

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/339701816>

# APLICAÇÕES DE REDES DE SENSORES SEM FIO

Chapter · March 2020

DOI: 10.22533/at.ed.21820030313

CITATIONS

2

READS

750

8 authors, including:



[Paulo Fernandes da Silva Junior](#)

State University of Maranhão

74 PUBLICATIONS 224 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Ewaldo Santana](#)

University of State of Maranhao

74 PUBLICATIONS 178 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Marcos ERIKE Santos](#)

State University of Maranhão

3 PUBLICATIONS 2 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

## APLICAÇÕES DE REDES DE SENSORES SEM FIO

Data de aceite: 27/02/2020

**Rodrigo César Fonseca da Silva**

Departamento de Física, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Patos -Paraíba, Brasil.

**Arthur M. Barbosa**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação e Sistemas (PECS), Universidade Estadual do Maranhão - Maranhão. São Luís, Brasil.

**Paulo Fernandes da Silva Júnior**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação e Sistemas (PECS), Universidade Estadual do Maranhão - Maranhão. São Luís, Brasil.

E-mail: pfs1224@gmail.com

**Ewaldo Eder Carvalho Santana**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Computação e Sistemas (PECS), Universidade Estadual do Maranhão - Maranhão. São Luís, Brasil.

**Marcos Erike Silva Santos**

Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão - Maranhão. São Luís, Brasil.

**Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira**

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), João Pessoa - Paraíba, Brasil.

**Pedro Carlos de Assis Júnior**

Departamento de Física, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Patos - Paraíba, Brasil.

**Marcelo da Silva Vieira**

Departamento de Física, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Patos - Paraíba, Brasil.

**RESUMO:** As redes de sensores sem fio têm o potencial de influenciar muitas áreas da sociedade, desde produção agrícola, automação residencial, industrial, veicular e na área médica. Neste trabalho, duas redes de sensores sem fio de baixo custo são desenvolvidas, aplicadas à qualidade ambiental urbana e a veículos de competição. A qualidade ambiental urbana é avaliada pelo sensor de gás carbônico, temperatura do solo e ar (temperatura e umidade), utilizando o módulo de comunicação ESP 8266 na cidade de São Luís, estado do Maranhão, com os resultados enviados a um centro de monitoramento de nuvens, fornecendo condições para avaliação de dados e tomada de decisão em tempo real. Para carros de competição foram utilizados sensores de velocidade, nível de combustível, temperatura do cárter do motor, temperatura de transmissão continuamente variável e rotação no veículo de corrida BAJA SAE, com o sistema de supervisão composto por WiFi LoRa 32 e um Arduino Mega 250, com o resultado das medições, é apresentado no painel do carro e enviado por comunicação sem fio a um controlador central, permitindo que as decisões sejam tomadas em tempo real, garantindo a

segurança e o desempenho do motorista e do veículo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Redes de Sensores Sem Fio; qualidade ambiental urbana; carro de competição.

## 1 | INTRODUÇÃO

Uma rede de sensores sem fio (RSS) podem ser definidas como um conjunto de sensores que coletam dados ambientais, em ambientes internos ou externos, em zonas urbanas, rurais ou mesmo em veículos, podendo estar conectadas à rede locais ou a outras redes (VERDONE, et al., 2008). As RSS geralmente são de baixo custo e eficiência energética, e os dispositivos conectados são chamados de Nós sensores, utilizados para detectar propriedades do ambiente, incluindo dados físicos/químicos, do ar, terra ou aquáticos, enviados para uma unidade central, sendo compostos diversos sensores interconectados, operando de maneira coerente e colaborativa, para realizar uma tarefa específica (AL-TURJMAN, 2018).

De acordo com Al-Turjman (2018), um RSS é usado em vários domínios, como cuidados de saúde, inteligência doméstica, monitoramento de ambientes externos, em áreas metropolitanas ou rurais. Uma rede de sensores podem ter vários nós sensores, podem ter vários sensores conectados, estando ligados a muitos outros nós, podendo atuar como transmissor, retransmissor ou mestre de uma RSS, recebendo e transferindo dados por dias ou mesmo anos (AKYILDIZ et al., 2002).

Vários trabalhos usaram redes de sensores sem fio para avaliar dados de ambiente em ambientes externos e internos, em regiões metropolitanas e rurais. Em Foster et al. (2017) e Nawale et al. (2016) foi desenvolvido um projeto para coleta de temperatura e umidade usando o ESP8266, com o protótipo compartilha as informações coletadas via Webservice, com integração e comunicação de sistemas entre diferentes aplicativos e compatibilidade das diferentes plataformas.

O sistema de produção agrícola possui uma interação complexa que envolve o gerenciamento e uso de sementes, água, produtos químicos, incluindo fertilizantes e pesticidas, além de monitorar fatores ambientais como temperatura, umidade do ar e do solo, além de gases como CO<sub>2</sub>, ou a fumaça, que pode indicar problemas como queimaduras indesejadas, e nos últimos anos várias pesquisas têm abordado e, nos últimos anos, muita pesquisa sobre o tópico agricultura de precisão, também chamada agricultura de precisão e agricultura inteligente (Dwivedi et al., 2017; Pedersen et al., 2017).

De acordo com (Pedersen et al., 2017), uma rede de RSS pode ser entendida como quatro elementos principais: o posicionamento geográfico; a coleta de informações; o apoio à decisão; e o tratamento variável para os dados coletados.

Uma proposta para reunir informações locais confiáveis, que podem ser usadas como base para avaliação e tomada de decisões, mesmo a longas distâncias, é uma rede de sensores sem fio aplicada às condições ambientais (Keshtgari et al., 2012; Goel et al., 2018).

Neste trabalho são desenvolvidas redes de sensores sem fio, aplicados a captação de dados ambientais em zona urbana em um veículo de competição, na coleta de dados. Este artigo é composto por mais três partes além desta introdução. A Seção II apresenta a aplicação de redes de sensores na captação de dados da cidade de São Luís-MA. Na seção III, os resultados do projeto de uma rede de sensores para um veículo de competição são apresentados e na seção IV são abordadas as considerações finais.

## **2 I RSS APLICADA DADOS AMBIENTAIS DE ZONA URBANA**

As zonas urbanas são regiões que em geral apresentam um microclima influenciado pelas atividades industriais, de comércio, turismo e movimento de pessoas e mercadorias. Fatores como gases poluentes, temperatura local, umidade podem influenciar decisões de investimentos e atividades importantes para o desenvolvimento de um bairro ou de toda a cidade. Nesta seção é apresentada o desenvolvimento de uma rede de sensores sem fio aplicadas a avaliação de dados ambientais em zona urbana, especificamente na cidade de São Luís-MA.

### **2.1 Materiais e Métodos**

O desenvolvimento da rede de sensores sem fio, para aplicação em ambiente urbanos, foi realizado no laboratório de Aquisição e Processamento de Sinais (LAPS) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), campus Paulo VI, com apoio da Fundação de Amparo a Pesquisa do Maranhão (FAPEMA). A RSS segue o mesmo princípio que uma rede de computadores padrão, ou seja, um cluster de computadores ou microcontroladores independentes chamados nós, que são interconectados por uma única tecnologia. Por ser uma rede sem fio, a tecnologia que interconectará esses nós, como a WiFi IEEE 802.11. A topologia escolhida para os testes foi a estrela, mas outros tipos, como malha, grade, anel ou outros, são aceitos pelo controlador usado no nó.

Cada conjunto de sensores é controlado por um microcontrolador, neste caso, já acoplado a um módulo WiFi ESP 8266. A Fig. 1 mostra o diagrama de operação de cada nó.

Inicialmente, com os sensores DHT22, DS18B20 e MQ135, é desejável coletar, respectivamente, temperatura e umidade do ar, temperatura do solo e variação de gases tóxicos do ambiente. Para isso, foi decidido usar o ESP8266 NodeMcu

como microcontrolador, pois somente com ele já é possível coletar e processar os dados dos sensores, armazená-los e enviá-los via WiFi para um servidor usando o protocolo HTTP, um protocolo de solicitação-resposta no modelo computacional cliente-servidor. Além disso, era necessária uma bateria recarregável de 3,7V e 3.400 mAh.

O DHT22 consiste em um sensor de umidade capacitivo e um termistor para medir o ar circundante, enviando um sinal digital para o pino de dados. Assim, este sensor permite leituras de temperatura entre  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+80^{\circ}\text{C}$  e umidade entre 0 e 100%, ambas as leituras com resolução de 0,1, Fig. 2.

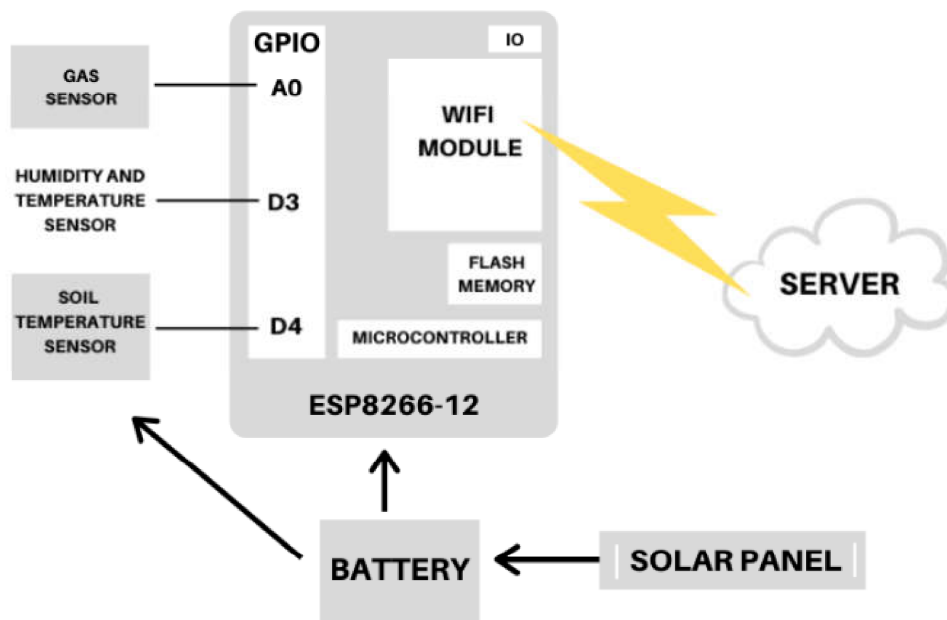


Figura 1 - Esquema de nó de rede do sensor sem fio.

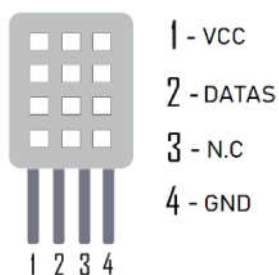


Figura 2 - Sensor DHT22, com a indicação do pino.

O sensor de temperatura DS18B20 pode obter leituras precisas de  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  nas piores condições, sendo sua vantagem ser resistente a ambientes secos ou extremamente úmidos. Neste trabalho, é utilizado enterrado para medição da temperatura do solo. A Fig. 3 mostra o sensor de temperatura do solo usado.



Figura 3 - Sensor DS18B20

O modulo MQ-135 é um sensor de gás com saída digital e analógica capaz de detectar vários tipos de gases tóxicos, como amônia, dióxido de carbono, benzeno, óxido nítrico, além de fumaça ou álcool. O foco deste artigo é apenas detectar a variação de CO2 no ambiente.

Foi utilizado o ESP-12, do fabricante chinês Espressif, como modelo ESP8266. Este modelo já possui uma interface serial USB e um regulador de tensão de 3,3V, além de 11 portas de entrada e saída, dez das quais são digitais e uma analógica. A programação pode ser feita usando LUA ou Arduino IDE usando comunicação por cabo micro USB e possui 3 MB de memória flash para armazenamento de dados. Na Fig. 4 pode ser visualizado o ESP8266 usado no projeto.

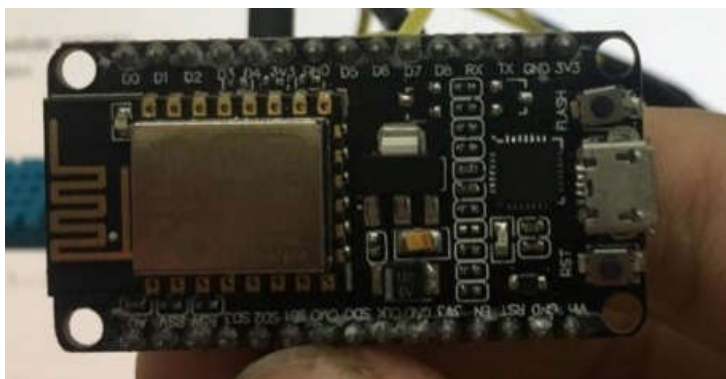


Figura 4 - Microcontrolador ESP8266-12 usado no projeto

Para o teste, foram desenvolvidos três nós de sensores, todos seguindo o mesmo esquema da Fig. 1. O sensor MQ135 foi conectado à porta analógica ESP, enquanto os outros dois sensores à porta digital. A bateria foi conectada à entrada de tensão VCC e GND. Para tornar o sistema totalmente autônomo, um painel solar de 2.000 mAh também foi conectado à bateria, para que a bateria seja recarregada enquanto alimenta todo o sistema. A Fig. 5 mostra o nó do WSN construído.



Figura 5 - Protótipo do nó de rede do sensor sem fio

O ESP8266 foi programado usando o Arduino IDE. Nesse caso, cada nó será um cliente solicitando uma conexão e enviando as informações coletadas pelos sensores para um servidor localizado na nuvem ou localmente. O fluxograma, Fig. 6, indica a etapa executada em cada nó.

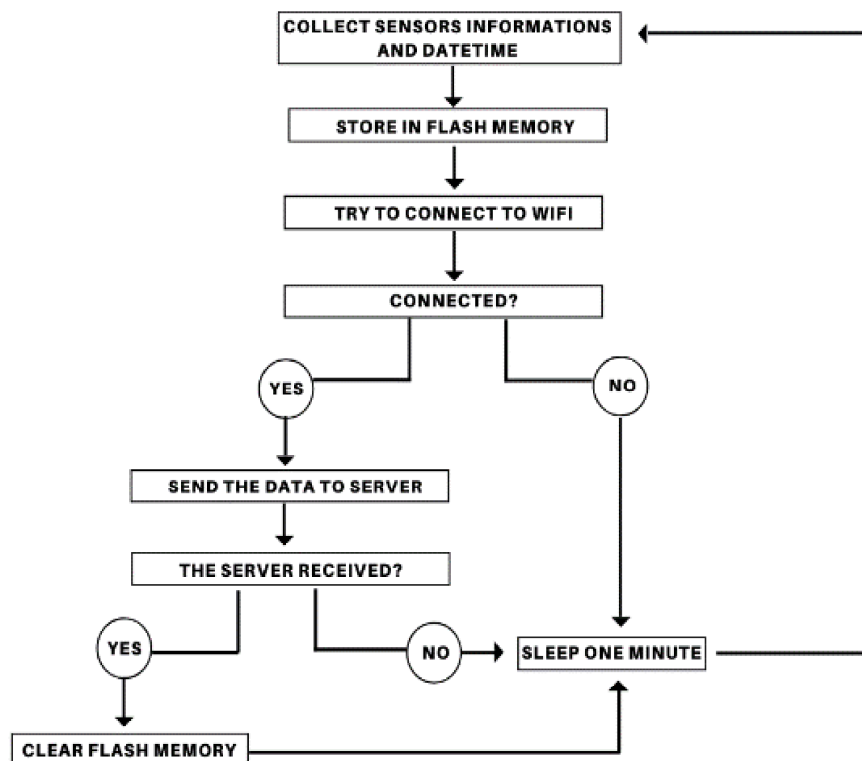


Figura 6 - Fluxograma de etapas seguidas por cada nó.

No lado do servidor, foi desenvolvida uma API simples (Application Programming Interface) para receber dados enviados pelos nós. Foi escrito na linguagem de



programação PHP e conectado ao banco de dados MySql para armazenar todos os dados recebidos. Na imagem y você pode ver a modelagem do banco de dados, veja a Fig. 7.

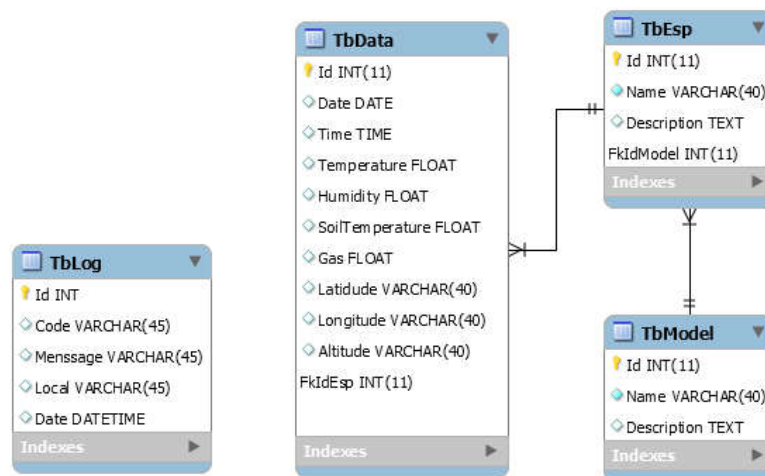


Figura 7 - Modelo de base de dados.

## 2.2 Resultados

O protótipo de cada nó foi desenvolvido para coletar variações de temperatura e umidade do ar, temperatura do solo e dióxido de carbono de três locais diferentes na cidade de São Luís do Maranhão, Brasil. O primeiro nó estava localizado na área externa do campus Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão, o nó 2 foi colocado em um campo no centro da cidade e o último protótipo no litoral da cidade. Os testes foram realizados entre 11 e 18 de novembro de 2019. O protótipo pode ser observado na Fig. 8.



Figura 8 - Protótipo enterrado no campus da universidade.



A variação entre a temperatura do solo e a temperatura do ar do mesmo nó foi de 0,5 ° C. Enquanto a variação de temperatura entre os três ambientes foi de 5%. Para as temperaturas médias horárias, a maior diferença térmica encontrada foi no período das 10 horas, onde a região do Campus Paul VI registrou um aumento ligeiramente maior a 2 ° C em comparação com a região costeira. A menor diferença ocorreu às 2 da manhã, onde todas as regiões marcavam 24 ° C, veja a Fig. 10.

Wireless sensor network										
										Download datas
ID	Temperature	Humidity	Soil Temperature	CO2	Date	Time	Latitude	Longitude	Altitude	Actions
244	25 °C	75 %	25.31 °C	459 PPM	2019-11-18	17:47:04	-2.5834	-44.2100		<a href="#">View</a>
254	25 °C	76 %	25.5 °C	461 PPM	2019-11-18	17:48:06	-2.5834	-44.2100		<a href="#">View</a>
253	25 °C	76 %	25.5 °C	459 PPM	2019-11-18	17:48:00	-2.5834	-44.2100		<a href="#">View</a>
252	25 °C	76 %	25.44 °C	458 PPM	2019-11-18	17:47:54	-2.5834	-44.2100		<a href="#">View</a>
251	25 °C	75 %	25.38 °C	458 PPM	2019-11-18	17:47:47	-2.5834	-44.2100		<a href="#">View</a>
250	25 °C	74 %	25.38 °C	459 PPM	2019-11-18	17:47:41	-2.5834	-44.2100		<a href="#">View</a>
249	25 °C	75 %	25.31 °C	459 PPM	2019-11-18	17:47:35	-2.5834	-44.2100		<a href="#">View</a>
248	25 °C	75 %	25.31 °C	459 PPM	2019-11-18	17:47:29	-2.5834	-44.2100		<a href="#">View</a>

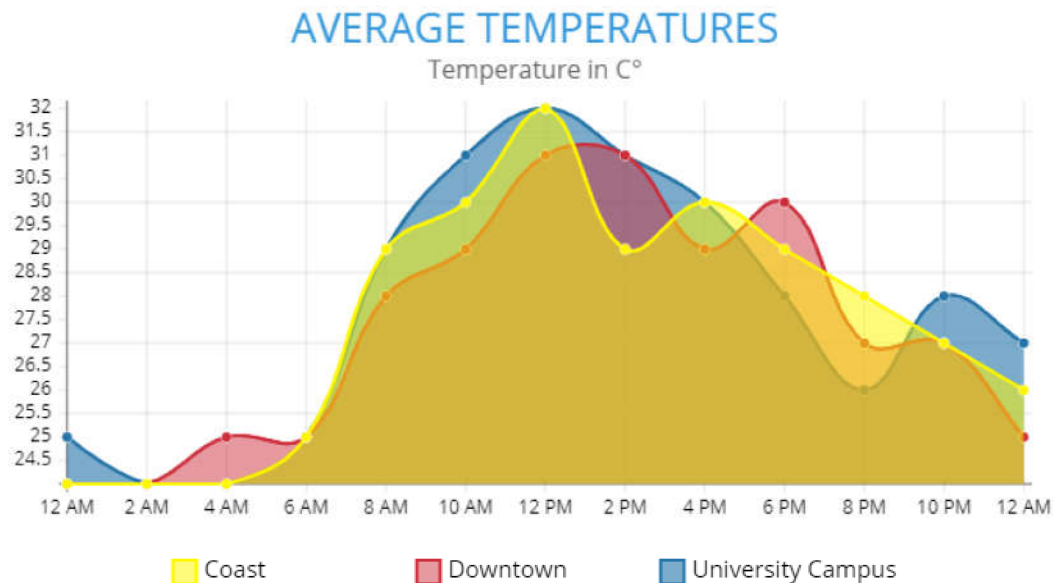


Figura 10 - Temperaturas médias entre 11 e 18 de novembro de 2019.

O desvio padrão das medições de umidade entre as três áreas medidas foi de aproximadamente 0,9. A maior diferença no teor de umidade foi entre a área costeira e o centro da cidade, com uma diferença de 1%, veja a Fig. 11.

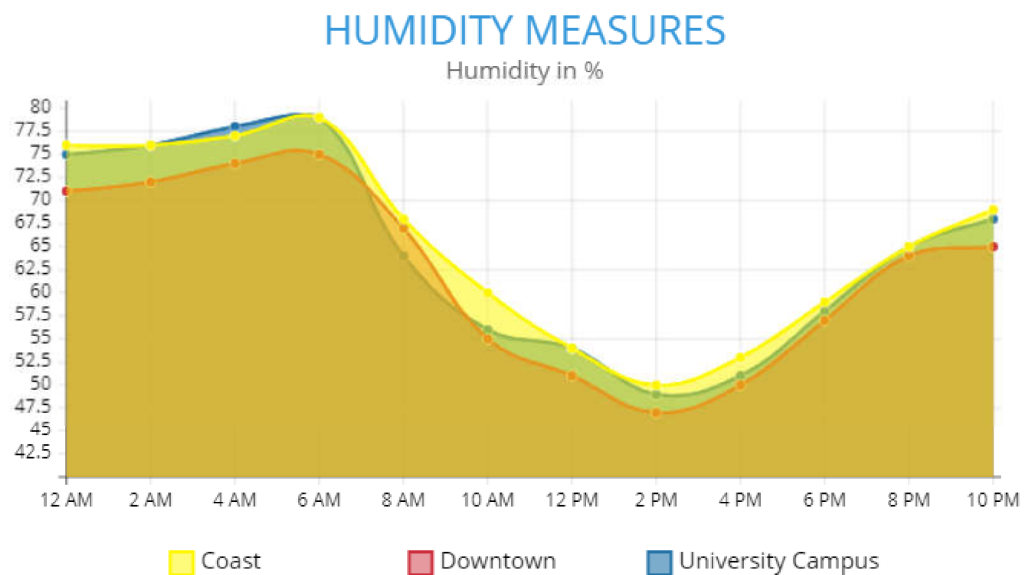


Figura 11 - Médias de umidade entre 11 e 18 de novembro de 2019.

O índice de dióxido de carbono medido foi muito semelhante em todas as regiões de teste, com uma diferença média de apenas 0,43%, veja a Fig. 12.

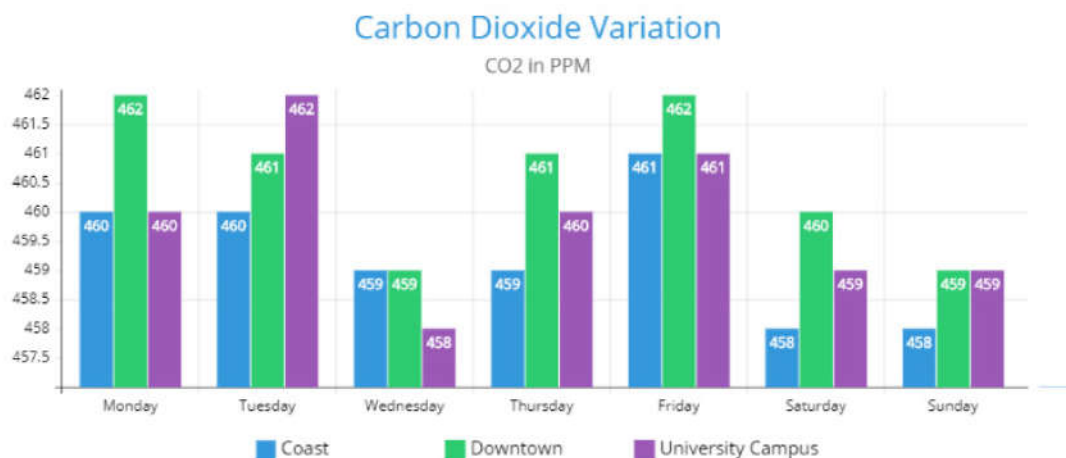


Figura 12 - Alteração do índice de CO2 medido de 11 a 18 de novembro de 2019.

### 3 I RSS APLICADA A CARROS DE COMPETIÇÃO

A eletrônica tornou-se gradualmente fundamental para o conforto, a segurança e o bom andamento de um veículo de corrida, pois fornece uma variedade de equipamentos que analisam os fenômenos mecânicos que ocorrem no carro e os transformam em informações que serão transmitidas para análise do motorista através de um painel, e transmitidos às equipes, onde analisarão todos os dados obtidos e verificarão se existe alguma deficiência no veículo a ser remediado (T. Yathavi et al., 2019; Naik et al., 2017).

O sistema de aquisição de dados é um processo pelo qual as variáveis medidas são transmitidas para uma estação receptora distante, onde são exibidas em tempo real e armazenadas (Naik et al., 2017). Na área automotiva, a aquisição de dados é de grande importância, pois proporciona grandes avanços em tecnologias e, conseqüentemente, no design de veículos mais seguros, econômicos, confortáveis e ambientalmente sustentáveis (Naik et al., 2017; G. Andria et al. 2015). A rede de sensores sem fio utilizadas no projeto do carro de competição BAJA SAE, foram implementadas no módulo sem fio WiFi LoRa 32.

#### 3.1 Materiais e Métodos

O projeto implementou uma rede de sensores sem fio para dados coletados da temperatura do motor a óleo, transmissão variável contínua, rotação do motor, velocidade, nível de combustível, transmitida por comunicação sem fio usando o módulo Wi-Fi LoRa 32.

O projeto BAJA SAE envolve estudantes de Engenharia, Matemática e Física para participar de competições internacionais, nacionais e regionais organizadas pelo Comitê Técnico da Sociedade de Engenheiros de Mobilidade (SAE). O objetivo

é desenvolver um veículo Off-Road, com conteúdo prático e teórico recebido pelos alunos durante o curso de graduação. A Fig. 13 mostra o protótipo da competição de carros da BAJA SAE usada neste projeto.



Figura 13 - Protótipo da competição de carros da BAJA SAE.

De acordo com Marek (2003), vários sensores podem ser usados para sensores automotivos, incluindo radar, temperatura do motor, gás, pressão, vídeos, luz, produtos químicos, mecânicos, elétricos, etc. Este projeto utiliza velocidade, nível de combustível, temperatura do cárter do motor, Sensores de temperatura e rotação de transmissão continuamente variável (CVT), com sistema supervisorio, composto por Wifi LoRa 32 e um Arduino Mega 250.

O Wifi LoRa 32 é um dispositivo de baixa potência para aplicativos da Internet das Coisas (IoT), desenvolvido para comunicações sem fio nos protocolos Wifi, Bluetooth, em Long Range (LoRa), operando nas bandas de 432 MHz, 915 MHz e 2,4 GHz. Com este dispositivo é possível manter uma conexão a distâncias superiores a 5 km (LoRa Alliance, 2019). A figura 9 mostra o WiFi Lora 32 usado no projeto desenvolvido BAJA SAE WSN. Na captura e transmissão de dados do sensor, foi construída uma placa de circuito integrando o WiFi LoRa 32, o Arduino Mega 250, alimentado pela bateria de 12V do veículo. A fonte de alimentação usava um retificador de tensão de 5V. Na Fig. 14 pode ser vista a placa desenvolvida com os componentes conectados.

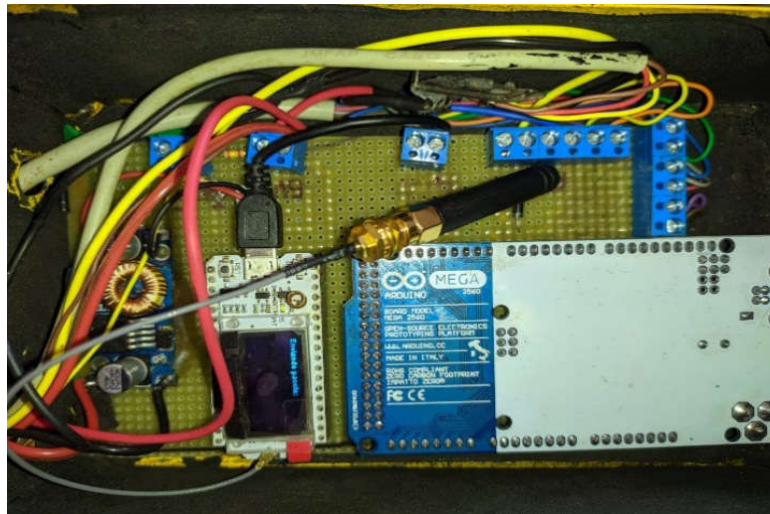


Figura 14 - Placa de circuito utilizada no projeto BAJA SAE.

No monitoramento de velocidade do veículo, foi utilizado um sensor indutivo NPN de 3 fios, operando em tensões entre 6 e 36 V DC. Este dispositivo captura sinais gerados por materiais metálicos e é imune aos efeitos de fatores externos, como areia, água ou lama. Nesse caso, o sinal de saída permanece alto enquanto nenhum objeto está na frente do sensor e cai para um nível baixo quando há um objeto metálico, com uma distância máxima de usos de 5 milímetro.

Na Fig. 15 pode-se observar que o sensor PNP estava conectado a manga de eixo do veículo. A velocidade é contabilizada contando o número de voltas do cubo a partir das interrupções causadas pelos orifícios do disco de freio, a uma distância de 3 mm.



Figura 15 - Sensor indutivo PNP.

O projeto BAJA SAE trabalha com carros de competição, nos quais o controle do nível de combustível é essencial para que o motorista esteja ciente do tempo exato para reabastecer o tanque, para que a equipe não perca tempo durante a competição e para evitar uma seca. interrupção. durante as rodadas, pois isso desqualificaria automaticamente a equipe. O método utilizado para medir a quantidade mínima de combustível indicador de reabastecimento, a fim de atender às normas atuais de teste SAE (SAE Brasil, 2018), foi utilizado o sensor capacitivo XKC Y25 T12V, com sensibilidade ajustável, indicando o volume mínimo de 300 ml.

No sensor capacitivo, a proximidade do líquido com o sensor gera uma capacitância e a alteração da capacitância é transformada em um sinal elétrico percebido pelo microcontrolador, indicando o nível de combustível em relação à posição do sensor. Na Fig.16 pode-se observar o sensor de nível de combustível acoplado ao tanque e o esquema de operação do sensor.

Uma dificuldade observada é o movimento devido a curvas e irregularidades da pista, que podem interferir nas medições do nível de combustível. Como solução, foi projetado um circuito de temporizador RC (Resistor-Capacitor), com uma constante de tempo ( $\tau = R \times C$ ). Assim, a leitura de tensão pelo microcontrolador é realizada apenas com 63% da tensão total aplicada ao capacitor, com um atraso de  $\tau = 4,7s$ , capacitor de  $100\mu F$  e resistor de  $47 K\Omega$ .

No projeto da rede de sensores para carros de competição, foram utilizados dois sensores de temperatura, um localizado no cárter do motor e outro na CVT. A aumento da temperatura interna do motor pode indicar mau funcionamento que pode causar sérios danos ao veículo; portanto, o monitoramento desse parâmetro deve ser constante. Para o cárter do motor, foi utilizado o sensor MT38 de 72 mm, consulte a Fig. 17(a).

De acordo com Marek (2003), o CVT pode ser usado para transferência de potência uniforme não uniforme, mesmo em transferência de potência descontinuamente variável e em aplicações de transmissão não circular. No CVT foi utilizado um sensor de temperatura DS18B20, indicado para uso em líquidos e solos, com faixa de medição entre  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $125\text{ }^{\circ}\text{C}$  e sensibilidade de  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ver Fig. 17 (b).



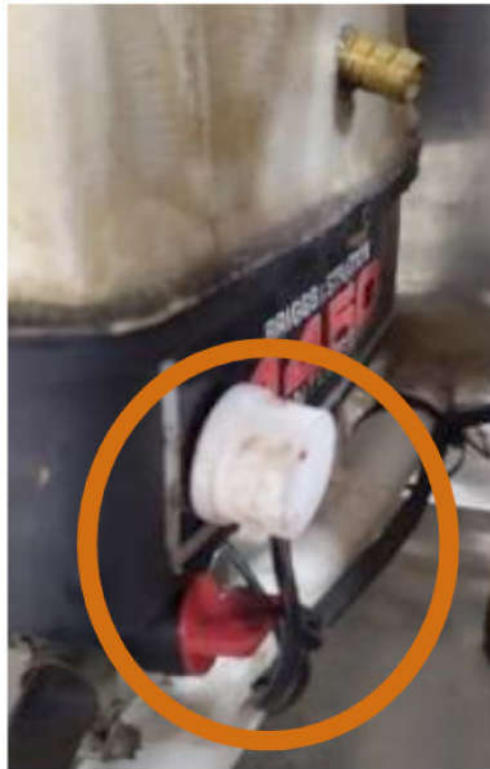
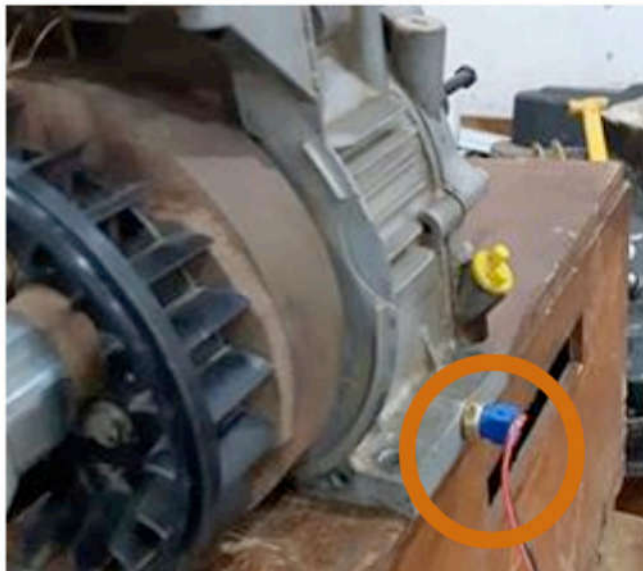


Figura 16 - Sensor capacitivo de nível de combustível XKC Y25 T12V acoplado ao tanque.



(a)

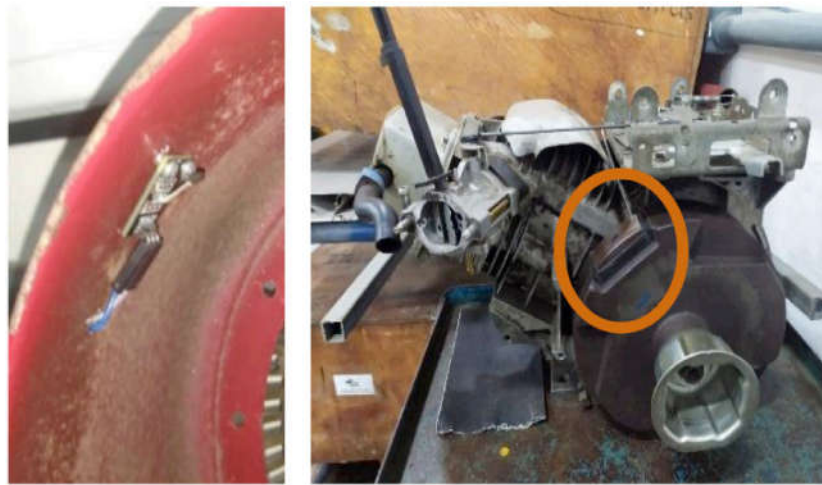




(b)

Figura 17 - Sensores de temperatura: a) cárter do motor; b) CVT, com indicação de posição.

A velocidade de rotação do motor foi medida pelo uso de um sensor de efeito Hall acoplado dentro da blindagem do motor. Quando o ímã do volante fecha o contato do Hall, um sinal é enviado ao microcontrolador, o cálculo da rotação é realizado por interrupções de contato. das variações do campo magnético incidente no sensor. A Fig. 18 mostra o sensor Hall com visão interna e externa.



(a)

(b)

Figura 18 - Sensores Hall utilizados na medição da velocidade de rotação: a) visão interna; b) visão externa.

No projeto, a leitura e o processamento dos sinais dos sensores foram realizados pelo Arduino Mega 2050, devido ao WiFi LoRa 32, apesar de possuir portas analógicas e digitais suficientes e a capacidade de processamento apresentar incompatibilidade com a biblioteca usada no monitor 128x64 (U8glib.h). o painel

piloto com uma tela de 128x64, veja a Figura 19.

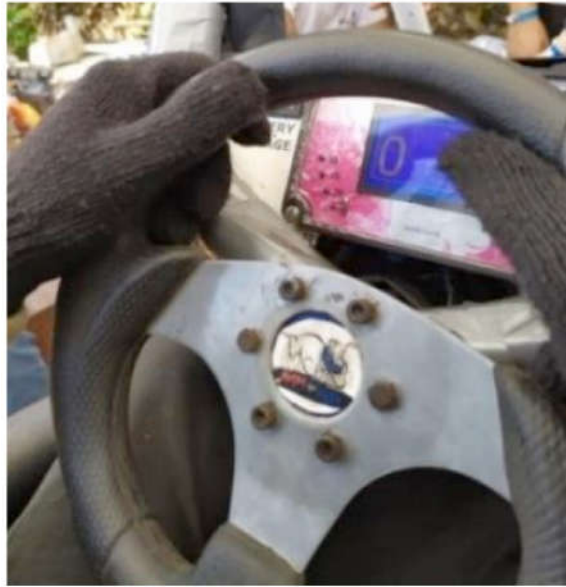


Figura 19 - Painel na visão do piloto.

### 3.2 Resultados

Os dados capturados e processados por um sistema de supervisão composto por um Arduino Mega 250 são enviados simultaneamente pelo sistema de transmissão WiFi LoRa 32 através do protocolo serial síncrono UART. Os sinais seriais são enviados internamente via SPI para o chip Lora sx1276 e transmitidos sem fio ao sistema de supervisão receptor. O esquema do sistema de transmissão pode ser visto na Fig. 20.

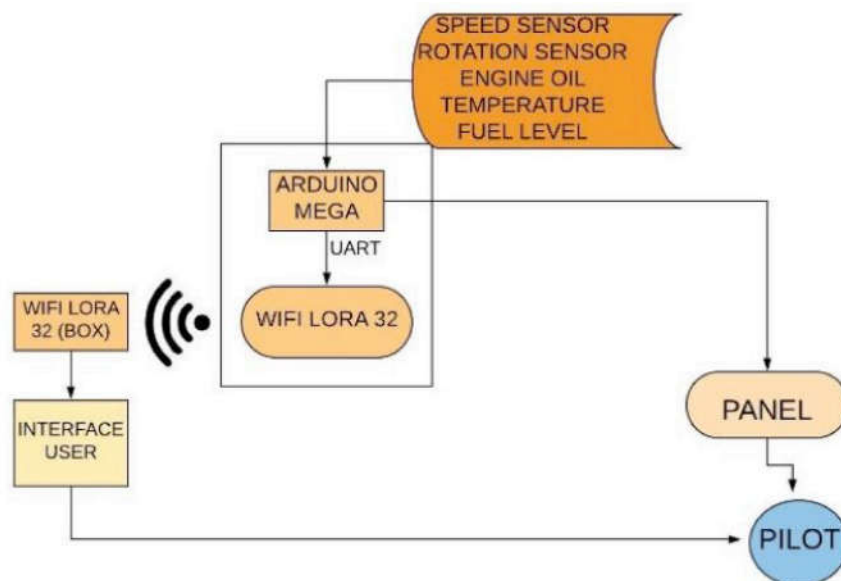


Figura 20 - Esquema do sistema de supervisão da rede de sensores sem fio.

O sistema de supervisão foi desenvolvido usando a linguagem Processing,

mostrando os dados de velocidade, velocidade, temperatura e combustível recebidos do Wifi LoRa 32. A velocidade máxima permitida para veículos da BAJA SAE é de 50 km / h, com uma velocidade de 4000 rpm. Os valores de temperatura são recebidos em graus Celsius e depois convertidos em Fahrenheit. O nível de combustível foi ajustado para exibir o resultado do tanque em estado crítico, ou seja, com um conteúdo total inferior a 300 ml, o que é indicado na tela do piloto por um LED vermelho, caso contrário, um LED verde é acionado. A Fig. 21 mostra o sistema supervisorio desenvolvido com uma indicação de velocidade, rotação por minuto (RPM), tanque de combustível e temperatura em graus Celsius e Fahrenheit.



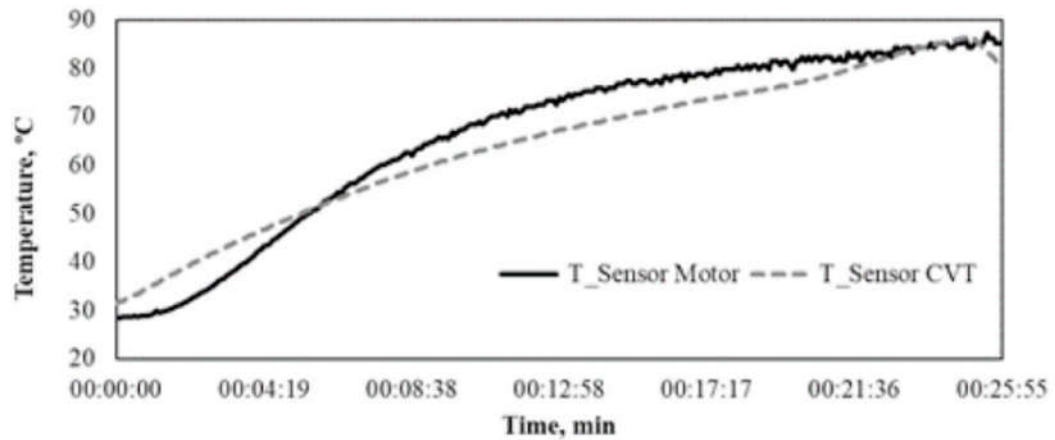
Figura 21 - Frente do sistema de supervisão.

Os testes de uso do WSN para o carro de competição BAJA SAE foram realizados no Centro de Tecnologia da Universidade Estadual do Maranhão, Campus São Luís, com distância máxima de 258 m. A rota percorrida pelo veículo, bem como o mapa topográfico, pode ser vista na Fig. 22.

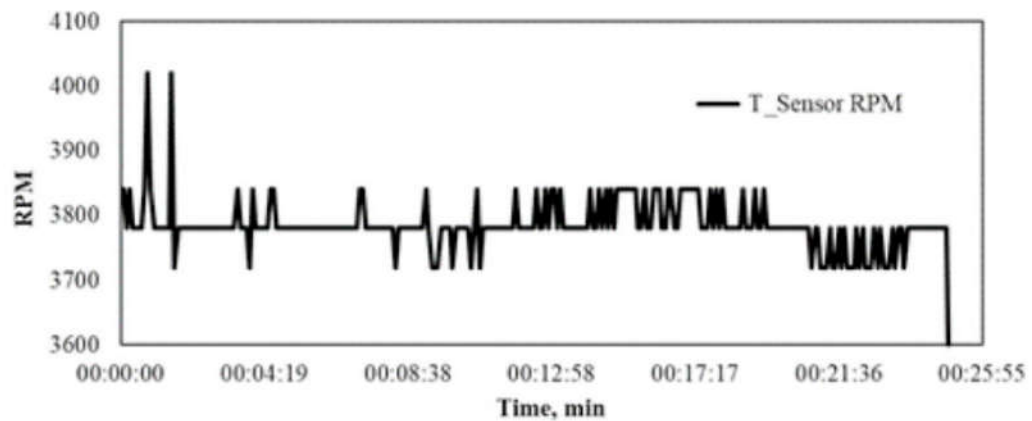


Figura 22 - Teste transmissão do carro de competição.

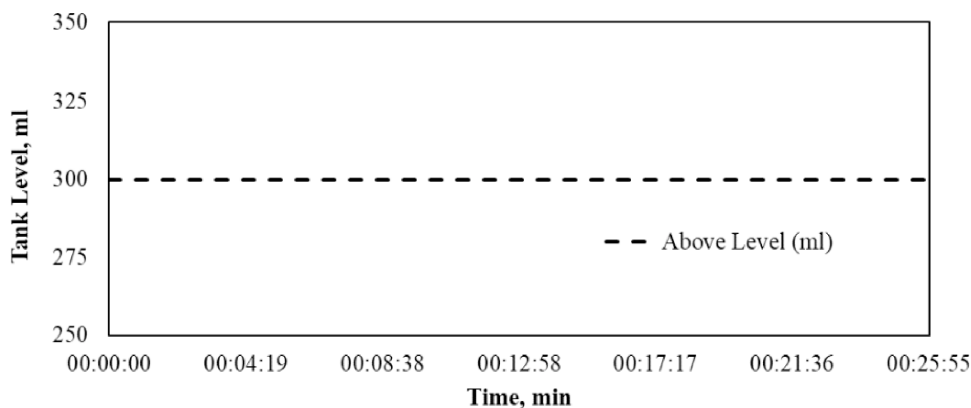
Os resultados das medições dos sensores recebidos pelo centro de monitoramento podem ser vistos na Fig. 23. O teste foi realizado por um período de 25 minutos e, como esperado, a temperatura do cárter e a CVT aumentaram durante o teste, em valores controlados e dentro do padrões esperados com valores máximos abaixo de 90°, Fig. 23 (a). Os valores de RPM variaram consistentemente com os esperados para executar o teste, a queda de 25:55 minutos indicando desligamento do veículo, Fig. 23 (b). Durante a execução do teste, não foi indicado que o combustível havia atingido o valor mínimo, mantendo seu conteúdo acima do limite inferior indicado pelo sensor, Fig. 23(c).



(a)



(b)



(c)

Figura 23 - Resultados dos sensores: a) temperatura; b) RPM; c) nível do tanque.

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram desenvolvidas redes de sensores sem fio, de baixo custo, aplicados a zona urbana da cidade de São Luís-MA e uma rede de sensores para aquisição de dados de um protótipo de um veículo de competição ligado ao BAJA SAE. A partir desses resultados, pode-se demonstrar que os sensores sem fio, quando usados em conjunto com a tecnologia sem fio, como o WiFi, podem ser usados para análises externas, podendo indicar tomadas de decisões em tempo real. Na zona urbana foram utilizados três nós sensores, em bairros diferentes da cidade, coletando dados de temperatura e umidade do ar, temperatura do solo e de gás carbônico. No projeto foram utilizados os sensores de velocidade, nível de combustível, temperatura do cárter do motor, temperatura de Transmissão Continuamente Variável e rotação. Ambos os projetos com um sistema micrcontrolado e comunicação por meio da tecnologia ESP. Pelos resultados obtidos pode-se compreender que o uso dos dispositivos de baixo custo para a rede de sensores apresentam dados consistentes podendo ser utilizados aplicações mais robustas ou de maior grau de intensidade.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos imensamente à UEMA, FAPEMA e UEPB pelo apoio e financiando este projeto, sem o qual esse trabalho não seria possível, e também a equipe Bumba meu Baja por ceder o protótipo para estudo e ao Grupo de Eletromagnetismo e Matemática Computacional Aplicada (GEMCA/UEPB).

## REFERÊNCIAS

Al-Turjman, F., *Wireless Sensor Networks*. CRC Press: London, 2018.

Akyildiz, I., Su, W., Sankarasubramaniam, Y. and Cayirci, E., A survey on sensor networks, IEEE



Communications Magazine, vol. 40, 2002, pp. 102–114.

Dwivedi, A., Naresh, R. K., Yadav, R. S., and Kumar, R., Precision Agriculture. In: Promoting Agri-Horticultural, Technological Innovations. Parmar Publishers. 2017, pp. 83-105.

FOSTER. G. L., ROYER. D. L., LUNT. D. J. Future climate forcing potentially without precedent in the last 420 million years. Nature Communications. 2017.

G. Andria, F. Attivissimo, A. Di Nisio, A. M. L. Lanzolla and A. Pellegrino, “Design and implementation of automotive data acquisition platform,” 2015 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) Proceedings, Pisa, 2015, 272-277

Goel, K., and Bindal, A. K., Wireless Sensor Networks for Precision Agriculture: A Survey Report. IEEE International Conference on Parallel, Distributed and Grid Computing, 2018, pp. 1-7.

Google Maps, 2019. Available: <https://pt-br.topographic map.com/maps/gns6/S%C3%A3o-Lu%C3%ADs/>. Access 18 Nov 2019

Jaward. H. M., Nordin, R., Gharghan, S. K., Jaward, A. M., and Ismail, M., Energy-Efficient Wireless Sensor Networks for Precision Agriculture: A Review. Sensors, vol. 17, 2017, pp. 2-45.

J. Marek, H. P. Trah. Y. Suzuki, I. Yokomori, Sensors Applications: Sensors for Automotive Applications. Vol 4. Wiley: Weinheim, 2003.

Keshtgari, M., and Delijoo, A., A Wireless Sensor Networks Solutions for Precision Agriculture Based on ZigBee Technology, Wireless Sensor Network, vol. 4, 2012, pp. 25-30.

LoRa Alliance, Wi-Fi LoRaWAN Deployment Synergies. LoRA Alliance, 2019.

NAWALE. B., LAKSHMAN. K., ALLURWAR. N. Temperature/Humidity Monitoring WebServer. International Journal of Engineering and Technical Research. 2016.

Naik, P., Kumbi, A., Telkar, N., Kotin, K., & Katti, K. C. (2017). An automotive diagnostics, fuel efficiency and emission monitoring system using CAN. 2017 International Conference on Big Data, IoT and Data Science.

Pedersen, S. M., and Lind, K. M., Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives. Springer, 2017.

SAE BRASIL. RATBSB - B2, B3, B10: Regulamento Administrativo e Técnico BAJA SAE Brasil. São Paulo: 2018.

T. Yathavi, B. Akshaya, A. S. Prakash S., G. Meshach and A. Shruthi, “Parameter Monitoring and Functionality Control in Automobiles Using Raspberry pi,” 2019 IEEE International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN), Pondicherry, India, 2019, 001-006. <http://dx.doi.org/10.22161/ijaers.4.7.1>

V. jain, P. Heydari, Automotive Radar Sensors in Silicon Technologies. Springer: London, 2013.

R. Verdone, D. Darkari, G. Mazzini, A. Conti, “Wireless sensor and actuator networks: Technologies, Analysis and Design”, 1ed., Academic Press, 2008.