

MARINHA DO BRASIL  
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE WANDENKOLK

CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM  
SEGURANÇA DAS INFORMAÇÕES E COMUNICAÇÕES

O USO DE INTERNET DAS COISAS (IOT) PARA DETECÇÃO DE SISTEMAS  
TROPICAIS E EXTRATROPICAIS NO ÂMBITO DA MARINHA DO BRASIL



CT (QC-CA) DIEGO RODRIGO DE CASTRO SANTOS

Rio de Janeiro  
2020



CT (QC-CA) DIEGO RODRIGO DE CASTRO SANTOS

O USO DE INTERNET DAS COISAS (IOT) PARA DETECÇÃO DE SISTEMAS  
TROPICAIS E EXTRATROPICAIS NO ÂMBITO DA MARINHA DO BRASIL

Monografia apresentada ao Centro de Instrução  
Almirante Wandenkolk como requisito parcial à  
conclusão do Curso de Aperfeiçoamento  
Avançado em Segurança das Informações e  
Comunicações.

Orientador Técnico:

Alan Oliveira de Sá, D. Sc.

Orientador Acadêmico:

Anderson Oliveira da Silva, D. Sc.

SANTOS, Diego Rodrigo de Castro.

O uso de internet das coisas (IOT) para detecção de sistemas tropicais e extratropicais no âmbito da Marinha do Brasil / Diego Rodrigo de Castro Santos. Rio de Janeiro: CIAW, 2020.

Total de folhas. 69f.: il.

Orientadores: Dr. Alan Oliveira de Sá; Dr. Anderson Oliveira da Silva.

Monografia (Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Segurança da Informação e Comunicações) – Centro de Instrução Almirante Wandenkolk. Centro de Pós-Graduação Avançada, Rio de Janeiro, 2020.

1. Internet das Coisas. 2. Sensores. 3. Detecção de sistemas tropicais e extratropicais. 4. Arduino. I. Centro de Instrução Almirante Wandenkolk. Centro de Pós-Graduação

CT DIEGO RODRIGO DE CASTRO SANTOS

O USO DE INTERNET DAS COISAS (IOT) PARA DETECÇÃO DE SISTEMAS  
TROPICAIS E EXTRATROPICAIS NO ÂMBITO DA MARINHA DO BRASIL


Monografia apresentada ao Centro de Instrução  
Almirante Wandenkolk como requisito parcial à  
conclusão do Curso de Aperfeiçoamento  
Avançado em Segurança das Informações e  
Comunicações.

Aprovada em 24 de março de 2020.

Banca Examinadora:

---

Gian Karlo Huback Macedo de Almeida, CMG (RM1-EN), CIAW



---

Alan Oliveira de Sá, DSc, CIAW



---

Anderson Oliveira da Silva, D. Sc, PUC Rio

CIAW  
Rio de Janeiro  
2020

Dedico esse trabalho à todos àqueles que fazem do mar o seu meio de vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças e sustento até aqui. Agradeço à minha esposa Aline Pitta de Castro por seu apoio, cuidado, compreensão e carinho em todos os momentos. Aos meus pais Carlos Alberto e Marlúcia de Castro por suas orações e carinho. Ao meu avô Valdir de Castro (*in memoriam*) por seu exemplo e força. Ao CMG (EN) Huback por todo o apoio dispensado para a realização deste TCC. Agradeço aos meus orientadores Alan e Anderson por suas dicas, correções e revisão. Aos Doutores Balisteri e Carlos Rodrigues do laboratório de IoT da PUC – RJ, por seu incansável suporte, não medindo esforços para o êxito deste TCC.

Levantou-se um forte vendaval, e as ondas se lançavam sobre o barco, de forma que este foi se enchendo de água. Jesus estava na popa, dormindo com a cabeça sobre um travesseiro. Os discípulos o acordaram e clamaram: ‘Mestre, não te importas que morramos?’ Ele se levantou, repreendeu o vento e disse ao mar: ‘Aquiete-se! Acalme-se!’ O vento se aquietou, e fez-se completa bonança.”

Marcos 4:37-39



## O USO DE INTERNET DAS COISAS (IOT) PARA DETECÇÃO DE SISTEMAS TROPICAIS E EXTRATROPICAIS NO ÂMBITO DA MARINHA DO BRASIL

### RESUMO

É fato que o uso da internet tomou proporções inimagináveis no cotidiano e nas relações entre seres humanos e objetos. A Internet das Coisas surge como um grande avanço tecnológico dentro daquilo que a internet é capaz de proporcionar ao tornar objetos inanimados em objetos inteligentes. Desta maneira, o homem será capaz de interagir com outros objetos, facilitando as atividades do dia a dia, com extrema rapidez e agilidade por meio da internet, descrevendo um cenário em que muitos objetos estarão conectados e se comunicando mutuamente. Com efeito, as informações são captadas e adquiridas por meio de sensores. Este trabalho apresenta um sensor meteorológico capaz de medir e transmitir informações de temperatura, pressão, umidade e chuva, através da internet, com o intuito de detectar a aproximação de um sistema tropical ou extratropical. Há que se ter em mente que, no mar os fenômenos naturais severos podem atingir estágios de extraordinária intensidade e uma aproximação de um centro de baixa pressão pode colocar o navegante em situação de grande risco. Nesse contexto de grande relevância, a Marinha do Brasil desempenha papel fundamental para a sociedade, ao emitir boletins meteorológicos, alertas, avisos de mau tempo, dentre outros. Torna-se, portanto, imperioso o avanço tecnológico na Força, agregando novas tecnologias para elevar o grau de excelência na coleta de dados meteorológicos, análise e previsão meteorológica no âmbito da Marinha do Brasil.

**Palavras-chave:** [Internet das Coisas, sensores meteorológicos, detecção sistemas tropicais e extratropicais]

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Extrato de Carta Sinótica apresentando um centro de baixa pressão .....	19
Figura 2 - Arduino Uno.....	20
Figura 3 - IDE Arduino.....	20
Figura 4 – NodeMCU ESP 8266.....	21
Figura 5 – Centro de Baixa pressão .....	28
Figura 6 – Nuvem do tipo cumulonimbus .....	30
Figura 7 Furacão Florence .....	31
Figura 8 – tromba d`água.....	32
Figura 9 – Download da IDE Arduino.....	36
Figura 10 – Pinagem NodeMCU ESP 8266.....	38
Figura 11 – Extrato de código referenciando portas lógicas.....	39
Figura 12 – Sensor de pressão BMP 180 .....	40
Figura 13 – Barramento I <sup>2</sup> C SDA e SCL.....	41
Figura 14 – Sensor DHT 11 .....	42
Figura 15 – Sensor de chuva FC-37.....	43
Figura 16 – Diagrama de conexão .....	44
Figura 17 – URL adicional para o Gerenciador de Placa .....	45
Figura 18 – Inclusão das Libraries.....	46
Figura 19 – Inclusão da função handleADC.....	47
Figura 20 – Requisição de um cliente.....	48
Figura 21 – Estação meteorológica pronta.....	50
Figura 22 – Tipos de dispositivos do protocolo I <sup>2</sup> C.....	61
Figura 23 – bits sequenciais do barramento I <sup>2</sup> C .....	61
Figura 24 – Comunicação Master Slave .....	61

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Artigos acadêmicos publicados em língua inglesa.....	23
Quadro 2 - Artigos acadêmicos publicados em universidades brasileiras.....	25
Quadro 3 – Constantes predefinidas .....	38
Quadro 4 – Especificações do sensor BMP 180.....	40
Quadro 5 – Características do Sensor DHT 11.....	42

## LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AJB	Águas Jurisdicionais Brasileiras
BLE	Bluetooth Low Energy
CERN	Centre Européen pour la Recherche Nucléaire
CHM	Centro de Hidrografia da Marinha
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
FPSO	Floating Production Storage and Offloading
I/O	Input/ Output
IDE	Integrated Development Enviroment
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
LED	Light Emitting Diode
LoRa	Long Range
LoRaWan	Long Range Wide Area Network
MB	Marinha do Brasil
MIT	Massachussetts Institute of Technology
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TCP/IP	Transmission Control Protocol e Internet Protocol
WWW	Wide World Web

## LISTAS DE SÍMBOLOS

$t$	tempo
$\mu\text{A}$	medida de amperagem do sensor BMP 180
$\text{K}\Omega$	medida de resistência do circuito
m	metros
Mbps	megabit por segundo
$\text{M}\Omega$	medida de resistência do circuito do sensor de chuva
V	Volts

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Apresentação do Problema	16
1.2 Justificativa e Relevância	16
1.3 Objetivos	17
1.4 Delimitação do Trabalho de Conclusão de Curso	18
1.5 Etapas do Trabalho e organização	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO	23
3. BREVES CONCEITOS DE METEOROLOGIA MARINHA	28
3.1 Centros de Baixa Pressão	28
3.2 Sistemas tropicais e sistemas extratropicais	29
3.3 Cumulonimbus	29
3.4 Ciclones Tropicais	30
3.5 Furacão	31
3.6 Tornados e Trombas d'água	32
4. METODOLOGIA	34
4.1 IDE Arduino	35
5. Construção do Protótipo de Estação Meteorológica e Resultados	37
5.1 Custo de uma estação meteorológica	39
5.2 Sensor de Pressão BMP 180	40
5.3 Sensor DHT11	41
5.4 Sensor de chuva FC37	42
5.5 Diagrama de Circuito e Conexões	43
5.6 Compatibilização da placa NodeMCU ESP 8266 com a IDE Arduino	44
5.7 Programação do NodeMCU ESP 8266	45
5.8 Protocolos de comunicação para IoT	48
5.8.1 Protocolo WiFi (802.11)	48
5.8.2 BLE	48
5.8.3 SigFox	49

5.8.4 LoRaWan	49
5.9 Descrição e análise dos resultados	50
6 CONCLUSÃO	51
6.1 Considerações Finais	52
6.2 Sugestões para Futuros Trabalhos	53
REFERÊNCIAS	54
ANEXO 1 Diagrama de conexões referente ao NodeMCU ESP 8266	58
ANEXO 2 Protocolo I <sup>2</sup> C	60
ANEXO 3 Código da Estação meteorológica portátil	63

## 1. INTRODUÇÃO

A Internet é um conjunto de diferentes dispositivos (*hosts*), interligados física e logicamente, permitindo a troca de dados e informações por meio de protocolos de comunicação comuns. A primeira aparição de uma rede de computadores interligados foi em 1965. Na ocasião, Lawrence Roberts e Thomas Merrill conectaram dois computadores através de uma rede, sendo que um computador estava localizado na Califórnia e o outro em Massachussets. Este primeiro experimento ainda era lento e apresentava problemas, mas viria a ser aperfeiçoado (LEINER, 2015).

No fim dos anos 80, o físico britânico, cientista da computação e professor do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), Timothy Jhon Berners-Lee, utilizou a estrutura de computadores em rede já existente, com o intuito de conectar os documentos produzidos pelos membros do laboratório *Centre Européen pour la Recherche Nucléaire* (CERN), para desenvolver um ambiente propício ao compartilhamento de informações entre os cientistas, dando início à *World Wide Web* (WWW) (LEINER,2015).

A internet surge, então, como diversas redes de computadores locais empregadas nas universidades, governos e órgãos militares. Para isso, seria necessário que uma tecnologia fosse capaz de interligar estas redes existentes, o que foi possível graças à Arquitetura Internet *Transmission Control Protocol* e *Internet Protocol* (TCP/IP). Há que se ter em mente que o desenvolvimento da arquitetura de TCP/IP, projeto patrocinado pela *Defense Advanced Research Projects Agency* (DARPA), fundamentou a interligação de diferentes tecnologias de redes (COMER, 19991). A arquitetura TCP/IP baseia-se principalmente em: um serviço de transporte orientado à conexão, fornecido pelo TCP, e em um serviço de rede não-orientado à conexão (datagrama não confiável), fornecido pelo IP. O TCP/IP não faz nenhuma restrição às redes que são interligadas, portanto qualquer tipo de rede pode ser ligada, bastando para isso, que seja desenvolvida uma interface de rede que compatibilize a tecnologia específica da rede com o protocolo IP, segundo Colcher; Lemos; Soares, (1995). Desta forma, a internet alcançaria os ambientes comercial e industrial e, por fim, atingiria o cotidiano das pessoas.

Em paralelo, a miniaturização dos componentes eletrônicos, bem como a popularização de *smartphones*, *tablets*, sensores e diversos outros equipamentos que dispõem de processamento e capacidade de comunicação em rede, deram origem a uma nova realidade, em que objetos ou *coisas* são capazes de comunicar-se à rede, passando assim, a estendê-la para limites incomensuráveis àqueles alcançados nos dias de hoje.



Nesse contexto de grande relevância, surge um novo parâmetro de utilização da internet, denominado como *Internet das Coisas*, termo oriundo da língua inglesa *Internet of Things* (IoT), que corresponde a uma maneira de interconectar os objetos físicos utilizados no cotidiano à rede virtual.

É evidente que o uso ambivalente da rede mundial de computadores, tomou proporções em grande escala. Em paralelo, a conexão com a rede favorece condições propícias ao controle remoto de objetos e permite que estes sejam acessados como provedores de serviços. (SANTOS, 2016)

A Internet das Coisas desponta como uma evolução da internet e um novo paradigma tecnológico, social, cultural e digital. A Internet das Coisas revolucionará os modelos de negócios e a interação da sociedade com o meio ambiente, por meio de objetos físicos e virtuais, em que esses limites se tornam cada vez mais tênues, segundo Lacerda et al. (2015).

Para Zuin e Zuin (2016), a IoT é um tipo de interface de comunicação entre humanos, máquinas e objetos trazendo inovação no modo de produzir, de reproduzir e de usar o conhecimento, cujo objetivo é criar novas aplicações e aprimorar aquelas já existentes. De acordo com Dijkman et al. (2015), a IoT possibilitará a integração de informações do ambiente virtual e físico, assim, estendendo a rede ao mundo real seguindo preceitos apontados por Hellaoui et al. (2017). Em adendo, para Moyano e Lopez (2017), as tecnologias com rede de sensores aumentarão para dar conta desse novo desafio. Assim, os sistemas de informação e comunicação estarão de forma invisível, porém, incorporados no ambiente que nos cerca Gubbi et al. (2013).

Um outro aspecto que propiciará esta revolução digital está correlato ao surgimento da quinta geração de sistemas celulares – o 5G, cujas características marcantes são confiabilidade, escalabilidade e redução do consumo de bateria, segundo Rosa, Barcelos, Prado, Real (2017), sendo considerado um potencial motor para a globalização das aplicações de Internet das Coisas.

Neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), a IoT será definida como um conjunto de tecnologias capazes de conectarem-se entre si, bem como a outros dispositivos (*devices*), uma vez que estes estejam conectados à internet. Os dispositivos possuem uma identificação única e podem funcionar com ou sem intervenção humana, caracterizando-os, portanto, como objetos inteligentes. Desta forma, a IoT aponta para uma revolução no modo de vida das pessoas, por meio de uma gama diversificada de serviços.

## 1.1 Apresentação do Problema

O problema abordado neste TCC é a utilização da Internet das Coisas para detecção de sistemas tropicais e extratropicais, por meio do emprego de sensores conectados à internet. Nesse contexto, deve-se levar em consideração que o avanço tecnológico da internet proporciona um enorme potencial para aplicações em tarefas cotidianas, outorgando mudanças radicais no modo como o homem interage com o ambiente e objetos ao seu redor. Desta forma, esse trabalho visa responder a seguinte pergunta: é possível criar um protótipo utilizando Internet das Coisas para ser utilizado na detecção de sistemas tropicais e extratropicais?

## 1.2 Justificativa e Relevância

Uma das funções habituais de todos aqueles que se fazem ao mar é o monitoramento ou, no mínimo, a observação de parâmetros meteorológicos, tais como *pressão atmosférica, temperatura, umidade*, etc. Esses parâmetros, dentre outros, servem como dados de entrada para a análise das condições de tempo. Uma falha na detecção ou, até mesmo um atraso na interpretação dos dados, poderia colocar o navegante em situação de extremo perigo. Fruto dessa realidade, o uso da IoT pode servir como auxílio para antecipar-se às mudanças climáticas, de maneira que o navegante não seja surpreendido pelos fenômenos da natureza.

Há que se ter em mente que outros órgãos, extra-MB, trabalham de forma expressiva na análise e produção de informações para previsão meteorológica, incluindo a coleta e o envio de dados meteorológicos por meio das Estações Meteorológicas Automáticas. À título de ilustração, pode-se citar como exemplo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) – Órgão do Governo Federal que está subordinado ao Ministério da Agricultura.

Do mesmo modo, deve-se evocar a existência de estações automáticas já prontas para aquisição no mercado. Entretanto, este projeto de pesquisa torna-se relevante por apresentar um sensor conectado à internet, com probabilidade de uso nas plataformas embarcadas, com um custo bastante reduzido se comparado a uma estação pronta, conforme

mostrado na seção 5.1. Há de se explicitar que os navios não possuem estações automáticas embarcadas, ou seja, tanto a coleta como o envio dos dados meteorológicos são feitos de forma manual. Este TCC torna-se relevante portanto, por apresentar uma tecnologia factível, com apanágios de ubiquidade, de baixo custo, portátil e, que poderia facilmente ser embarcada nos meios navais, de forma a auxiliar no processo de tomada de decisão, servindo como uma alternativa para análise meteorológica, bem como para dirimir possíveis erros humanos.

A Marinha do Brasil, por meio do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), desempenha um papel fundamental na análise e previsão meteorológica, no âmbito da Força. O CHM é alimentado por dados enviados por estações meteorológicas fixas e móveis, que são coletados e enviados manualmente, por meio da leitura de instrumentos de medição em navios ou estações meteorológicas costeiras. Esses dados podem possuir erros de falha humana na hora da coleta, bem como na compilação de dados, erros de paralaxe, ou até mesmo o não envio de dados, resultando em um dado não confiável em sua totalidade.

Este trabalho se justifica por apresentar um dispositivo de medição em tempo real que, poderia ser utilizado em uma rede de sensores para previsão de sistemas tropicais e extratropicais; inteligente, conectado à internet e, que possui a capacidade de automatizar a coleta e o envio de dados meteorológicos de unidades da Marinha do Brasil, considerando um grau de precisão aceitável para situações emergenciais.

### 1.3 Objetivos

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem como objetivo principal a pesquisa do uso da IoT como ferramenta de coleta e análise de dados meteorológicos para uso futuro nos navios, tanques, radiofaróis e recursos náuticos da Marinha do Brasil. À título de exemplificação, podem-se elencar as boias de sinalização náutica, balizamentos de canais e boias oceânicas. Esse sensor poderia ser empregado nos navios que atuam nas bacias petrolíferas de Campos e Santos; nas plataformas de petróleo; na estação Almirante Ferraz; nos Arquipélagos São Pedro e São Paulo, Abrolhos, Fernando de Noronha; nos quadros oceânicos de amarração; nas *Floating Production Storage and Offloading* (FPSO). Todos esses são exemplos de localizações interessantes que poderiam compor uma grande rede de sensoriamento meteorológico nas Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB).

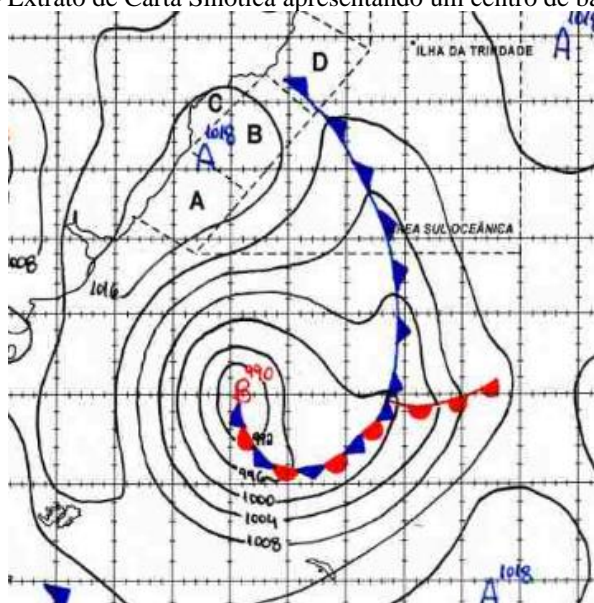
O TCC apresenta os seguintes objetivos secundários: desenvolvimento de um sensor de temperatura, umidade e pressão atmosférica, conectado à internet para auxiliar na detecção de sistemas tropicais e extratropicais no âmbito da Marinha do Brasil (MB); facilitação para análise de dados meteorológicos; minimização de erros de falha humana na análise de dados meteorológicos a fim de contribuir para a Segurança da Navegação e, apresentação de uma breve revisão sistemática sobre IoT a fim de identificar, analisar e interpretar como as tecnologias relacionadas a IoT são aplicadas para coleta de dados meteorológicos bem como a sua aplicabilidade no ambiente militar.

#### **1.4 Delimitação do Trabalho de Conclusão de Curso**

Este trabalho se delimita à análise dos parâmetros meteorológicos no nível do mar, atendo-se àqueles afetos à temperatura, umidade, pressão atmosférica e chuva, por meio de uso de tecnologias voltadas para Internet das Coisas. O trabalho não se atém às minúcias de explicações sobre a formação das frentes, sistemas tropicais e extratropicais, tipos de ciclones, furacões, tipos de nuvem etc. Fato é que os sistemas tropicais e extratropicais são sistemas barotrópicos e baroclínicos, respectivamente, os quais podem colocar os navegantes em situações de grande risco, segundo Lobo (2007). À título de ilustração, pode-se elencar situações como atraso de derrotas, desvio de trajetória, risco de danos a carga, todos esses, decorrentes da aproximação de um centro de baixa pressão. Segundo Lobo:

Centro de baixa pressão é a área onde ocorre uma depressão barométrica. O centro de baixa é delimitado por uma série de isóbaras quase circulares, que envolvem uma região de pressões baixas, ou seja, uma área onde as pressões atmosféricas decrescem da periferia para o centro. O centro de baixa pressão pode ser denominado de ciclone. Como o comportamento meteorológico da atmosfera é diferente da região tropical para as latitudes médias ou extratropicais, então considera-se também dois tipos diferentes de centros de baixa pressão, os ciclones extratropicais e os ciclones tropicais.

Figura 1 – Extrato de Carta Sinótica apresentando um centro de baixa pressão



Fonte – (CHM, 2020)

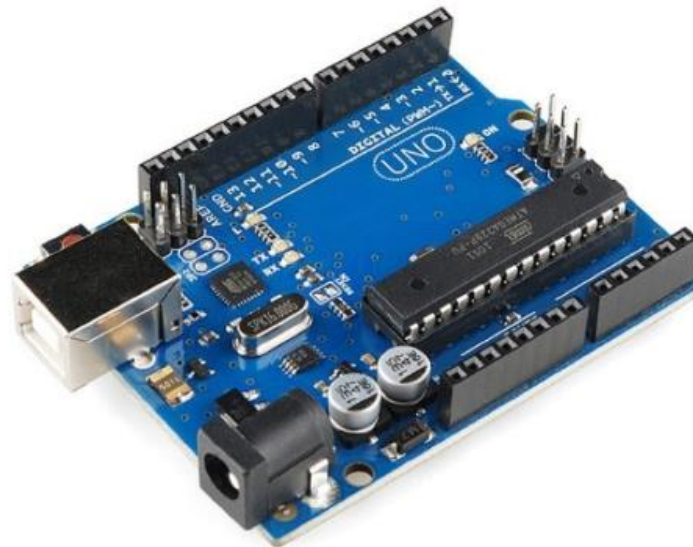
Em suma, a meteorologia aplicada ao navegante é um assunto que desperta o interesse do homem do mar.

### 1.5 Etapas do Trabalho e organização

É oportuno frisar que este TCC tem como produto um sensor para captura de dados de umidade, temperatura e pressão, capaz de enviar dados por meio da *internet* a fim de servir como uma alternativa para detecção de sistemas tropicais e extratropicais, e permitir a fusão de informações regionais em tempo real.

No início deste trabalho, as funcionalidades escolhidas para desenvolver o sensor de umidade temperatura e pressão, iniciaram-se pela escolha do Módulo Arduino Uno, e dos sensores de pressão (BMP 180) e, de temperatura (DHT11), os quais são apresentados no capítulo 4. A escolha se deu por tratar-se de equipamento bastante utilizado em ambiente de automação e Internet das Coisas, dispondo de inúmeros projetos na internet.

Figura 2 - Arduino Uno



Fonte – do autor

Foi necessário desenvolver o entendimento da linguagem C+ /C++, por tratar-se da linguagem utilizada pela *Integrated Development Enviroment* (IDE) Arduino.

A IDE Arduino é um ambiente de desenvolvimento integrado, ou seja, é um espaço de desenvolvimento aonde uma placa é programada, como apresentado na figura 3. A programação é baseada nessa plataforma por meio de códigos em linguagem de programação C+/C++. A IDE, provê acesso a sintaxe, correção de erros, inclusão de bibliotecas (conjuntos de funções prontas feitas para facilitar o trabalho), *monitor serial* (usado para comunicação com a placa) e envio de código para a memória da placa eletrônica do Arduino.

Figura 3 - IDE Arduino

A screenshot of the Arduino IDE software interface. The window title is 'sketch\_feb25a | Arduino 1.8.12 (Windows Store 1.8.33.0)'. The menu bar includes 'Arquivo', 'Editar', 'Sketch', 'Ferramentas', and 'Ajuda'. The toolbar contains icons for file operations and execution. The main editor area shows a code sketch with the following content:

```
sketch_feb25a
1 void setup() {
2   // put your setup code here, to run once:
3
4 }
5
6 void loop() {
7   // put your main code here, to run repeatedly:
8
9 }
```

Fonte – do autor

Após período inicial de adaptação com o Arduino UNO, foi observada nova placa para aquisição no mercado, com características muito superiores quando comparada a Arduino UNO. Desta forma, iniciou-se nova pesquisa, utilizando a placa NodeMCU ESP 8266 em substituição à placa Arduino UNO. Neste contexto, foi observado que a família ESP8266 trata-se de uma série de microcontroladores que possui todo o necessário para conectar-se à Internet. Desta forma, o ESP 8266 é semelhante ao Arduino com o adendo de já possuir integração à rede Wi-Fi, conforme apresentado na Figura 4. Quando comparado ao Arduino, o NodeMCU ESP8266 possui um poder de processamento muito maior e dispõe de Wi-Fi embutido, (Longo, 2015).

Figura 4 – NodeMCU ESP 8266



Fonte – <https://www.eletrogate.com/modulo-wifi-esp8266-nodemcu-esp-12e>

Este TCC está estruturado da seguinte forma: no capítulo 1, são apresentados uma contextualização que abrange o surgimento da internet, sua evolução, e o surgimento do termo Internet das Coisas. Neste capítulo, é feita uma breve contextualização histórica, a fim de delinear uma *timeline* evolutiva abrangendo o assunto em pauta. No capítulo 2, são abordados os aspectos de revisão bibliográfica, especificando a *IoT*, nos sistemas tropicais e extratropicais, uma vez observada a importância do monitoramento meteorológico nas estações marítimas e terrestres da Marinha do Brasil. Também são apresentados o módulo ESP 8266 NodeMCU; sensor de temperatura e umidade DHT – II; sensor BMP 180 *Digital Barometer Sensor* e sensor de chuva FC-37. No capítulo 3, é apresentada a metodologia,

destacando a metodologia da pesquisa utilizada e as ferramentas desenvolvidas para apresentação deste TCC, tais como: linguagem de programação C/C++; construção do sensor de umidade, temperatura e pressão. No capítulo 4, são apresentados os resultados obtidos por meio da pesquisa realizada. No capítulo 5 serão apresentados os requisitos para se construir esta estação meteorológica portátil e seus resultados. A conclusão deste TCC é apresentada no capítulo 6.



## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Kitchenam, Charters, Visaggio (2007), uma revisão sistemática é um estudo secundário que usa uma metodologia bastante definida para identificar, analisar e interpretar os estudos relevantes e que estejam disponíveis, a fim de subsidiar uma pesquisa particular. Segundo o autor, a revisão pode ser realizada com dois objetivos: identificar lacunas existentes em uma área de pesquisa, ou fornecer um conjunto relevante de trabalhos relacionados para embasar novas pesquisas.

Nesta seção são apresentados os detalhes mais importantes do processo metodológico desta revisão sistemática com o propósito de salientar a importância dos conhecimentos empregados em *IoT* a fim de contribuir para análise meteorológica na Marinha do Brasil.

Para efeito de pesquisa, este trabalho definiu os seguintes parâmetros de escolha: se o artigo foi relacionado ou possui a temática *Internet das Coisas*; se foi publicado em jornais, periódicos e teses de dissertações relevantes na área.

Nessa revisão sistemática, foram considerados os estudos realizados apenas no período compreendido entre 2015 e (janeiro de) 2020, conforme apresentados no Quadro 1, por considerar-se que, por razões tecnológicas, e por estar mais próximo do estado da arte, seja mínimo o número de trabalhos práticos que relacionam diretamente *IoT* e previsão meteorológica de sistemas tropicais e extratropicais no período anterior a 2015.

Quadro 1 - Artigos acadêmicos publicados em língua inglesa

ARTIGO ACADÊMICO	AUTOR	
A novel machine to machine communication strategy using rateless coding for the Internet of Things	Khoueiry, B. W.; Reza Soleymani, M.	2017
Cloud platforms for IoE healthcare context awareness and knowledge sharing	Manasthty, A.; Thompson, J. L.	2017
Context-aware systems: Technologies and challenges in internet of everything environments	de Matos, E.; Amaral, L. A.; Hessel, F.	2017
Crowd-driven IoT/IoE ecosystems: A multidimensional approach	Ziouvelou, X.; McGroarty, F.; Alexandrou, P.; Stahlbrost, A.; Ziegler, S.	2017
Emerging Services	Minerva, R.; Crespi, N.	2017

Enabling user context utilization in the internet communication protocols: motivation, architecture and examples	Lu, Y	2017
Energy-efficient network architecture for IoT applications	Sarwesh, P.; Shet, N.S.V.; Chandrasekaran, K.	2017
ID-based communication for access to sensor nodes	Gajewski, M.; Latoszek, W.; Batalla, J.M.; Pallis, E.; Mavromoustakis, C. X.	2017
Improving quality of life with the Internet of everything	Meridou, D. T.; Papadopoulou, M. E. C.; Kapsalis, A. P.; Delikaris, A. I.; Patrikakis, C.Z.	2017
Integration of Everything (IoE) with cloud	Roy, S.; Chowdhury, C.	2017
Introduction	Minerva, R.; Crespi, N.	2017
Multimodal low-invasive system for sleep quality monitoring and improvement	Lobato, F. M. F.; do Nascimento, R. P.; de Resende, D. C. O.; Jacob, A. F. L.; de Santana, Á, L.	2017
On real time implementation of emotion detection algorithms in Internet of Things	Zoican, S.	2017
QoS/QoE in the heterogeneous Internet of Things (IoT)	Nowick, K.; Uhl, T.	2017
Recognizing driving behaviour using smartphones	Vavouranakis, P. Panagiotakis, S.; Mastorakis, G.; Mavromoustakis, C. X.; Batalla, J. M.	2017
Security challenges of the Internet of Things	Samaila, M. G.; Neto, M.; Fernandes, D. A. B.; Freire, M. M.; Inácio, P. R. M.	2017
Service control paradigms and network architectures	Minerva, R.; Crespi, N.	2017
Survey on technologies for enabling real-time communication in the web of things	Krawiec, P.; Sosnowski, M.; Batalla, J. M.; Mastorakis, G.; Pallis, E.	2017

Fonte – do autor

A escolha das palavras-chave em *IoT* é balizada a partir das questões de pesquisa sob análise. Foram efetuados testes com palavras que seriam utilizadas como palavras-chave nas buscas. Concluiu-se que as palavras, quando consultadas na base de dados *Scopus*, deveriam ser todas no idioma inglês e que alguns sinônimos de *Internet of Things* deveriam ser usados pelo fato que determinados pesquisadores das áreas de Computação e Tecnologia da Informação utilizam o conceito de *IoT*, sem fazer nenhuma diferenciação de seus termos. Assim, foram consideradas as seguintes combinações: *Internet of Things* e *Internet of Everythings*; *Internet of Things* + *meteorology*; *Internet of Thyngs* + *Navy*; *Internet of Things* + *Army*.

Acrescida à base de dados *Scopus*, foram referenciados trabalhos acadêmicos na língua portuguesa, consultando artigos publicados nas principais instituições acadêmicas do país, observando os critérios supracitados, conforme exemplificado no Quadro 2

Quadro 2 - Artigos acadêmicos publicados em universidades brasileiras

ARTIGO ACADÊMICO	AUTOR
Internet das Coisas: da Teoria à Prática	SANTOS, B. P.; SILVA, L. A. M.; CELES, C. S. F. S.; João B. Borges Neto, Bruna S. Peres, Marcos Augusto M. Vieira, Luiz Filipe M. Vieira, Olga N. Goussevskaia e Antonio A. F. Loureiro
O valor da Internet das Coisas para as organizações estudo de casos múltiplos	LUCCA SOPELSA RONCHETTI
Gerenciamento centralizado de dispositivos distribuídos da IoT	Roberto Santin
Proposta de automatização de unidades de informação a partir da interconectividade da Internet das Coisas	Carlos Eduardo da Rosa da Silveira
Trabalho de Conclusão de Curso: Internet das Coisas.	LEANDRO JAMIR SILVA
Modelo de Arquitetura baseado em um Sistema de Internet das Coisas aplicada a automação residencial	Lucas Carlos Barboza
Modelo para controle de acesso utilizando IoT	Victor Oliveira Boppré
Desenvolvimento de uma estufa controlada e monitorada remotamente	Beatriz Midená Capelli
Internet das Coisas: controlando atuadores através de páginas da Internet	Sindélio Henrique Lima
Desenvolvimento de uma plataforma de interconexão de código aberto para a Internet das Coisas	Dênis Robson Santos Pinheiro – UFRN
Monitoramento de ambientes especiais aliado ao conceito de Internet das Coisas (IOT)	JEFFERSON ROBERT LIMA DA CUNHA
A influência da IoT na indústria: rumo ao 4.0	FERNANDA RUDECK TASSI
Proposta de Prova de Conceito de Rede para Internet das Coisas (IoT)	Jorge Guilherme Silva dos Santos Priscilla Gameiro Rega
Internet das Coisas: História, Conceitos, Aplicações e Desafios	Mônica Mancini, PhD, PMP
Internet das Coisas: uma breve revisão bibliográfica	MOISÉS PANEGASSI FACHINI, NATHALIA PINHEIRO MESQUITA,

Internet das Coisas: Aplicações Atuais e Expectativas de Especialistas	Matheus Eiji da silva Oyama
Proposta de um modelo de referência para Internet das Coisas: aspectos de segurança e privacidade na coleta de dados	VICTOR UBIRACY BORBA
Internet das Coisas: uso de sensores e atuadores na automação	LUCAS LONGO

Fonte – do autor

Em adendo a base de dados Scopus, foi feita ainda pesquisa na base de dados *Google Scholar*, obtendo os mesmos artigos acadêmicos referenciados na base de dados *Scopus*. Quando a pesquisa foi referenciada com o termo “*Internet of Things + Meteorology*” foram encontrados 2 trabalhos relacionados ao tema: um para aplicações utilizando aplicações meteorológicas com base na tecnologia de comunicação a longa distância, do termo da língua inglesa, *Long Range (LoRa)* e outro para monitoramento da poluição do ar, ambos artigos pertencentes ao grupo *Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)*. No *Google Scholar* foi acrescido ao termo *Internet of Things* a palavra *Military* obtendo como resposta 10 artigos acadêmicos relacionados com o termo em referência, desta forma, ficou evidenciado a lacuna em material que contemple o assunto tema deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Neste contexto de grande relevância, Wortmann e Flüchter (2015) relatam que embora o termo *Internet of Things (IoT)* – Internet das Coisas – tenha se popularizado, não existe uma definição comum do que a IoT realmente engloba e a inovação na área é caracterizada pela combinação de componentes físicos e digitais com o intuito de criar novos produtos, permitindo novos modelos de negócios.

Complementarmente, Lopez et al., (2017) afirmam que a Internet das Coisas prevê um mundo repleto de objetos inteligentes e interativos capazes de oferecer todo o tipo de serviço. Dessa maneira, os benefícios e o conforto que a IoT promoverá são inegáveis. Diante do exposto e considerando que, conforme LI, et al., (2018) trata-se de uma tecnologia emergente e, segundo Teixeira et al., (2017), a IoT é um assunto cada vez mais relevante. Ademais, de acordo com Nan, et al., (2018) tem obtido um crescente aumento das aplicações e, naturalmente, promete otimizar os processos que envolvem o cotidiano, desde pequenas atividades domésticas, serviço público, bem-estar e saúde até complexos processos industriais e de gerenciamento.

Por tudo isto, fica evidenciada a crescente contribuição de alguns trabalhos acadêmicos sobre esse novo campo de pesquisa, precipuamente nos anos mais recentes, indicando como essa inovação pode auxiliar em diversas áreas do cotidiano. Não obstante, Longo (2015) implementou sensores e atuadores a fim de coletar dados para auxiliar na tomada de decisões de maneira autônoma em um protótipo de residência com base no conceito de *Internet das Coisas* utilizando *Raspberry Pi* como ambiente computacional.

Nomeadamente, Cunha, (2018) desenvolveu um sistema baseado no módulo Wi-Fi ESP8266 NodeMcu 12E para monitoramento em tempo real e armazenamento de informações de temperatura, umidade e voltagem, com a finalidade de ligar e desligar um ar condicionado em ambientes especiais.

Posto isso, esta seção apresenta uma breve revisão sobre a literatura referente a IoT, observando trabalhos científicos, relacionando-os à análise meteorológica e ao meio militar e análise de sensores de temperatura, umidade e pressão, a fim de fornecer uma visão geral das aplicações existentes. Ficou evidenciado que ainda existe pouca literatura sobre o assunto. A bibliografia consultada possui, em sua grande maioria, artigos e estudos sobre *IoT* desenvolvida para outras aplicabilidades conforme apresentados nos Quadro 1 e Quadro 2.

O estudo evidencia, ainda, uma forte tendência de crescimento no assunto em pauta, uma vez que existem 53 artigos acadêmicos na plataforma *Scopus* quando analisada no período compreendido entre 2015 a 2018 em contraste com 88 artigos acadêmicos apenas no ano de 2019.

Nesse processo de coleta de dados sobre o assunto, ficou evidenciada a visão de alguns autores, com o objetivo de concentrar as principais definições sobre o termo, alguns exemplos de aplicações, bem como sua evolução no decorrer dos anos.

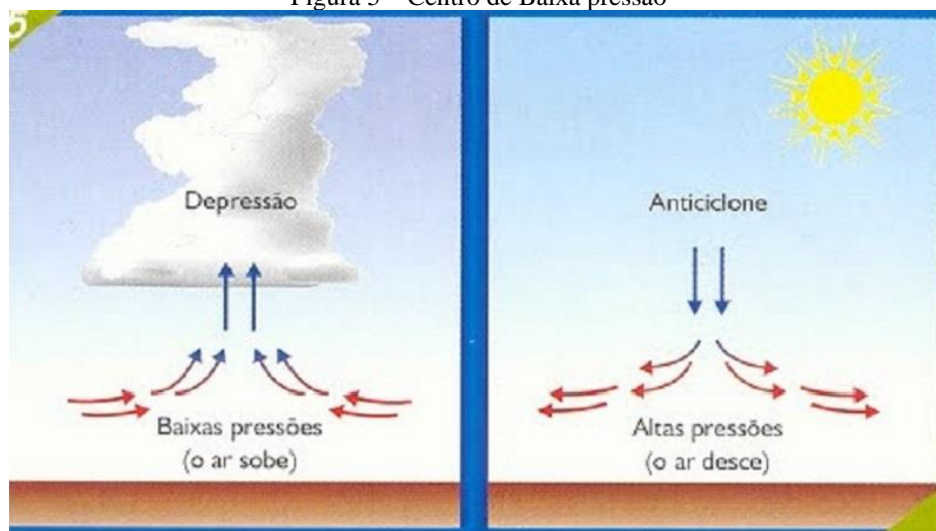
### 3. BREVES CONCEITOS DE METEOROLOGIA MARINHA

Na natureza a ocorrência de fenômenos físicos envolve a presença de energia, permitindo ao processo físico e suas múltiplas transformações atingirem, em algumas ocasiões, estágio de enorme intensidade, como tormentas, tempestades com ventos e estado do mar severo. Os navegantes que frequentemente enfrentam os mais variados estados de mar, percebem a energia envolvida em situações como estas. Nesta seção, estão definidos alguns conceitos indispensáveis para o escopo deste trabalho.

#### 3.1 Centros de Baixa Pressão

Centro de baixa pressão é a área onde ocorre uma depressão barométrica. O centro de baixa é delimitado por uma série de isóbaras quase circulares, que envolvem uma região de pressões baixas, ou seja, uma área onde as pressões atmosféricas decrescem da periferia para o centro. Ocorre geralmente formação de nuvens associadas a mau tempo, decorrentes de um processo natural de advecção<sup>1</sup>, com conversão em baixos níveis e divergência em altos níveis, conforme apresentado na figura 5 (Lobo, 2007).

Figura 5 – Centro de Baixa pressão



Fonte – (PRADO, 2016)

<sup>1</sup> Advecção – transmissão de calor pelo deslocamento de massa atmosférica no sentido horizontal.

Desta forma, o centro de baixa pressão pode ser denominado de Ciclone, segundo Lobo (2007). Como o comportamento meteorológico da atmosfera é diferente da região tropical para as latitudes médias ou extratropicais, então considera-se também os dois tipos diferentes de centros de baixa pressão, os ciclones extratropicais e os ciclones tropicais.

### **3.2 Sistemas tropicais e sistemas extratropicais**

Sistemas tropicais são sistemas barotrópicos formados entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio e apresentam apenas variações de pressão atmosférica. Sistemas Extratropicais são sistemas baroclínicos, ou seja, apresentam variações de pressão atmosférica e de temperatura. “Nos sistemas extratropicais, a variação da temperatura tem um papel importante, resultando em diferentes massas de ar e conseqüentemente em sistemas frontais com frentes frias e frentes quentes.” (LOBO, 2007)

A variação da pressão atmosférica, associada à presença de ar quente e úmido favorece o desenvolvimento de intensa atividade convectiva, tendo como produto: a formação de nuvens associadas a mau tempo, os ciclones tropicais, as tormentas tropicais, os tornados e trombas d'água.

### **3.3 Cumulonimbus**

De acordo com Lobo (2007), a nuvem é uma aglomeração de gotículas de água provenientes da condensação do excesso de vapor d'água para a temperatura do ar do respectivo nível de altitude, conforme demonstrado na figura 6.

Figura 6 – Nuvem do tipo cumulonimbus



Fonte – (HEMERLY, 2019)

As nuvens associadas a mau tempo são as do tipo *cumululus*, caracterizada por fortes movimentos convectivos e advectivos, com intensas rajadas de vento, chuva e trovoadas. Em sua formação, existe um movimento de ar ascendente muito intenso, com liberação de calor latente e consequente desenvolvimento vertical.

A aproximação de uma nuvem *cumululus* pode estar associada a uma frente fria, a um ciclone tropical ou extratropical ou até mesmo a um furacão e ficará evidenciada pela queda brusca na pressão atmosférica. A nuvem do tipo *cumululus* pode alcançar altas altitudes, apresentando em seu topo uma nuvem tipo *cirrus rabo de galo*. Embora o prognóstico de tempo presente se mostre com céu claro, o navegante experiente poderá identificar aproximação de uma nuvem *cumululus* ao observar no horizonte as nuvens do tipo *cirrus*, ou seja o topo de uma *cumulunimbus*.

### 3.4 Ciclones Tropicais

Na região Tropical, eventualmente ocorrem baixas de pressão, as quais, dentro de determinadas circunstâncias, podem tornar-se ciclones tropicais. Para que se desenvolva um ciclone tropical, é necessária a existência de ar quente e úmido, instabilidade profunda e força de *Coriolis* (força que surge em decorrência do movimento de rotação da Terra, desviando as trajetórias dos ventos, correntes marítimas, sistemas frontais) suficiente para transformar uma simples convergência em um sistema de circulação fechada. Tais condições só existem sobre o oceano, nas proximidades da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Esse tipo de



fenômeno é fundamentalmente marítimo e sua região-fonte está situada entre e 5 e 20° de latitude, seja norte ou sul Oliveira et al. (2001).

Os ciclones tropicais são chamados de *depressões tropicais*, quando os ventos não ultrapassam 34 nós; de *tempestades tropicais*, com ventos de 35 a 64 nós; e de *furacões*, com ventos maiores de 64 nós. A regra básica de segurança para a navegação é evitar sujeitar o navio, de todos os modos, ao confronto direto com o ciclone tropical, especialmente tratando-se de furacão, devido ao seu grande poder destrutivo.

### 3.5 Furacão

Furacão é um ciclone tropical plenamente desenvolvido, podendo alcançar até 100 milhas de diâmetro, com ventos de 64 nós ou mais, como apresentado na figura 7. O furacão pode afetar o navio mesmo que esteja afastado a centenas de milhas atingindo ventos com força de tempestade (acima de 35 nós). No pacífico Oeste, os furacões são conhecidos como tufões (Lobo, 2007).

Figura 7 Furacão Florence



Fonte: Imagem do furacão Florence registrada pela Nasa — Foto: (Nasa/Via Reuters)

### 3.6 Tornados e Trombas d'água

Tornados são tormentas rotacionais de pequeno diâmetro, consideradas o mais violento fenômeno meteorológico. Os tornados sempre se estendem para baixo, a partir de uma nuvem do tipo convectiva, geralmente na vizinhança de uma severa tempestade (LAPEDES, 1978). No mar o tornado recebe o nome de tromba d'água e, se plenamente desenvolvida, ela poderá atingir a base de uma nuvem do tipo *cumulus*, que são as nuvens associadas a mau tempo. Forma-se na base da nuvem uma área de rotação conhecida como uma nuvem de parede rotativa, podendo ocorrer precipitação com granizo, acrescidos dos fortes e destrutivos ventos associados. Deve-se ter em mente que os tornados e trombas d'água são encontrados mais frequentemente na região tropical Oliveira et al. (2001), colocando o Brasil e, nesse contexto, a Marinha do Brasil como protagonistas do assunto em pauta.

Figura 8 – tromba d'água



Fonte – Pinterest

A Marinha do Brasil provê um serviço de extrema importância, por meio do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) que atua de forma fundamental na análise e

Previsão meteorológica. Pode-se dizer que o CHM provê um serviço de grande relevância para a sociedade brasileira, por meio da divulgação de Avisos de Mau Tempo, Cartas Sinóticas, Meteoromarinha, dentre outros.

A bordo dos navios o nauta dispõe de ferramentas que viabilizam a observação das condições meteorológicas reinantes, tais como termômetros, barômetros, quadros de nuvens, manuais, dentre outros, que propiciam uma análise *in loco* a fim de auxiliar na tomada de decisão com o intuito de minimizar as situações que possam colocar o navio e conseqüentemente, vidas humanas em risco.

Este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta um dispositivo inteligente que pode auxiliar na detecção de um Centro de Baixa Pressão, associado a uma nuvem de mau tempo, ou seja, as nuvens do tipo Cumulonimbus. Essas nuvens apresentam grande quantidade de vapor d'água, água e gelo em constante movimento, em correntes de ar ascendentes e descendentes, o que provoca grande turbulência na atmosfera, afetando a superfície com fortes rajadas de vento. De acordo com Lobo (2007), a presença de um Cumulonimbus na atmosfera pode causar a ocorrência de forte turbulência, precipitação intensa em pancadas, relâmpagos e trovões, granizo, ventos fortes, quedas bruscas de temperatura e em alguns casos acentuadas variações de pressão, o que pode propiciar a ocorrência de tornado ou tromba d'água.

#### 4. METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho faz uso de pesquisa bibliográfica e documental, de acordo com Lakatos em sua obra *Metodologia Científica*. Os dados foram coletados por meio de pesquisa bibliográfica em livros, revistas especializadas em Tecnologia da Informação, publicações, periódicos e na legislação vigente. Foram levantadas as diretrizes, leis, portarias e sítios do Governo Federal a fim de expor o assunto em questão para maior compreensão no âmbito da Marinha do Brasil. A revisão bibliográfica foi feita com base em uma pesquisa exploratória no acervo de publicações da base de dados *Scopus*. A busca textual utilizou os termos chaves *Internet of Things* e *Internet of Everythings*; *Internet of Things + meteorology*; *Internet of Thyngs + Navy*; *Internet of Things + Army*, delimitando-a aos campos de título, resumo e palavras-chaves. Essa seleção foi realizada com o intuito de investigar o papel da *IoT* na detecção de sistemas tropicais e extratropicais, bem como a aplicabilidade de *IoT* no meio militar. O protocolo de pesquisa se restringiu na procura nos idiomas em português e inglês, abrangendo período de 2015 até fevereiro de 2020. Os demais trabalhos foram utilizados na avaliação do estudo exploratório, conforme os Quadro 1 e Quadro 2.

Em contraponto, foi desenvolvido um protótipo para verificação da hipótese deste TCC, o qual foi testado. Os componentes escolhidos para compor este protótipo foram:

- Computador VAIO equipado com sistema operacional *Windows 10*;
- *Chipset NodeMCU ESP8266 12E Board*;
- Sensor de pressão *BMP180*;
- *Dht11* Sensor de temperatura e umidade;
- Sensor de Chuva *FC37*;
- 2 Resistores de  $4.7\text{ K}\Omega$ ;
- *Protoboard*; e
- Fios para ligação (*jumping wires*).

#### 4.1 IDE Arduino

No ano de 2005 teve início o projeto Arduino, criado por um grupo de 5 pesquisadores: David Cuartielles, Massimo Banzi, Gianluca Martino, Tom Igoe, e David Mellis. O objetivo do projeto era elaborar um dispositivo que fosse, ao mesmo tempo, barato, funcional e de fácil programação, sendo dessa forma acessível a estudantes e projetistas amadores. Além disso, foi adotado o conceito de *hardware* livre. Desta forma, qualquer pessoa é capaz de montar, modificar, melhorar e personalizar o Arduino, partindo do mesmo *hardware* básico (McRoberts, 2011).

Foi adquirida uma placa composta por um microcontrolador de placa única, projetada para tornar mais acessível o processo de utilização da eletrônica em projetos multidisciplinares. O *hardware* consiste em um dispositivo *open source*, ou seja, o código, os esquemas e o projeto são abertos e disponíveis para uso livre. É válido ressaltar que o Arduino possui circuitos de entrada/saída e pode ser facilmente conectado à um computador. Desta forma, o microcontrolador pode ser programado via IDE utilizando uma linguagem baseada em C/C++, sem a necessidade de equipamentos extras além de um cabo USB.

Para instalação do Arduino, é necessário acessar o endereço eletrônico <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>. Após acesso ao endereço, deve-se clicar na imagem Arduino referente ao sistema operacional do usuário e iniciar o download, conforme ilustrado na figura 9.

Figura 9 – Download da IDE Arduino



The screenshot shows the Arduino website's software download page. The browser address bar displays <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>. The navigation menu includes STORE, SOFTWARE, EDU, PRO, RESOURCES, COMMUNITY, and HELP. A search icon and a SIGN IN button are also visible. Below the navigation bar, there is a banner for Arduino Family with the text "TO SMALL DEVICES WITH ARDUINO'S TINIEST FORM FACTOR". The main heading is "Download the Arduino IDE".

**ARDUINO 1.8.11**  
The open-source Arduino Software (IDE) makes it easy to write code and upload it to the board. It runs on Windows, Mac OS X, and Linux. The environment is written in Java and based on Processing and other open-source software. This software can be used with any Arduino board. Refer to the [Getting Started](#) page for installation instructions.

**Windows** Installer, for Windows XP and up  
**Windows** ZIP file for non admin install

**Windows app** Requires Win 8.1 or 10  
[Get](#)

**Mac OS X** 10.8 Mountain Lion or newer

**Linux** 32 bits  
**Linux** 64 bits  
**Linux** ARM 32 bits  
**Linux** ARM 64 bits

[Release Notes](#)  
[Source Code](#)  
[Checksums \(sha512\)](#)

**HOURLY BUILDS** **LAST UPDATE** 31 January 2020 5:34:31 GMT **BETA BUILDS** **BETA**

Fonte – do autor

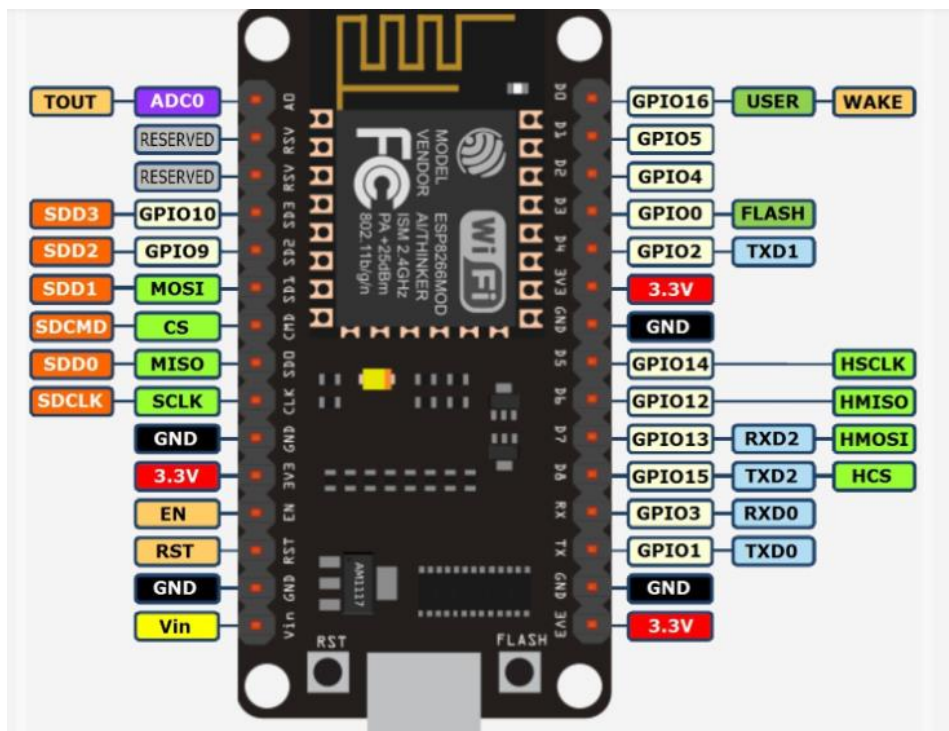
## **5. CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO DE ESTAÇÃO METEOROLÓGICA E RESULTADOS**

Uma estação meteorológica é um dispositivo que coleta dados afetos ao clima utilizando diferentes sensores. Para construção deste protótipo de estação de monitoramento meteorológico foi utilizada a placa NodeMCU ESP8266, com interface com os seguintes sensores:

1. Sensor de umidade e temperatura DHT11;
2. Sensor de pressão barométrica BMP180; e,
3. Sensor de chuva FC37 com módulo Wi-Fi e NodeMCU ESP8266-12E.

Diferentemente do Arduino UNO, as portas do NodeMCU ESP 8266 possuem endereçamento diferente quando carregadas na IDE Arduino, sendo necessário bastante atenção quanto à pinagem e escrita do código. A figura 10 apresenta os endereçamentos correlatos ao NodeMCU ESP 8266:

Figura 10 – Pinagem NodeMCU ESP 8266



Fonte – <https://blog.eletrogate.com/nodemcu-esp12-introducao-1/>

A figura 11 apresenta um extrato do código contido no Anexo1 referente ao diagrama de conexões para endereçamento das portas lógicas no NodeMCU ESP 8266. Como destacado na figura, a função *Serial.print (T,2);* faz referência ao parâmetro de temperatura na variável *T*, obtido na porta lógica GPI 02. Porém, quando observado na figura 10, a porta GPIO 02 está fisicamente ligada na pinagem D4. Uma vez observado o exemplo, todas as conexões que forem feitas por conseguinte, deverão ser consultadas no. Quadro 3

Quadro 3 – Constantes predefinidas

Constante	Valor
D0	16
D1	5
D2	4
D3	0
D4	2
D5	14
D6	12
D7	13
D8	15
A0	17

Fonte do autor



Figura 11 – Extrato de código referenciando portas lógicas

```

// Wait for the measurement to complete:
delay(status);
status = pressure.getTemperature(T);
if (status != 0)
{
// Print out the measurement:
Serial.print("temperature: ");
Serial.print(T, 2);
Tdeg = T;
Serial.print(" deg C, ");
Tfar = (9.0/5.0)*T+32.0;
Serial.print((9.0/5.0)*T+32.0, 2);
Serial.println(" deg F");
}

```

Fonte do autor

Em adição, o Anexo 1 pormenoriza todas as pinagens referentes ao microcontrolador em questão. Esta tabela relaciona as portas lógicas GPI com seus respectivos endereços físicos. Caso o programador não atente para a conversão das portas, poderá ocorrer um problema de conexão. Em uma situação como esta, deve-se ter em mente que ao ser dado o comando *carregar* na IDE Arduino, o código que seria carregado na placa, não será carregado. Ao invés disso, o que irá aparecer será uma série de linhas de erro.

## 5.1 Custo de uma estação meteorológica

Um dos elementos críticos em qualquer projeto é o custo. A alocação de recursos para financiar projetos é um fator limitante, haja vista os cortes orçamentários que as Forças Armadas têm sofrido nos últimos anos. Contrapondo-se a esta realidade, a Marinha do Brasil enfrenta o desafio de investir em tecnologia a fim de manter um padrão de excelência na prestação de serviços para a sociedade. Tendo em vista esses fatores limítrofes, foi pesquisado o custo de aquisição de uma estação meteorológica portátil para aquisição no mercado, obtendo-se uma média de preço de R\$ 1.900,00 (mil e novecentos reais). Por outro lado, o custo de aquisição dos sensores e placas para manufatura deste protótipo teve um teto de R\$ 250,00 (duzentos e cinquenta reais). Obviamente, não estão inclusos os custos de formação, preparo e peças para reposição, porém já serve como princípio norteador para diferenciar os valores entre ambas.

## 5.2 Sensor de Pressão BMP 180

Trata-se de um sensor com baixo consumo de energia com precisão de 0,03 hPA para pressão e 2 °C para temperatura. O BMP 180 pode ser conectado diretamente a um microcontrolador, por meio do protocolo de comunicação I<sup>2</sup>C. O BMP 180 consiste em um sensor piezo-resistivo, analogamente a um conversor digital e uma unidade de controle. O Anexo 2 apresenta o barramento deste sensor, bem como o seu protocolo de comunicação. A Figura 12 demonstra o modelo do sensor BMP 180 (Monk, 2014).

Figura 12 – Sensor de pressão BMP 180



Fonte – <https://www.curtocircuito.com.br/sensor-de-press-o-bmp180.html>

### 5.2.1 Especificações do sensor BMP 180:

O sensor BMP possui as seguintes especificações, as quais encontram-se no

Quadro 4. Deve-se atentar para as conexões do barramento deste sensor as quais deverão estar soldadas ao *chip*.

Quadro 4 – Especificações do sensor BMP 180

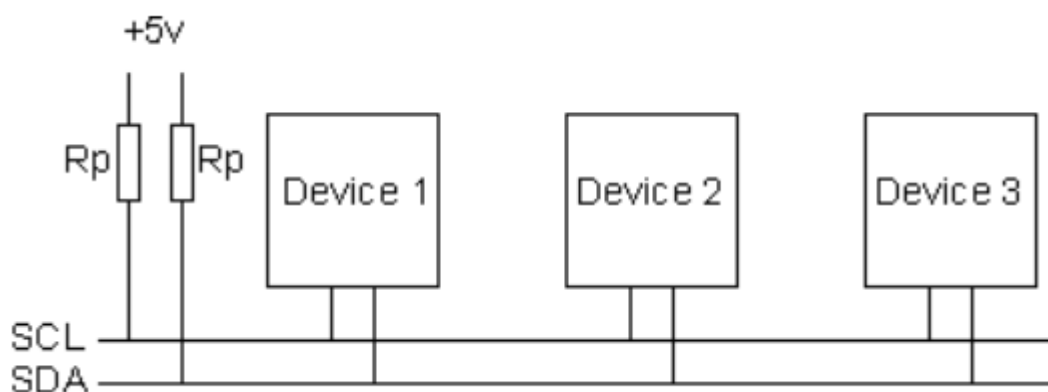
Tipo de comunicação:	I <sup>2</sup> C;
Tensão de alimentação:	5 V;
Tensão de operação:	3,3 V;
Consumo de corrente:	5 µA no modo standard, podendo chegar a 3 µA no modo ultra low power;

Faixa de leitura de pressão absoluta:	300 a 1100 hPa (altitude de até 9000 m);
Temperatura de operação:	de -40°C a +85°C;
Dimensões:	20 x 25mm; e

Fonte: (Câmara, 2013)

O protocolo I<sup>2</sup>C descreve o funcionamento de um barramento de comunicação serial que utiliza apenas dois fios: SDA, SCL. A alimentação (VDD) do sensor é feita com tensão de 3.3V ou 5V. O Anexo 2 refere-se às particularidades do referido protocolo de comunicação. Os fios de comunicação possuem *pull-ups*, como pode ser visto na figura 13

Figura 13 – Barramento I<sup>2</sup>C SDA e SCL

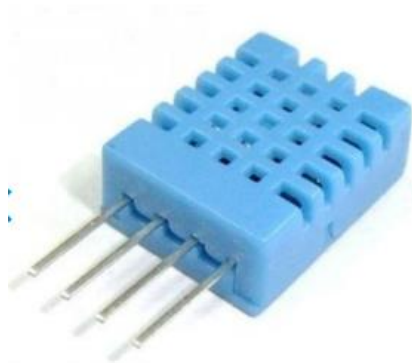


Fonte – (CAMARA, 2013)

### 5.3 Sensor DHT11

O DHT11 é um sensor de temperatura e umidade, digital e de baixo custo. Ele usa um sensor de umidade capacitiva e um termistor para medir o ar circundante, apresentando um sinal digital no pino de dados. O sinal digital é bastante fácil de ser lido, podendo ser utilizado com qualquer microcontrolador, conforme apresentado nas figura 14 e Quadro 5.

Figura 14 – Sensor DHT 11



Fonte: <https://www.vidadesilicio.com.br/dht11-sensor-umidade-e-temperatura>

Quadro 5 – Características do Sensor DHT 11

Custo	baixo
Voltagem I/O	3 a 5V
Corrente	2.5 mA uso máximo atual durante a conversão (ao solicitar dados)
Eficiência em leituras de umidade	20 - 80% das leituras de umidade
Precisão em leituras de umidade	5%
Eficiência em leituras de temperatura	0 - 50 °C
Precisao em leituras de temperatura	±2°C de precisão
Taxa de amostragem	inferior a 1 Hz (uma vez a cada segundo)
Dimensões:	15,5 mm x 12mm x 5,5 mm
Pinagem	4 pinos com 0,1" espaçamento

Fonte: <https://www.vidadesilicio.com.br/dht11-sensor-umidade-e-temperatura>

#### 5.4 Sensor de chuva FC37

O sensor de chuva FC-37 é utilizado na detecção de água, podendo detectar além das funcionalidades ofertadas por um sensor de umidade. O sensor possui um potenciômetro embutido para ajuste de sensibilidade da saída digital (D0). Em adendo, o sensor possui um Light Emitting Diode (LED) de energia que acende quando o sensor é ligado e um LED de saída digital (Monk. 2014).

O funcionamento do sensor ocorre da seguinte forma: o sensor de chuva detecta a água que completa os circuitos nas pistas impressas das placas do sensor. Esta placa atua como um resistor variável mudando de 100 kΩ (quando molhado) a 2 MΩ (quando seco).

Desta forma, quando a placa coletora é molhada, a resistência aumenta e a tensão de saída diminui. Ao passo que, quando a placa está seca, a resistência diminui e a tensão de saída aumenta. O sensor é configurado por duas peças, conforme apresentado na figura 15, a qual apresenta a placa eletrônica (à direita) e a placa coletora (à esquerda) que coleta as gotas de água (Monk, 2014).

Figura 15 – Sensor de chuva FC-37

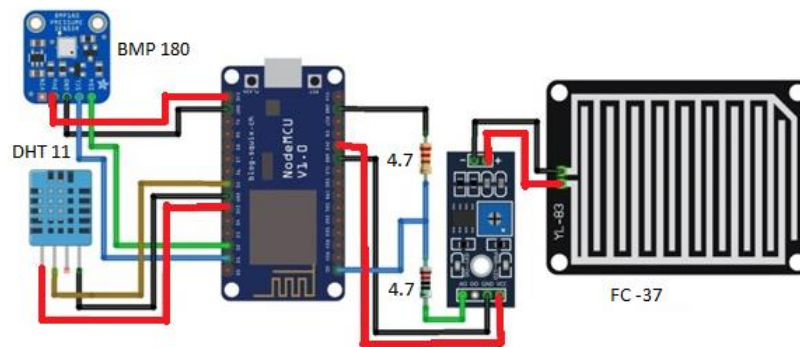


Fonte: <http://www.megaeshop.com.br/arduino/arduino-rain-sensor-fc-37>

## 5.5 Diagrama de Circuito e Conexões

Ressalta-se que as conexões para a construção desta estação meteorológica seguem a pinagem referenciada no Anexo 1. Para realização deste protótipo, foi necessário o uso de solda nas conexões dos sensores. A montagem do circuito segue o diagrama, conforme mostrado na figura 16:

Figura 16 – Diagrama de conexão



Fonte – do autor

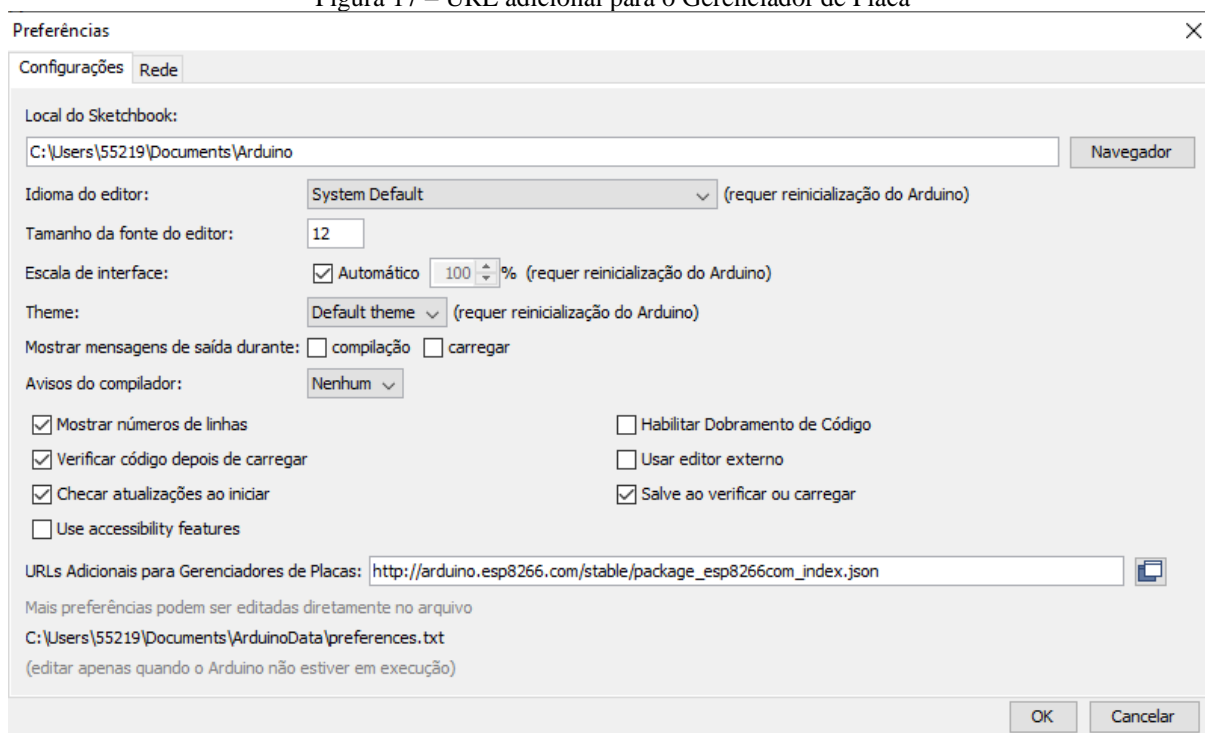
Após feitas as conexões de acordo com a figura 16, teve início a fase de escrita do código de programação em linguagem C+/C++.

### 5.6 Compatibilização da placa NodeMCU ESP 8266 com a IDE Arduino

Antes de iniciar o uso da placa, deve-se abrir a janela de Preferências e digitar no campo *Additional Board Manager URLs* o seguinte endereço:

[http://arduino.esp8266.com/stable/package\\_esp8266com\\_index.json](http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json), conforme mostrado na figura 17.

Figura 17 – URL adicional para o Gerenciador de Placa



Fonte – do autor

Uma vez adicionado o endereço na *Uniform Resource Locator* (URL), o usuário deverá localizar o Gerenciador de Bibliotecas na aba Ferramentas a fim de baixar a Biblioteca que torna compatível a IDE Arduino com a Placa NodeMCU ESP 8266.

## 5.7 Programação do NodeMCU ESP 8266

Inicialmente há uma série de *Libraries* que são incluídas com o comando *#include*. Após estas inclusões, são instanciados os parâmetros dos sensores, bem como a pinagem. A declaração *const char* é usada para armazenar as credenciais de acesso (SSID/senha) ao roteador local nas constantes *ssid* e *senha* do programa. A figura18 apresenta na linha 22, a criação de um objeto na porta 80.

Figura 18 – Inclusão das Libraries

```

1 #include <ESP8266WiFi.h>
2 #include <WiFiClient.h>
3 #include <ESP8266WebServer.h>
4 #include <SFE_BMP180.h>
5 #include <Wire.h>
6
7 #include "DHTesp.h" //DHT11 Library para ESP
8
9 #define LED 2 //On board LED
10 #define DHTpin 14 //D5 do NodeMCU é o GPIO14
11
12 SFE_BMP180 pressure;
13
14 #define ALTITUDE 0.0 // Altitude em meters
15
16 DHTesp dht;
17
18 //Usuário e senha do roteador WiFi
19 const char* ssid = "*****";
20 const char* password = "*****";
21
22 ESP8266WebServer server(80); //Função utilizada para ESP 8266, estabelecendo o Servidor na porta 80
23
24 void handleRoot() {
25   String s = MAIN_page;
26   server.send(200, "text/html", reinterpret_cast<const __FlashStringHelper*>(MAIN_page));
27 }
28

```

Fonte – do autor

Após serem instanciados os sensores utilizados no protótipo, são incluídas algumas funções padronizadas para cada sensor, bem como a função *handle Root* e *handle ADC* que são funções *default* referentes ao NodeMCU ESP 8266, conforme as Figura 18 e figura 19.



Figura 19 – Inclusão da função handleADC

```

33 void handleADC() {
34   char status;
35   double T,P,p0,a;
36   double Tdeg, Tfar, phg, pmb;
37
38   status = pressure.startTemperature();
39   if (status != 0)
40   {
41
42   // Wait for the measurement to complete:
43   delay(status);
44   status = pressure.getTemperature(T);
45   if (status != 0)
46   {
47   // Print out the measurement:
48   Serial.print("temperatura: ");
49   Serial.print(T,2);
50   Tdeg = T;
51   Serial.print(" deg C, ");
52   Tfar = (9.0/5.0)*T+32.0;
53   Serial.print((9.0/5.0)*T+32.0,2);
54   Serial.println(" deg F");
55
56   status = pressure.startPressure(3);
57   if (status != 0)
58   {
59   // Aguardar o término da medição:
60   delay(status);

```

Fonte – do autor

Deste ponto em diante, são incluídas uma série de funções *Serial.print*, conforme pode ser observado no Anexo 3, o qual contém todo o código deste protótipo. Este anexo apresenta toda a programação C+/C++ do protótipo. Por fim, a função *server.on("/", handleRoot)* chama a função *handleRoot* quando um cliente faz uma requisição, conforme apresentado na figura 20.

Figura 20 – Requisição de um cliente

```

152 server.on("/", handleRoot);
153 server.on("/readADC", handleADC);
154
155 server.begin(); //Start server
156 Serial.println("servidor HTTP iniciado");
157 handleADC();
158 }
159
160 void loop()
161
162 {
163 server.handleClient(); //
164 }

```

Fonte – do autor

## 5.8 Protocolos de comunicação para IoT

Alguns protocolos de comunicação podem ser empregados na área de IoT. Este TCC utilizou o protocolo Wi-Fi. Entretanto, de acordo com Rabuske (2017) há possibilidade do emprego de alguns protocolos *wireless*, que possibilitam o emprego na área de IoT, tais como: Wi-Fi, (*Bluetooth Low Energy*) BLE, SigFox, LoRaWan.

### 5.8.1 Protocolo WiFi (802.11)

O protocolo Wi-Fi refere-se a um conjunto de diversas extensões do protocolo 802.11, de acordo com a classificação estabelecida pelo IEEE. De maneira geral, os protocolos Wi-Fi operam nas faixas de 2.4 GHz e 5GHz, sendo que as faixas exatas de frequências utilizadas variam entre as versões em uso. A topologia empregada é a tipo estrela, possuindo alta taxa de transmissão de dados e baixo custo de implementação. Como ponto negativo ressalta-se o alto custo energético empregado na comunicação e baixo raio de cobertura, variando entre 30 – 150m, de acordo com Morimoto (2009). Este protocolo surge como uma opção para conexões em aplicações que não exijam grandes áreas de cobertura.

### 5.8.2 BLE

Este protocolo é uma evolução do protocolo *bluetooth* original, tendo como objetivo a economia energética. Além do baixo custo energético, possui um 1 Mbps de taxa máxima de transmissão, com raio máximo de transmissão de 50 m e transmissão na

frequência de 2.4 GHz. Portanto, não utiliza faixa licenciada de frequência, de acordo com Pessoa (2016). Este protocolo opera nas topologias ponto a ponto, estrela e *mesh* (rede de várias estrelas interligadas entre si). O protocolo BLE não deve ser utilizado em aplicações com fluxo intenso de dados e possui baixo raio de cobertura.

### 5.8.3 SigFox

Este Protocolo é um protocolo fechado, ou seja, para utilizá-lo deve-se obter uma licença (a partir de um provedor) em semelhança ao que acontece em redes de telefonia móvel. Possui economia energética e maior área de cobertura quando comparado ao WiFi e BLE. O SigFox abrange entre 3 e 10km em áreas urbanas e 30 e 50 km em áreas rurais, conforme Santos et al. (2009)

### 5.8.4 LoRaWan

LoRa é uma especificação proprietária para redes de grande alcance e de baixa potência, empregada em dispositivos que seguem a tecnologia IoT. O LoRa define uma camada física que busca atender aos requisitos de baixo consumo de energia, sendo utilizada para implementar o protocolo *Long Range Wide Area Network* (LoRaWan).

A tecnologia LoRa que é cada vez mais empregada em Internet das Coisas, implementada em redes de baixa potência e longo alcance, pode ser adequada para certas aplicações. De acordo com Ortiz et al. (2018) objetos com capacidade de sensoriamento, processamento e comunicação podem realizar tarefas e comunicar-se com outros objetos ou dispositivos. Tais objetos são denominados objetos inteligentes. Estes objetos tem como característica recorrente a limitação em termos de processamento e energia, tornando a comunicação sem fio um importante desafio. O objetivo das redes (LoRaWan) é atender a esse desafio, sendo um tipo de rede de longo alcance e baixa potência, implementada utilizando-se da tecnologia LoRa.

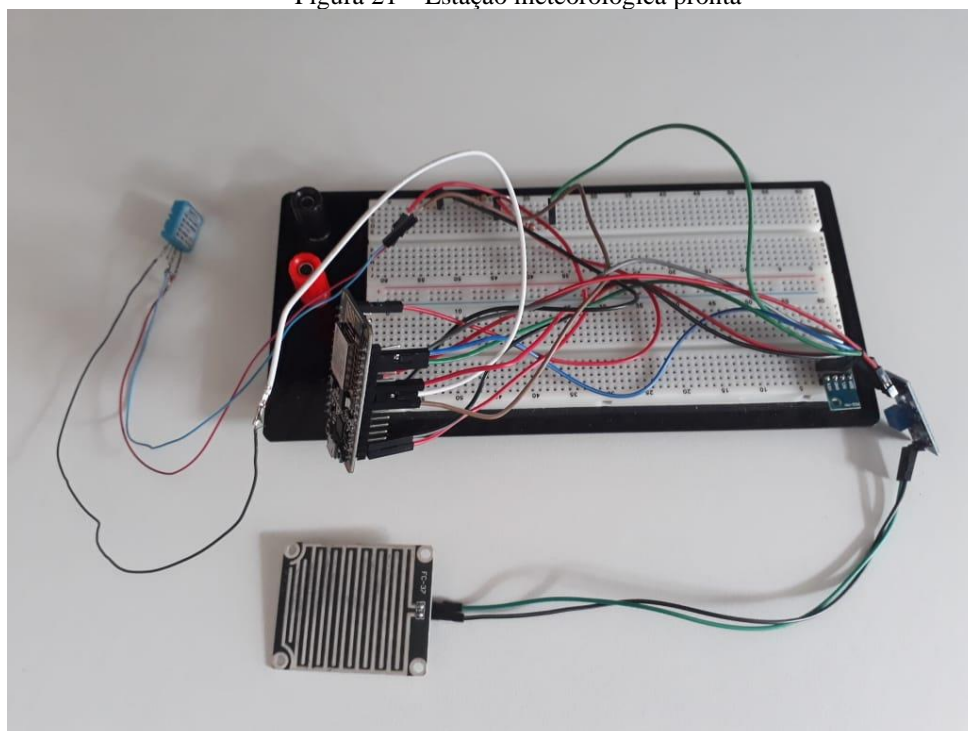
## 5.9 Descrição e análise dos resultados

Foram tomadas medições de umidade, temperatura, pressão barométrica e precipitação. As informações foram acessadas pelo IP 192.168.0.112 (referente ao sensor Wi-Fi NodeMCU ESP8266).

Após o carregamento do código, o endereço IP do NodeMCU ESP 8266 foi encontrado no *monitor serial* da IDE Arduino. De posse do IP, foi digitado na URL, do navegador *google chrome*, o endereço referente a placa NodeMCU e os dados foram exibidos em linguagem http, pela *web*.

Após todo o estudo levantado e desenvolvimento detalhado, chegou-se ao resultado planejado, tendo o funcionamento do sistema de monitoramento (temperatura, umidade e pressão e chuva) de uma estação meteorológica portátil. Os testes foram realizados no Centro de Instrução Almirante Wandenkolk. A Figura 21 apresenta o sistema montado, representando o projeto final feito no Arduino.

Figura 21 – Estação meteorológica pronta



Fonte – do autor

## 6 CONCLUSÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso apresentou uma breve revisão sistemática sobre Internet das Coisas como ferramenta de coleta e análise de dados meteorológicos para uso em diversos recursos no âmbito da Marinha do Brasil. Em razão do *déficit* literário em relação à crescente expansão da tecnologia em comento, optou-se por expor conceitos de Internet das Coisas aliados à meteorologia marinha, sendo empregada maior energia no desenvolvimento do sensor em resposta ao problema em questão.

A despeito do que ocorre em terra, no mar os fenômenos naturais podem ser potencializados em virtude da presença de umidade. Em decorrência desse fato, a motivação para o desenvolvimento do protótipo se deu, particularmente, por meio da observação de fenômenos físicos naturais envolvendo grande quantidade de energia, podendo atingir estágios de enorme intensidade, como tormentas, tempestades com ventos e estado de mar severo.

No cenário em comento, à luz da evolução tecnológica em curso, baseada na progressiva substituição de funcionalidades executadas manualmente, desenvolveu-se um sensor de temperatura, umidade, chuva e pressão atmosférica, conectado à internet, via Wi-Fi, capaz de auxiliar na detecção de sistemas tropicais e extratropicais, sendo essa uma tecnologia factível, ubíqua, de baixo custo, portátil e, com potencial para ser embarcada nos meios navais, capaz de auxiliar no processo de tomada de decisão, servindo como redundância na coleta e análise de dados meteorológicos.

Tendo em vista a complexidade do projeto e, tomando como referência os desenvolvimentos realizados em outros trabalhos, identificou-se a necessidade de desenvolver o entendimento da linguagem C+ /C++, por tratar-se da linguagem utilizada pela *Integrated Development Enviroment* (IDE) Arduino, conforme apresentado nesse trabalho.

Dentre as alternativas existentes de inovação, na forma de criação e desenvolvimento desse protótipo, foi observado que a família ESP8266 trata-se de uma série de microcontroladores que possui todo o necessário para conectar-se à Internet. Cabe destacar que, complementarmente ao Arduino, o NodeMCU ESP 8266 provê a facilidade de possuir integração à rede Wi-Fi, sendo esta, a solução empregada no desenvolvimento da estação meteorológica portátil desenvolvida no projeto. Para tanto, foi adquirida uma placa composta por um microcontrolador de placa única, projetada para tornar mais acessível o processo de utilização da eletrônica em projetos multidisciplinares.

Com base no conteúdo supracitado, em relação ao protocolo de comunicação utilizado, observa-se, ainda, a existência de outros protocolos capazes de serem empregados na área de IoT. Este TCC utilizou o protocolo Wi-Fi. Entretanto, há possibilidade do uso de outros protocolos *wireless*, que possibilitam o emprego na área de IoT, como por exemplo o (*Bluetooth Low Energy*) BLE, SigFox, LoRaWan, dentre outros.

Nessa escala evolutiva, foram tomadas medições de umidade, temperatura, pressão barométrica e precipitação, as quais foram acessadas pelo IP 192.168.0.112 (referente ao sensor Wi-Fi NodeMCU ESP8266). Em decorrência disso, chegou-se ao resultado planejado, obtendo-se o funcionamento do sistema de monitoramento meteorológico de uma estação portátil utilizando Internet das Coisas.

Por todo o exposto, em resposta ao questionamento sugerido por este TCC, fica evidente que é possível criar um protótipo de estação meteorológica utilizando Internet das Coisas, que possibilite detectar a aproximação de um sistema tropical e extratropical para uso futuro na Marinha do Brasil

## **6.1 Considerações Finais**

Torna-se relevante ressaltar que a IoT proporciona automatização; agilidade; versatilidade na inovação de situações em diversos ramos; capacidade de comunicação e processamento aliados a sensores; e, interação direta do homem com objetos, evidenciando então, uma forte tendência na área de tecnologia.

Dada a caracterização da importância de se mobiliar os meios navais com tecnologia que automatize o provimento de informações meteorológicas, cabe discutir a necessidade de maior aporte de recursos e investimentos na área de IoT, bem como qualificação técnica de pessoal, a fim de criar soluções inteligentes, concatenados a esta evolução da internet, que é a Internet das Coisas.

Por certo, a IoT pode ser uma importante ferramenta para coleta e análise de dados meteorológicos, com potencial para uso nos diversos recursos da Marinha do Brasil, tornando-se imperioso o investimento nessa área, a fim de desenvolver projetos em IoT voltados para outras aplicabilidades, com o intuito de implementar melhorias no âmbito da Força.

## 6.2 Sugestões para Futuros Trabalhos

Dentre as oportunidades de trabalhos futuros, destaca-se: a inclusão do módulo Internet das Coisas no Curso de Aperfeiçoamento em Eletrônica para Sargentos; a fusão de dados meteorológicos utilizando o protótipo confeccionado nesse TCC; apresentação gráfica dos dados utilizando-se de ferramenta de containerização *Docker*, juntamente com o *Grafana* que é um gerador de gráficos e o *InfluxDB* que é uma base de dados cuja chave é o tempo.

Dada a multiplicidade dos protocolos de comunicação que podem ser utilizados em IoT, incentiva-se o desenvolvimento de estações meteorológicas portáteis utilizando os protocolos BLE, SigFox, LoRaWan. Acredita-se que a discussão sobre as possibilidades de emprego de IoT no âmbito da Marinha do Brasil é relevante e poderá contribuir não apenas para o projeto de estação meteorológica, como também para outras aplicabilidades na Força, elevando o grau de excelência da Marinha do Brasil.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, V. M. R. H. **Informação**: instrumento de dominação e de submissão. **Ciência da Informação**. Brasília, v.20, n.1, p. 37-44, jan./jun, 1991.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

MARINHA DO BRASIL, **Cartas Sinóticas**: Acesso em: 24/02/20. Disponível em:  
<<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>>

BRASIL. Lei nº. 7.498 de 25 de junho de 1986. Dispõe sobre a regulamentação do exercício da enfermagem e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 jun. 1986. Seção 1, p. 1.

SANTOS Bruno P., et al. **INTERNET DAS COISAS**: da teoria a prática. *Departamento de Ciência da Computação Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)*, pp. 1-10. 2016.

CAMARA, Romulo.UNIVASF. **Barramento-e-Protocolo-I2C**. Acesso em 25/02/2020. Disponível em: <<http://www.univasf.edu.br/~romulo.camara/novo/wp-content/uploads/2013/11/Barramento-e-Protocolo-I2C.pdf>>

COLCHER, S.; LEMOS, G.; SOARES, L. F. **REDES DE COMPUTADORES**: Das Lans Mans e Wans às Redes ATM. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

COMER, D. E. **Internetworking with TCP/IP**: Principles, Protocols, and Architecture. Vol 1. Prentice-Hall International, 1991.

CUNHA, J. R. **Monitoramento de ambientes especiais aliado ao conceito de Internet das Coisas (IoT)**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Curso de Engenharia Mecânica, Centro de Tecnologia, 2018.

DIJKMAN, R. M.; SPRENKLES, B.; PEETERS, T.; JANSSEN, A. Business models for the internet of things. **International Journal of Information Management**, v. 35, n. 6, pp. 672-678, dez, 2015.



GAGO, C. F., MOYANO, F., & LOPEZ, J. Modelling trust dynamics in the internet of things. **Information Sciences**, v. 396, pp. 72-82, ago, 2017

GUBBI, J.; BUYYA, R.; MARUSIC, S.; PALANISWAMI, M. Internet of Things (IoT): a vision, architectural elements, and future directions. **Future Generation Computer Systems**, v. 29, n. 7, pp. 1645-1660, set, 2013.

HELLAOUI, H.; KOUDIL, M.; BOUABDALLAH, A. Energy-efficient mechanisms in security of internet of things: a survey. **Computer Networks**, v. 127, n. 9,, pp. 173-189, nov, 2017.

HEMERLY, B. A Gazeta. **Nuvem diferente chama atenção no litoral Sul do ES**. Acesso em: 24/02/20. Disponível em: <<https://www.agazeta.com.br/es/sul/nuvem-diferente-chama-atencao-no-litoral-sul-do-es-1119>>

HORTA, W. A. **Processo de enfermagem**. São Paulo: EPU, 1979.

Kitchenam, B.; Charters, S. B.; Visaggio, G. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Staffordshire - UK: Technical Report, 2007.

LACERDA, F.; LIMA-MARQUES, M. Da necessidade de princípios de arquitetura da Informação para a Internet das Coisas. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v 20, pp. 158-171, abr/jun, 2015.

LAPEDES, D. N. **Dictionary of Scientific and Technical Terms**. 2nd Ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1978.

LEINER, B. N. et al. All About The Internet: History of the Internet. **Internet Society**. Acesso em 25/12/2019. Disponível em: <<https://www.usit.uio.no/om/organisasjon/sst/stab/ansatte/bness/tilkoplet/web/7/src/brian-leiner-a-brief-history-of-the-internet.pdf>>.

LI, X.; NIU, J.; KUMARI, S.; WU, F.; SANGAIAH, A. K.; CHOO, K. K. (Fev de 2018). A three-factor anonymous authentication scheme for wireless sensor networks in internet of

things environments. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 103, pp. 194-204, fev, 2018.

LOBO, V. Meteorologia para o Navegante. 2ª Ed. Rio de Janeiro. 2007.

LONGO, L. Internet das Coisas: uso de sensores e atuadores na automação. **Universidade Tecnológica Federal Do Paraná**. Pato Branco.

LOPEZ, J.; RIOS, R.; BAO, F.; WANG, G. Evolving Privacy: from sensors to the internet of things. **Future Generation Computer Systems** v. 75, pp. 46-57, out, 2017

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 8. ed. São Paulo: Hucitec, 2004.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 1994.

MONK, S. **30 Projetos com Arduino: recurso eletrônico**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

MORIMOTO, C. E. (s.d.). Entendendo a questão do alcance em redes wireless. Acesso em: 28/12/2019. Disponível em: <<https://www.hardware.com.br/dicas/alcance-redes-wireless.html>>

NAN, Y.; LI, W.; BAO, W.; DELICATO, F. C.; PIRES, P. F.; ZOMAYA, A. Y. A dynamic tradeoff data processing framework for delay-sensitive applications in cloud of things systems. **Journal of Parallel and Distributed Computing**, v. 112, part 1, pp. 53-66, fev, 2018.

OLIVEIRA, L. L.; VIANELLO, R. L.; FERREIRA, N. J. Meteorologia Fundamental. Erechim - RS: Edifapes. 2001

ORTIZ, F. M.; CRUZ, P.; COUTO, R. S.; COSTA, L. H. Caracterização de uma Rede Sem Fio De Baixa Potência e Longo Alcance para Internet das Coisas. **UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**, pp. 1-11, 2018.

PADILHA, K. G.; CIANCIARULLO, T. I. **Enfermagem em UTI: cuidando do paciente crítico**. São Paulo: Manole, 2010.

PESSOA, L. Introdução ao Bluetooth Smart (BLE). Acesso em: 27/12/2019. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/bluetooth-smart-ble/>>

PRADO, B. (2016). *CARACTERÍSTICAS DOS ANTICICLONES*. **Jovem explorador**: Acesso em 28/12/2019. Disponível em: <[http://www.jovemexplorador.iag.usp.br/?p=blog\\_caracteristicas-dos-anticiclones](http://www.jovemexplorador.iag.usp.br/?p=blog_caracteristicas-dos-anticiclones)>

RABUSKE, M. H. Estudo do protocolo LoRaWAN e implementação de uma rede privada com nós distribuídos. **UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**, pp. 13-16, 2017

ROMANO, G. **Imagens da juventude na era moderna**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. p. 7-16.

ROSA, L. S.; BARCELOS, R. G.; PRADO, Y. P.; REAL, Y. Aplicações do 5G em Internet das Coisas (IoT). **Instituto Nacional de Telecomunicações (ANATEL)**, pp. 1-7, jun, 2017.

MARIO, E.; DIAS, E. M.; PINHO, M. L. R. **Portos e comércio exterior**: cenário atual e aspectos jurídicos, ambientais e de saúde (Série Automação). Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2016.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

TEIXEIRA, F. A.; PEREIRA, F. M.; WONG, H. C.; NOGUEIRA, J. M.; OLIVEIRA, L. B. SIoT: Securing Internet of Things through distributed systems analysis. **Future Generation Computer Systems**, ago, 2017.

WORTMANN, F., FLUTCHER, K. Internet of Things. Bussiness & Information Systems Engineering. **The International Journal of WIRTSCHAFTSINFORMATIK** v. 57, n. 3, pp. 221-224, jun, 2015.

ZUIN, V. G., ZUIN, A. A. A formação no tempo e no espaço da internet das coisas. **Educação & Sociedade**, Campinas, n. 136, pp. 757-773, jul/set, 2016.

## ANEXO 1 Diagrama de conexões referente ao NodeMCU ESP 8266

O NodeMCU ESP12 tem duas fileiras de 15 pinos (total 30 pinos). A distância entre as duas fileiras é grande (2,30 cm), podendo ser inserido em um *Protoboard* padrão. Os pinos RESERVED não deverão ser usados.

**VIN** – Esse é o pino de alimentação externa (recomendo 5,0V / 1A). Pode usar até 9V, mas o regulador da placa deverá esquentar. Não use-o se estiver usando a USB.

**GND** – Esse é o aterramento da placa. O terra deverá ser conectado a outros dispositivos.

**RST** – Reset do módulo ESP-12. Nível LOW (0V).

**EN** – (Enable) ativa o módulo ESP-12 quando o nível for HIGH(3,3V).

**3.3V** – saída do regulador interno 3,3V – Sua função é alimentar outro dispositivo, e não deve ser utilizado com amperagem maior do que 500 mA.

**CLK** – interface SPI (clock) – pino SCLK (GPIO\_6)

**SD0** – interface SPI (master in serial out) – pino MISO (GPIO\_7)

**CMD** – interface SPI (chip select) – pino CS (GPIO\_11)

**SD1** – interface SPI (master out serial in) – pino MOSI (GPIO\_8)

**SD2** – pino GPIO\_9 pode ser usado também para comunicação com SD Card (SDD2)

**SD3** – pino GPIO\_10 – pode ser usado também para comunicação com SD Card (SDD3)

**RSV** – reservado (não use).

**ADC0** – pino de entrada do conversor analógico digital ADC de 10 bits. Tensão máxima de 1,1V (variação do valor digital – 0 a 1024).

**D0** – pino GPIO\_16 pode ser usado para acordar (WAKE UP) o ESP8266 em modo sono profundo (Deep sleep mode).

**D1** – pino GPIO\_5 – entrada ou saída.

**D2** – pino GPIO\_4 – entrada ou saída.

**D3** – pino GPIO\_0 é usado também para controlar o upload do programa na memória Flash. Esta conectado no botão FLASH.

**D4** – pino GPIO\_2 – UART\_TXD1 quando carregando o programa na memória FLASH

**D5** – pino GPIO\_14 pode ser usado em SPI de alta velocidade (HSPI-SCLK)

**D6** – pino GPIO\_12 pode ser usado em SPI de alta velocidade (HSPI-MISO)

**D7** – pino GPIO\_13 pode ser usado em SPI de alta velocidade (HSPI-MOSI) ou QUARTO CTS.

**D8**– pino GPIO\_15 pode ser usado em SPI de alta velocidade (HSPI-CS) ou UART0\_RTS.

**RX**– pino GPIO\_3 –U0 RXD quando carregando o programa na memória FLASH.

**TX**– pino GPIO\_1 –U0 TXD quando carregando o programa na memória FLASH.

## ANEXO 2 Protocolo I<sup>2</sup>C

O protocolo I<sup>2</sup>C descreve o funcionamento de um barramento de comunicação serial que utiliza apenas dois fios, inventado pela Philips no início da década de 90, este protocolo é muito utilizado para conectar periféricos de baixa velocidade a placas-mãe, microcontroladores e afins.

Tanto a unidade de controle quanto os periféricos devem possuir implementação e suporte I<sup>2</sup>C, seja via hardware no próprio SoC ou utilizando CI's externos como o SC16IS750, ou até mesmo via software, através de um método chamado bit-bang, onde o funcionamento do protocolo é emulado bit a bit.

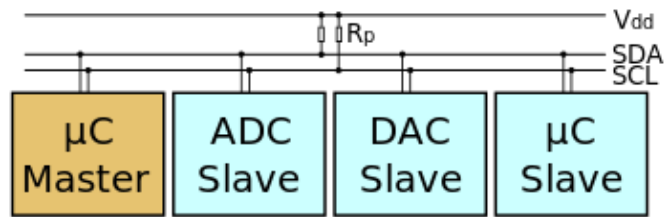
### HARDWARE

O barramento I<sup>2</sup>C é composto de dois fios, **SDA** e **SCL**, e alimentação (VDD), tipicamente de 3.3V ou 5V. Os fios de comunicação possuem pull-ups, como pode ser visto na Figura 13.

O número de “nós” em um único barramento é limitado tanto pelo tamanho do endereço, que pode ser de 7 bits, 10 bits e até 16 bits; como por restrição de espaço, já que não se pode ultrapassar poucos metros de fios, pois a capacitância total máxima, algo em torno de 400pf, impede o funcionamento correto do barramento.

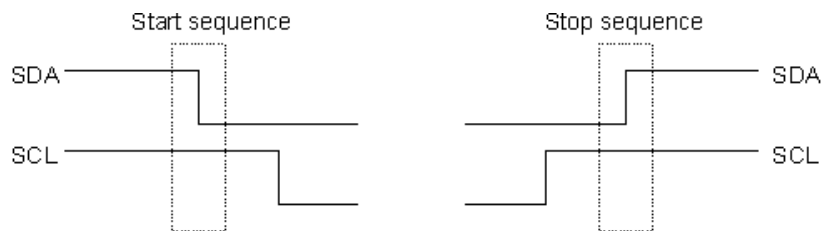
### SOFTWARE

O protocolo I<sup>2</sup>C tem dois tipos de dispositivos: **Master** e **Slave**. Onde o Master (mestre em inglês), é a unidade de controle responsável por coordenar todos os periféricos (Slaves, escravos em inglês). A linha **SCL** é responsável pelo clock do barramento, e a linha **SDA** pela transmissão de dados.

Figura 22 – Tipos de dispositivos do protocolo I<sup>2</sup>C

Fonte - (CAMARA, 2013)

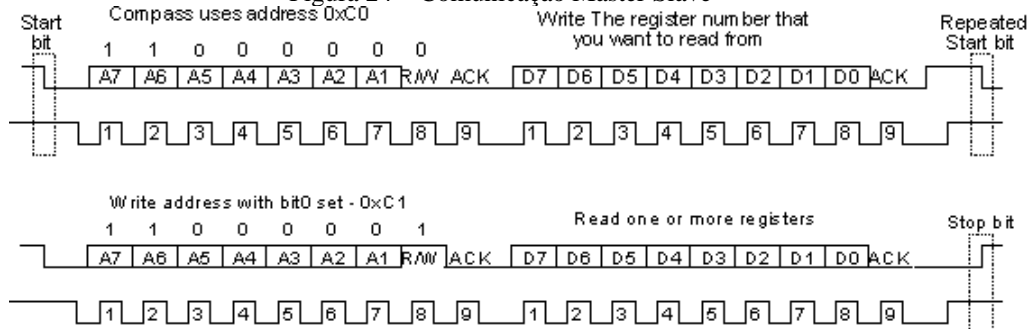
Como se pode perceber, no estado neutro do barramento I<sup>2</sup>C são mantidos o valor digital **alto** em ambas as linhas de comunicação, para se iniciar a comunicação, SDA é trazido para o valor digital **baixo** pelo mestre. Para escrever dados no barramento, SCL pulsa, e a cada pulso, o valor em SDA é lido como um bit, começando do MSB.

Figura 23 – bits sequenciais do barramento I<sup>2</sup>C

Fonte - (CAMARA, 2013)

Logo após SDA ser trazida pra baixo, o mestre escreve o endereço do dispositivo que ele deseja se comunicar, por exemplo 0xC0, caso o dispositivo exista, ele responderá como um ACK, um pulso na linha SCL. Então começa a transferência de dados, o mestre escreve o endereço do registrador no escravo que ele deseja ler ou escrever (R/W) e opera então, em sequencia, podendo ler/escrever um ou mais registrador.

Figura 24 – Comunicação Master Slave



Fonte - (CAMARA, 2013)

## DESEMPENHO

O barramento I2C juntamente do seu protocolo mais atual, versão 4.0, atualizado em 2012, pode chegar a 5Mhz, mas velocidades arbitrárias podem ser escolhidas para SCL.

Em PC's, as placas-mãe geralmente utilizam velocidades baixas como 100Khz e 10Khz, já em microcontroladores e sistemas embarcados, periféricos como memórias EEPROM e visores de LCD pedem pelos extremos possíveis do desempenho desse sistema.

## RESUMO

Esse protocolo de comunicação serial é um dos mais práticos, simples e de baixo custo disponíveis no mercado, empresas competidoras da Philips vêm desenvolvendo outros barramentos TWI (two-wired interface, interface de dois fios, em inglês), para competir com o I2C, que continua sendo o mais utilizado do ramo.

Para projetos microcontrolados de pequeno porte e baixo custo, I2C se torna uma mão na roda, visto que possibilita uma modularidade de dispositivos, o que não só reflete em menor custo, pois sistemas uma vez complexos, podem ser contruídos através de sistemas mais simples, mas também ajuda na manutenabilidade, uma vez que cada dispositivo pode ser protegido separadamente.



### ANEXO 3 Código da Estação meteorológica portátil

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <SFE_BMP180.h>
#include <Wire.h>

#include "DHTesp.h" //DHT11 Library para ESP

#define LED 2 //On board LED
#define DHTpin 14 //D5 do NodeMCU é o GPIO14

SFE_BMP180 pressure;

#define ALTITUDE 0.0 // Altitude em metros

DHTesp dht;

//Usuário e senha do roteador WiFi

const char* ssid = "*****";
const char* password = "*****";

ESP8266WebServer server(80); //Função utilizada para ESP 8266, estabelecendo o Servidor
na porta 80
```

```
void handleRoot() {  
String s = MAIN_page;  
server.send(200, "text/html", reinterpret_cast<const __FlashStringHelper *>(MAIN_page ));  
}
```

```
float humidity, temperature;
```

```
void handleADC() {  
char status;  
double T,P,p0,a;  
double Tdeg, Tfar, phg, pmb;
```

```
status = pressure.startTemperature();
```

```
if (status != 0)
```

```
{
```

```
// Aguardar o término da medição:
```

```
delay(status);
```

```
status = pressure.getTemperature(T);
```

```
if (status != 0)
```

```
{
```

```
// Imprima as medições:
```

```
Serial.print("temperatura: ");
```

```
Serial.print(T,2);
```

```
Tdeg = T;
```

```
Serial.print(" deg C, ");
```

```
Tfar = (9.0/5.0)*T+32.0;
```

```
Serial.print((9.0/5.0)*T+32.0,2);
Serial.println(" deg F");

status = pressure.startPressure(3);
if (status != 0)
{
// Aguardar o término da medição:
delay(status);
status = pressure.getPressure(P,T);
if (status != 0)
{
// Imprima as medições:
Serial.print("pressão absoluta: ");
Serial.print(P,2);
pmb = P;
Serial.print(" mb, ");
phg = P*0.0295333727;
Serial.print(P*0.0295333727,2);
Serial.println(" inHg");

p0 = pressure.sealevel(P,ALTITUDE); // Altitude referenciada para 0 metros
Serial.print("pressão relativa ao nível do mar: ");
Serial.print(p0,2);
Serial.print(" mb, ");
Serial.print(p0*0.0295333727,2);
Serial.println(" inHg");
```

```

a = pressure.altitude(P,p0);
Serial.print("altitude: ");
Serial.print(a,0);
Serial.print(" metros, ");
Serial.print(a*3.28084,0);
Serial.println(" pés");
}
else Serial.println("error retrieving pressure measurement\n");
}
else Serial.println("error starting pressure measurement\n");
}
else Serial.println("error retrieving temperature measurement\n");
}
else Serial.println("error starting temperature measurement\n");

int rain = analogRead(A0);

//Create JSON data
String data =
"{\"Rain\":\","+String(rain)+"\", \"Pressuremb\":\","+String(pmb)+"\", \"Pressurehg\":\","+String
(phg)+"\", \"Temperature\":\","+ String(temperature) +"\", \"Humidity\":\","+ String(humidity)
+"\"}";

digitalWrite(LED,!digitalRead(LED));

server.send(200, "text/plain", data);

delay(dht.getMinimumSamplingPeriod());

```

```
humidity = dht.getHumidity();
temperature = dht.getTemperature();

Serial.print("H:");
Serial.println(humidity);
Serial.print("T:");
Serial.println(temperature); //dht.toFahrenheit(temperature));
Serial.print("R:");
Serial.println(rain);
}

void setup()
{
Serial.begin(115200);
Serial.println();

// dht11 Sensor

dht.setup(DHTpin, DHTesp::DHT11); //Conexão do sensor DHT11 na porta GPIO 17
pinMode(LED,OUTPUT);

//BMP180 Sensor
if (pressure.begin())
Serial.println("BMP180 init success");
else
{
Serial.println("BMP180 init fail\n\n");
```

```
while(1); // Pause forever.
}

WiFi.begin(ssid, password); //Função para conectar ao roteador WiFi
Serial.println("");

// Wait for connection
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(500);
  Serial.print(".");
}

//Se a conexão for bem sucedida, apresentará o IP
Serial.println("");
Serial.print("Connectado a ");
Serial.println(ssid);
Serial.print("IP: ");
Serial.println(WiFi.localIP()); //endereço IP referente ao seu ESP

server.on("/", handleRoot);
server.on("/readADC", handleADC);

server.begin(); //Start server
Serial.println("servidor HTTP iniciado");
handleADC();
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
server.handleClient(); //
```

```
}
```