



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

**JONAS BEZERRA DA COSTA MÁXIMO**

**SISTEMA DE SEGURANÇA PARA PREVENÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ROUBO  
DE MOTOCICLETA**

**QUIXADÁ**

**2022**

JONAS BEZERRA DA COSTA MÁXIMO

SISTEMA DE SEGURANÇA PARA PREVENÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ROUBO DE  
MOTOCICLETA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Computação do Campus de Quixadá da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Werlley  
Bandeira da Silva

QUIXADÁ

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M419s Máximo, Jonas Bezerra da Costa.

Sistema de segurança para prevenção e recuperação de roubo de motocicleta / Jonas Bezerra da Costa Máximo. – 2022.

51 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Engenharia de Computação, Quixadá, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Thiago Werley Bandeira da Silva.

1. Sistemas embarcados (Computadores). 2. Segurança - Veículos. 3. Sistema de Posicionamento Global. 4. Sistema Global para Comunicações Móveis. 5. Microcontroladores. I. Título.

CDD 621.39

---

JONAS BEZERRA DA COSTA MÁXIMO

SISTEMA DE SEGURANÇA PARA PREVENÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ROUBO DE  
MOTOCICLETA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Computação do Campus de Quixadá da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Computação.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Thiago Werley Bandeira da  
Silva (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Antônio Joel Ramiro de Castro  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Me. Leonardo Torres Marques  
Universidade Federal do Ceará (UFC)



## AGRADECIMENTOS

A minha mãe, Maria das Graças, seus exemplos de vida, cuidado e carinho foi o que deu sentido para continuar crescendo na vida e superando todos os desafios.

Ao meu pai, Francisco Eulânio, pelo seu apoio, confiança, carinho e a certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

Aos meus avós, aos meus tios, em especial minha tia Eudilânia, que contribuiu muito com meu crescimento.

À minha irmã Juliana Bezerra que esteve sempre ao meu lado. Muito obrigado por todo carinho, suporte e amor.

Ao meu orientador Prof. Dr. Thiago Werlley Bandeira da Silva por toda dedicação, disposição e pelos momentos de ensinamento durante a graduação e durante esse trabalho.

Aos meus avaliadores Prof. Dr. Antônio Joel Ramiro de Castro por ser um grande amigo e também excelente professor e orientador durante a bolsa da graduação, ao Prof. Bruno Torres Marques e Prof. MSc. Leonardo Torres Marques, pelas críticas para tornar esse trabalho cada vez melhor.

Agradeço a Rafael Dioni, uma pessoa especial, meu amigo de toda a vida.

A todos os professores que já me ensinaram, em especial aos professores da Universidade Federal do Ceará, Campus Quixadá/CE, não só por terem me proporcionado conhecimento específicos do curso, mas também conhecimento para a vida.

À Pedro Henrique e Hogo Gabriel, dois irmãos que se tornaram meus irmãos.

À Alex Silva e Alan Dayvison, pro sua amizade e apoio.

Aos meus amigos que conheci em Quixadá/CE, em especial Anthony Stefano, que me apoiou desde o primeiro dia que cheguei na cidade. Marcos Paulo, Ian Matheus, Adan Bueno, Felipe Tomaz, Júnior Nascimento, Valdeci Júnior, Guilherme William, Cleirton Filho, Samuel Aquino, João Vitor, Rodrigo Bezerra, Israel Freitas, Imario Almeida, Elias Frota, Aquila Vasconcelos, Marcelo Martins, Sávia Rafaella, Gustavo Damsceno, Damiel Mascarenhas, Gregório Mariano. Obrigado a todos.

"Faça o teu melhor, na condição que você tem,  
enquanto você não tem condições melhores, para  
fazer melhor ainda!"

(Mario Sergio Cortella)

## RESUMO

O transporte desempenha um papel primordial do cotidiano da população, mas a violência alarmante das cidades obriga os cidadãos a ficarem alerta aos perigos. O roubo de motocicletas se mostra um grande contribuidor para o aumento da violência ao longo dos anos. Diante dessa realidade, foi proposto com esse trabalho o desenvolvimento de um sistema segurança para prevenção e recuperação de roubo de motocicleta de forma rápido, fácil e segura. O usuário poderá controlar o funcionamento da moto remotamente através de sistema global para comunicações móveis e impossibilitar o funcionamento do veículo através do relé que será conectado na parte elétrica da moto, tendo acesso também a localização do veículo em tempo real através do localizador sistema de posicionamento global, de modo a facilitar a recuperação do veículo em caso de roubo ou furto.

**Palavras-chave:** Sistemas embarcados (Computadores). Segurança - Veículos. Sistema de Posicionamento Global. Sistema Global para Comunicações Móveis. Microcontroladores.

## **ABSTRACT**

Transport plays a key role in the daily life of the population, but the alarming violence of cities forces citizens to be alert to dangers. Motorcycle theft is a major contributor to the increase in violence over the years. Faced with this reality, it was proposed with this work the development of a security system for the prevention and recovery of motorcycle theft in a quick, easy and safe way. The user will be able to control the operation of the motorcycle remotely through a global system for mobile communications and make it impossible to operate the vehicle through the relay that will be connected to the electrical part of the motorcycle, also having access to the location of the vehicle in real time through the locator positioning system. global, in order to facilitate the recovery of the vehicle in case of theft or theft.

**Palavras-chave:** Embedded Systems (Computers). Security - Vehicles. Global Positioning System. Global System for Mobile Communications. microcontrollers

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema elétrico de uma motocicleta . . . . .	18
Figura 2 – Sistema de ignição da motocicleta . . . . .	19
Figura 3 – Funcionamento do GPS . . . . .	20
Figura 4 – Funcionamento do relé . . . . .	24
Figura 5 – Etapas metodológicas . . . . .	29
Figura 6 – Dagrama de caso de uso . . . . .	31
Figura 7 – GPS Neo 7M . . . . .	33
Figura 8 – Microcontrolador ESP-32 . . . . .	34
Figura 9 – Cobertura da Claro . . . . .	35
Figura 10 – Cobertura da Tim . . . . .	35
Figura 11 – Cobertura da Vivo . . . . .	36
Figura 12 – Fluxograma . . . . .	38
Figura 13 – Arquitetura do sistema de comunicação . . . . .	40
Figura 14 – Protótipo. . . . .	43
Figura 15 – Resposta do sistema a uma requisição de localização da motocicleta. . . . .	44
Figura 16 – Resposta do sistema. . . . .	45
Figura 17 – Resposta elétrica aos comandos. . . . .	45

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo entre os trabalhos relacionados e o trabalho proposto. . . . .	28
Quadro 2 – Requisitos funcionais e não funcionais. . . . .	31
Quadro 3 – Resultados do experimento 1. . . . .	43

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
RFID	<i>Radio-Frequency IDentification</i>
AVL	<i>Automatic Vehicle Location</i>
CDI	<i>capacitive discharge ignition</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>
SIM	<i>o Subscriber Identity Module</i>
SMPP	<i>Short Message Peer to Peer</i>
SMSC	<i>Short Message Center</i>
USSD	<i>Unstructured Supplementary Services Data</i>
RF	Rádio Frequência
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

$Km/h$	Quilômetros por hora
$m$	Metros
$s$	Tempo em segundos
$V$	Tensão Elétrica
$\Omega$	Resistência elétrica



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>15</b>
<i>1.1.1</i>	<i>Objetivo geral</i>	<i>15</i>
<i>1.1.2</i>	<i>Objetivos específicos</i>	<i>15</i>
<b>1.2</b>	<b>Organização do trabalho</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Rastreamento de Veículos</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Funcionamento dos motores de motocicletas</b>	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<i>Global Positioning System (GPS)</i>	<i>19</i>
<b>2.4</b>	<i>Global System for Mobile Communications (GSM)</i>	<i>20</i>
<b>2.5</b>	<b>Sistemas embarcados</b>	<b>22</b>
<i>2.5.1</i>	<i>Microcontroladores</i>	<i>22</i>
<b>2.6</b>	<b>Atuadores</b>	<b>22</b>
<i>2.6.1</i>	<i>Módulo relé</i>	<i>23</i>
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<i>An Embedded RF-Based Motorcycle Trajectory Data for Security Monitoring System over University Vehicular Network</i>	<i>25</i>
<b>3.2</b>	<i>Real Time Implementation Of Two Wheeler Theft Control Using Radio-Frequency Identification (RFID), GSM And Electronic Lock</i>	<i>25</i>
<b>3.3</b>	<i>Vehicle Security System using Short Message Service (SMS) as a Danger Warning in Motorcycle Vehicles</i>	<i>26</i>
<b>3.4</b>	<i>GSM based Motorcycle Security System</i>	<i>27</i>
<b>3.5</b>	<b>Análise comparativa</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>29</b>
<b>4.1</b>	<b>Modelagem do Sistema</b>	<b>29</b>
<b>4.2</b>	<b>Seleção dos componentes</b>	<b>32</b>
<i>4.2.1</i>	<i>GSM</i>	<i>32</i>
<i>4.2.2</i>	<i>GPS</i>	<i>32</i>
<i>4.2.3</i>	<i>Microcontrolador</i>	<i>33</i>
<i>4.2.4</i>	<i>Atuador</i>	<i>34</i>

4.2.5	<i>Cobertura das operadoras</i> . . . . .	34
4.3	<b>Desenvolvimento do protótipo</b> . . . . .	36
4.3.1	<i>Software</i> . . . . .	37
4.3.2	<i>Comunicação serial</i> . . . . .	38
4.3.3	<i>Desenvolvimento da comunicação GPS</i> . . . . .	39
4.3.4	<i>Desenvolvimento da comunicação GSM</i> . . . . .	39
4.3.5	<i>Desenvolvimento da comunicação relé</i> . . . . .	39
4.4	<b>Funcionamento do sistema</b> . . . . .	40
5	<b>EXPERIMENTOS E RESULTADOS</b> . . . . .	41
5.0.1	<i>Cenários de testes</i> . . . . .	41
5.0.2	<i>Experimento 1</i> . . . . .	42
5.0.3	<i>Experimento 2</i> . . . . .	42
5.0.4	<i>Experimento 3</i> . . . . .	42
5.0.5	<i>Experimento 4</i> . . . . .	42
5.1	<b>Avaliação dos resultados</b> . . . . .	42
5.1.1	<i>Resultados do experimento 1</i> . . . . .	43
5.1.2	<i>Resultados do experimento 2</i> . . . . .	44
5.1.3	<i>Resultados do experimento 3</i> . . . . .	44
5.1.4	<i>Resultados do experimento 4</i> . . . . .	46
6	<b>CONCLUSÃO</b> . . . . .	47
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	48

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o século passado, as motocicletas tem sido cada vez mais utilizadas como meio de transporte. Em março de 2021(dois mil e vinte um), o estado do Ceará contava com 1.464.021(um milhão, quatrocentos e sessenta e quatro mil e vinte e um) desses veículos em circulação (DETRAN, ), conforme o IBGE (2021) a frota de veículos de duas rodas no Brasil, já ultrapassava 30.000.000(trinta milhões) de motocicletas, motonetas e ciclomotores, aproximadamente um quarto do contingente nacional de veículos. Nesse contexto, elas possuem muitas vantagens em comparação aos outros veículos, as quais os 2(dois) principais podem se caracterizar por menores custos de aquisição e manutenção operacional (SILVA *et al.*, 2013).

Apesar das vantagens, veículos desse porte estão mais propensos a roubos e furtos, pois estão expostas a uma maior facilidade de desmonte, transporte e/ou venda das peças reposição, inclusive aquelas provenientes de desmanches ilegais (UOL, ). 2(Dois) fatores recorrentes relacionados à insegurança das pessoas podem ser descritos no Código Penal brasileiro, o Furto (Art. 155) e o Roubo (Art. 157). O furto, conforme o Decreto-Lei nº 2.848/1940, refere-se a diminuição do patrimônio de outra pessoa, sem haver violência (BRASIL, 1940a). O roubo é considerado crime mais grave, descrito na mesma lei, como subtração de patrimônio mediante grave ameaça ou violência (BRASIL, 1940b). No entanto, a finalidade dos 2(dois) atos é a mesma, apoderar-se do bem material de outrem.

O índice de crimes de furto de motocicletas é crescente a cada dia no Brasil, uma motocicleta é roubada ou furtada a cada 16(dezasseis) minutos fomente no estado de São Paulo (R7, ). Estes casos costumam resultar em proprietários com prejuízos, visto que dificilmente os veículos são recuperados. Dito isso, o fator que favorece fortemente este tipo de ação é a falta de sistemas de segurança nestes veículos (MELO, 2018).

Exposto o problema, empresas do ramo automobilístico estão buscando cada vez mais inovações tecnológicas, que se mostrem como boas alternativas para aprimorar os resultados na utilização de sistemas de rastreamento de recursos veiculares, podendo ser um diferencial para várias empresas que utilizam o veículo como principal ferramenta de trabalho (HELLENO, 2014).

Em sua maioria, as soluções de rastreamento focam, principalmente, na segurança promovida por um processo de comunicação automatizado, em que os dados são coletados e transmitidos ao equipamento receptor para monitoramento em tempo real, além da análise dos dados do veículo e a tomada de decisões inteligentes (VIEIRA, 2018).

Com base nessa problemática, soluções tecnológicas vêm sendo desenvolvidas, nas quais a implementação de rastreamento de veículos via *Global Positioning System* (GPS) é bastante recorrente. Um exemplo pode ser constatado no trabalho de Purwanto *et al.* (2019), onde os autores desenvolveram um sistema através de serviço de mensagens curtas que fornece informações do veículo como horário, posição e alarme. Com o arranjo das tecnologias, GPS, *Global System for Mobile Communications* (GSM) e *Radio-Frequency IDentification* (RFID), tornou-se possível a criação de chaves de segurança automáticas, chaves práticas e eficazes para segurança de motocicletas.

Nesse contexto, o propósito desse foi desenvolver um mecanismo, cujo objetivo é solucionar a problemática de segurança apresentada, sendo capaz de bloquear e interromper o funcionamento de veículos, além de oferecer rastreabilidade em tempo real.

## **1.1 Objetivos**

### ***1.1.1 Objetivo geral***

Objetivou-se com este trabalho desenvolver um sistema capaz de facilitar o resgate de motocicletas em situações de roubos e furtos. Para isso, o sistema deverá rastrear, em tempo real, a localização mais exata possível dos veículos, como também bloquear seu funcionamento.

### ***1.1.2 Objetivos específicos***

- Modelar a arquitetura do sistema;
- Montar um *hardware* responsável por interromper o funcionamento de motocicletas;
- Desenvolver o *firmware* capaz de tornar o *hardware* funcional;
- Desenvolver uma comunicação entre as partes do sistema, utilizando as tecnologias GPS e GSM;
- Avaliar o sistema através de testes de bancada e em ambiente real.

## **1.2 Organização do trabalho**

O restante deste documento está dividido da seguinte forma:

- No Capítulo 2, é exposto a fundamentação teórica, com os conceitos fundamentais para a compreensão da proposta descrita;

- No Capítulo 3, são expostos os principais trabalhos encontrados que se assemelham ao projeto proposto. Dessa forma, é possível visualizar projetos que dispõem monitoramento de veículos que utilizam diferentes ferramentas de comunicação;
- No Capítulo 4, é exposto a metodologia para o desenvolvimento desse trabalho;
- No Capítulo 5, são expostos os experimentos e resultados;
- No Capítulo 6, é exposta a conclusão deste trabalho e informa sobre como o sistema se comportou mediante aos resultados e aborda as perspectivas para trabalhos futuros;

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo alguns conceitos que fundamentam o planejamento e desenvolvimento da solução proposta neste trabalho. Na Seção 2.1, é exposto o conceito de rastreamento de veículos e a implicação desse conceito no Brasil atual. Na Seção 2.2, é exposto o funcionamento dos motores a combustão, evidenciando o motor 2 tempos. A Seção 2.3 descreve os conceitos relacionados a tecnologia GSM, na qual é discutida a sua composição e principais funcionalidades. Na Seção 2.4, é exposto a tecnologia móvel para telefones celulares GSM e suas características que o distinguem no universo das comunicações móveis. Na Seção 2.5, são expostos os principais conceitos de sistemas embarcados e qual o principal microcontrolador está sendo utilizado neste trabalho, apresentando os principais aspectos e características. Na Seção 2.6 são expostos os conceitos de atuadores, além da característica de transformar sinal elétrico em uma grandeza física.

### 2.1 Rastreamento de Veículos

O rastreamento de veículos consiste em um sistema de monitoramento que gerencia a localização de um veículo, a cada momento, enquanto ele se desloca sobre a superfície terrestre (UDELL, 2008). Em 1990, surgiram no Brasil os primeiros sistemas de rastreamentos de veículos, utilizando monitoramento via satélites. A tecnologia, ainda com alto custo, possibilitava a oferta do serviço apenas para aqueles com alto poder aquisitivo, ou aqueles cujas perdas de seus veículos e mercadorias seria muito superior ao custo de manutenção do rastreio. O sistema utilizado era o *Automatic Vehicle Location* (*Automatic Vehicle Location* (AVL)) e a sua principal funcionalidade se caracterizava no auxílio à gestão de tráfego (HERMIDA *et al.*, 2012).

Atualmente, o sistema de geolocalização mais utilizado é o GPS. Com o avanço da tecnologia, essa ferramenta tem se tornado cada vez mais barata e acessível, fornecendo também um conjunto de informações relevantes como tráfego na área, velocidade do veículo, avisos de *blitz* e até danos nas estradas.

### 2.2 Funcionamento dos motores de motocicletas

Enquanto a tecnologia moderna caminha para desenvolver cada vez mais veículos movidos por motores alimentados por energia alternativa (elétricos e híbridos), a realidade é que motores à combustão fazem parte da vida da sociedade moderna há gerações e ainda serão

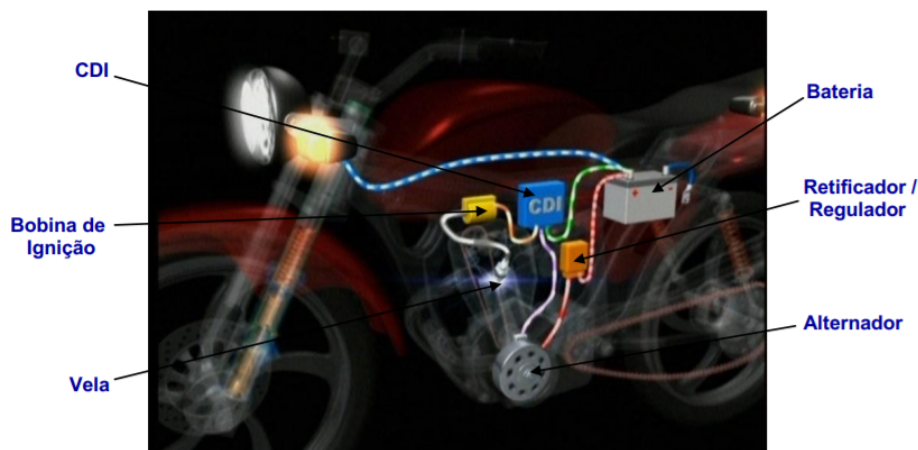
utilizados por muito tempo.

Dentre os sistemas que atuam no gerenciamento dos motores a combustão, o sistema de ignição é responsável por produzir uma centelha elétrica na câmara de combustão, promovendo a queima da mistura de combustível comprimida nessa câmara. O sistema de ignição é responsável pelo fornecimento da energia necessária para produzir a centelha elétrica desde sua geração até o controle do instante que a centelha deve ser produzida.

De acordo com Campi (2014), o fornecimento da energia do sistema de ignição consiste em uma bobina de ignição e uma vela de ignição. Nesse contexto, a bobina de ignição é responsável por receber o sinal de alimentação da bateria e transformá-lo em alta tensão, que será enviada às velas para produzir a centelha que dará início à queima da mistura ar-combustível. As velas de ignição transferem energia para a câmara de combustão e queimam a mistura de ar e combustível por meio da faísca entre os eletrodos.

Um exemplo pode ser visualizado na Figura 2, retirada de HONDA (2010), na qual é representado o sistema elétrico de uma motocicleta que contém os seguintes componentes: vela, bobina de ignição, bateria, retificador/regulador, alternador e o último, chamado de ignição por descarga capacitiva (do inglês: *capacitive discharge ignition (capacitive discharge ignition (CDI))*).

Figura 1 – Sistema elétrico de uma motocicleta



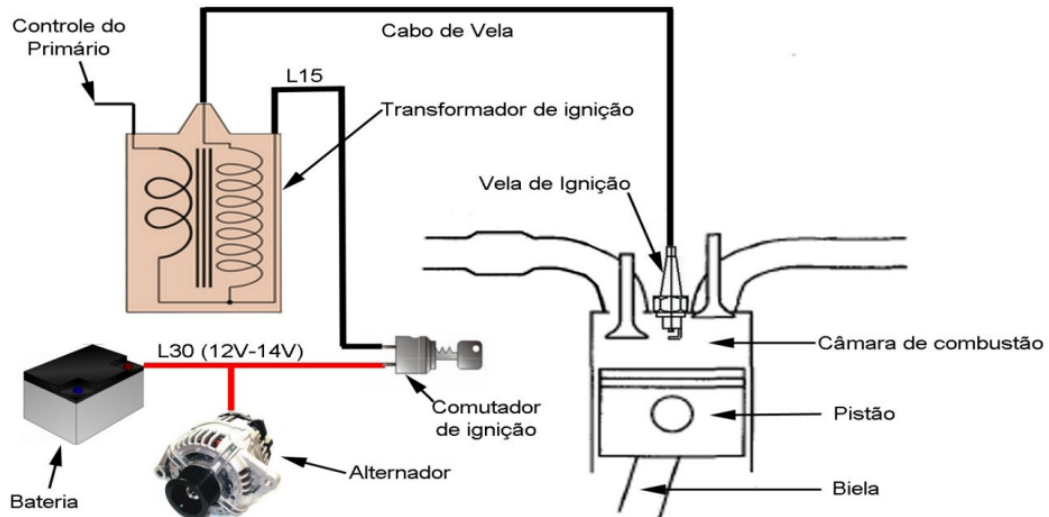
Fonte: adaptado de HONDA (2010)

No sistema ilustrado, a bateria é responsável pela alimentação, dado que proporciona tensão necessária para o funcionamento da motocicleta. Essa tensão é fornecida ao CDI, que por sua vez a libera para a bobina de ignição, conforme os ciclos do alternador. A partir disso, o

alternador alimenta a bateria através da geração de energia produzida pelos giros do motor.

Quando o CDI fecha um ciclo também libera a tensão da bateria para a bobina de ignição onde transforma de baixa para alta tensão e envia para a vela de ignição responsável por produzir a centelha.

Figura 2 – Sistema de ignição da motocicleta



Fonte: adaptado de Dias (2015)

## 2.3 GPS

Segundo Monico (2000), GPS é um termo que engloba sistemas cujo objetivo é determinar a posição geoespacial com auxílio de satélites, fornecendo informações contínuas de qualquer lugar do mundo sob qualquer situação climática. Por intermédio de 24(vinte e quatro) satélites em seis planos de órbita compostos de emissores e receptores eletrônicos que se comunicam através sinais de rádio, com isso, é possível identificar com precisão a localização em termos de latitude, longitude e altitude.

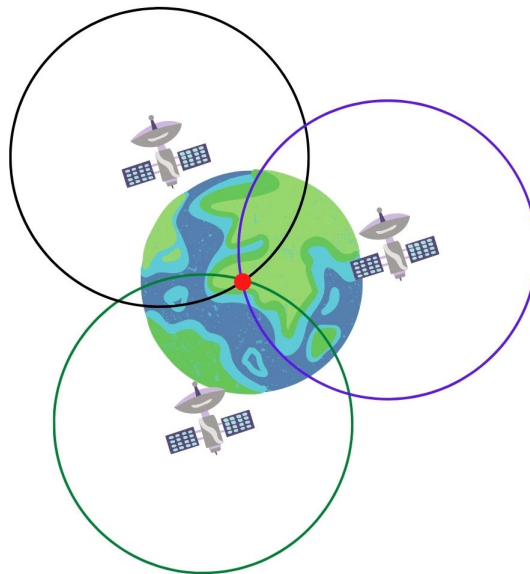
Em resumo, o GPS determina o intervalo entre a transmissão e o recebimento do sinal para calcular a distância entre o receptor e o satélite. Após receber informações de pelo menos 4(quatro) satélites, a posição pode ser obtida por triangulação (UDELL, 2008). Devido ao grande número de pessoas envolvidas nos serviços dessa tecnologia, além de considerar motivos de segurança, ela está em um estado de trabalho passivo em que os usuários só podem receber sinais de satélite (EL-RABBANY, 2002).

Na Figura 3 é ilustrada a dinâmica de funcionamento do GPS, na qual a distância de um ponto na terra para 3(três) satélites é conhecida, assim como a posição do satélite. A



partir disso, a localização do ponto ou receptor pode ser determinada simplesmente utilizando o conceito de intersecção de ponto. Entende-se que a intersecção de ponto é tratada, teoricamente, como apenas 3(três) distâncias localizadas simultaneamente. Nesse caso, o receptor é localizado pela intersecção de 3(três) esferas cada uma com o raio de distância de um satélite receptor e centralizado naquele satélite em particular.

Figura 3 – Funcionamento do GPS



Fonte: Elaborado pelo autor.

O conceito sobre essa tecnologia se torna importante para o desenvolvimento deste trabalho no sentido de que pode fornecer uma garantia de rastreabilidade do veículo, visto que o sistema de GPS fornece em tempo real e gratuito a localização em coordenadas geográficas onde o dispositivo se encontra. Portanto, a sua aplicação, assim como outros trabalhos encontrados na bibliografia, mostra-se bastante promissora.

## 2.4 GSM

Sistemas de comunicação remota compõem uma das indústrias que mais se desenvolveram nos últimos anos. Dessa forma, se destaca a disseminação de serviços de comunicação por satélite, transmissões via rádio, TV, entre outras. Os dispositivos móveis evoluíram de uma tecnologia incorporada por um sistema de voz analógico, para uma comunicação baseada em aplicativos, serviços e dados que o ecossistema de internet conseguiu fornecer de forma muito eficiente até o presente (FARIAS, 2019).

O GSM é uma tecnologia que permite o *roaming* internacional de dados em aparelhos móveis, permitindo que o usuário possa utilizar os serviços em diversos países. De acordo com Sanjeev *et al.* (2019), o GSM é o padrão mais popular em todo o mundo para sistemas de telefonia móvel. Além disso, existe o *modem* GSM que é um dispositivo sem fio para modulação e demodulação que funciona com uma rede sem fio GSM. Ele permite que os usuários se comuniquem a qualquer momento em qualquer lugar da Terra (SANJEEV *et al.*, 2019).

Esse dispositivo também se caracteriza por ser um *hardware* capaz de enviar e coletar *Short Message Service* (SMS). Em uma rede GSM, o terminal do usuário chama-se estação móvel. Um dos componentes da estação móvel é um cartão *Subscriber Identity Module* (o *Subscriber Identity Module* (SIM)), que permite identificar de maneira única este terminal móvel, na maioria das vezes sendo um *smartphone* (SINGO, 2018).

Segundo Gu e Peng (2010), o sistema GSM é composto, principalmente, de três partes: estação móvel, subsistema rádio base e subsistema rede. A primeira, estação móvel, corresponde ao equipamento móvel e um cartão inteligente designado de SIM. A segunda, o subsistema rádio base se encarrega do controle de ligação rádio com a estação móvel. Enquanto o subsistema rede se encarrega de fazer a comutação de chamadas entre estações móveis ou entre uma estação móvel e um terminal fixo.

As principais considerações de uso dessa tecnologia no trabalho proposto se dá por ser um dos meios mais fáceis, rápidos e baratos de se comunicar. Dessa forma, pretende-se que seja utilizada para fazer o intermédio entre aplicação e usuário.

A rede GSM utiliza o protocolo *Short Message Peer to Peer* (*Short Message Peer to Peer* (SMPP)), um protocolo aberto, desenvolvido para proporcionar uma interface para a comunicação de dados flexível. Esse protocolo é utilizado para a transferência de *short messages* entre um *Short Message Center* (*Short Message Center* (SMSC)), *Unstructured Supplementary Services Data* (*Unstructured Supplementary Services Data* (USSD)) ou outro tipo qualquer de *message center* e uma aplicação SMS, como, por exemplo, uma plataforma de *Voice Mail*, servidor de *e-mail*, Servidor *Proxy* ou outro *gateway*. Algumas funcionalidades desse protocolo são: enviar mensagens com confirmação de recebimento; cancelar ou repor mensagens; consultar o *status* de entrega de uma determinada mensagem; definir prioridade de entrega para as mensagens e definir a categoria de codificação dos dados da mensagem.

## 2.5 Sistemas embarcados

Existem diversos produtos com poder computacional muito eficiente, que estão presentes no nosso dia a dia. Os eletrodomésticos, por exemplo, possuem sistemas eficientes que garantem maior conforto e utilidade ao usuário. Esses eletrodomésticos possuem diversas funções predefinidas pelo seu usuário que podem ser executadas com tarefas. A capacidade de executar tarefas dentro de um circuito, equipamento ou sistema, integrado, é conhecido por sistemas embarcados (MARWEDEL, 2021). Este sistema é comparado com um computador de uso comum, pois possui memória, processador, dispositivos de armazenamento e outros periféricos (MARWEDEL, 2021).

Com o decorrer dos anos os sistemas embarcados tornaram-se mais baratos, mais acessíveis, consomem menos energia e possuem maior poder de processamento, além de serem mais compactos. Os sistemas embarcados geralmente usam sensores para obter parâmetros e usá-los para controlar, ajustar e configurar aplicativos ou dispositivos para atender às necessidades humanas.

### 2.5.1 Microcontroladores

Segundo Pereira (2007), os microcontroladores surgiram em meados da década de 1970. Criado por uma equipe da *Texas Instruments*, derivado dos então microprocessadores criados para realizar cálculos, posteriormente tomada de decisões, foi incorporado às memórias e outras arquiteturas através de um *chip*, evoluindo desde então resultando no equipamento que conhecemos atualmente.

Microcontroladores são pequenos dispositivos programáveis e de baixo custo, desenvolvidos para o gerenciamento de ações e eventos. Esses componentes são compostos basicamente por unidades de processamento, memória, entrada e saída, controle de tempo e conversores analógico e digital. Sua principal função é executar e controlar remotamente ações em sistemas embarcados (SANTOS JEAN WILLIAN; LARA JUNIOR, 2019).

## 2.6 Atuadores

De acordo com Thomazini e Albuquerque (2020), atuadores são dispositivos que modificam uma variável controlada, recebendo um sinal proveniente do controlador e agindo sobre o sistema controlado, na maioria das vezes operando com potência elevada. Alguns atuadores

podem ser listados por: válvulas (pneumáticas, hidráulicas), relés (estáticos, eletromecânicos), cilindros (*step-motor*, *syncro*, *servomotor*) e solenoides.

Os atuadores são mecanismos que transformam uma forma de energia em outra. Nesse cenário, um sinal elétrico é transformado em uma grandeza física, movimento, magnetismo, calor entre outros, conforme afirma RODRIGO (). Segundo Franchi (2018), o funcionamento destes elementos apresenta 2(dois) cenários: dispositivo ligado recebe potência máxima ou desligado quando a potência da operação é 0(zero) ou nula.

Segundo Thomazini e Albuquerque (2020) os atuadores são dispositivos capazes de transformar variáveis controladas. Eles são responsáveis por receber um determinado sinal do controlador e a partir dele realizar ações no sistema controlado. Uma característica especial dos atuadores é que eles geralmente operam sob condições de alta potência.

### 2.6.1 Módulo relé

O módulo relé é um exemplo comum de atuador, o qual funciona como uma chave que trabalha em 3(três) posições: **normal aberto**, **normal fechado** e **comum**, sendo chaveada quando recebe uma tensão de 5V através do comando do microcontrolador. As posições são descritas a seguir:

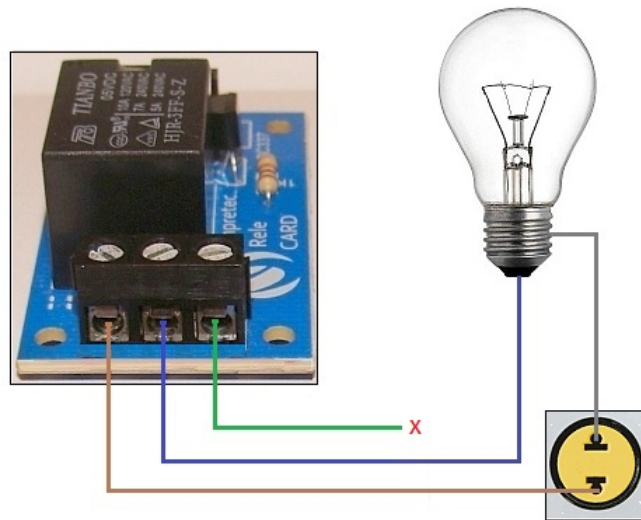
- **Normal Aberto (NA)**: os contatos NA são aqueles que estão abertos, mas fecham no momento em que a bobina não está energizada. Nesse cenário, passa uma corrente elétrica pelas bobinas quando são acionados;
- **Normal Fechado (NF)**: os contatos NF funcionam de maneira contrária ao tipo NA, pois eles abrem quando a bobina é energizada;
- **Comum (C)**: o contato C é o comum aos contatos, quando o contato NA fecha é com o C que se estabelece a condução e o contrário com o NF.

Já o módulo relé de estado sólido tem basicamente a mesma função, porém apresenta a grande diferença de não possuir elementos mecânicos ou qualquer categoria de peça móvel, funcionando a partir de transistores ao invés de contatos. Além disso, pode se caracterizar por trabalhar apenas com as posições normal aberto e normal fechado por não possuir partes mecânicas.

Relés, também conhecidos como interruptores eletromecânicos, são atuadores que possuem a capacidade de ligar e desligar um sinal a partir de outro, sendo os dois sinais isolados. Esses dispositivos podem ser considerados na escolha de componentes que destinem a

funcionalidade bloquear o funcionamento do motor da motocicleta.

Figura 4 – Funcionamento do relé



Fonte: (EADUINO, )

Dessa forma, relé é um recurso que permite a interação isolada entre 2(dois) domínios elétricos. Os domínios são, de um lado um circuito de baixa voltagem e/ou corrente, e do outro lado um circuito com alta voltagem e/ou corrente (OLIVEIRA; SHIN-TING, 2019). Por exemplo, a Figura 4 contém um circuito alimentado por uma tomada de 220(duzentos e vinte) volts que se conecta com o relé e, em seguida, com uma lâmpada. Nesse cenário, quando o relé é acionado o circuito fica aberto e a lâmpada se apaga. De forma análoga ao ser desligado, o circuito no relé se fecha, fazendo com que a lâmpada seja ligada.

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo são tratados os trabalhos relacionados obtidos a partir de uma pesquisa bibliográfica referente aos últimos 8(oito) anos. Em comparação ao projeto aqui proposto, o resultado dessa pesquisa não apresentou soluções extremamente semelhantes. Portanto, este capítulo subdividido nas diferentes áreas: monitoramento por Rádio Frequência (RF), RFID e sistemas de prevenção de acidentes.

#### 3.1 *An Embedded RF-Based Motorcycle Trajectory Data for Security Monitoring System over University Vehicular Network*

Em Sriborrix *et al.* (2015), os autores propõem um sistema de localização de veículos de baixo custo, sem a utilização de GPS. O sistema é composto por uma base de rádio frequência (RF) fixa que é conectada à intranet, além de uma base móvel acoplada ao veículo e alimentada pela bateria da motocicleta. Além disso, o sistema também utiliza coordenadas cartesianas bidimensionais para gerar a trajetória do veículo em um sistema de localização *Universal Transverse Mercator* (UTM).

Para desenvolver um sistema de rastreamento de motocicletas em uma rede de veículos, um giroscópio e um acelerômetro são instalados na motocicleta para coletar dados úteis no processo de detecção de movimentos não autorizados caracterizados como roubo. Além disso, os dados de detecção são usados em conjunto com a estação base UTM para criar um diagrama vetorial da motocicleta roubada com erros extremamente baixos.

Esse trabalho segue a ideia dos sistemas de localização de baixo custo e detecção de roubo. Além disso, também utiliza o sistema de localização GPS que é mais adequado para áreas abertas. Vale ressaltar também que ao ser identificado um caso de roubo, o sistema permite o acionamento pelo usuário para impossibilitar o funcionamento do veículo.

#### 3.2 *Real Time Implementation Of Two Wheeler Theft Control Using RFID, GSM And Electronic Lock*

Baseando-se em dados que mostram que os registros de crimes de roubo de motocicletas apresentam mais casos criminais do que em relação a outros tipos de veículos (como carros, por exemplo), os autores Paulchamy *et al.* (2018) desenvolveram um sistema baseado em identificação por rádio frequência (RFID) que possui também um sistema sonoro gerado automa-

ticamente enquanto o usuário é notificado através de SMS. O veículo é equipado com recurso adicional de fechadura eletrônica que trava a roda traseira impossibilitando o funcionamento do veículo. O sistema de bloqueio é desativado quando a etiqueta RFID é combinada com seu leitor.

O sistema de segurança foi construído para se comunicar de diferentes maneiras com o usuário. Se o veículo for utilizado sem a autorização, o proprietário será notificado por SMS. Em outra condição, o usuário será informado por um SMS do modem GSM e um módulo alarme soa até que o usuário produza a marcação original.

Esse trabalho citado também recorre ao sistema GSM e trava eletrônica. A principal diferença para o projeto proposto nesta monografia se dá pelo fato de que os autores do trabalho relacionado não abordaram o uso de um sistema de localização. Esse ponto seria necessário em situações nas quais, caso a motocicleta estivesse travada e alguém tentasse furto o veículo de uma forma não tradicional para dificultar a recuperação.

### **3.3 *Vehicle Security System using Short Message Service (SMS) as a Danger Warning in Motorcycle Vehicles***

Os autores Astuti *et al.* (2020) retrataram o desenvolvimento do protótipo de um sistema de segurança veicular que usa SMS para enviar pontos de coordenadas usando GSM, em que essas coordenadas podem ser exibidas diretamente do aplicativo *Google Maps*. O projeto também conta com MIT aplicativo desenvolvido através da ferramenta *App Inventor* para proporcionar uma interface mais intuitiva ao usuário.

Com base nos dados de Astuti *et al.* (2020), foi possível concluir que a fabricação do *hardware* do sistema de segurança veicular usando SMS como alerta de perigo em motocicletas foi realizada com sucesso com a utilização do Arduino UNO suportado pelo *software* interno e combinado com várias séries de suporte mútuo. Como ponto negativo do trabalho, é possível citar que a distância de 1200(mil e duzentos)m requer um atraso maior do que 40(quarenta)m de distância, assim como o tempo de atraso ao desligar o motor 20(vinte)s é menor que o tempo para ligar o motor 25(vinte e cinco)s. Com tudo, esse *delay* pode proporcionar insatisfações de uso e implicar na eficiência do sistema.

O sistema proposto por Astuti *et al.* (2020) além de utilizar as tecnologias e princípios semelhantes aos citados nesse trabalho, utilizam também um diferencial que consiste nos alerta enviados via SMS que notificam o usuário periodicamente.

### 3.4 *GSM based Motorcycle Security System*

No trabalho de GSM++EXPLGSM++YEAR GSM++EXPL () os autores apresentaram um sistema de segurança para motocicletas com o intuito de evitar que sejam roubadas. Esse sistema utiliza um microcontrolador que foi projetado com base no Sistema Global para Comunicações Móveis e pode ser instalado em algum local escondido em motocicletas. O sistema é ativado quando o motor é acionado sem uma chave na ignição, que faz com que um sinal seja enviado para o microcontrolador. A partir disso, o microcontrolador detecta o *status* de um interruptor de limite conectado a ele e envia uma mensagem para o proprietário através de um telefone celular. Além disso, induz imediatamente o motor a desligar a fonte de alimentação.

O sistema proposto pelos autores não apresenta um sistema de localização, deixando assim uma brecha para outros tipos de furtos. Apesar disso, se assemelha ao projeto aqui proposto no quesito de comunicar ao usuário quando houver alguma característica no veículo que possa se classificar como furto.

### 3.5 *Análise comparativa*

Os trabalhos citados acima apresentam sistemas com grandes semelhanças em relação ao sistema de mensageiria. Apesar disso, trazem variações na forma de localização, alerta e abordagem.

Apresenta-se no Quadro 1 a análise entre os trabalhos relacionados e o trabalho proposto. Foram analisados os aspectos de cada trabalho onde foi observando os principais aspectos que são: utilização de GPS para a obtenção em tempo real da localização do veículo, em que apenas o trabalho proposto por Astuti *et al.* (2020) apresenta. Já os pontos da utilização de GSM para fazer a comunicação com o usuário por meio dos alertas e a utilização de algum mecanismo de segurança se fazem presentes na maioria dos trabalhos, mas abordados de formas diferentes.



Quadro 1 – Comparativo entre os trabalhos relacionados e o trabalho proposto.

<b>Trabalho</b>	<b>Utiliza GPS</b>	<b>Utiliza GSM</b>	<b>Aplica algum mecanismo de segurança</b>	<b>Possui alerta por mensagem</b>
Sriborirux <i>et al.</i> (2015)	Não	Sim	Não	Sim
Paulchamy <i>et al.</i> (2018)	Não	Sim	Sim	Sim
Astuti <i>et al.</i> (2020)	Sim	Sim	Sim	Não
Nasir e Mansor (2011)	Não	Sim	Sim	Sim
Trabalho Proposto	Sim	Sim	Sim	Sim

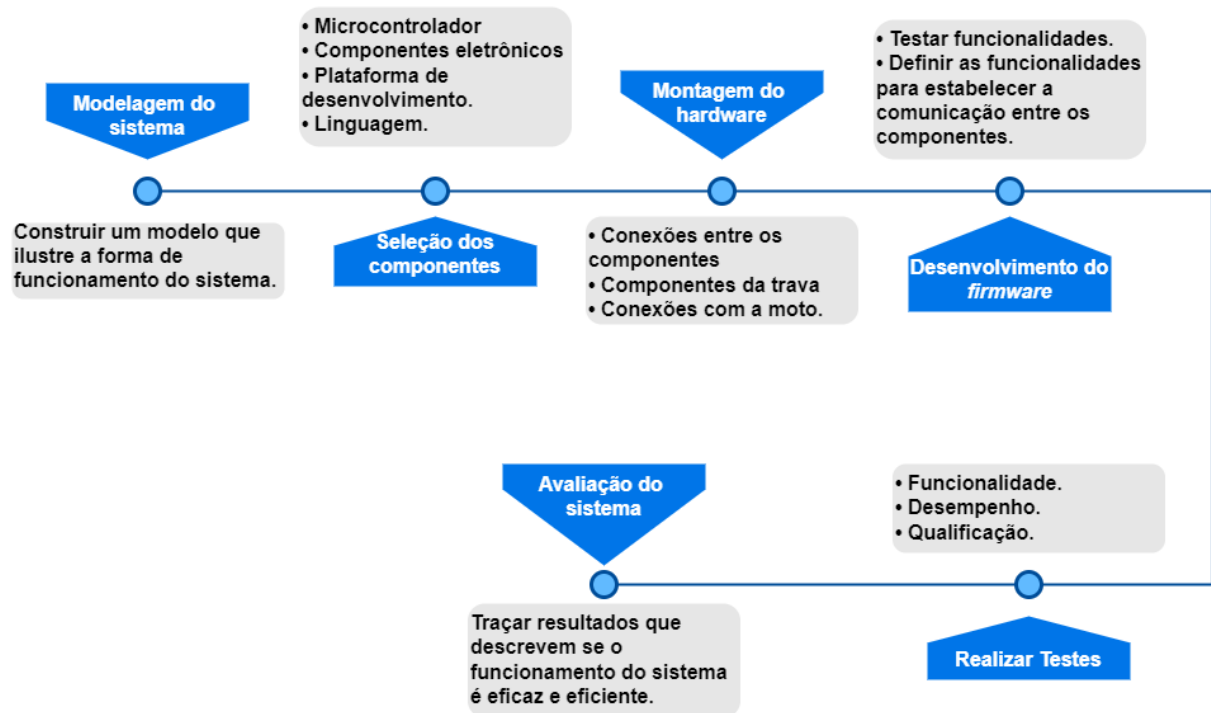
Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4 METODOLOGIA

No decorrer deste capítulo são descritos passos metodológicos que foram executados para desenvolver a solução proposta neste trabalho e podem ser visualizados em sequência através da Figura 5.

Na Seção 4.1, é exposta etapa de modelagem, em que são descritas ferramentas e diagramas para projetar o comportamento do sistema, assim como a comunicação entre as diferentes parcelas. Na Seção 4.2, é exposto a seleção dos componentes, os quais foram escolhidos com bases em alguns critérios, sendo também observados nos trabalhos relacionados e nos manuais de especificações técnicas. A Seção 4.3, é exposto o desenvolvimento do protótipo, que seguirá com a montagem do *hardware*, desenvolvimento do *firmware* e a implementação da comunicação do sistema; A Seção 4.4 é exposto o comportamento do sistema.

Figura 5 – Etapas metodológicas



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 4.1 Modelagem do Sistema

O primeiro passo para dar início a execução do projeto, foi definir os requisitos do sistema, que consistem em um conjunto de tarefas a serem executadas para gerar um documento

de requisitos como produto final. Após isso será possível selecionar componentes e projetar o *software* baseado nos requisitos definidos.

O início da execução dos passos metodológicos que levarão a construção da solução proposta se dá pela modelagem do sistema, que segundo Pressman e Maxim (2016), se trata das etapas em que são definidos os modelos abstratos de um sistema, em que cada modelo proporciona uma perspectiva diferente sobre o sistema em questão. Os autores também trazem que os modelos podem ser referentes tanto a visões generalizadas do sistema como a contextos detalhados.

Dessa forma, algumas técnicas e ferramentas estabelecidas na bibliografia são aplicadas. Será utilizada a *Unified Modeling Language* ( *Unified Modeling Language* (UML)), que é uma linguagem utilizada para a modelagem de sistemas e documentar as tarefas realizadas nesse contexto. Objetiva-se, através disso, obter uma visão clara sobre o sistema para evitar imprevistos e erros relacionados tanto na fase de planejamento do sistema como nas etapas de implementação e comunicação entre as diferentes partes.

Foram aplicados alguns modelos que conseguem abarcar produtivamente a modelagem na solução proposta. Nesse contexto, foi abordado o modelo de requisitos funcionais e não funcionais e também o uso de diagramas como o diagrama de caso de uso.

Requisitos funcionais são todos os problemas e necessidades que o *software* deve satisfazer e resolver através de uma função ou serviço. Por outro lado, os requisitos não funcionais são todos os requisitos relacionados a como o *software* faz com que o plano se torne realidade. Ou seja, enquanto os requisitos funcionais estão focados no que será feito, os não funcionais descrevem como serão feitos, na Quadro 2 são apresentados os requisitos desse sistema.

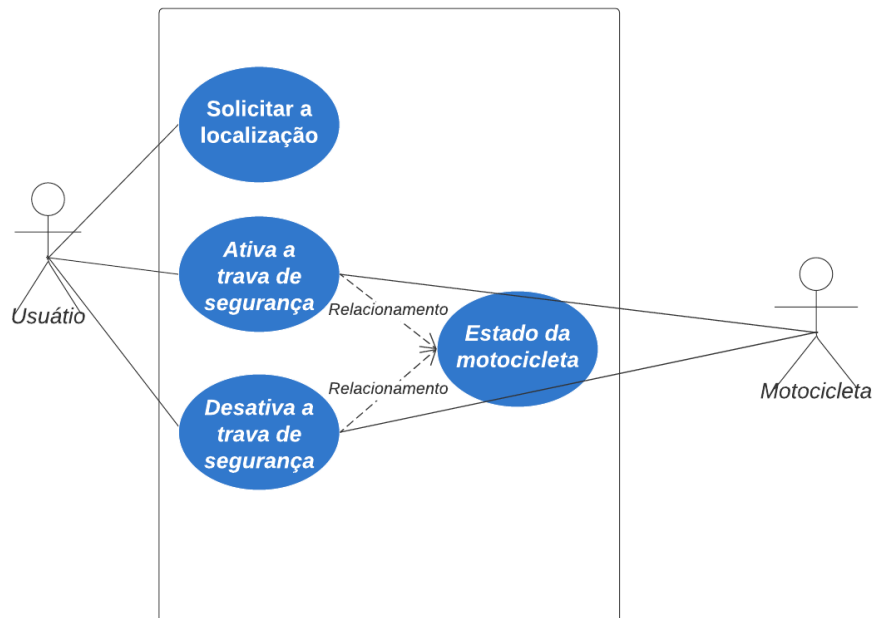
Quadro 2 – Requisitos funcionais e não funcionais.

Requisitos não funcionais	Baixo custo.
	Eficiente energeticamente.
	Automatizado.
	Alta autonomia.
	Escalável.
	Ser capaz de enviar os dados do veículo em tempo real para o usuário.
	Ser capaz de interromper o funcionamento da motocicleta em tempo real.
	Ser capaz de religar o sistema da moto em tempo real.
Requisitos Funcionais	Operar utilizando somente energia da bateria.
	Quando ligado iniciar e configurar todos os periféricos.
	Quando ligado estar completamente funcional.
	Tratar todos os dados obtidos antes de enviar para o usuário.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O propósito de um diagrama de caso de uso é mostrar as diferentes maneiras pelas quais os usuários interagem com um sistema. Essa categoria de diagrama fornece uma visão geral do relacionamento entre os atores e o sistema, na Figura 6 é apresentado esse diagrama do sistema abordado.

Figura 6 – Diagrama de caso de uso



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4.2 Seleção dos componentes

Após a modelagem do sistema, foi possível saber quais os componentes foram utilizados para compor a solução proposta. Dessa forma, compondo as partes do sistema estudadas através de materiais e fontes de sua natureza. Nesse contexto, os componentes de *hardware* foram estudados com a utilização de especificações técnicas (*datasheets*) disponibilizadas pelos fabricantes.

Outros aspectos do sistema, como tecnologias de comunicação e protocolos de integração foram estudados a partir de materiais dispostos na bibliografia. Foram consideradas as tecnologias aplicadas nos trabalhos relacionadas. Por fim, a seleção dos componentes atendeu a critérios definidos com base na modelagem do sistema descrita na seção anterior 4.1.

A escolha dos componentes se deu seguindo alguns critérios preliminares. Tanto o GSM como o GPS entraram na modelagem descrita, pois a proposta do projeto já prevê uso dessas tecnologias. Os componentes eletrônicos escolhidos até então são de baixo custo, podendo ser substituídos de forma fácil e rápida, caso ocorra falhas técnicas que os invalidem.

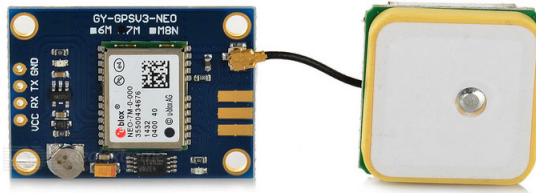
### 4.2.1 GSM

O módulo GSM escolhido foi o sim900(novecentos)a, sendo um módulo de extensão sem fio GPRS, composto por placa e antena que utiliza tensão de operação equivalente a 3,3(três vírgula três)V e corrente de 1,5(um vírgula cinco)mA. Esse dispositivo consegue receber e realizar o envio de dados remotos.

### 4.2.2 GPS

Em relação ao uso do GPS, foi escolhido o módulo NEO-7M com antena, visto que é otimizado para aplicações sensíveis ao custo, além de possuir capacidade de oferecer melhor desempenho e fácil integração com microcontroladores. Além disso, garantem bom desempenho mesmo em ambientes hostis.

Figura 7 – GPS Neo 7M



Fonte: (ESPEASY.READTHEDOCS, )

#### 4.2.3 Microcontrolador

O microcontrolador escolhido foi o ESP-32, que pertence à família do Arduino, para processar os dados recebidos e automatizar a ativação do relé. Essa escolha se deu, principalmente, pelo baixo consumo de energia e módulo *Wireless Fidelity* (Wi-Fi) embutido. Além disso, possui um processador Dual Core, *Bluetooth* híbrido e múltiplos sensores embutidos, tornando a construção de sistemas caracterizados por *Internet of things* (IoT) mais simples e compactos.

Foi escolhido para esse sistema um microcontrolador bastante utilizado em projetos de prototipagem é ilustrado na Figura 8.

Foi escolhido para esse sistema um microcontrolador bastante utilizado em projetos de prototipagem ilustrado na Figura 8. De acordo com Mesquita *et al.* (2018), a ESP32 é um microcontrolador de baixo custo e baixo consumo de energia. Ela se baseia na tecnologia *system-on-a-chip* que consiste em um sistema eletrônico, em um circuito integrado. Esse microcontrolador também possui Wi-Fi integrado uma boa capacidade de memória e processamento. A fácil programação do ESP-32 é factível através dos diversos *softwares* compatíveis, evidenciando-se a linguagem de programação C/C++ (SANTOS JEAN WILLIAN; LARA JUNIOR, 2019).

Figura 8 – Microcontrolador ESP-32



Fonte: (ROBOCORE, )

#### **4.2.4 Atuador**

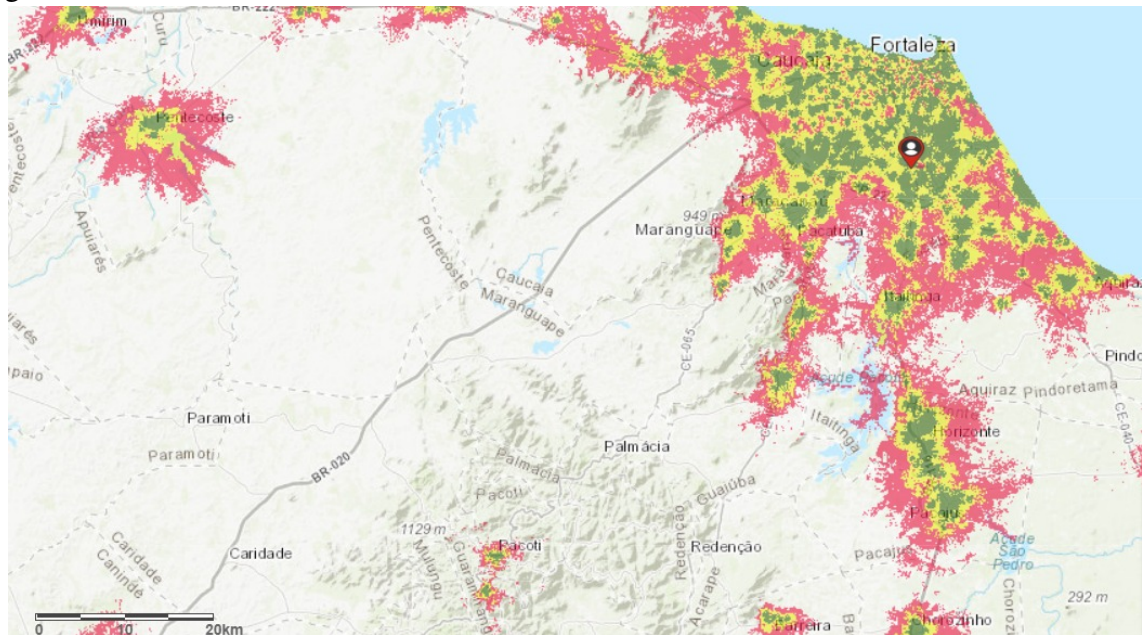
O atuador escolhido foi um módulo relé modelo *JQC-3FF-S-Z* de 1 Canal, atuando na tensão de controle de 5V, que pode atuar na tensão de saída (28 VDC a 10A) ou (250VAC a 10A) ou (125VAC a 15A). Esse modelo foi escolhido por seu baixo valor e sua facilidade de utilização, esse modelo também tem a vantagem de não provocar correntes de fugas.

#### **4.2.5 Cobertura das operadoras**

A abrangência do sistema de rastreamento depende diretamente da área de cobertura do provedor de telefonia escolhido. É importante ressaltar que o provedor de telefonia escolhido foi o que mais se adequou à demanda de cobertura do estado, no caso, Vivo.

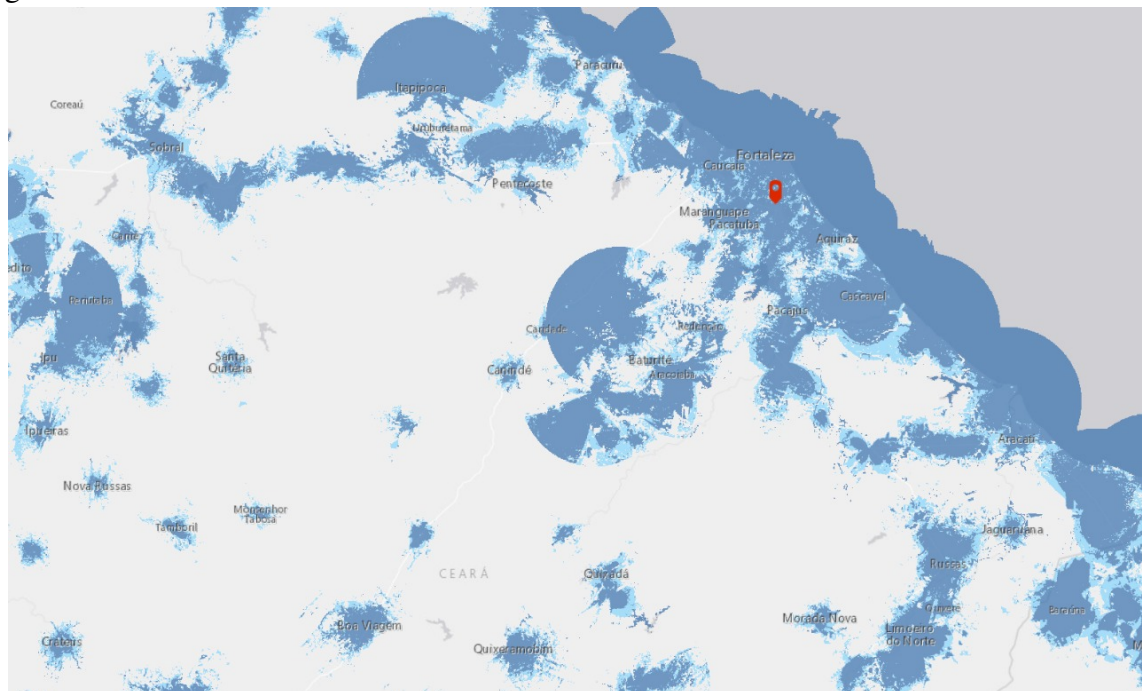
As Figuras 9, 10 e 11 a representam a área de cobertura das 3(três) maiores operadoras de telefonia do Ceará.

Figura 9 – Cobertura da Claro



Fonte: Elaborado pelo autor.

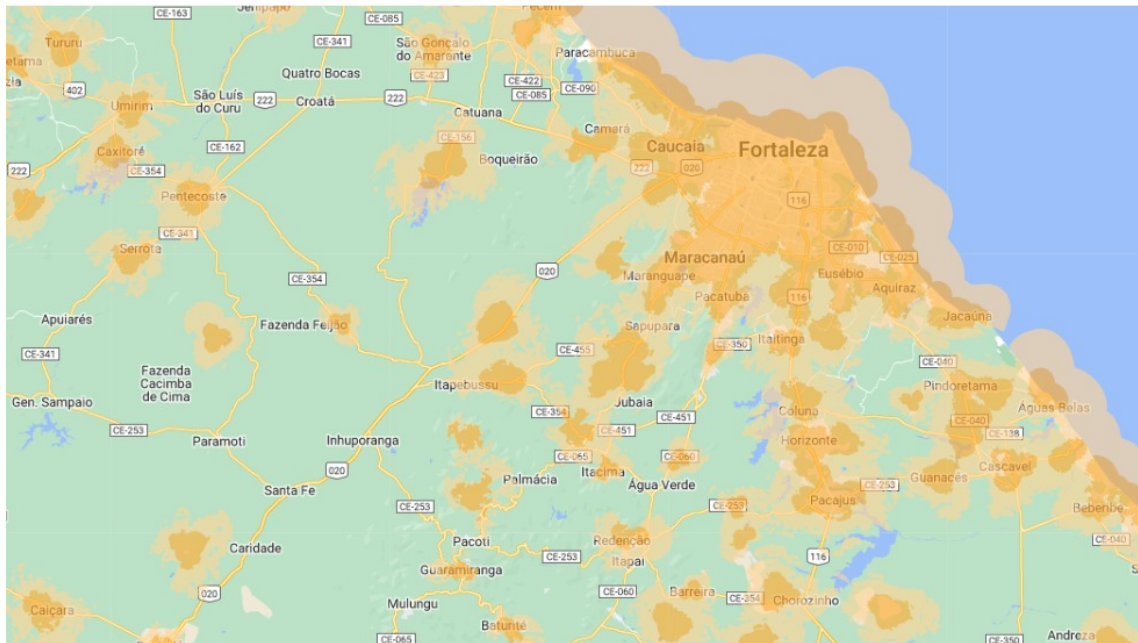
Figura 10 – Cobertura da Tim



Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 11 – Cobertura da Vivo



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 4.3 Desenvolvimento do protótipo

Após a seleção e aquisição dos componentes, foi possível iniciar a etapa de desenvolvimento do protótipo relacionado a solução proposta, a partir da montagem do *hardware*. Nessa etapa, os componentes são ligados ao microcontrolador a partir de portas compatíveis, selecionadas através da consulta nos materiais que abordam as suas respectivas especificações técnicas.

Com isso, o desenvolvimento seguiu com a preparação do ambiente em que será implementado o *firmware* responsável por tornar o protótipo funcional. Nesse sentido, será utilizada o Ambiente de Desenvolvimento Integrado (do inglês: *Integrated Development Environment* (IDE)) disponibilizado para placas compatíveis com Arduino. Inicialmente, será implementado um código base, utilizando a linguagem C, apenas com a leitura dos componentes externos, onde servirá para testar se existe algum defeito físico.

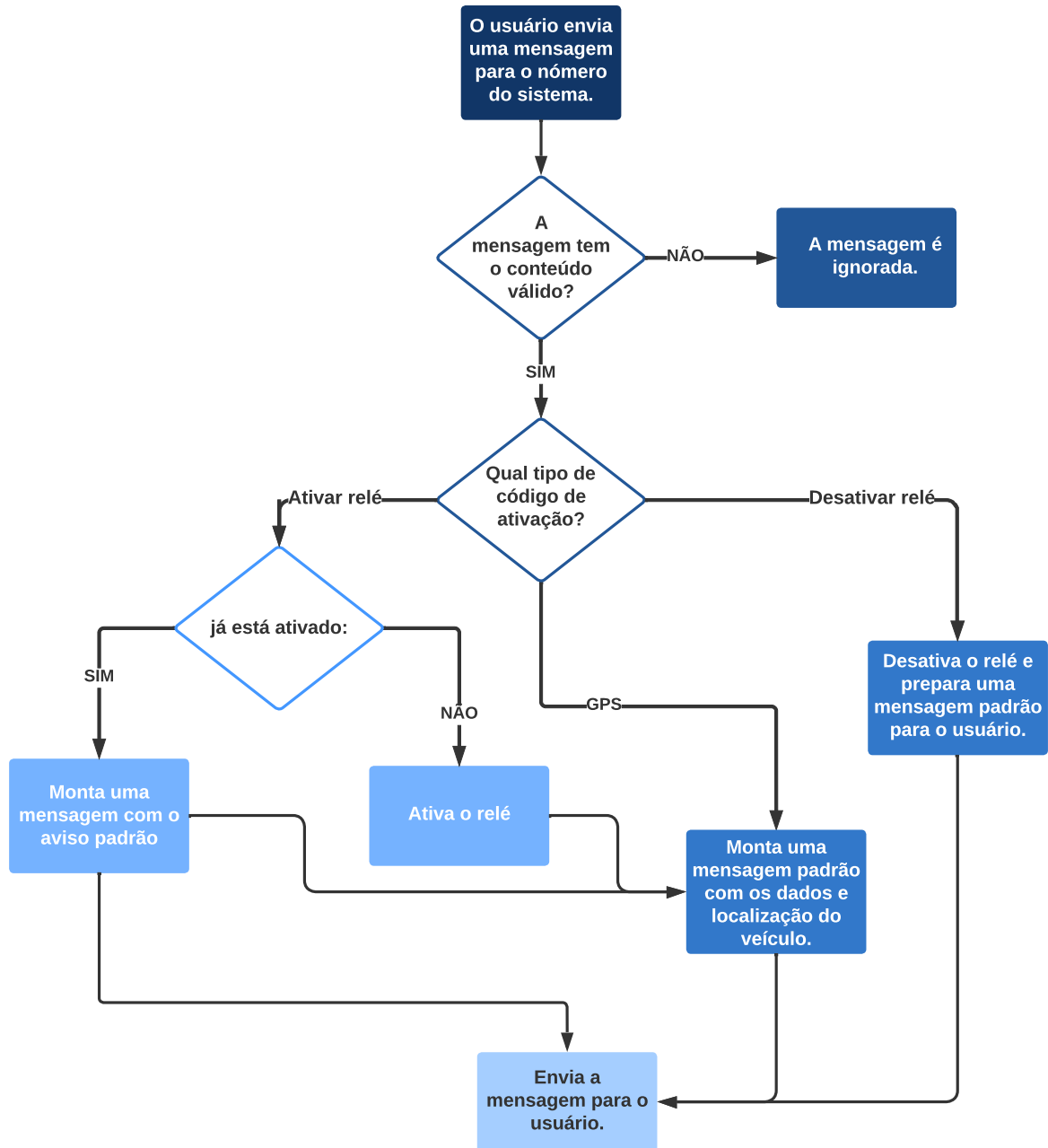
A partir disso, o código foi implementado para atender o comportamento do sistema modelado. Nesse contexto, foram desenvolvidas rotinas responsáveis por executar as funções responsáveis por tratar os dados referentes ao fluxo de comunicação entre as diferentes partes do sistema.

### 4.3.1 *Software*

A linguagem de programação C é uma das mais utilizadas para a construção de sistemas e foi a escolhida para o desenvolvimento de diversos projetos de sistemas embarcados. Dessa maneira, neste trabalho foi desenvolvido um *software* para monitoramento de motocicletas em C, o qual teve sua implementação segmentada nas seguintes etapas.

O fluxograma apresentado na Figura 12 é um diagrama esquemático que representa o fluxo do algoritmo. O algoritmo se inicia aguardando uma mensagem do usuário, após o recebimento dessa mensagem o algoritmo trata se é uma mensagem válida, caso seja, ele verifica que tipo de conteúdo está presente na mensagem, a partir desse conteúdo o algoritmo toma a decisão de enviar a localização, ativar ou desativar o relé.

Figura 12 – Fluxograma



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.2 Comunicação serial

A comunicação serial é o processo de enviar dados um bit de cada vez, sequencialmente, num canal de comunicação ou barramento. Esse bit no que lhe concerne é responsável por representar uma condição de voltagem (ligado-*on* ou desligado-*off*) em um dos pinos da porta serial, para envio ou recebimento de dados, representando 0 (desligado) ou 1 (ligado).

Essa comunicação serial é responsável por integrar as partes do sistema, permitindo que os componentes se comuniquem com o microcontrolador que utiliza essas informações, para transportar dados e sinais entre os componentes.

#### **4.3.3 Desenvolvimento da comunicação GPS**

Para desenvolvermos a funcionalidade do módulo GPS utilizamos a biblioteca *TinyGPS.h* esta biblioteca é um software livre que nos fornece métodos compactos e fáceis de usar para extrair posição, data, hora, altitude, velocidade e curso de dispositivo GPS de consumo.

Com esses dados inicia-se o desenvolvimento do algoritmo que irá consumir e formatar esses dados de forma intuitiva para que o usuário possa sem grandes dificuldades discernir o estado do seu veículo e sua localização através do *google maps*.

#### **4.3.4 Desenvolvimento da comunicação GSM**

O desenvolvimento da comunicação através de GSM se deu por meios de comunicação serial que utilizou a biblioteca *SoftwareSerial* permite a comunicação serial entre o *hardware* e os pinos digitais de uma placa.

Foram desenvolvidas funcionalidades que integram as outras partes dos sistemas, caso o código recebido pelo SMS fosse referente a localização, o sistema acionaria o GPS que por sua vez montaria a estrutura que será enviada para o cliente com os dados.

Caso o código seja para acionamento da trava de segurança o sistema aciona o relé e envia uma mensagem para o usuário confirmando que aquela ação ocorreu com sucesso ou não e em seguida envia uma mensagem com a localização atual do veículo.

Caso seja enviado o código para desligamento da trava de segurando o sistema irá retornar uma mensagem para o usuário confirmando que aquela ação ocorreu com sucesso ou não.

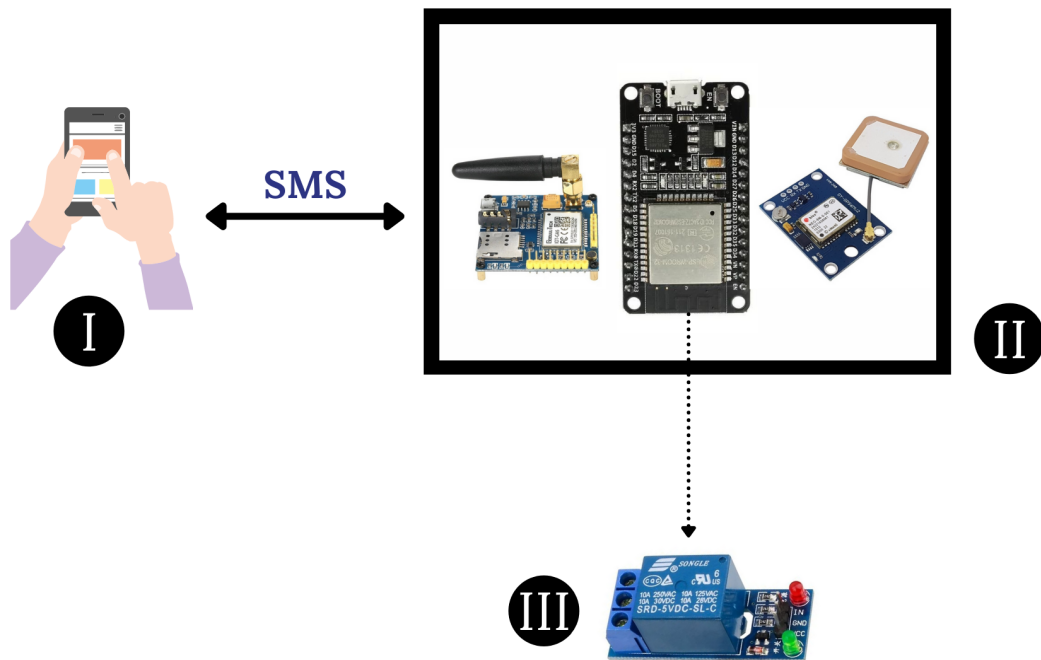
#### **4.3.5 Desenvolvimento da comunicação relé**

O relé permanecerá de modo fechado até ser acionado se comportando assim como um fio, ao receber o sinal de acionamento o relé será acionado se comportando como um circuito aberto até receber um novo comando para ser fechado.

#### 4.4 Funcionamento do sistema

Nesta Seção são mostrados os componentes que compõem o protótipo criado, utilizado para realização dos testes e verificação dos resultados.

Figura 13 – Arquitetura do sistema de comunicação



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme ilustrado na Figura 13, a etapa **I** representa o usuário interagindo com o sistema através do envio de um SMS, que pode ser em 2(dois) possíveis cenários: no primeiro, o usuário envia uma mensagem para o sistema com o intuito de receber a localização do sistema; no segundo, o usuário envia mensagem para acionar o sistema de segurança, que por sua vez impossibilita o funcionamento do veículo.

A parte **II** representa o controle do sistema que atua no tratamento dos dados enviados pelo usuário. Dessa forma, essa parcela é responsável por verificar o motivo da mensagem, além de controlar os dados recebidos pelo satélite. Nesse contexto, o componente GPS é responsável por enviar a localização do veículo para a ESP-32. Dessa forma, podem ocorrer 2(dois) casos de uso, baseados na requisição do usuário: no primeiro, o microcontrolador aciona o relé e no segundo ele envia a localização do GPS para o GSM, que por sua vez retorna ao usuário. O relé, que representa a parcela **III** do sistema, é responsável por atuar diretamente na parte elétrica da motocicleta, interrompendo o fluxo de energia que passa da bateria para a bobina.

## 5 EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Após ser concluída a versão final do protótipo, foi analisado alguns pontos de melhorias e avaliação do sistema, também foram realizados alguns testes em diferentes ambientes, visando avaliar funcionalidade, desempenho e qualificação.

Inicialmente, foram realizados testes de funcionalidades para verificar se o sistema é adequado a sua modelagem. A fim de verificar aspectos de comunicação entre os diferentes componentes, assim como o *status* de funcionamento dos mesmos. Esses testes foram realizados em bancada, utilizando equipamentos de instrumentação para aferir os níveis de tensão relacionados a funcionalidades do componente.

Posteriormente, através do Teste de Desempenho, foi observado se o sistema está de fato contribuindo para a solução proposta, como, por exemplo, notificando os usuários com a localização do veículo, também, foram realizados os testes de Configuração, em que serviu para apontar as principais características em um cenário de modificação do ambiente de teste.

Por fim, um Teste de Qualificação finalizou esta etapa ao ser desenvolvido. Objetivase, a partir disso, identificar fatores externos que interfiram indesejavelmente no funcionamento do sistema. Para isso, foram realizadas algumas atividades no ambiente real de aplicação da solução, dentro de um contexto em que sejam testadas as disponibilidades dos serviços e seu tempo de resposta.

### 5.0.1 *Cenários de testes*

Alguns dos testes realizados são testes de desempenho da funcionalidade para a qual determinada atividade foi projetado, por exemplo, se quando solicitado o sistema enviaria os dados de localização corretamente, a funcionalidade dos componentes que o integram para comprovar que o sistema está funcionando normalmente e testes de qualificação de meio ambiente medindo os efeitos causados por agentes como distância e baixa qualidade do sinal e falhas na comunicação.

Os resultados obtidos foram analisados e comparados de modo a verificar sua consistência e relações entre si.

### **5.0.2 Experimento 1**

O experimento 1 consiste no tempo de resposta que o sistema leva para efetuar determinada ação em relação à distância. Ao usuário aciona uma determinada função do sistema que se encontra a distâncias de 1(um)m, 100(cem)m, 1(um)kM, 5(cinco)kM do sistema será medido o tempo médio de resposta do sistema ao usuário.

### **5.0.3 Experimento 2**

O experimento 2 consiste na eficiência do sistema. Foi avaliado se o sistema efetivamente interromper a passagem de tensão e corrente da bateria para a bobina da motocicleta. Esse teste foi feito com uma fonte de bancada que simula a bateria da motocicleta que é de 12v. O resultado foi analisado através de um multímetro.

### **5.0.4 Experimento 3**

O experimento 3 consiste no sistema está localizado em uma área que não possua cobertura telefônica. Após uma determinada função do sistema ser acionado nessas condições, analisaremos o comportamento do sistema.

### **5.0.5 Experimento 4**

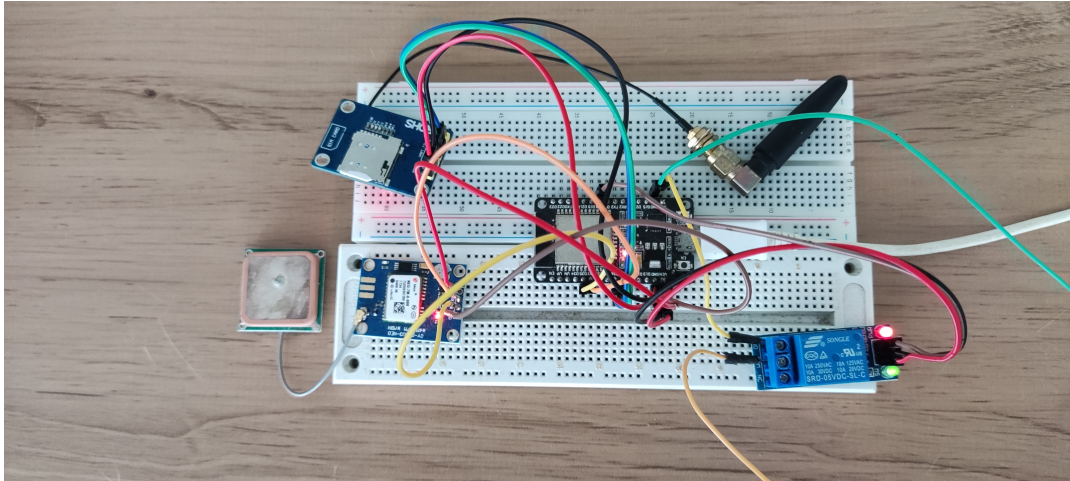
O experimento 4 consiste em avaliar a precisão do GPS com o veículo em movimento. Foi comparado a localização do ponto onde o usuário fez a requisição ao sistema com a localização real do veículo no instante que o usuário recebeu a resposta do sistema.

## **5.1 Avaliação dos resultados**

A última etapa metodológica apresentará a avaliação dos dados coletados a partir dos testes descritos na seção anterior. As informações oriundas da etapa anterior foram utilizadas para traçar resultados que descrevem se o funcionamento do sistema é eficaz. A métrica de comparação será dada pelos trabalhos encontrados na bibliografia.

Preliminarmente, foram consideradas na etapa de avaliação alguns aspectos como responsividade, em que se relaciona ao tempo médio de resposta, além de precisão relacionada a localização detectada pelo GPS. Os testes foram feitos com o protótipo da Figura 14.

Figura 14 – Protótipo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1.1 Resultados do experimento 1

Para cada cenário foi simulado 10(dez) tentativas, e o resultado apresenta no Quadro 3 é a média de tempo dessas 10(dez) simulações, foi analisado também se houve alguma instrução enviada pelo usuário que não obteve retorno.

Na Figura 15 podemos ver um exemplo da resposta do sistema ao usuário após o usuário solicitar a localização do veículo, na resposta do sistema contém os dados editados de forma intuitiva para facilitar o entendimento do usuário.

Alguns dos dados presentes na resposta do sistema são um *link* clicável para redirecionar o usuário ao *Google* mapas que mostrará a exata localização e possui ferramentas como rotas para chegar até o veículo, também apresenta dados como data, hora, velocidade do veículo e sentido, que pode ajudar a detectar para o veículo está indo.

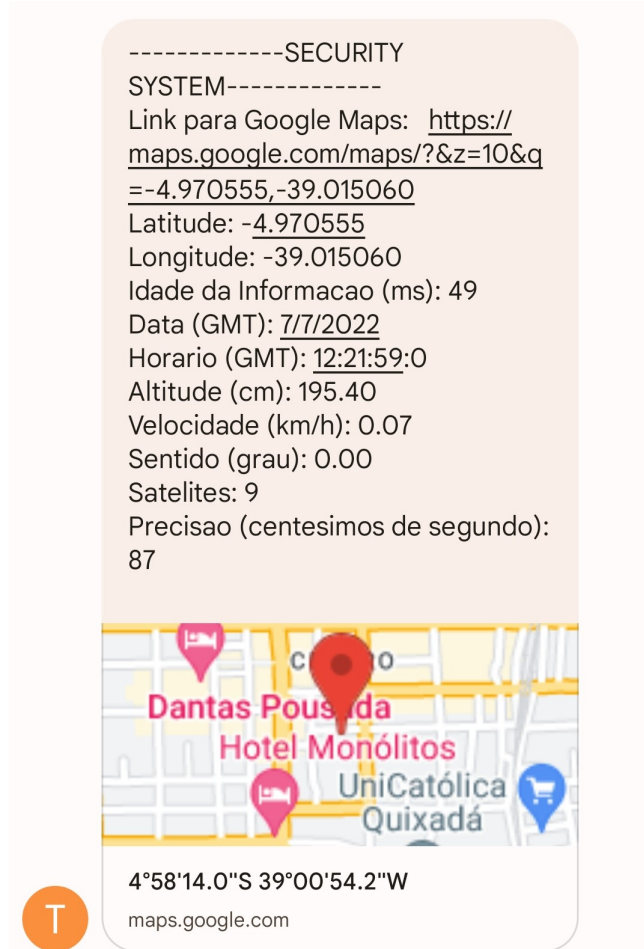
Quadro 3 – Resultados do experimento 1.

Distância	Tempo de resposta	Perca de resposta
1m	45s	Não
100m	45s	Não
1km	48s	Não
5km	53s	Não

Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 15 – Resposta do sistema a uma requisição de localização da motocicleta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1.2 Resultados do experimento 2

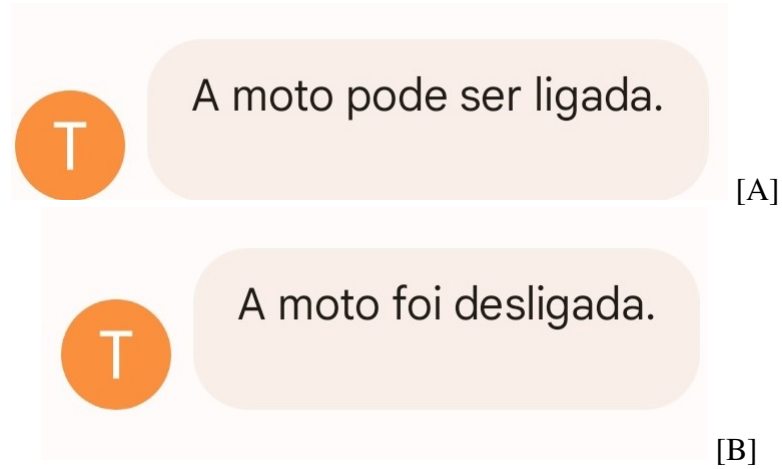
A Figura 16.A apresenta a confirmação enviada para o usuário que a motocicleta pode ser religada e utilizada normalmente. Já na Figura 17.A mostra que o curto na bateria foi desfeito.

Apresenta-se na Figura 16.B a confirmação do sistema enviada para o usuário que o desligamento da motocicleta ocorreu com sucesso, a Figura 17.B mostra como a parte elétrica da motocicleta se comporta com o acionamento dessa requisição, gera um curto na bateria fazendo com que a motocicleta pare de funcionar.

### 5.1.3 Resultados do experimento 3

Durante o experimento 3 o sistema foi colocado em uma área que não possui cobertura telefônica em seguida foi feito uma requisição ao sistema para obter a localização como esperado, não houve resposta do sistema. A medida que o sistema foi recolocado em uma

Figura 16 – Resposta do sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17 – Resposta elétrica aos comandos.



Fonte: Elaborado pelo autor.



ambiente que possui cobertura, era esperado que o comando fosse recebido, mas não houve uma resposta.

#### **5.1.4 Resultados do experimento 4**

O experimento 4 foi executado em uma motocicleta a 30(trinta)km/h, esse experimento mediu o erro médio de localização de uma motocicleta em movimento.

Foi analisado que o tempo que a solicitação era enviada do usuário até o recebimento, tratamento e reenvio do sistema, foi visto que o erro médio de localização depende diretamente da velocidade da motocicleta no momento em que foi feita a requisição de localização e também depende do tempo de resposta do sistema que é de cerca de 50s como visto no experimento 1.

Tendo em vista a localização enviada pelo sistema há uma área que a motocicleta se encontra. Essa área é calculada através velocidade dividida por 3,6(três virgula seis) e multiplicado por 50(cinquenta) onde a velocidade é convertida para metros por segundo e multiplicado pela média de tempo de resposta do sistema, no caso do teste que foi feito a 30(trinta)Km/h o veículo em movimento está localizado em um raio de 400(quatrocentos)m.

## 6 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou o processo de desenvolvimento de um sistema de baixo custo utilizando GPS, de maneira que o usuário pode utilizá-lo por meio de mensagens de texto, interpretadas por um dispositivo GSM, visando prevenir o roubo de motocicletas impedindo seu funcionamento através de uma trava elétrica e também facilitar sua recuperação em caso de tal situação ocorresse.

O processo de construção do dispositivo foi rápido e tudo funcionou como esperado. Os sensores mostraram-se bastante precisos, pois os dados de GPS coletados correspondiam à sua localização física, não havendo grandes erros de localização, não foram perdidas mensagens pelo dispositivo GSM visto que onde havia cobertura o sistema respondeu a todas as informações quando solicitadas.

Com base nos resultados descritos na Seção 5.1, mostram que a pesquisa realizada e o protótipo construído atingiram com sucesso o objetivo, o usuário consegue acesso à localização do veículo em tempo real contanto que o veículo esteja em uma área que possua cobertura de sinal da operadora escolhida, da mesma forma o usuário consegue impedir o funcionamento da motocicleta e restabelecê-lo sem a necessidade de manutenção no sistema ou troca de componentes, ou peças.

Como trabalhos futuros pretende-se melhorar o sistema de forma que os veículos próximos que utilizam esse sistema, possam trocar informações de forma a melhorar o sinal e a transmissão de dados, esse veículo seria utilizado como rotas para trafegar as informações do veículo solicitado como uma rede. Em adição, essa nova plataforma poderia contar com um aplicativo mobile que tornasse mais intuitivo a configuração e funcionalidade do sistema.

Ainda como trabalhos futuros, pretende-se expandir a utilização desse sistema para carros e realizar um estudo sobre o comportamento e a viabilidade da utilização desse sistema em uma grande frota como a Uber, com o intuito de analisar como os dados trafegariam nesse rede de veículos e se esse sistema efetivamente conseguiria impedir furtos e roubos e facilitar na recuperação de veículos.

## REFERÊNCIAS

- ASTUTI, N. P.; RITZKAL, R.; HENDRAWAN, A. H.; PRAKOSA, B. A. Vehicle security system using short message service (sms) as a danger warning in motorcycle vehicles. **Journal of Robotics and Control (JRC)**, [S.I.], v. 1, n. 6, p. 224–228, 2020.
- BRASIL. Art. 155 do código penal - decreto-lei nº2.848, de 7 de dezembro de 1940. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1940. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del2848.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del2848.htm). Acesso em: 17 mar. 2022.
- BRASIL. Art. 157 do código penal - decreto-lei nº2.848, de 7 de dezembro de 1940. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1940. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/del2848.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del2848.htm). Acesso em: 17 mar. 2022.
- CAMPI, M. S. **Fatores de influência para otimização do nível de emissão irradiada do sistema de ignição**. Anais do XXIII Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva-SIMEA, p. 222–228, 2014.
- DETRAN. **Veículos por tipo no Estado do Ceará. Secretaria de Infraestrutura do Estado do Ceará**. Disponível em: <https://www.detran.ce.gov.br/estatisticas/>. Acesso em: 05. abr. 2021. [S.l.:s.n.], 2021.
- DIAS, B. M. d. A. **Unidade microcontroladora para gerenciamento eletrônico de um motor de combustão interna ciclo Otto**. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, 2015.
- EADUINO. **Relé e Sensores de Temperatura: Lm35 e ds18b20**. Disponível em: <https://www.robocore.net/wifi/esp32-wifi-bluetooth>. Acesso em: 08 ago. 2021. [S.l.:s.n.], 2011.
- EL-RABBANY, A. **Introduction to GPS: the global positioning system**. [S. l.]: Artech house, 2002.
- ESPEASY.READTHEDOCS. **Neo 7M**. Disponível em: [https://espeasy.readthedocs.io/en/latest/Plugin/P082\\_Neo-7M.html](https://espeasy.readthedocs.io/en/latest/Plugin/P082_Neo-7M.html). Acesso em: 06. jul. 2022. [S.l.:s.n.], 2022.
- FARIAS, G. F. **5G–Redes de comunicações móveis de quinta geração: evolução, tecnologia, aplicações e mercado**. [S. l.]: Engenharia Elétrica-Pedra Branca, 2019.
- FRANCHI, C. M. **Acionamentos elétricos**. [S. l.]: Saraiva Educação SA, 2018.
- GU, G.; PENG, G. **The survey of GSM wireless communication system**. In: IEEE. **2010 international conference on computer and information application**. [S. l.]: [S.I.], 2010. p. 121–124.
- HELLENO, F. T. e Maria Oliveira e A. **Telemetria Automotiva via Internet Móvel**. Revista Ciência e Tecnologia. v. 16, n. 28/29, 2014. ISSN 2236-6733. Disponível em: <http://www.revista.unisal.br/sj/index.php/123/article/view/264>. Acesso em: 17 mar. 2022.
- HERMIDA, D. D. *et al.* **Os sistemas “automatic vehicle location” e o controle de jornada de trabalho do motorista rodoviário: mutação normativa do artigo 62, i, da clt**. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2012.
- HONDA, M. **Manual de Treinamento Técnico para motos**. [S. l.]: Departamento de Serviços e Pós-Venda Moto Honda da Amazônia LTDA, 2010.

- IBGE. Ibge - instituto brasileiro de geografia e estatística. In: IEEE. **Censo demográfico**. [S. l.], 2021.
- MARWEDEL, P. **Embedded system design: embedded systems foundations of cyber-physical systems, and the internet of things**. [S. l.]: Springer Nature, 2021.
- MELO, F. A. **Segurança em entrada e partida passivas de automóveis: uma revisão da literatura e um modelo**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, 2018.
- MESQUITA, J.; GUIMARÃES, D.; PEREIRA, C.; SANTOS, F.; ALMEIDA, L. **Assessing the ESP8266 WiFi module for the Internet of Things**. In: IEEE. [S. l.]: 2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2018. v. 1, p. 784–791.
- MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo Navstar-GPS**. [S. l.]: Unesp, 2000.
- NASIR, M. M.; MANSOR, W. **GSM based motorcycle security system**. In: IEEE. [S. l.]: 2011 IEEE Control and System Graduate Research Colloquium, 2011. p. 129–134.
- OLIVEIRA, J. R. de; SHIN-TING, W. **Metodologia de Projeto de Sistema Embarcado**. [S.l.: s.n.], 2019.
- PAULCHAMY, B.; VENKATESH, A.; KUMAR, M. S.; KUMARAN, M. S.; KUMAR, S. S.; PRASATH, M. **Real time implementation of two wheeler theft control using rfid, gsm and electronic lock**. [S.l.:s.n.], 2018.
- PEREIRA, F. **Microcontroladores PIC: programação em c**. [S. l.]: Saraiva Educação SA, 2007.
- PRESSMAN, R.; MAXIM, B. **Engenharia de Software**. 8. ed. [S. l.]: McGraw Hill Brasil, 2016.
- PURWANTO, K.; HARIADI, T.; MUHTAR, M. Y. *et al.* **Microcontroller-based RFID, GSM and GPS for motorcycle security system** Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl. [S.I], v. 10, n. 3, p. 447–451, 2019.
- R7. **Uma moto é roubada ou furtada a cada 16 minutos no estado de SP**. Disponível em: <https://noticias.r7.com/sao-paulo/uma-moto-e-roubada-ou-furtada-a-cada-16-minutos-no-estado-de-sp-29062022>. Acesso em: 06. jul. 2022. [S.l.:s.n.], 2022.
- ROBOCORE. **ESP32 - WiFi Bluetooth**. Disponível em: <https://www.robocore.net/wifi/esp32-wifi-bluetooth>. Acesso em: 08 ago. 2021. [S.l.:s.n.], 2021.
- RODRIGO, L. **Conceito de sensores e atuadores**. Disponível em: <http://leandro-robotica.blogspot.com/2011/05/conceito-e-sensores-eatuadores.html>. Acesso em: 17 mar. 2022. [S.l.:s.n.], 2022.
- SANJEEV, S.; AJAYAN, J.; GOWTHAM, S. Microcontroller based borewell vehicle status informer using gsm. In: IEEE. **2019 5th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS)**. [S. l.]: [S.I], 2019. p. 73–77.
- SANTOS JEAN WILLIAN; LARA JUNIOR, R. C. d. **Sistema de automatização residencial de baixo custo controlado pelo microcontrolador ESP32 e monitorado via smartphone**. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Automação Industrial)) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2019.

SILVA, R.; AIRES, K.; SANTOS, T.; ABDALLA, K.; VERAS, R. Segmentação, classificação e detecção de motociclistas sem capacete. **XI Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (SBAI), Fortaleza, Ceará–Brasil, 2013.**

SINGO, F. **Comunicações Móveis e sem Fios.** [S.l: s.n]], 2018.

SRIBORRIRUX, W.; DAN-KLANG, P.; WIYARUN, W.; INDRA-PAYOONG, N. An embedded rf-based motorcycle trajectory data for security monitoring system over university vehicular network. In: IEEE. **2015 IEEE 81st Vehicular Technology Conference (VTC Spring).** [S. l.]: [S.I], 2015. p. 1–5.

THOMAZINI, D.; ALBUQUERQUE, P. U. B. de. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações.** [S. l.]: Saraiva Educação SA, 2020.

UDELL, J. **Beginning Google Maps mashups with mapplets, KML, and GeoRSS: from novice to professional.** [S. l.]: Apress, 2008.

UOL. **Motos na mira dos bandidos.** Disponível em: <https://www.uol.com.br/carros/noticias/redacao/2022/04/26/motos-na-mira-dos-bandidos-veja-10-modelos-mais-roubados-ou-furtados-em-sp.html>. Acesso em: 06. jul. 2022.[S.l.:s.n.], 2022.

VIEIRA, F. A. R. **Um sistema para acompanhamento da localização em tempo real de veículos do transporte público.** [S.l: s.n], 2018.