo físico se torne superior em decorrência do grande investimento, seu sistema de gerenciamento de dados, armazenamento e disponibilização é realizado por meio de um MicroSD e uma página Web que realiza apenas leitura instantânea. Diferentemente do projeto desenvolvido por Holz (2018), aqui deu-se importância à disponibilização dos dados, que é integrada com a internet, possui sistema de download, histórico de dados e, inclusive, o gerenciamento de não só uma estação como a possibilidade de criação de uma rede de estações interligadas e acessíveis através de qualquer dispositivo com acesso à internet.

Moura (2018) também apresenta uma proposta similar em sua monografia desenvolvida na Universidade Federal de Uberlândia e propõe o desenvolvimento de uma estação meteorológica, contudo voltada para o baixo custo. Destaca-se ao final de seu desenvolvimento o custo menor que o trabalho anterior, chegando ao valor de mil duzentos e cinquenta (1.250) reais, e apresentando também um menor porte que o trabalho de Holz (2018).

É válido destacar que por mais que o sistema apresente uma solução referente ao problema de disponibilização de dados, o projeto utilizou uma plataforma pronta chamada *ThingSpeak*, <<https://thingspeak.com/>>, que, por ser gratuita, há limite de registros de dados a serem utilizados, sua interface não caracteriza um sistema próprio para usuários leigos além de que a visualização e extração dos dados armazenados fica limitado a vinculação do cadastro em uma conta na plataforma. Moura (2018) em seu trabalho apresenta em sua listagem de materiais componentes que desapontam no quesito portabilidade, já que para que o protótipo se conecte com a internet é preciso de uma conexão cabeada, tornando não só o projeto mais caro como mais propensos a falhas.

O projeto aqui desenvolvido não só disponibiliza um sistema de gerenciamento para estações de forma focado no usuário e de fácil usabilidade, como possibilita a alta gestão de dados coletados ficando, a cargo do usuário, a quantidade de tempo que o histórico será mantido. Também foram utilizados componentes de baixo custo e de fácil inclusão como o NodeMCU que, por ter integração nativa com a rede Wi-Fi não necessita de cabos para a conexão com a internet, possui menor custo, baixo consumo energético (quando comparado ao trabalho de Moura (2018)) além de fornecer uma maior portabilidade e flexibilidade ao projeto.

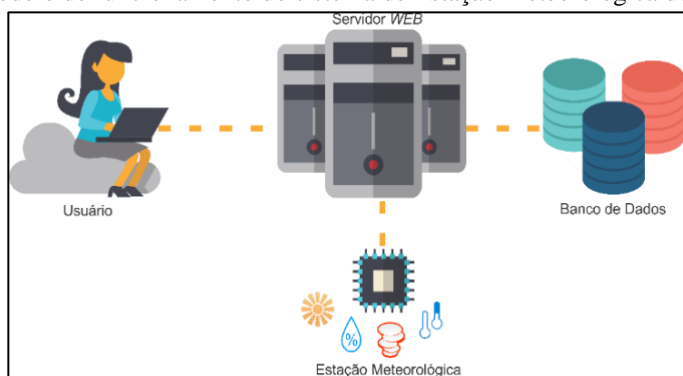
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema da Estação meteorológica proposto foi elaborado de forma que pudesse ser, em um primeiro momento, compatível com quatro tipos de dados provindo de sensores: temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa do ar e luminosidade. Com a elaboração da estrutura para esses dados foi possível desenvolver o sistema de forma expansível capaz de suportar quantos sensores forem necessários, caso seja requisitado. O passo a passo das características e métodos de expansão foi documentado para registro permanente do projeto.

A arquitetura desenvolvida baseou-se em um sistema simples de comunicação onde há um servidor central responsável por todo gerenciamento, tratamento e disponibilização não só dos dados provenientes da estação, mas também das informações e gerenciamentos de usuários, além de informações referentes as páginas Web.

Este servidor também se conecta e manipula informações referentes ao banco de dados MySQL e possui rotas de acesso para a inserção dos dados provenientes da estação, além de rotas de acesso pelo usuário comum e rotas de acesso para usuários administradores, facilitando o gerenciamento e disponibilização das funcionalidades. Finalmente, este possui funcionalidades de eventos em tempo real diminuindo o número de requisições necessárias para o funcionamento da plotagem dos dados e valores mostrados. O modelo de funcionamento é apresentado na Figura 5.

Figura 5: Modelo de funcionamento do sistema de Estação Meteorológica desenvolvida



O servidor Web funciona de forma semelhante a um servidor padrão, com a diferença de que há a funcionalidade de envio de dados em tempo real, como dito anteriormente. Esta função é bastante simples. Assim, quando os dados provindos de alguma estação chegam através da rota especificada, os dados são tratados, autenticados, em correspondência ao usuário cadastrado previamente, através do *token* de autenticação para escrita, e inseridos no banco de dados. Após esta inserção dos dados, estes são retornados e enviados, via evento, para o canal especificado. Somente o usuário vinculado a estes dados pode visualizar, caso esteja utilizando o sistema, os dados inseridos junto com outros parâmetros, como: data e hora de inserção do dado no banco além de uma identificação, “id”. Os dados são visualizados em tempo real sem a necessidade de atualização da página, o que torna o sistema mais prático e confortável de ser utilizado.

Com relação as informações necessárias a serem armazenadas, determinou-se que além das informações básicas do usuário, nome, e-mail, senha e *token* de escrita de dados, fossem guardadas as informações a respeito das estações, já que com este sistema cada usuário pode ter mais de uma estação cadastrada em seu perfil, tendo cada uma, um número máximo de sensores integrados. Assim, cada estação pode possuir um nome e localidade e identificação do usuário a qual está vinculada relacionando-se na forma de 1 para muitos com relação a tabela de sensores. Por sua vez, cada sensor possui seu tipo, número de série e uma descrição além do id da estação a qual está vinculado, relacionando-se de 1 para muitos com a tabela de dados. A tabela de dados possui somente dois campos: identificação do sensor a qual está vinculado e o valor enviado. As tabelas foram geradas a partir de *migrations* criadas pelo *framework* Laravel, possuindo campos de controle geradas automaticamente assim como tabelas de controle do próprio sistema.

Por se tratar de um servidor único, considerando o servidor Web e de eventos como um, este é responsável por quase 80% de todas as funcionalidades presentes no sistema deixando o navegador do usuário, através da linguagem *JavaScript*, responsável apenas pelo gerenciamento da renderização dos componentes de amostragem de dados em tempo real. A autenticação e autorização dentro do sistema desenvolvido proporciona uma melhor confiabilidade aos usuários, além de possibilitar um gerenciamento melhor considerando que vários usuários poderão ter acesso e utilizar o sistema ao mesmo tempo.

Desta forma, um usuário que tem acesso ao sistema poderá, cadastra-se e ter acesso a sua conta através do *login* com *e-mail* e senha informados por ele. Também poderá ter acesso a até 10 estações cada uma com um total de 10 sensores cada. Cada estação deverá possuir um nome e localidade e, cada sensor vinculado a essa estação, deverá ter um nome, número da peça (identificação da peça, exemplo: DTH11) e descrição. Todo esse gerenciamento poderá ser acessado na conta do próprio usuário através do menu de opções. Com o cadastro dos sensores na plataforma o usuário deverá especificar a identificação do sensor, disponibilizado na lista de sensores de cada estação, no código dentro da estação meteorológica para que possa enviar os dados para o sistema. Assim, a plataforma poderá disponibilizar os dados automaticamente ao usuário conforme estes são coletados.

A tela principal do sistema desenvolvido, já em funcionamento, com os respectivos valores das grandezas ambientais é apresentada na Figura 6. A tela que apresenta a lista de sensores pode ser visualizada na Figura 7.

Figura 6: Tela principal do sistema desenvolvido.

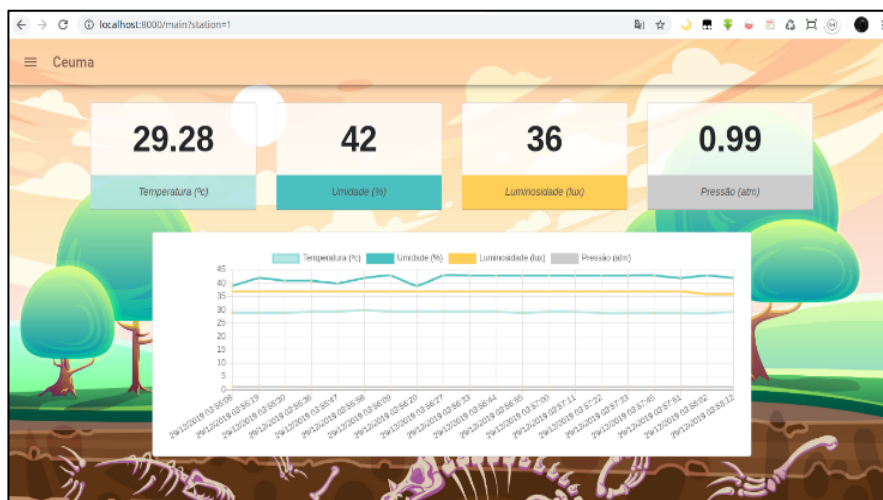
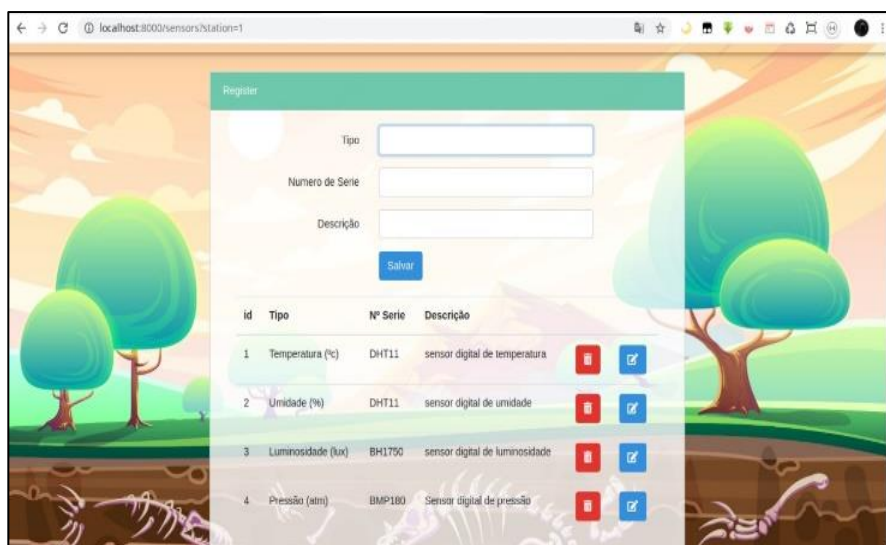
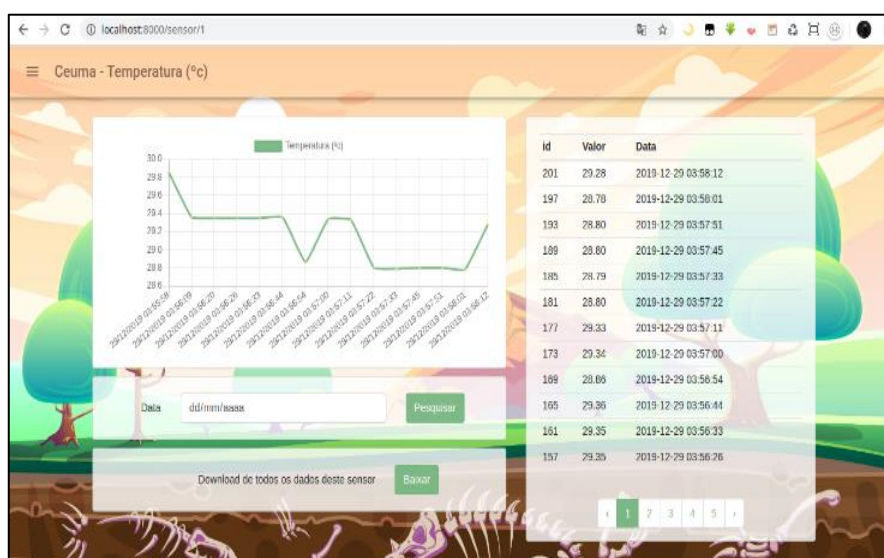


Figura 7: Lista de sensores da estação de dados climáticos.



Como há a persistência dos dados no banco de dados, optou-se por adicionar uma funcionalidade extra: o download dos dados. Na tela específica de cada sensor possui quatro quadros: gráfico com os últimos 15 valores salvos no banco (atualizado em tempo real), lista com todos os dados salvos do sensor em uma tabela paginada, campo de pesquisa, por data, referente aos dados apresentados na tabela e um campo de download. Este último campo permitirá ao usuário, caso queira, baixar todos os dados referentes àquele sensor simplesmente clicando no botão “Baixar”. Os dados serão salvos em um arquivo com extensão .csv e, este arquivo, será disponibilizado na máquina do usuário possibilitando tratá-lo e analisá-lo da forma que quiser, em aplicativos, como por exemplo, o Microsoft® Office Excel. Na Figura 8 é apresentado um exemplo de tela com essas informações.

Figura 8: Tela da estação de dados climáticos: Temperatura

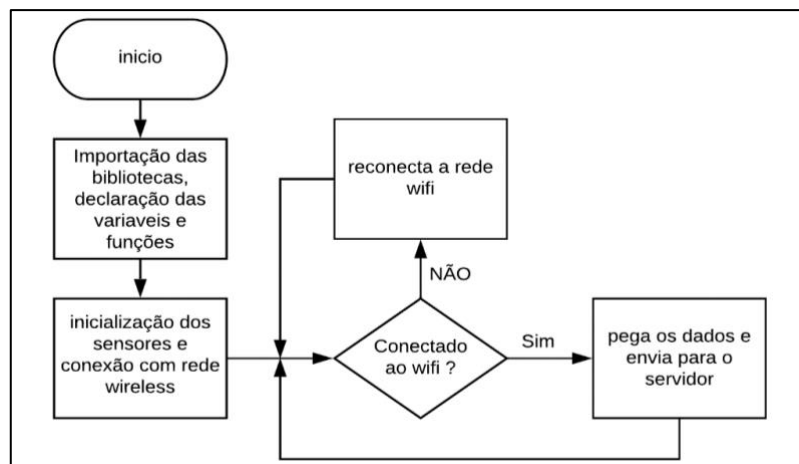


3.1 Desenvolvimento do protótipo

Após o desenvolvimento do sistema de gerenciamento dos dados apresentado anteriormente, iniciou-se a elaboração do código base do protótipo focando-se no modelo de

comunicação, em um primeiro momento. Os dados são enviados para o servidor através do método HTTP POST junto com o *token* de escrita específico para cada usuário. O protótipo é configurado simplesmente com *token* de acesso e os dados referentes a cada sensor, em formato JSON. O *token* carrega as informações necessárias para o usuário, o qual está vinculado aos dados não necessitando passar qualquer parâmetro a mais. Quando um usuário necessita cadastrar um novo sensor dentro do sistema, a identificação referente aquele sensor deverá ser informado dentro do código fonte do protótipo para que este envie as informações. Qualquer parâmetro numérico pode ser salvo dentro do sistema, por se tratar de uma arquitetura robusta o suficiente o usuário pode tanto utilizar o sistema para salvar dados de um sensor real quanto salvar dados de manipulações matemáticas sem necessariamente está ligada a um componente sensor, desde que esses dados sejam numéricos. O esquema de comunicação a estrutura de hardware e software, é apresentado na Figura 9.

Figura 9: Comunicação Servidor – Hardware.



Após a realização das etapas de teste e validação do sistema de comunicação, iniciou-se o desenvolvimento do código responsável pela aquisição dos dados através dos sensores. Os sensores utilizados foram: DHT11 – temperatura e umidade; GY-30 – Luminosidade; BMP180 – pressão atmosférica e temperatura. O sensor BMP180 também fornece informações referente a altitude de um local, mas devido ao não acesso do parâmetro de configuração para essa funcionalidade não foi possível implementá-la.

Por se tratar de uma ferramenta de fácil acesso e por possuir uma grande comunidade de desenvolvimento, foi relativamente fácil encontrar as bibliotecas capazes de abstrair e simplificar o método de comunicação entre o microcontrolador e o sensor tornando o código mais limpo e legível. Para isso foram utilizadas as seguintes bibliotecas:

- a) Wire.h: Responsável pela simplificação da utilização protocolo de comunicação I2C, protocolo este utilizado pelos sensores GY-30 e BMP180.

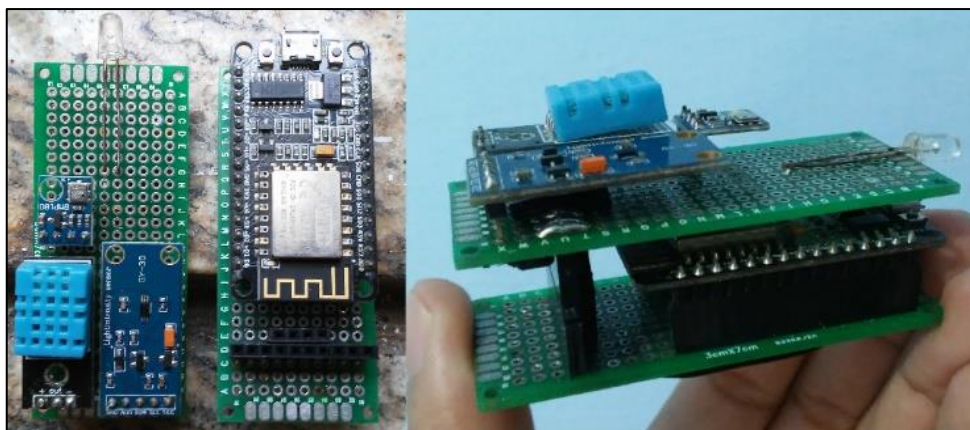
- b) BH1750.h: responsável pelo tratamento de dados provindos do sensor GY-30 e pela disponibilização de funcionalidades de fácil acesso dos dados.
- c) SFE_BMP180.h: desempenho do mesmo papel da biblioteca BH1750.h contudo referente ao sensor BMP180.
- d) DHT11.h: biblioteca responsável pela comunicação com o sensor DHT11.

Também foi utilizada outra biblioteca, a ArduinoJson.h, além das obrigatórias para acessar as funcionalidades nativas do microcontrolador para facilitar a disposição dos dados dentro do código. Esta biblioteca é responsável por agrupar os dados em formato JSON. No total foram desenvolvidas 9 novas funções, com a ajuda das funções disponibilizadas pelas bibliotecas dentro do sistema, deixando o máximo possível abstraído e de fácil manutenção. Uma característica peculiar é que os dados de temperatura são provindos pela média aritmética dos dois sensores que dispõem desse dado: DHT11 e BMP180, considerando que foi desenvolvida uma única função para a captura desse dado.

Para que o sistema projetado fosse robusto e prático de ser manipulado ou mesmo editado por alguma pessoa, foi desenvolvido o projeto da placa PCB, Placa de Circuito Impresso, do sistema, com as conexões com o microcontrolador, sistema de reset automático, e conexões com os sensores utilizados. Para que a placa não ficasse limitada aos sensores utilizados até então, optou-se por desenvolver um sistema modular no qual se tem o microcontrolador com suas conexões na parte inferior da placa e, na placa superior, apenas os sensores utilizados para que, caso necessário, fosse desenvolvida apenas uma nova placa superior colocando os novos sensores que serão utilizados, efeito cascata ou modular.

O circuito de *reset* automático mostrou-se necessário devido a uma particularidade do NodeMCU, pois, quando o sistema é alimentado com uma fonte externa, ou seja, utilizando os pinos de entrada V_{in} e GND a placa inicia em modo “stand by”, sendo necessário apertar o botão de RST, *reset*, próximo ao conector micro USB, para que o sistema inicie corretamente. Diante disso, desenvolveu-se um circuito que atende a essa demanda liberando o sistema para uso após 1 segundo do acionamento. Na Figura 10 é apresentada a imagem do protótipo desenvolvido para a realização dos testes e validações.

Figura 10: Protótipo da Estação Meteorológica

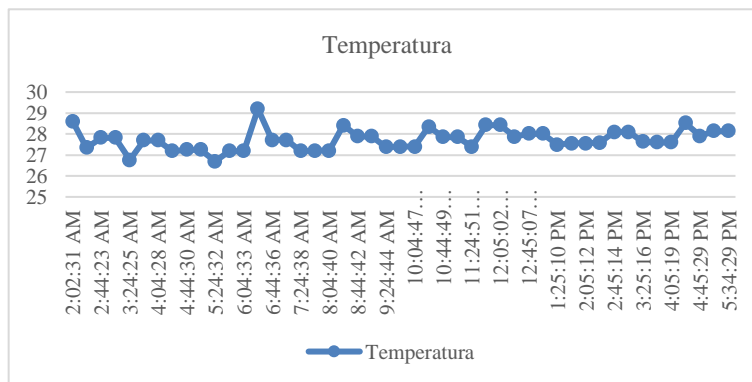


3.2 Resultados Práticos

Os dados apresentados a seguir foram retirados diretamente do Website desenvolvido para o projeto e manipulados através do software Microsoft® Excel para a geração dos valores de médias e da geração dos gráficos apresentados.

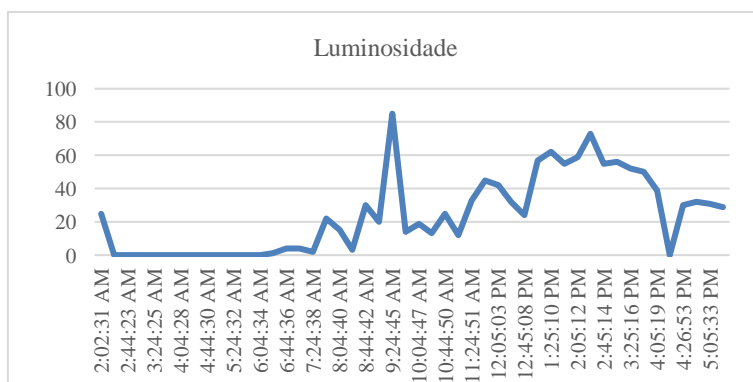
A estação ficou em funcionamento para coleta, apresentação e análise dos dados no dia 29/02/2020 em uma residência no bairro COHAFUMA, São Luís – Maranhão. No Gráfico 1 são apresentados os dados referentes a temperatura ambiente do local de coleta de dados. A temperatura média manteve-se com valores próximos a 28 °C sofrendo pouca variação durante o período de coleta de dados.

Gráfico 1: Dados de temperatura.



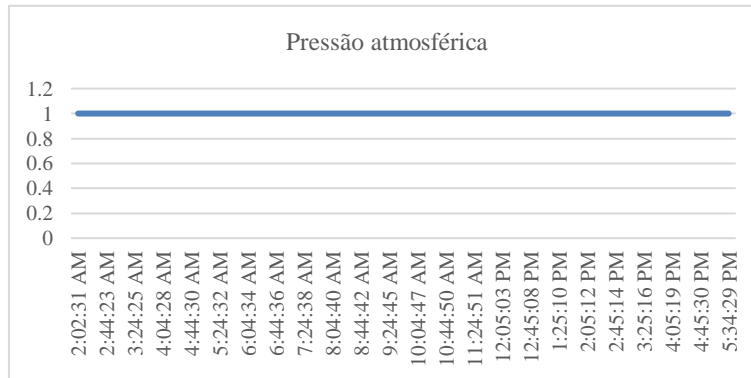
Os dados de luminosidade são apresentados o Gráfico 2. Para este parâmetro, não foi necessário calcular a média devido à variação de valores considerando que pelo período de amostragem, pode-se verificar que esta medição se iniciou durante a noite, valores menores, e continuou ao longo do dia, valores mais altos, mas sem ter uma elevação considerável, valores acima de 200 lux. O ambiente, dentro de casa, em que se encontrava a Estação Meteorológica e, conseqüentemente o sensor, rodeado de paredes e uma única porta sem a incidência solar neste, teve sua variação de luminosidade decorrente do movimento solar e inclinação do telhado em relação a parede e da projeção solar sobre as telhas cerâmicas de cor avermelhada.

Gráfico 2: Dados de luminosidade.



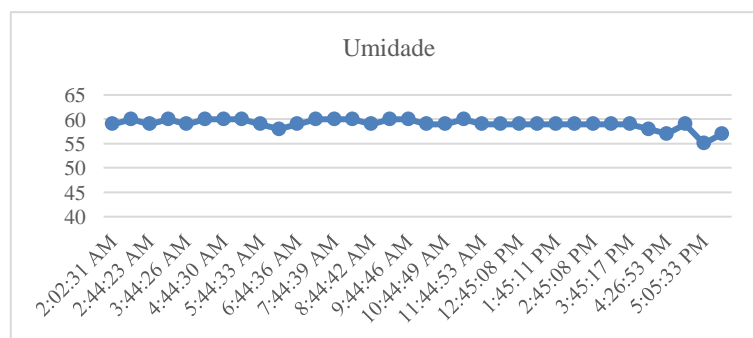
Os dados de pressão atmosférica, Gráfico 3, são os mais estáveis, não sofrendo variação e se mantendo com o valor de 1 atm durante todo o período de amostragem, considerando que São Luís é uma cidade costeira, este valor é o esperado.

Gráfico 3: Dados de pressão atmosférica.



Os dados relativos à umidade relativa do ar podem ser visualizados no Gráfico 4. Apesar de mínimo, houve certa variação ao longo do período de amostragem sendo mais acentuada após as 15:45 horas, o que é compreensível considerando o ambiente em que a estação se encontra. Contudo, não houve uma variação considerável ao ponto de apresentar valores baixos o suficiente para prejudicar a saúde humana mantendo-se na maior parte do tempo com valores próximos a 60%.

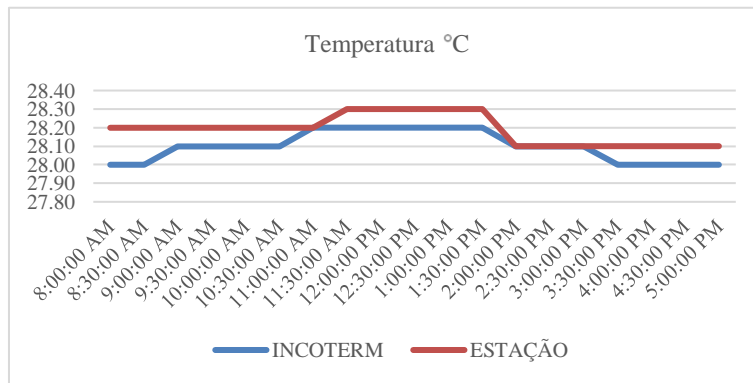
Gráfico 4: Dados de umidade relativa do ar.



Para efeito de comparação e validação de resultados climáticos foram realizadas medições simultâneas de temperatura, umidade relativa e de luminosidade no dia 16/03/2020, próximo ao local de testes em que se encontrava o protótipo. Para isso, além da estação meteorológica utilizou-se um luxímetro digital portátil da marca SUNCHE, modelo HS1010, com variação de escala entre 0 e 200.000 lux. E utilizou-se também um termômetro-higrômetro digital da marca INCOTERM modelo 7666 com faixa de temperatura externa: - 50 a + 70°C e de faixa da umidade: 15 a 95% UR.

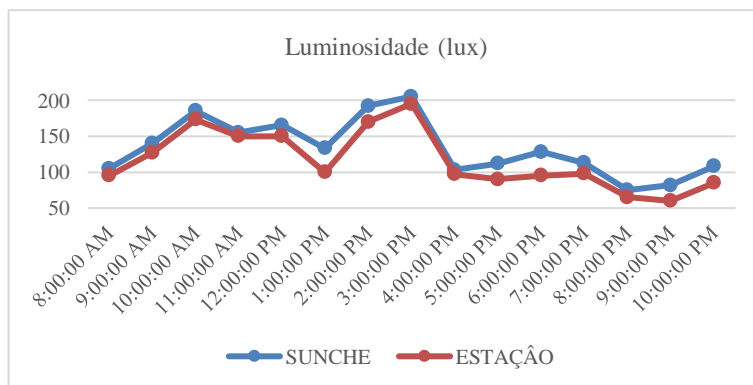
Como pode ser visualizado no Gráfico 5, a variação de temperatura se comportou próximo a forma de onda dos dados gerados pelo termômetro possuindo uma diferença de máxima de 0.2 graus, comprovando sua aplicação prática.

Gráfico 5: Comparação dos dados de temperatura.



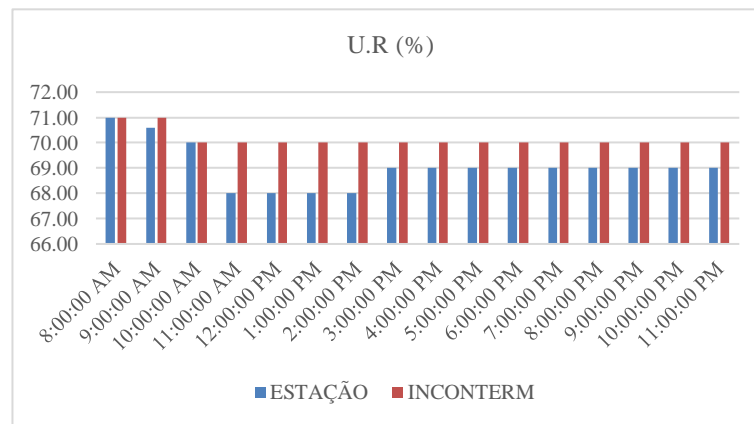
Na comparação dos dados de luminosidade a curva de variação é mais bem identificada, pois como a amostra foi coletada ao longo do dia, e tal variação é esperada devido as mudanças de luminosidade do ambiente. Assim, como ocorreu no caso do gráfico de temperatura, as duas curvas se comportaram bastante próximas, apresentando pequena variação entre elas, e validando a comparação dos valores medidos com equipamentos comerciais.

Gráfico 6: Comparação dos dados de luminosidade.



Já na verificação de umidade relativa do ar, a variação entre os dados da estação e os dados do INCONTERM mostraram-se bem maiores nos horários entre 11 e as 15 horas. Ainda assim, os valores lidos pela estação são bem próximos a dos coletados pelo equipamento, assumindo boa capacidade de leitura ambiental.

Gráfico 7: Comparação dos dados de umidade relativa.



4 CONCLUSÃO

Com o decorrer da elaboração do sistema dedicou-se um tempo, relativamente longo para o estudo as ferramentas que seriam utilizadas no projeto, desde as linguagens aos modelos de arquitetura e procedimentos de boas práticas. As classes elaboradas, os métodos de requisição, o tratamento de informação e o retorno de requisição, além de estudos de novas tecnologias foram cruciais na elaboração do servidor e do protótipo desenvolvido.

O estudo proporcionou um aprofundamento maior a respeito das linguagens PHP e JavaScript, principais tecnologias utilizadas, além dos métodos como MVC e PSR-4, AJAX, JSON, sem considerar os frameworks e bibliotecas utilizadas. Todas foram bem empregadas e, seguindo, o máximo possível dos métodos comerciais. A comunicação com o protótipo mostrou-se dentro dos padrões esperados sendo de fácil configuração e sua performance está sujeita apenas a velocidade da internet a qual está conectada. A interface foi desenvolvida de forma que pudesse ser de boa usabilidade e de fácil visualização dos dados.

Tendo como base o objetivo principal do projeto, sendo este: o desenvolvimento de uma estação meteorológica, pode-se inferir que o projeto alcançou de forma satisfatória o objetivo proposto indo mais além e proporcionado o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento dessas estações. Em relação aos dados coletados, pode-se inferir que tiveram pouca variação quando comparado aos dados coletados no dia 16/03 pelos equipamentos profissionais. Vale destacar que, apesar dos sensores utilizado na estação serem de baixo custo, sua implementação e manuseio, através do código desenvolvido para o protótipo, possibilitaram a geração de dados coerentes e próximos do esperado, validando sua utilização em aplicações como esta.

REFERÊNCIAS

- Aosong. Temperature and humidity module DHT11 Product Manual. Disponível em: <https://img.filipeflop.com/files/download/Datasheet_DHT11.pdf> Acesso em 14 de janeiro de 2020.
- Ayoade, J.O. Introdução à climatologia para os trópicos. 8a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2002 (Trad. Maria Juraci Zani dos Santos).

- Bellintani, Danilo. Shigue, Carlos Y. Estação De Coleta De Dados Ambientais On-Line Baseada No Microcontrolador Esp8266. Disponível em: <<http://www.enamb.eel.usp.br/system/files/2017/trabalho/110/enamb-danilo.pdf>> Acesso em 15 de maio. 2018
- Bosch. BMP180 Digital pressure sensor. Disponível em: <<https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP180-DS000-09.pdf>> Acesso em 14 de janeiro de 2020.
- ESPRESSIF - ESP-Skainet Empowering Things by Speech. Disponível em: <<https://www.espressif.com/en>> Acesso em 15 de maio. 2018.
- Holz, Edson; Campigoto, Evandro. Desenvolvimento de uma estação meteorológica microcontrolada para monitoramento de variáveis climáticas. 2018. 160 f. Trabalho de conclusão de curso, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Joinville, 2018.
- Moura, Rener Martins de. Estação meteorológica de baixo custo: uma contribuição para o monitoramento meteorológico das cidades. 2018, 58 f. Monografia – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.
- NodeMCU. NodeMCU Documentation. Disponível em: <<https://nodemcu.readthedocs.io/en/master/#nodemcu-documentation>> Acesso em 14 de janeiro de 2020.
- Nonos. Support Policy for ESP8266 NonOS. Disponível em: <https://github.com/espressif/ESP8266_NONOS_SDK> Acesso em 14 de janeiro de 2020.
- Prodanov, Cleber Cristiano; Freitas, Ernani César de. Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013.
- Rohm. Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC. Disponível em: <<https://www.elechouse.com/elechouse/images/product/Digital%20light%20Sensor/bh1750fvi-e.pdf>> Acesso em 14 de janeiro de 2020.
- Tenfen, Cláudio Roberto. Projeto de um Sistema Remoto para Aquisição de Dados Meteorológicos. 99 p. Trabalho de conclusão de curso – Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2013.
- Torres, Eloize C. Adaptação do Texto Clima e Agricultura. IFF. 2013.