CENTRO PAULA SOUZA
FATEC SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Eletrônica Automotiva

Deivide Conceição de Souza
Felipe Alves Leite da Silva
Ricardo de Souza

SISTEMA DE TELEMETRIA VEICULAR

Santo André
2022

Deivide Conceição de Souza
Felipe Alves Leite da Silva
Ricardo de Souza

SISTEMA DE TELEMETRIA VEICULAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à FATEC - Santo André como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva sob orientação do professor Me. Weslley M. Torres.

Santo André
2022

FICHA CATALOGRÁFICA

S729s
Souza, Deivide Conceição de
Sistema de telemetria veicular / Deivide Conceição de Souza, Felipe Alves Leite da Silva, Ricardo de Souza. - Santo André, 2022. – 55f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2022.

Orientador: Prof. Me Weslley Medeiros Torres

1. Eletrônica. 2. Desenvolvimento. 3. Sistema. 4. Telemetria. 5. Software. 6. Tecnologia. 7. GPS. 8. SD Card. 9. Microcontrolador. 10. Veículo. I. Silva, Felipe Alves Leite da. II. Souza, Ricardo de. III. Sistema de telemetria veicular.

629.2

LISTA DE PRESENÇA

Santo André, 27 DE JUNHO DE 2022.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA: **"SISTEMA DE TELEMETRIA VEICULAR"** DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:
PROF. WESLLEY MEDEIROS TORRES_____

MEMBROS:
PROF. FERNANDO GARUP DALBO_____

PROF. LUCIANO BREVE ABRAHÃO_____

ALUNO:

DEIVIDE CONCEICAO DE SOUZA Deivide C. de Souza

FELIPE ALVES LEITE DA SILVA Felipe Alves

RICARDO DE SOUZA Ricardo de Souza.

“Dedicamos a Deus, nossos familiares e ao corpo docente da Fatec.”

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus pela oportunidade e por ter nos sustentado até aqui, a todo corpo docente da Fatec e em especial ao professor Me. Weslley M. Torres, nosso orientador neste trabalho.

“O que sabemos é uma gota, o que ignoramos é um oceano”

Isaac Newton

RESUMO

Nos dias atuais a informação tem ganhado grande relevância para o desenvolvimento de soluções nos mais variados campos de atuação. A obtenção de dados de um veículo, e sua análise, pode trazer muitas vantagens econômicas, aumentar a segurança e reduzir gastos de manutenção. Atualmente o veículo não é visto apenas como um meio de locomoção e o seu uso como ferramenta de trabalho tem aumentado gradativamente. Este trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema de telemetria de baixo custo que colete informações de um dispositivo *Global Positioning System* (GPS), como a data e hora atual, localização e velocidade do veículo e as armazene em um *Secure Digital Card* (*SD Card*) para uma análise assíncrona em um *software* com uma interface dedicada, trazendo um novo olhar para os sistemas de telemetria ao monitorar a utilização e o comportamento do condutor alcançando resultados relacionados à segurança e melhoria no trânsito das cidades. O sistema proposto pode ter grande valor para empresas que dispõem de frotas e queiram saber como e em que regiões os veículos são utilizados, bem como particulares que queiram obter mais informações sobre o uso ou seu comportamento ao volante. A localização do veículo permite a verificação da sua posição em relação a uma cerca virtual (*Fence)*, o que significa um maior controle das empresas de seus veículos e dos bens transportados. No desenvolvimento deste projeto foi utilizado um microcontrolador PIC18F4550 da Microchip, com a adição de um módulo GPS NEO-6M da U-blox e um módulo leitor *SD Card*. Para a integração dos módulos ao microcontrolador serão utilizadas comunicações *Serial Peripheral Interface* (SPI) e *Universal Asynchrounous Receiver/Transmiter* (UART). A leitura dos dados gravados no *SD Card* é realizada por um *software* com interface gráfica, o que permite ao usuário final analisar as informações coletadas.

Palavras-chave: GPS. SD Card. Telemetria. Microcontrolador. Cerca virtual.

ABSTRACT

Nowadays, information has gained great relevance for the development of solutions in the most varied fields of activity. Obtaining data from a vehicle, and analyzing it, can bring many economic advantages, increase safety and reduce maintenance costs. Currently the vehicle is not only seen as a way of locomotion and its use as a work tool has gradually increased. This work consists in the development of a low-cost telemetry system that collects information from a Global Positioning System (GPS) device, such as the current date and time, location and vehicle speed, and stores them on a Secure Digital Card (SD Card) for an asynchronous analysis in a software with a dedicated interface, bringing a new way to look to telemetry systems by monitoring the use and behavior of the driver, achieving results related to safety and improvement in cities traffic. The proposed system could have great value to companies that have fleets and want to know how and in which regions the vehicles are used, as well as individuals who want to obtain more information about their use or behavior behind the wheel. The location of the vehicle allows the verification of its position in relation to a virtual fence (Fence), which means greater control by the companies of their vehicles and the transported goods. In the development of this project, a Microchip PIC18F4550 microcontroller was used, with the addition of a NEO-6M GPS module from U-blox and a SD Card reader module. For the integration of the modules to the microcontroller, Serial Peripheral Interface (SPI) and Universal Asynchrounous Receiver/Transmiter (UART) communications will be used. The reading of the data recorded on the SD Card is performed by a software with a graphical interface, which allows the final user to analyze the information collected.

Keywords: GPS. SD Card. Telemetry. Microcontroller. Fence.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vantagens e Desvantagens do GPS. 19

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Reflexão do sinal dos satélites GPS por objetos. 20
Figura 2 – Cercas virtuais da empresa Alliz. 21
Figura 3 – Diagrama esquemático do sistema de telemetria e rastreamento. . . 22
Figura 4 – Fluxo de dados do sistema de telemetria e rastreamento. 23
Figura 5 – Fluxograma da transmissão dos dados para o servidor. 23
Figura 6 – Interface do Sistema de Telemetria. 24
Figura 7 – Diagrama esquemático do projeto de monitoramento em tempo real. 25
Figura 8 – Competição Shell Eco Marathon. 27
Figura 9 – Diagrama de funcionamento. 28
Figura 10 – Interface Gráfica programada em LabVIEW. 28
Figura 11 – Componentes. 30
Figura 12 – Diagrama de blocos da comunicação entre os módulos. 30
Figura 13 – Mensagem enviada pela UART. 31
Figura 14 – Mensagem recebida do GPS via UART. 31
Figura 15 – Diagrama elétrico GY-GPS6MV2. 32
Figura 16 – Diagrama elétrico do módulo *SD Card*. 33
Figura 17 – Comunicação via SPI com o *SD Card*. 33
Figura 18 – Circuito para seleção de comunicação entre módulos. 35
Figura 19 – Diagrama elétrico da placa de circuito impresso. 36
Figura 20 – Placa de circuito impresso. 37
Figura 21 – Carta de tempo para o disparo de gravação. 38
Figura 22 – Algoritmo de gravação do *SD Card*. 38
Figura 23 – Fluxograma de detecção da posição do veículo em relação a cerca virtual. 39
Figura 24 – Referências geográficas. 40
Figura 25 – Lógica de detecção da cerca virtual. 41
Figura 26 – Fluxograma de funcionamento da interface de telemetria. 42
Figura 27 – Gráfico de velocidades atingidas. 43
Figura 28 – Mapa da rota percorrida. 43
Figura 29 – Relatório obtido pela interface. 44
Figura 30 – Tempo de execução do algoritmo da cerca virtual e gravação no *SD Card*. 45
Figura 31 – Tempo de duração da mensagem do GPS via UART. 46
Figura 32 – Intervalo de tempo entre mensagens do GPS via UART. 46
Figura 33 – Precisão do modulos GPS U-blox e *smartphone*. 47
Figura 34 – *Display* modificado para o ensaio do algoritmo da cerca virtual. . . 47

Figura 35 – Informações do veículo no primeiro trajeto. 48
Figura 36 – Informações do veículo no segundo trajeto. 49
Figura 37 – Informações do veículo no terceiro trajeto. 50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	*Application Programming Interface*
BF	*Buffer Full Detect*
CSS	*Cascading Style Sheets*
CAN	*Controller Area Network*
dBm	Decibel miliwatt
ECU	*Eletronic Control Unity*
GNSS	Sistema Global de Navegação por Satélite
GPRS	*General Packet Radio Service*
GPS	*Global Positioning System*
GSM	*Group Special Mobile*
FAT	*File Allocation Table*
HTML	*HyperText Markup Language*
I/O	*Input/Output*
kbps	*Kilobit por segundo*
NMEA	*National Marine Electronics Association*
ms	Milissegundos
MSSP	*Master Synchronous Serial Port*
OBDII	*On Board Diagnostic II*
PID	*Parameter Identification*
PostgreSQL	Sistema Gerenciador de Banco de Dados Objeto-relacional
RAM	*Random Access Memory*
RF	Rádio Frequência
s	Segundos
SSPBUF	Registrador do *Buffer*

SSPIF	Flag de Interrupção
SSPSR	*Shift Register*
SQlite	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
TCP/IP	Protocolo de Controle de Transmissão/Protocolo de Internet
UART	*Universal Asynchrounous Receiver Transmiter*
WEB	Rede Mundial de Computadores

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 Objetivo 16
1.2 Motivação 16
1.3 Estrutura 16
1.4 Justificativa 17
2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO 18
2.1 Sistemas de telemetria e rastreamento no setor de avicultura 18
2.2 Sistema de telemetria e rastreamento de veículos 21
2.3 Monitoramento veicular em tempo real 24
2.4 Economia de combustível para veículos de passeio 25
2.5 Telemetria e monitoramento do veículo protótipo Shell Eco Marathon .. 27
3 METODOLOGIA 29
3.1 Módulo GPS 30
3.2 *SD Card* 32
3.3 Módulo *SD Card* 32
3.4 Cerca virtual 34
3.5 Aquisição de dados 34
3.6 APIs 35
3.7 Desenvolvimento 35
3.7.1 Funcionamento do sistema embarcado 37
3.7.2 Algoritmo da cerca virtual 39
3.7.3 Interface do usuário 41
4 ENSAIOS 45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 51
5.1 Conclusão 51
5.2 Propostas Futuras 51
REFERÊNCIAS 53
APÊNDICE A - CÓDIGO FONTE 55

1 INTRODUÇÃO

Os acidentes ocorrem pela somatória de uma série de fatores e estão separados em fatores humanos, como tempo de resposta, alcoolismo, estado de fadiga do motorista, e imprudência quanto as leis de trânsito. Outros fatores estão relacionados a defeitos no veículo, causados pela falta de manutenção preventiva, periódica ou por mau uso do condutor. Podemos citar também a rota utilizada como um fator decisivo, nem sempre um caminho mais curto mostra-se o mais seguro.

Bottesini e Nodari (2008), afirmam que cerca de 90% dos acidentes são causados por erros humanos ou violação da legislação de trânsito.

Sabendo que a maioria dos acidentes decorrem de falhas humanas, parte delas por imprudência ou imperícia, uma maneira de reduzir os acidentes é o monitoramento das ações dos condutores de veículos, gravando a rota e as informações que demonstrem a maneira como o veículo foi conduzido. Informações que podem trazer ganhos à segurança do trânsito das cidades, bem como a educação do condutor, que poderá ser alertado, caso a maneira que conduz o veículo não seja adequado às leis de trânsito. Murialdo (2020), afirma que o Brasil figura entre os dez primeiros países com maior índice de mortes causadas por acidentes em ruas, estradas e rodovias, grande parte ocorre por imprudência ou imperícia.

Pensando sobre o lado empresarial, o monitoramento do veículo tem como objetivo reduzir custos, aumentar o controle e a segurança. Saber a trajetória do veículo e sua velocidade permite a empresa advertir seus funcionários no caso de alguma infração, de condução em rotas perigosas, da operação do veículo e do descumprimento da carga horaria. Um exemplo a ser citado é o de caminhoneiros que acabam excedendo a carga de trabalho, não fazendo as paradas programadas, fator que tem grande influência em acidentes. Costa (2014), afirma que poucos sabem o quanto é perigosa a condução de veículos sob fadiga, o motorista pode dormir ao volante, resultando em acidentes e em muitos casos em morte. Além de perdas humanas, o faturamento das empresas é afetado quando gastos extras como multas e indenizações decorrentes de acidentes se somam as despesas.

Um ponto a ser considerado para obter um maior controle no transporte é a delimitação de cercas virtuais ou também conhecido como (*Fence*). Ao saberem que os seus veículos estão transitando em áreas conhecidas, evitando rotas degradadas, regiões violentas e, em casos extremos, ter a possibilidade de o veículo ser bloqueado, podem trazer maior segurança na operação das empresas. Junto a essa estratégia, ter informações operacionais, como também o horário que o veículo está sendo operado ajudaria a diminuir o excesso de carga horária de trabalho e acidentes por condução sob fadiga.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema de telemetria de baixo custo que colete informações de um dispositivo *Global Positioning System* (GPS), como localização, data, hora, velocidade e a detecção da posição geográfica do veículo em relação a cerca virtual. Todas essas informações serão armazenadas em um *Secure Digital Card* (*SD Card*) para que possam ser processadas posteriormente, utilizando um computador com um *software* desenvolvido com uma interface gráfica, o que permitirá posterior análise dos dados coletados.

1.2 Motivação

A redução de acidentes com base no monitoramento da velocidade, a localização do veículo e sua posição em áreas delimitadas são motivações que levaram o desenvolvimento deste trabalho. Murialdo (2020), em 2019 morreram 31.307 pessoas por acidentes de trânsito. O Brasil registrou 27.839 indenizações pagas por acidentes de trânsito com vítimas fatais entre janeiro e outubro de 2020. Parte dos acidentes podem ser evitados com melhores pavimentos, rodovias, sinalização e sistemas embarcados. Atuar na adoção de sistemas embarcados para ajudar tanto os usuários como os frotistas a manterem os veículos em melhores condições de uso e, de certa forma, monitorar erros humanos, evitando acidentes e trazendo ganhos a segurança do trânsito. Outros motivos podem ser citados para o desenvolvimento deste trabalho, como: no campo econômico, buscando a otimização dos recursos, redução de gastos com manutenção e prevenção de roubo de carga; no campo ambiental, a otimização de consumo energético e por consequência a redução na emissão de poluentes.

1.3 Estrutura

Este trabalho está estruturado da seguinte forma, no segundo capítulo é realizado o levantamento bibliográfico sobre o estado da arte dos sistemas de rastreamento veicular. O capítulo três, trata da metodologia, abordando os componentes utilizados e seus respectivos protocolos de comunicação, aquisição de dados, cerca virtual e *Application Programming Interface* (API). Aborda também o desenvolvimento do projeto, algoritmos, construção de *hardware* e interface gráfica. No capítulo quatro, são demonstrados os resultados dos ensaios efetuados e o capítulo cinco traz as conclusões finais e as propostas futuras para esse projeto.

1.4 Justificativa

Segundo Lino (2019), um sistema de telemetria é capaz de transmitir e receber dados de pontos inacessíveis de forma automática.

Existem inúmeras aplicações com sistema de telemetria, por exemplo: telemetria residencial, industrial, logística, veicular etc.

O uso da telemetria em veículos é uma das principais aplicações e já existem trabalhos que utilizam recursos de comunicação sem fio e armazenamento na nuvem. Pensando em reduzir custo e complexidade, este trabalho foca em armazenar as informações coletadas em um *SD Card* e por meio de um programa com Interface gráfica em um computador, efetuar a leitura para análise assíncrona destes dados. Desta forma evita-se gastos com redes móveis, servidores que seriam utilizados para o armazenamento de dados e problemas de comunicação em regiões com deficiência de redes móveis. A análise assíncrona permite a prevenção de acidentes ao possibilitar que empresas possam alertar seus funcionários, o que viabiliza a adoção de estratégias de incentivo, como por exemplo, comissões ou recompensas pela boa conduta no trânsito.

Cada vez mais fabricantes de veículos têm investido em sistemas de telemetria, mas têm dado atenção principal à manutenção do veículo, localização e *checkup* de sistemas.

Este trabalho busca um novo olhar para o uso dos sistemas de telemetria, ao monitorar a utilização e o comportamento do condutor alcançando resultados relacionados à segurança e melhoria no trânsito das cidades.

2 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Devido ao crescimento da tecnologia, os veículos adquiriram mais sistemas eletrônicos. Conforme essa evolução, muitos sistemas de telemetria veicular foram desenvolvidos na intenção de obter a melhor performance, durabilidade dos componentes, segurança na via, redução de furto e minimizar problemas de funcionamento.

Segundo Ferreira, Zullino e Brianez (2016), sistemas de telemetria permitem a análise de dados do veículo que seriam difíceis de serem coletados com o uso de cabeamento, e obter essas informações e armazená-las permite o gerenciamento desses dados para suprir a necessidade de mensurar grandezas físicas para o gerenciamento de equipamentos eletromecânicos.

Neste capítulo serão apresentados alguns estudos que já foram realizados a cerca deste assunto.

2.1 Sistemas de telemetria e rastreamento no setor de avicultura

Santos e Neto (2020) desenvolveram uma pesquisa com o objetivo de demonstrar a importância de sistemas de telemetria e rastreamento no setor de avicultura como um diferencial logístico na redução de custo e ganho de produtividade. No projeto, com informações coletadas pela empresa Gorilla Telemetria e Rastreamento foi possível a análise de dados para elaborar soluções atreladas ao gerenciamento de risco e eficiência de transporte.

Segundo Santos e Neto (2020), no Brasil a maioria do transporte de cargas é feito pelo modal rodoviário, novas tecnologias têm surgido para combater os roubos e furtos. O âmbito rodoviário oferece uma maior debilidade na segurança da carga em comparação a outros modais, como por exemplo, o ferroviário. Devido ao aumento da competitividade entre as empresas surgiu a necessidade de gerenciar os riscos.

O monitoramento do veículo permite analisar o trajeto, os tempos de paradas e as rotas, e trabalhar em conjunto com o dispositivo de rastreamento ajuda a ter uma melhor aplicabilidade. Existem duas tecnologias de dispositivos de rastreamento: por rádio frequência (RF) e por GPS.

Segundo Rodrigues, Cugnasca e Filho (2009), surgem as vantagens e desvantagens do uso do GPS como visto no quadro 1.

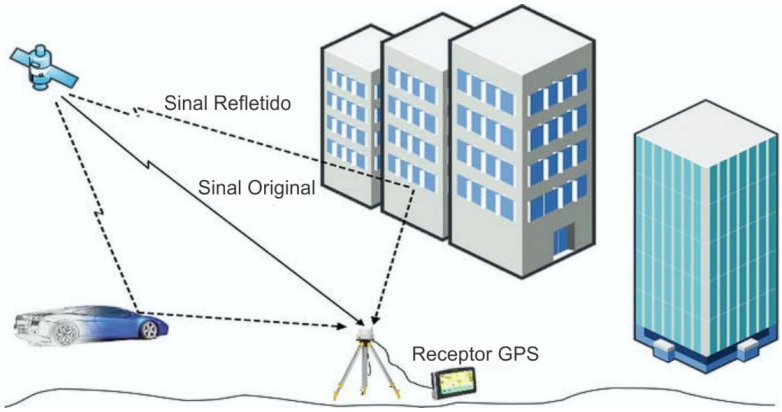
Quadro 1 – Vantagens e Desvantagens do GPS.

Vantagens	**Desvantagens**
Abrangência mundial;	Não funciona em ambientes fechados (túneis e garagens);
Adotado em 80% dos veículos que utilizam rastreamento;	Os sinais dos satélites podem ser obstruídos por pontes, viadutos e matas;
Precisão de aproximadamente 10 metros;	A geometria desfavorável dos satélites pode diminuir a precisão do posicionamento;
Não há custo de implantação e de operação de rede;	Falta de conhecimento do mercado para a ferramenta tecnológica;
A informação sobre a posição geográfica encontra-se no veículo;	Os receptores, ao serem ligados, ou após a perda de comunicação com satélite, levam certo tempo para (re)iniciar a aquisição dos dados (partindo a frio (*Cold Start*)).

Fonte: Karaim et al. (2018)

No rastreamento, os sistemas de GPS podem apresentar erros de precisão que devem ser considerados pelas empresas de rastreamento e à medida que a tecnologia evolui alguns fatores são considerados para aumentar a precisão do sistema. São observados no desenvolvimento dos dispositivos GPS: atrasos na ionosfera e troposfera, causado pela perda de intensidade do sinal do GPS ao atravessar a atmosfera; quando o sinal do GPS é refletido por objetos como prédios altos ou montanhas antes de alcançarem o receptor; falta de precisão do relógio interno com relação ao relógio atômico dos satélites GPS; erros nas informações das posições dos satélites; número de satélites visíveis; e quanto a posição relativa dos satélites em um dado instante. A figura 1 mostra um exemplo de reflexão do sinal do GPS por prédios e veículos.

Figura 1 – Reflexão do sinal dos satélites GPS por objetos.



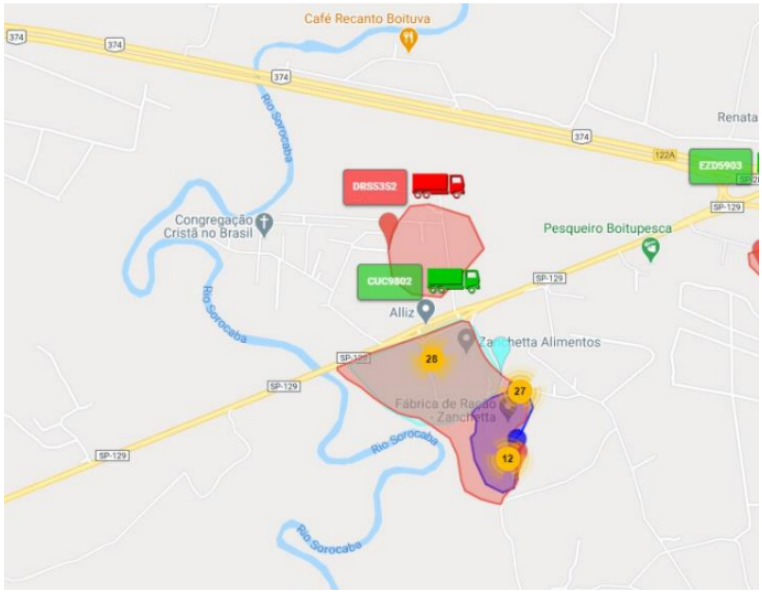
Fonte: Karaim et al. (2018).

Segundo Santos e Neto (2020), a telemetria cria a possibilidade de um melhor planejamento periódico das frotas, o que reflete num menor custo de transporte e consequentemente a redução de gastos com manutenções. Isso pode ser visto no estudo de caso que foi realizado na empresa Alliz, atuante no segmento da avicultura com uma capacidade técnica produtiva de 18 mil toneladas de carne de frango por mês, o abate diário de 600 toneladas, 70-80% destinadas ao mercado doméstico e os outros 20-30% para exportações entre 50 países, obtendo a receita de aproximadamente R$ 309.600.000,00 em exportações (cotação do dolar em 12/2018). De acordo com o estudo realizado, a companhia teve um faturamento de R$ 1 bilhão em toda sua operação em 2018.

Em meados de 2016 a Alliz iniciou uma parceria com a empresa Gorilla Telemetria e Rastreamento para se beneficiar dos serviços de telemetria e rastreamento de toda a sua operação de transporte.

Após alguns meses de operação, houve o implemento de novas regras, por exemplo a criação de cercas virtuais, que determinou uma região de tráfego fixa no mapa para o monitoramento da entrada e saída dos veículos destas áreas, o tempo de permanência e a aproximação de outras cercas definidas. A figura 2 demonstra as cercas virtuais da empresa Alliz na fábrica de Boituva-SP.

Figura 2 – Cercas virtuais da empresa Alliz.



Fonte: Santos e Neto (2020).

A relevância dessa parceria para a empresa Alliz é a possibilidade da otimização de processos, o que inclui o monitoramento da jornada de trabalho de seus funcionários, da temperatura do baú frigorífico que pode comprovar a conservação do produto e dos status das rotas e das entregas.

Segundo Santos e Neto (2020), em outubro de 2020, a empresa contava com o monitoramento de 275 veículos, e de acordo com os autores o custo total de implementação foi de aproximadamente R$ 41.250,00. Por não possuírem as informações sobre o *payback* do investimento, concluíram que o retorno ocorreria dentro de 8 a 10 meses analisando somente os dados de economia de combustível relacionados aos custos de implantação.

2.2 Sistema de telemetria e rastreamento de veículos

Dentre muitos trabalhos realizados, pode ser notado o trabalho desenvolvido por Lino (2019) que focou em um sistema dedicado ao público em geral e, segundo ele, devido ao aumento da frota de veículos em 1,2% em 2017, informação do Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores (SINDIPEÇAS), é interessante o proprietário do veículo ter um maior controle em manutenção e análise de falhas acessando as condições operacionais do veículo pela rede mundial

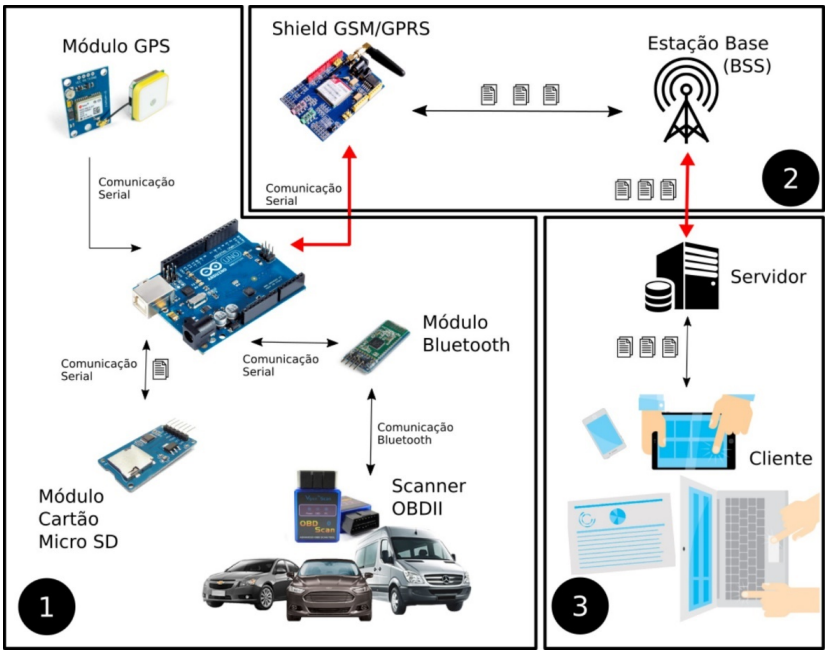
de computadores (WEB), que permite a leitura dos dados armazenados na nuvem, como também saber onde seu veículo se encontra.

Segundo Lino (2019), o rastreamento utiliza um sensor GPS que fornece informações, conforme o Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), de posição e velocidade precisas.

Para o desenvolvimento de seu estudo utilizou a plataforma de prototipagem rápida Arduíno, módulo de interface que permite realizar serviço Protocolo de Controle de Transmissão/Protocolo de Internet (TCP/IP), *Shield* (*Group Special Mobile* (GSM)/ *General Packet Radio Service* (GPRS)), módulo GPS, Sistema Gerenciador de Banco de Dados Objeto-relacional (PostgreSQL), Módulo *Bluetooth*, *Scanner On Board Diagnostic* (OBDII) e Módulo *SD Card*.

Segundo Lino (2019), conforme o diagrama da figura 3, o projeto foi separado em três camadas. A primeira camada de *hardware* instalada no veículo faz a coleta e processamento dos dados, a segunda a transmissão dos dados que foram coletados e a terceira de processamento desses dados para a visualização e análise.

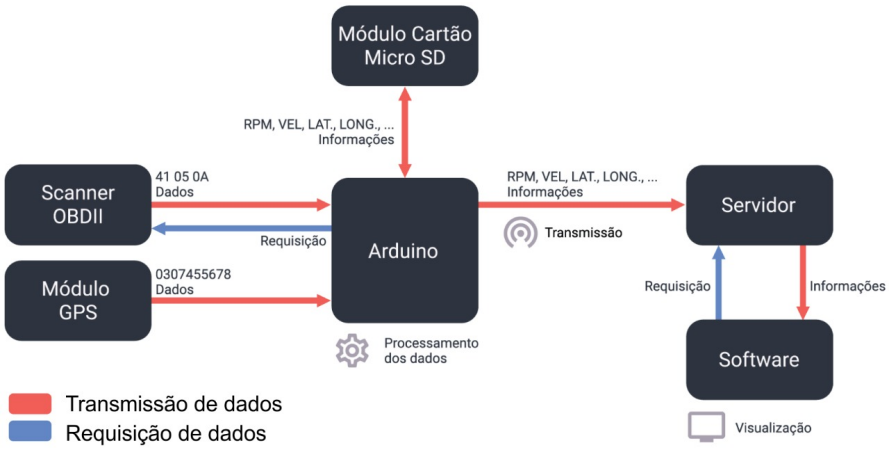
Figura 3 – Diagrama esquemático do sistema de telemetria e rastreamento.



Fonte: Lino (2019).

Dessa forma de acordo com o diagrama da figura 3, foi desenvolvido o seguinte fluxo de dados que detalha melhor o sistema, como pode ser visto na figura 4.

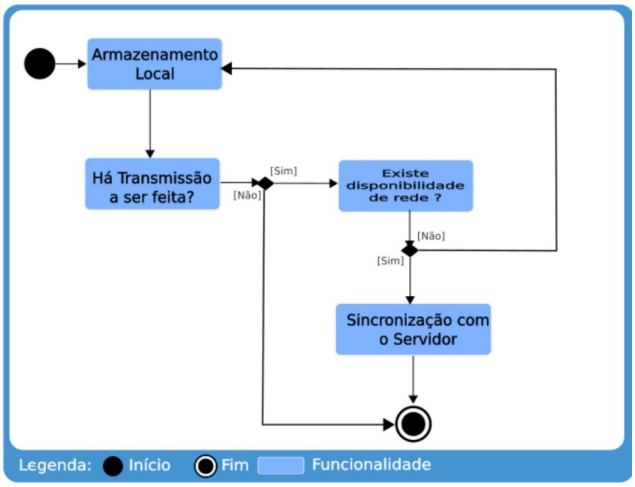
Figura 4 – Fluxo de dados do sistema de telemetria e rastreamento.



Fonte: Adaptado de Lino (2019).

Segundo Lino (2019), os dados coletados pela porta OBDII são processados e enviados pelo *Shield* GSM/GPRS para o banco de dados do servidor, podendo ser acessado pelo usuário via serviço WEB, permitindo a análise em tempo real. Foi utilizado o *SD Card* para armazenamento local, entretanto o objetivo é armazenar os dados no cartão para que na ocorrência de atualização dos dados, estes são transmitidos ao servidor, servindo como um *buffer* (acumulador), a figura 5 demonstra o fluxograma de transmissão.

Figura 5 – Fluxograma da transmissão dos dados para o servidor.

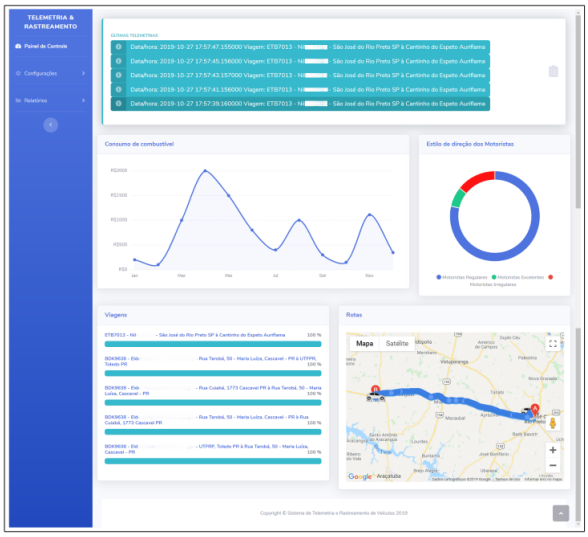


Fonte: Lino (2019).

O resultado apresentado se traduziu em um sistema que permite uma aná-

lise completa dos sistemas do veículo, a figura 6 demonstra a interface gráfica que o proprietário tem acesso.

Figura 6 – Interface do Sistema de Telemetria.



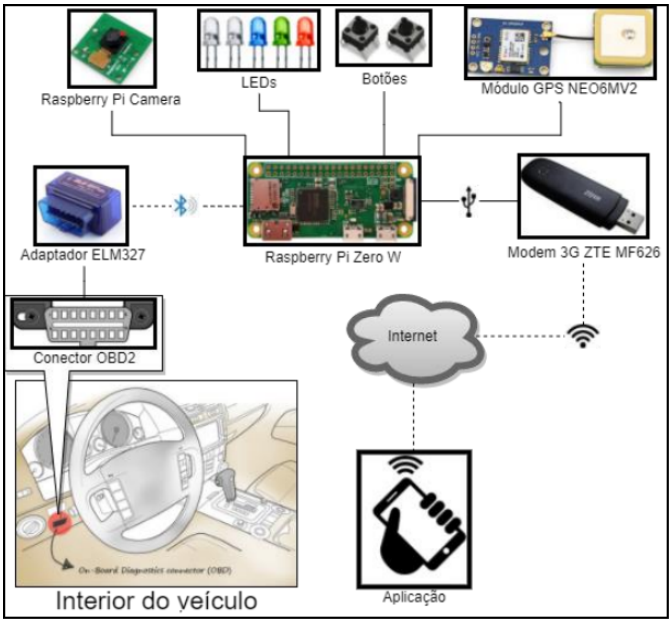
Fonte: Lino (2019).

2.3 Monitoramento veicular em tempo real

Silva e Wisintainer (2017), da Universidade Regional de Blumenau-SC considerou em seu trabalho a possibilidade de monitorar os dados de telemetria de um veículo em tempo real. Percebido o enorme número de veículos furtados e parados com problemas mecânicos, esse trabalho visou dificultar os furtos e valorizar a manutenção preventiva. Todo monitoramento foi feito pela porta OBD vinda da principal rede de comunicação do carro, a *Controller Area Network* (CAN). O *Global Positioning System* (GPS) garantiu a localização e uma câmera instalada mostrou a imagem do local e parte do veículo.

Foram utilizados nesse sistema uma placa Raspberry Pi Zero W, câmera, GPS e um *scanner* importado de baixo custo. Foi desenvolvido um *software* no qual foi possível se comunicar com o OBD, capturar a localização e imagens do veículo. Também foi desenvolvido um aplicativo *mobile* que extrai as informações vindas do *software* embarcado na placa Raspberry Pi Zero W. O *scanner* recolheu os códigos de falhas com nomenclaturas genéricas e os dados foram traduzidos em mensagens para o usuário por um banco de dados. A figura 7 demonstra o diagrama esquemático do projeto.

Figura 7 – Diagrama esquemático do projeto de monitoramento em tempo real.



Fonte: Silva e Wisintainer (2017).

Ensaios realizados em conexão com modems e redes de telefonia retornaram as informações com precisão. Todas as informações de falhas, localização, avisos ao cliente não eram gravadas, mas direcionadas a internet por *software* criado para *mobile* abrindo espaço para o acoplamento físico à internet das coisas.

2.4 Economia de combustível para veículos de passeio

O trabalho executado por Santos (2016) tem o enfoque em economia de combustível que busca demonstrar ao motorista, através de um aplicativo para *smartphone* integrado ao sistema de diagnóstico do veículo, meios para a mudança do seu comportamento ao volante. Utilizando-se de duas estratégias, uma de alerta ao condutor e outra que grava as ações ocorridas em um percurso, que trariam impactos ao consumo de combustível. Para ter acesso às informações da *Eletronic Control Unity* (ECU) do veículo fez-se uso do sistema OBD e um dispositivo de *hardware*, que possibilitou a integração deste sistema veicular com *smartphone* e computadores pessoais.

Santos (2016) afirma que um dos grandes problemas encontrados é o de que veículos diferentes não respondem a todas as solicitações enviadas, devido à grande variedade de protocolos existentes sob os padrões OBD e OBDII, bem como montadoras que restringem o acesso a estas informações ou utilizem *Parameter Identification* (PID) diferentes, que geram dificuldades para a criação de aplicações com alta portabilidade entre os veículos.

Santos (2016) utiliza-se do sistema GPS embarcado em um *smartphone*, para a obtenção da localização do veículo, não sendo necessário a obtenção de dispositivo externo para esta finalidade, além de utilizar o próprio *smartphone* como plataforma para o seu projeto. As informações são gravadas em um banco de dados local, no dispositivo, o que traz economia pelo não uso da rede móvel para a comunicação com servidores.

Para o desenvolvimento da interface gráfica, Santos (2016) fez uso da API OpenXC que lida com o *hardware* e *software* tornando as informações do veículo acessíveis para plataformas como o *Android*, e bibliotecas/APIs Java para o tratamento das mensagens OBD e o desenho dos gráficos.

A falta da informação de consumo instantâneo de combustível, foi um dos problemas encontrados, ou pela falta de padronização e implementação dos PIDs entre diferentes montadoras ou por não estarem presentes nos veículos utilizados em seus testes, dado que poderiam ser obtidos pela porta OBDII. Problema sanado por modelo de estimativa de consumo instantâneo de combustível para motores ciclo Otto, fruto de consulta de dissertação de mestrado publicada por Ribeiro (2013). Cálculo efetuado a partir da lei dos gases ideais e informações sobre a injeção de ar/combustível do veículo em análise. Outra dificuldade encontrada estava relacionada à gravação das informações no Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SQlite), que possui restrições quanto a gravações simultâneas, só permitindo uma gravação por vez. Um outro problema são os tipos de dados, como a falta de tipos específicos como booleanos e datas.

Foram definidos e percorridos 50 trajetos com mais de 28 horas de testes, sendo obtidos aproximadamente 600.000 leituras de diagnóstico. Os testes revelaram que as requisições feitas através da porta OBD, sendo uma sequência de sete informações recebidas sequencialmente de forma serial, demoravam cerca de 1 segundo, fato que em alguns casos levava o aplicativo desenvolvido a perder algum evento relevante que ocorresse neste intervalo, como por exemplo, uma aceleração em excesso. Os parâmetros definidos como excessos foram 3000 RPM de rotação, 60 Km/h de velocidade e 60% da borboleta de aceleração. Três cenários foram temas dos testes: no primeiro, a avaliação dos alertas instantâneos demonstrou deficiências de tempo de aquisição; no segundo, a influência do horário, mostrando que existem períodos que se mostram favoráveis, ou seja, quando há menor trânsito diminui-se o tempo em que o veículo permanece parado, reduzindo o consumo; e por fim o custo relacionado ao comportamento, que demonstra o maior consumo com conduções mais abruptas do veículo.

Ao concluir o seu trabalho, o autor destaca a possibilidade de uma implementação futura que consiga obter dados de vários veículos em uma plataforma WEB e assim obter mais dados, para que desta forma sejam geradas estatísticas mais con-

fiáveis.

2.5 Telemetria e monitoramento do veículo protótipo Shell Eco Marathon

Segundo Ponteado e Freschi (2018), a economia de energia dos veículos automotores pela iminência de escassez dos recursos naturais uma vez que são finitos é uma preocupação. Desde 2016 a imensa implementação de tecnologias objetiva a economia de combustível e a diminuição de emissão de poluentes pelos veículos e maquinários que utilizam recursos fósseis. A própria empresa de combustíveis Shell promove e estimula competições ao redor do mundo em busca da melhoria na eficiência energética. O objetivo das competições é alcançar a máxima eficiência no consumo de energia e trata de sete categorias de combustível, gasolina, etanol, diesel, GPL, CNG hidrogênio e bateria elétrica. A figura 8 mostra o modelo dos veículos utilizados na competição Shell Eco *Marathon*.

Apesar de haver sete categorias, o trabalho de Ponteado e Freschi (2018) é voltado para veículos elétricos e foca em observar a sua autonomia por meio de um sistema de telemetria.

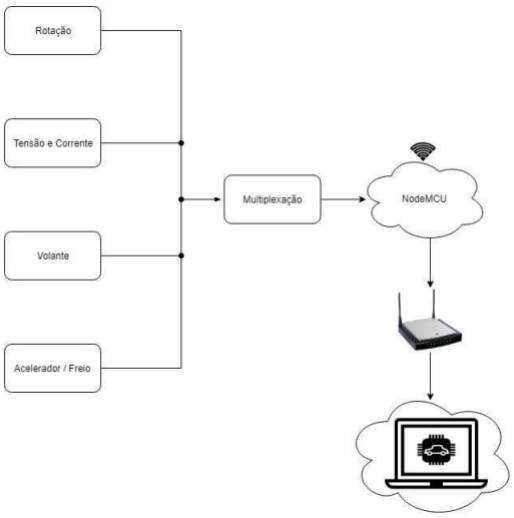
Figura 8 – Competição Shell Eco Marathon.

Fonte: Shell (2022).

O tema central desse trabalho é o monitoramento em tempo real, transmitindo dados dos registradores via rádio frequência para um computador, em uma interface gráfica. Foram obtidos dados de posição do volante, rotação, acelerador/freio e consumo de bateria fornecidos em forma de porcentagem, e com isso ajustar as estratégias remotamente com o veículo em movimento. As informações foram multiplexadas e processadas por um microcontrolador com linguagem Python e os dados transmi-

tidos e mostrados em uma interface gráfica em um programa criado em LabVIEW. A figura 9 detalha o fluxograma de funcionamento do projeto.

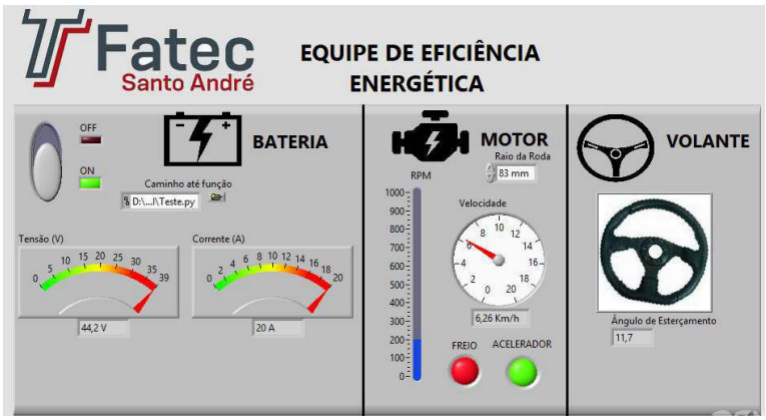
Figura 9 – Diagrama de funcionamento.



Fonte: Ponteado e Freschi (2018).

O ensaio foi bem-sucedido. Todos os equipamentos foram instalados em um veículo e os dados coletados pelos sensores selecionados a cada 100 ms a uma distância de 100 metros em campo aberto. Ponteado e Freschi (2018), afirmaram que embora o êxito no resultado fosse alcançado, ainda seria possível aumentar as taxas de transferências de dados e a distância entre o veículo e o computador, apenas recalibrando os equipamentos e melhorando os algoritmos que criaram no projeto. A figura 10 mostra a interface gráfica construída em LabVIEW.

Figura 10 – Interface Gráfica programada em LabVIEW.



Fonte: Ponteado e Freschi (2018).

3 METODOLOGIA

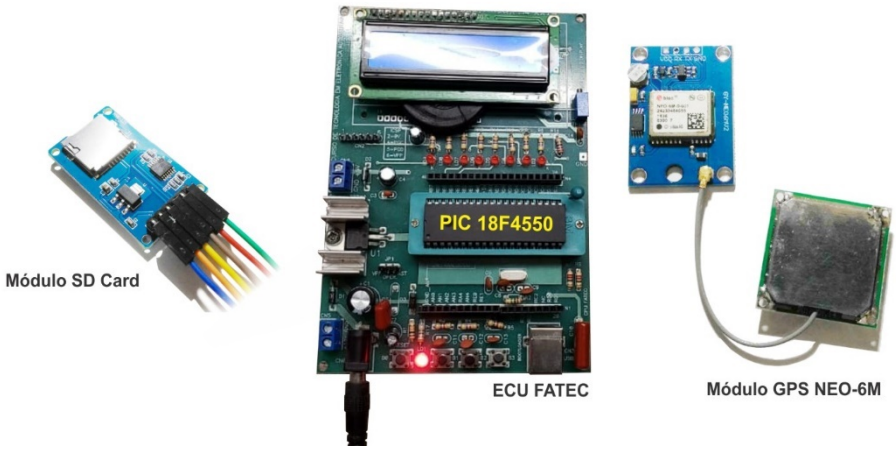
Após o levantamento bibliográfico, foi possível obter informações quanto aos problemas e soluções encontrados no desenvolvimento de sistemas de telemetria e assim traçar um caminho para que este trabalho fosse executado. Dessa forma optou-se por utilizar uma arquitetura de *hardware* similar a demonstrada no trabalho de Lino (2019), que segundo o desenvolvimento de seu estudo objetivou o uso do *SD Card* como um *buffer*.

No entanto, o objetivo deste trabalho é utilizar o *SD Card* como banco de dados local, estratégia que possibilita a análise posterior dos dados pelo usuário em uma interface gráfica. Os dados serão tratados diretamente em um computador pessoal, o que proporciona ao microcontrolador não precisar efetuar cálculos, reduzindo processamento e utilização de memória. Ao utilizar o *SD Card*, gastos com a utilização de redes móveis, bem como a de servidores de internet e demais serviços relacionados a hospedagem, bancos de dados etc., são evitados. Dessa forma por requerer menores gastos em sua manutenção, o sistema torna-se mais fácil de manter. A análise não precisa ser feita constantemente, e sim em momentos específicos definidos pela empresa e/ou usuário. Dessa forma a dependência por mais tecnologias associadas ao sistema é reduzida, garantindo robustez ao projeto. Outro ponto notado em trabalhos anteriores está relacionado a tempos de aquisição de dados. No trabalho executado por Santos (2016), o autor ressalta que podem ocorrer perdas de informações relevantes ao requisitar um conjunto de dados pela porta OBD que demora cerca de 1s a ser recebido. Entre estes dados está o de velocidade e pensando neste gargalo optamos por receber a velocidade do dispositivo GPS, e apesar destas informações obtidas por satélite não serem 100% precisas, elas serão monitoradas constantemente a cada 500ms, tendo seu maior valor armazenado a aproximadamente 30s.

Segundo o estudo de caso realizado por Santos e Neto (2020), o método de identificação de áreas de risco ou de áreas de tráfego é chamado de cerca virtual e é utilizado comercialmente pela empresa Gorilla Telemetria e Rastreamento. Pelo método em questão se mostrar promissor para o controle de frota como também na segurança contra roubos e furtos, este foi escolhido como parte do desenvolvimento deste projeto. Aliado a este método um limite de velocidade pode ser exigido dentro dessas áreas garantindo harmonia no trânsito e segurança.

O desenvolvimento será realizado utilizando um microcontrolador PIC18F4550 da Microchip, um módulo GPS NEO-6M da U-blox, um módulo leitor de *SD Card*, além da técnica de delimitação de cercas virtuais e APIs na interface gráfica. A Figura 11, mostra separadamente os componentes que serão integrados.

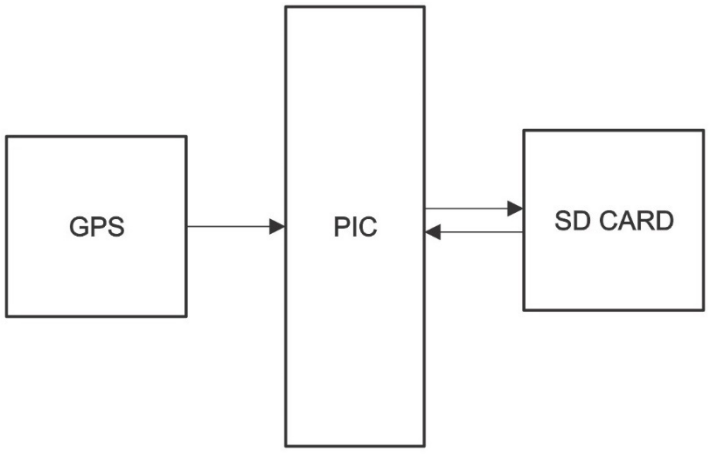
Figura 11 – Componentes.



Fonte: Autores, 2021.

A comunicação entre os módulos GPS e *SD Card* será realizada por meio de protocolos *Universal Asynchrounous Receiver Transmiter* (UART) e *Serial Peripheral Interface* (SPI), o fluxo de comunicação é mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Diagrama de blocos da comunicação entre os módulos.



Fonte: Autores, 2021.

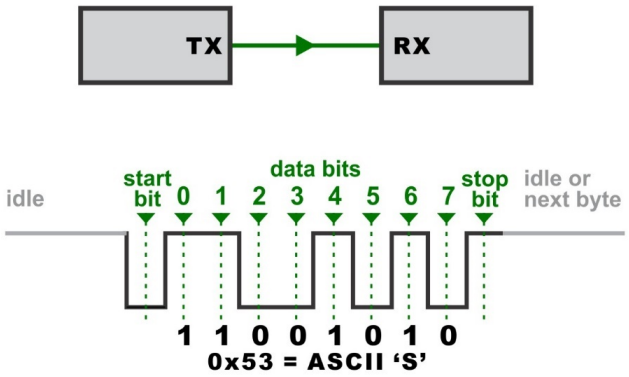
3.1 Módulo GPS

O módulo GPS NEO-6M da U-blox fornece a longitude e latitude, hora atual e velocidade do veículo por meio do GNSS. O módulo trabalha de 3,3V a 5V, limite de velocidades de até 1800 km/h. De acordo com a especificação do módulo U-Blox (2022)

a sensibilidade do GPS NEO-6M em modo de rastreamento e navegação é de -161 dBm (Decibel miliwatt), em *Hot Start* de -156 dBm e em *Cold Start* de -147 dBm. Em *Hot Start* o dispositivo demora menos tempo para começar receber informações, por já ter registrado as localizações dos satélites, a hora atual e velocidade, enquanto em *Cold Start* não possui esses registros ou estes não são válidos, precisando procurar pelos satélites disponíveis para receber as informações.

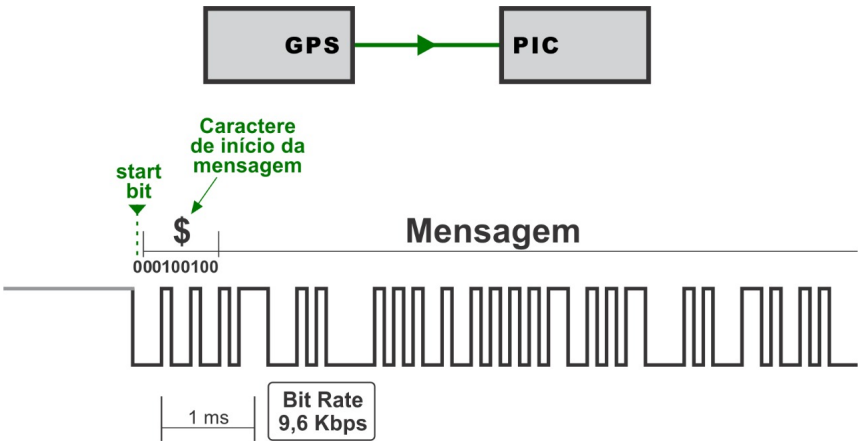
A interface de comunicação do módulo GPS é realizada através da UART. Os dados transferidos pelo módulo GPS são assíncronos, com isso, a implementação da comunicação entre o microcontrolador e o módulo deve ser feita utilizando a interrupção da UART do microcontrolador. Na figura 13 é mostrado um modelo de mensagem enviada via UART e a figura 14 mostra uma mensagem recebida do GPS via UART.

Figura 13 – Mensagem enviada pela UART.



Fonte: Iotnetblog (2021).

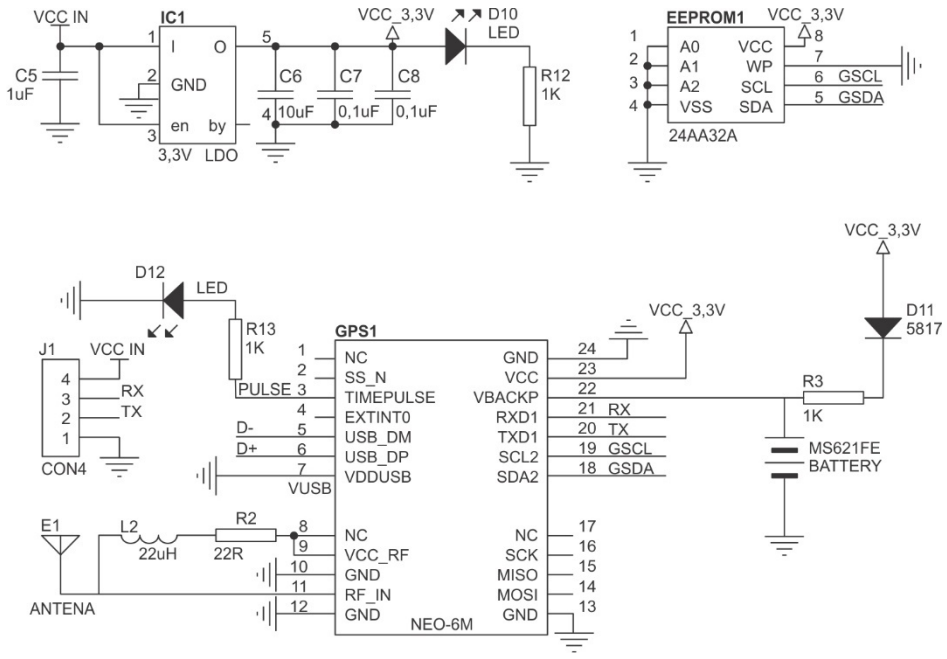
Figura 14 – Mensagem recebida do GPS via UART.



Fonte: Autores, 2022.

Na figura 15 pode ser visto o diagrama elétrico do módulo GPS GY-GPS6MV2 que possui o chip NEO-6M da U-blox.

Figura 15 – Diagrama elétrico GY-GPS6MV2.



Fonte: Adaptado de BlackBoxLab (2022).

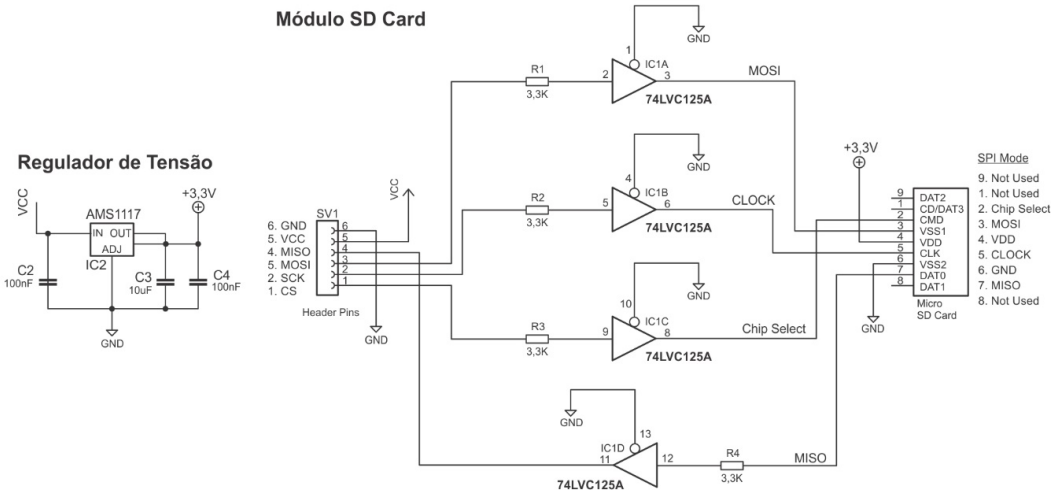
3.2 SD Card

O *SD Card* será utilizado com o objetivo de armazenar os dados de uso do veículo, tem uma dimensão relativamente pequena, é compatível com inúmeros dispositivos, pode ser facilmente encontrado no comércio, possui baixo custo e grande poder de armazenamento, o que o torna facilmente substituível em caso de danos. Nesse projeto será utilizado um *Micro SD Card* classe 10 de 2GB da marca Kingston.

3.3 Módulo SD Card

Apesar do microcontrolador trabalhar com a tensão de 5 volts, o *SD Card* trabalha com 3,3 volts. No entanto está integrado ao módulo um componente que regula os níveis de tensão suportados pelo *SD Card*, como mostrado na figura 16.

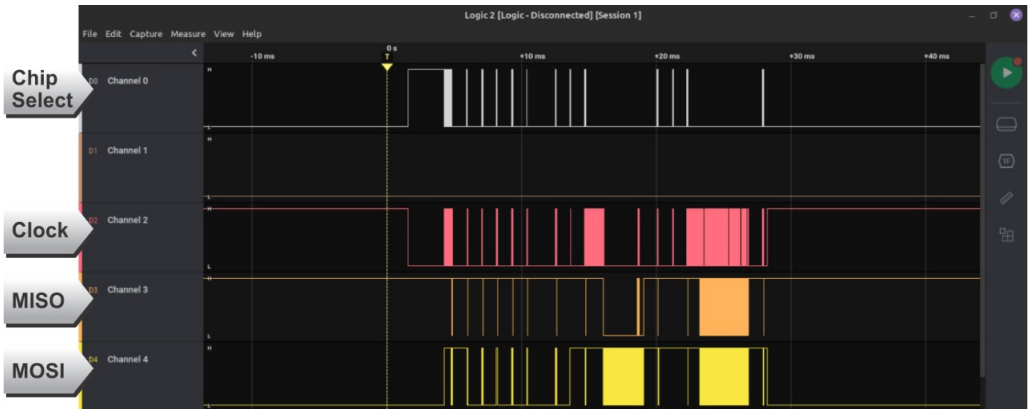
Figura 16 – Diagrama elétrico do módulo *SD Card*.



Fonte: Adaptado de Eletrogate (2022).

A comunicação SPI necessita de alguns parâmetros obrigatórios que devem ser definidos, como por exemplo, a frequência do clock de saída (no modo mestre), a polaridade do clock, taxa de velocidade e a fase de amostragem do bit. Na Figura 17, é mostrado uma comunicação via SPI com o *SD Card*. O módulo *Master Synchronous Serial Port* (MSSP) consiste na transmissão/recepção do *Shift Register* (SSPSR) e o registrador do *buffer* (SSPBUF). O SSPSR move os dados no sentido de transmissão ou no sentido de recepção (para o *buffer*). O *buffer* salva o dado que foi escrito no SSPSR até que seja recebido completamente. Uma vez que o byte foi recebido, este é movido para o registrador SSPBUF. Então o *Buffer Full Detect* (BF) é definido e a *flag* de interrupção (SSPIF) é acionada.

Figura 17 – Comunicação via SPI com o *SD Card*.



Fonte: Autores - Obtido pelo *software Salae Logic Analyzer*, 2022.

3.4 Cerca virtual

Para garantir a segurança da carga e das pessoas são delimitadas áreas de tráfego, nas quais podem ter limites de velocidade ou padrões de operação do veículo. Isso possibilita um tráfego mais seguro e harmonioso nas grandes cidades. Por exemplo, pode-se delimitar uma cerca virtual perto de uma escola, por onde uma determinada carga será transportada, dessa forma um limite de velocidade pode ser definido, ou ainda em regiões urbanas, áreas onde o veículo deve ser operado não só em uma faixa segura como também na melhor condição de emissões.

Com isso em implementações futuras, se o veículo estiver fora da cerca ele poderá ser bloqueado, impedindo assim, por exemplo, um possível roubo da carga. Pensando na segurança das pessoas e do condutor, o que aumenta o risco se a carga for um produto perigoso, limitar a velocidade do veículo dentro da cerca virtual e registrá-la ajuda a empresa advertir seus funcionários, como dito anteriormente, para aumentar a segurança no trânsito.

As regiões foram definidas com auxílio do site *My Maps* da Google que retorna um arquivo com as coordenadas dos limites definidos.

O valor que a Google retorna precisa ser convertido da seguinte forma:

Adotando latitude: 23.65989, por exemplo, o valor referente ao grau é subtraído do valor de coordenada total.

$$23.65989 - 23 = 0.65989''$$

Com o valor restante é calculado o equivalente em minutos, ou seja é utilizado 0.65989 e feito o seguinte cálculo:

$$0.65989 * 60/100 = 0.3959340'$$

Com o resultado soma-se o valor referente ao grau que foi subtraído na primeira operação e multiplica-se por 100 novamente. O resultado dessa conta é 2339.59340 e esse valor se adequa ao protocolo *National Marine Electronics Association* (NMEA), o mesmo utilizado pelo dispositivo GPS.

$$(0.3959340 + 23) * 100 = 23d39.59340'$$

3.5 Aquisição de dados

Os dados solicitados serão data e hora, localização e velocidade. A data e hora serão utilizadas para a análise e administração do uso do veículo, com estes dados será possível saber quando e por quanto tempo o veículo foi utilizado. A velocidade e a localização, obtidas por meio do GPS, possibilitarão o controle da empresa sobre o tráfego de sua frota de veículos ou até mesmo para uma possível prova de infração.

3.6 APIs

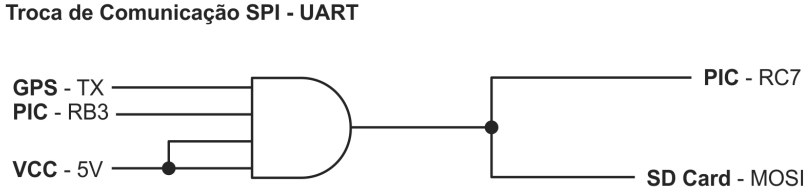
Neste trabalho são utilizados serviços conhecidos como APIs, que são conjuntos de rotinas e padrões disponíveis que simplificam o desenvolvimento de *software*, ocultando elementos que compõem o sistema. Isto reduz a complexidade na criação de programas pelo fato de que não é necessário que o programador conheça como este funciona, ou foi projetado, e se preocupe apenas como integrar esta API ao seu *software*. Serão utilizadas neste projeto APIs que tratam de informações geográficas, que retornam as posições de pontos em um mapa e traduzam coordenadas para endereços mais comuns ao nosso dia a dia, como um nome de rua que pertence a uma cidade e um estado, e informações adicionais como o limite máximo de velocidade permitido nesta via.

3.7 Desenvolvimento

No desenvolvimento deste projeto nos deparamos com algumas limitações, o microcontrolador escolhido para o projeto não possui alta capacidade de processamento e memória. Limitações que levaram a escolha de um sistema de arquivo *File Allocation Table* (FAT) que ocupasse menos espaço de memória *Flash* e de Programa *Random Access Memory* (RAM), sendo adotado o endereçamento de 16 bits (FAT16).

Outra limitação encontrada é o fato do microcontrolador PIC18F4550 utilizar o mesmo pino para dois módulos de comunicação serial, UART e SPI. Dessa forma encontramos um problema para receber os dados do GPS e efetuar a gravação no *SD Card*. A comunicação UART utiliza o pino RC7 como receptor de dados e para a comunicação SPI este mesmo pino é usado como transmissor. Esse problema foi resolvido com adoção de uma porta lógica *AND*, como pode ser visto na figura 18, que possibilita o acesso ao pino em momentos distintos. O acionamento da porta permite receber os dados do GPS e no momento da gravação no *SD Card* a porta é desativada, assim não há interferência e erros de comunicação.

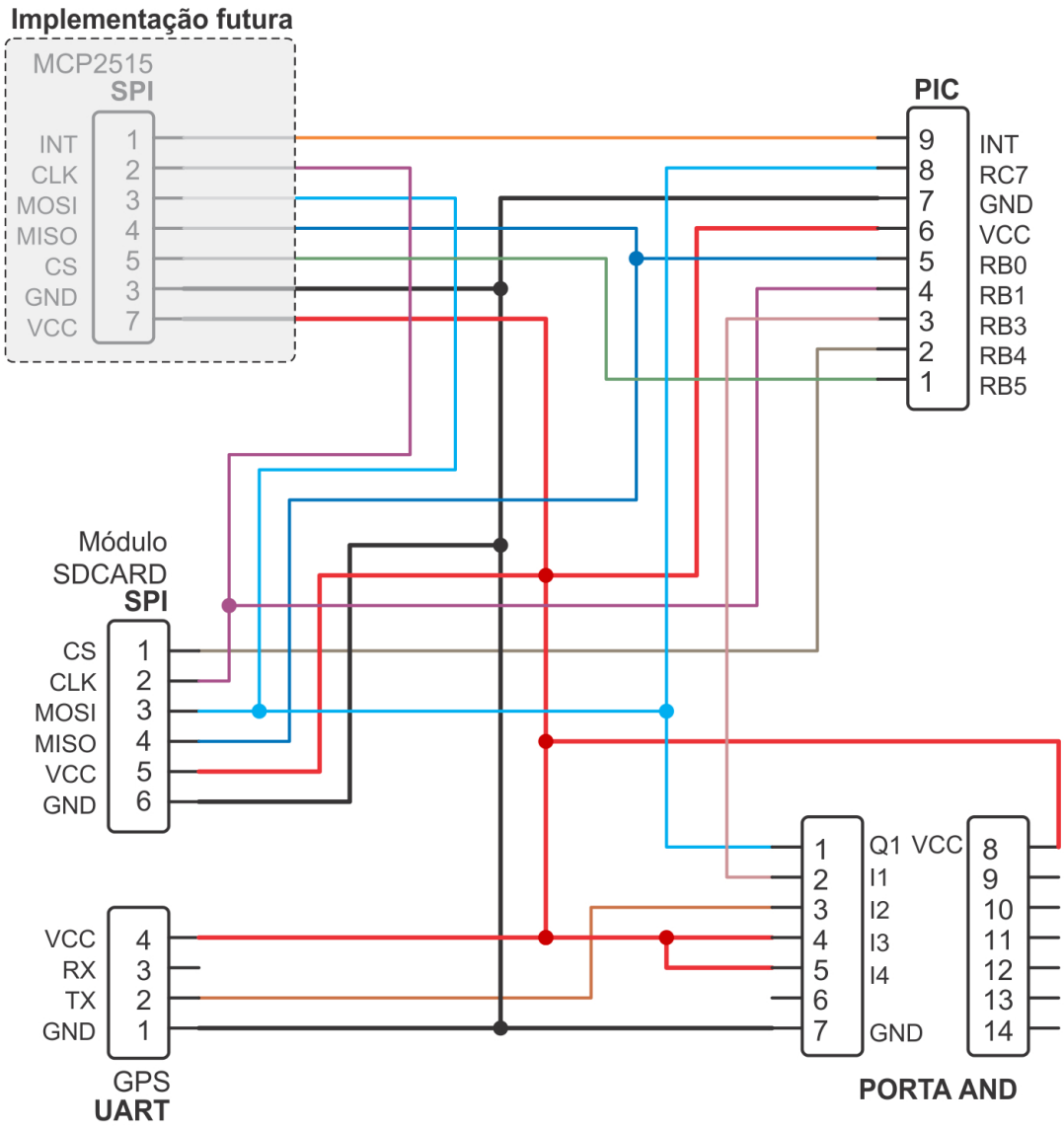
Figura 18 – Circuito para seleção de comunicação entre módulos.



Fonte: Autores, 2021.

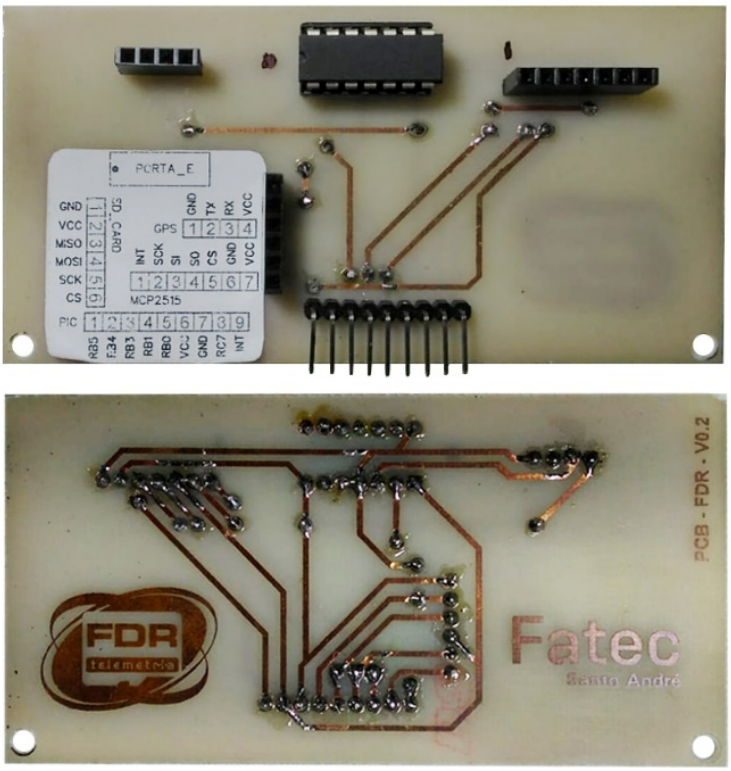
Como pode ser visto no diagrama da figura 19, foi desenvolvido um circuito elétrico para integrar todos os módulos. Com base no diagrama, foi confeccionada uma placa de fenolite, as trilhas foram impressas, transferidas para a placa e ao final sofrendo o processo de corrosão por Percloreto de Ferro. A figura 20 mostra a placa desenvolvida.

Figura 19 – Diagrama elétrico da placa de circuito impresso.



Fonte: Autores, 2022.

Figura 20 – Placa de circuito impresso.



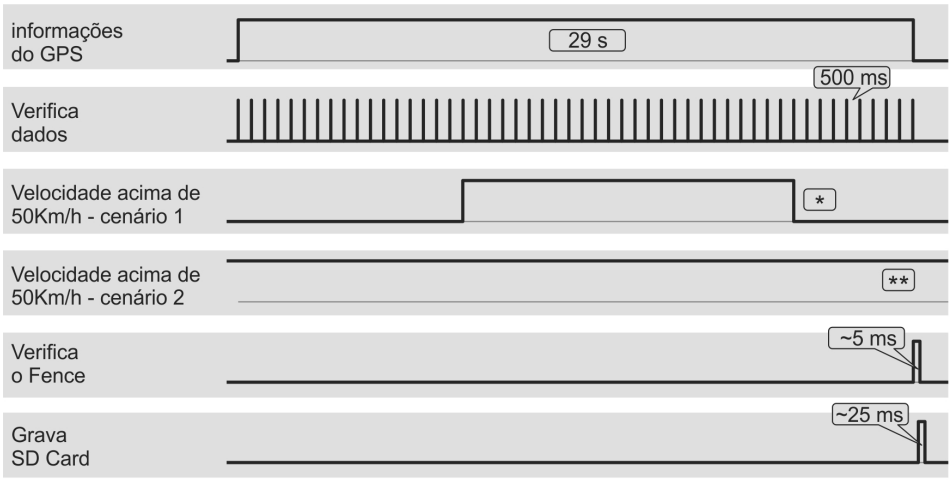
Fonte: Autores, 2022.

3.7.1 Funcionamento do sistema embarcado

Quanto ao fluxo do programa: é executada uma função que verifica os dados operacionais do veículo a cada 500ms, em seguida uma função detecta o disparo para gravação no cartão e alterna a comunicação entre UART e SPI, os dados são gravados e uma última função envia as informações ao *display*.

O tempo de disparo de gravação no *SD Card* é estimado, e deve ocorrer a cada 29s e ao detectar o excesso de velocidade, o maior valor obtido é armazenado com as informações de latitude e longitude bem como o momento em que ocorreu. A função de verificação da cerca virtual será executada assim que o disparo de gravação ocorrer como é demonstrado na figura 21.

Figura 21 – Carta de tempo para o disparo de gravação.



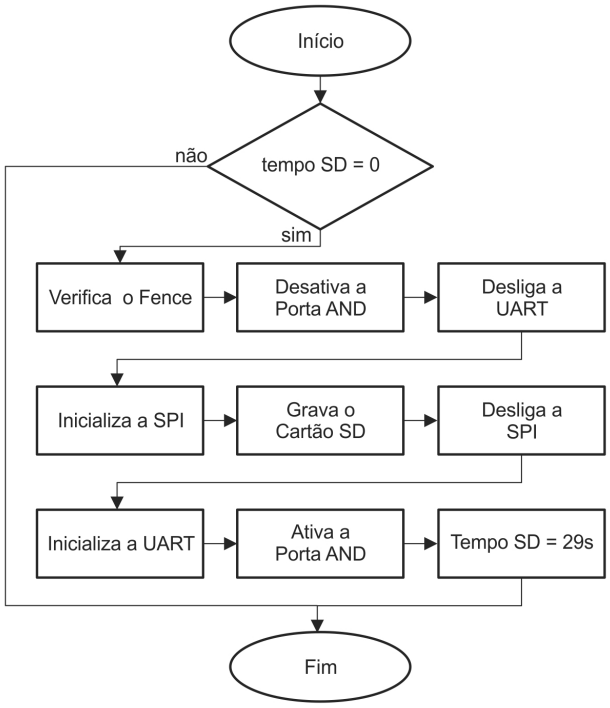
* Monitorando o pico de velocidade, armazenando o momento e local em que ocorreu em uma variável, gravação no SD Card no final do ciclo.

** Monitorando o pico de velocidade, velocidade acima do valor definido e permanência acima do ciclo de gravação, armazenando o momento e local em que ocorreu em uma variável, gravação no SD Card no final do ciclo.

Fonte: Autores, 2022.

É demonstrado na figura 22 o fluxograma da função de gravação no *SD Card*.

Figura 22 – Algoritmo de gravação do *SD Card*.



Fonte: Autores, 2022.

3.7.2 Algoritmo da cerca virtual

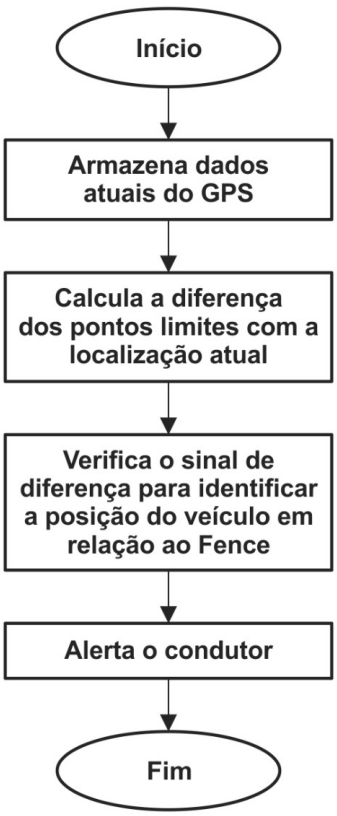
Devido as limitações de processamento do microcontrolador PIC18F4550 foi necessário o desenvolvimento de um algoritmo que não utilizasse muitos cálculos para a identificação da área de tráfego delimitada.

A delimitação de uma área quadrada com quatro pontos geográficos mostrou-se o método mais eficiente, dessa forma pontos de longitude e latitude irão se repetir, sendo necessário analisar apenas dois pontos para identificar se o veículo está dentro ou fora da área de tráfego.

A análise destes dois pontos geográficos, consite em calcular a diferença entre a localização do veículo e a cerca virtual definida. Dos pontos de latitude e longitude da cerca serão subtraídas as latitudes e longitudes respectivas fornecidas pelo dispositivo GPS, e o resultado destas subtrações podem ser positivos ou negativos, o que torna possível verificar se o veículo está dentro ou fora da cerca virtual.

O valor obtido não será utilizado, isto implicaria em mais processamento de dados e uso de memória, será verificado apenas se o valor é positivo ou negativo. A figura 23 mostra o fluxo de detecção da área de tráfego.

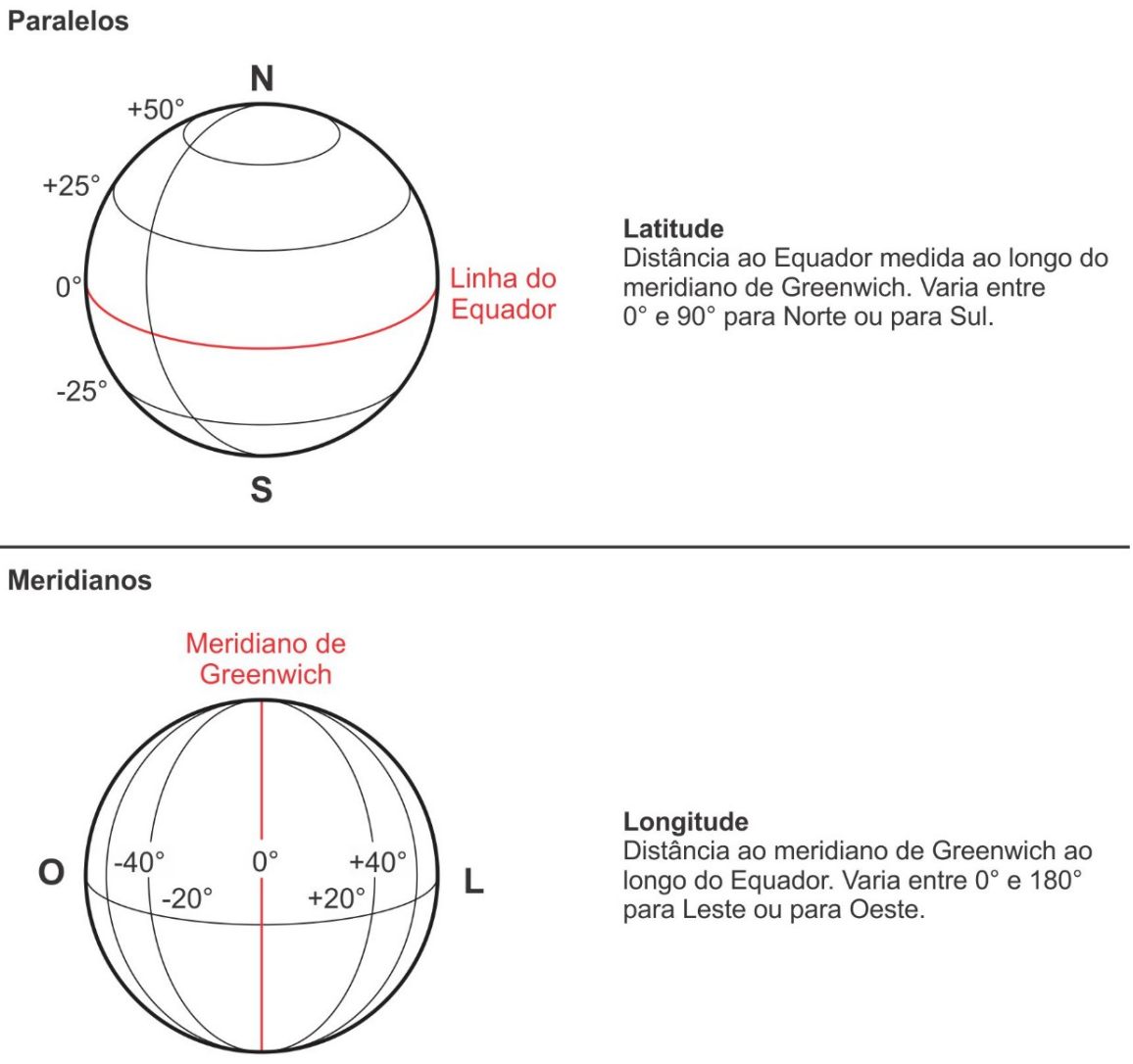
Figura 23 – Fluxograma de detecção da posição do veículo em relação a cerca virtual.



Fonte: Autores, 2022.

A principal ideia do algoritmo é baseada na referência geográfica, os valores de longitude e latitude positivos ou negativos indicam a sua localização, oriente ou ocidente, hemisfério sul ou norte, possuindo um sentido em que estes valores aumentam ou diminuem conforme o veículo se desloca. Na figura 24 é demonstrado como as referências geográficas funcionam.

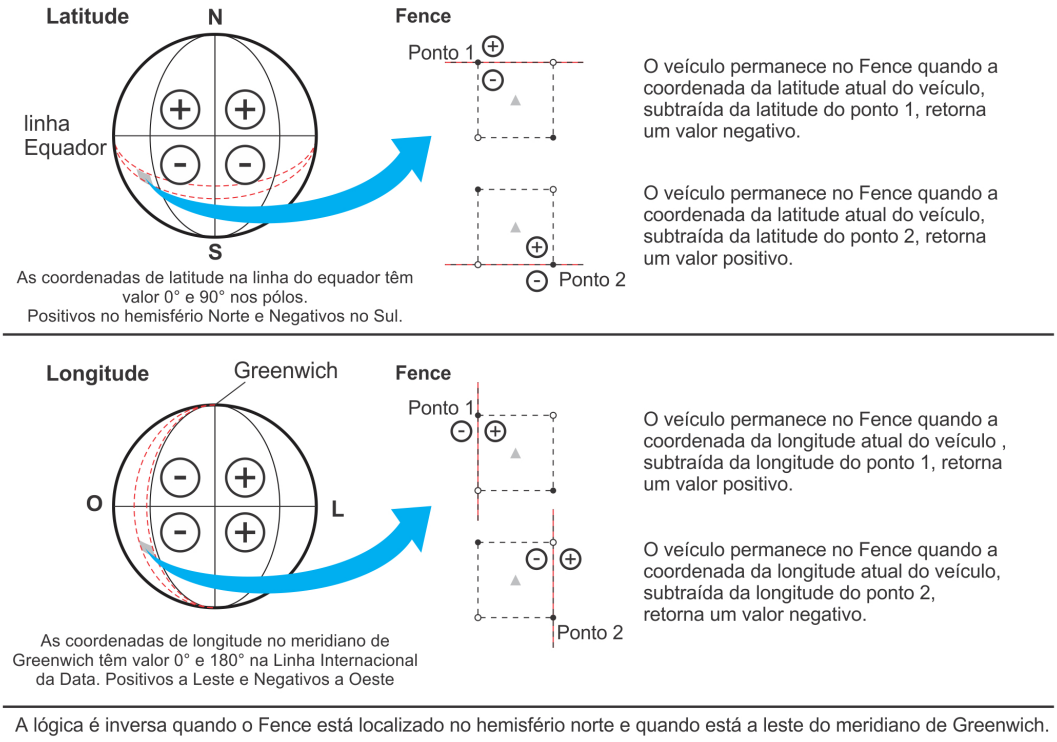
Figura 24 – Referências geográficas.



Fonte: Autores, 2022.

Com essas referências temos sempre uma intersecção entre dois pontos, o valor dentro deste conjunto pode ser positivo, negativo ou zero (que indica que o veículo está dentro dos limites). Na figura 25 é demonstrado a lógica de detecção da cerca virtual em relação a linha do Equador e ao meridiano de *Greenwich*.

Figura 25 – Lógica de detecção da cerca virtual.



Fonte: Autores, 2022.

3.7.3 Interface do usuário

Para que os dados coletados durante os trajetos possam ser interpretados foi desenvolvida uma interface gráfica para computador em linguagem Python (Linguagem de programação de alto nível) com o uso da biblioteca wxPython (Interface Gráfica para Python), linguagem *HyperText Markup Language* (HTML) e para adicionar estilo à página WEB *Cascading Style Sheets* (CSS).

Com esta interface, o usuário é capaz de analisar os dados coletados e verificar as informações de rota, velocidade, horário e data.

A velocidade obtida do dispositivo GPS está em milhas náuticas e é convertida multiplicando o valor obtido por uma constante conforme a seguinte equação:

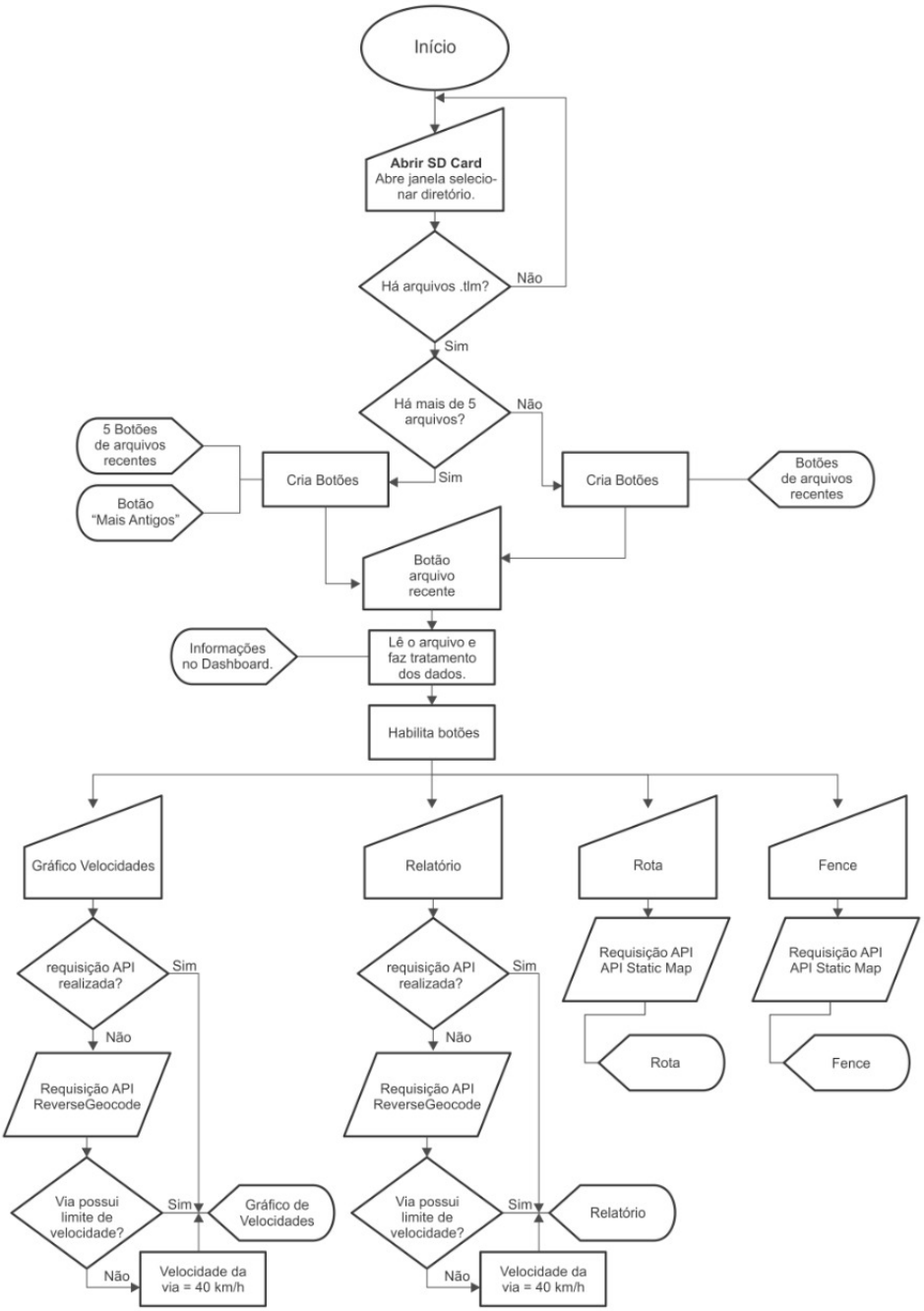
$$V = Velocidade(GPS) * 1,852$$

Para análise do limite de velocidade foi adotado um valor de 40 km/h para as ruas e avenidas que não têm disponibilizadas suas respectivas velocidades permitidas, por falta de atualização dos bancos de dados do servidor da API, pela mudança recente na velocidade da via, ou ainda por falta de mapeamento. Portanto este aviso

de limite de velocidade serve apenas como um indicador de possível infração, e deve ser verificado com cautela.

O *software* foi desenvolvido segundo a figura 26, que mostra o fluxograma de funcionamento da interface de telemetria.

Figura 26 – Fluxograma de funcionamento da interface de telemetria.

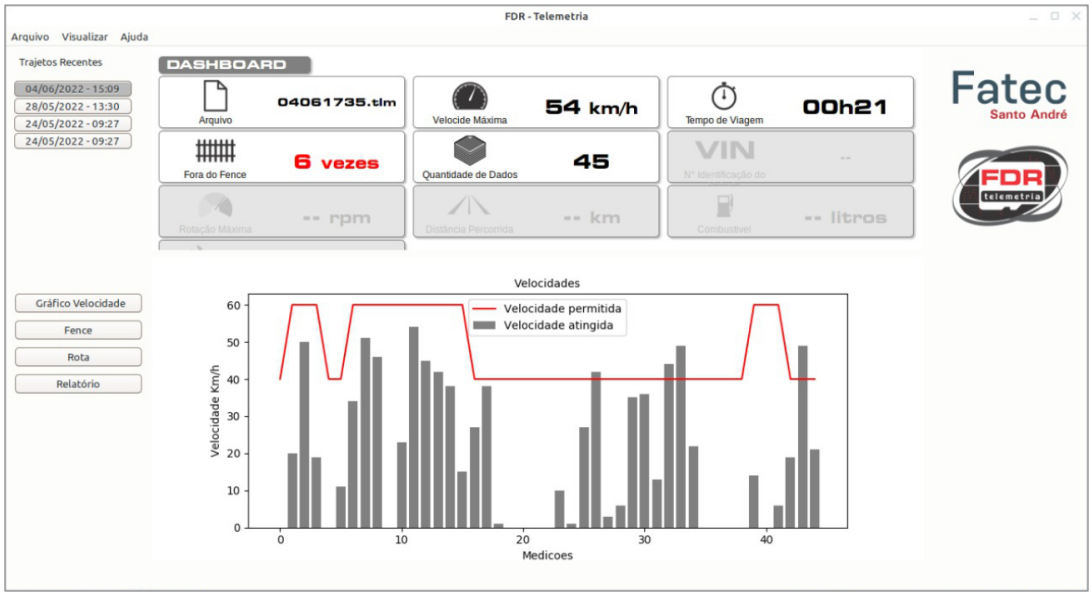


Fonte: Autores, 2022.

A figura 27 mostra o gráfico com as velocidades atingidas pelo veículo e as

máximas permitidas das vias percorridas.

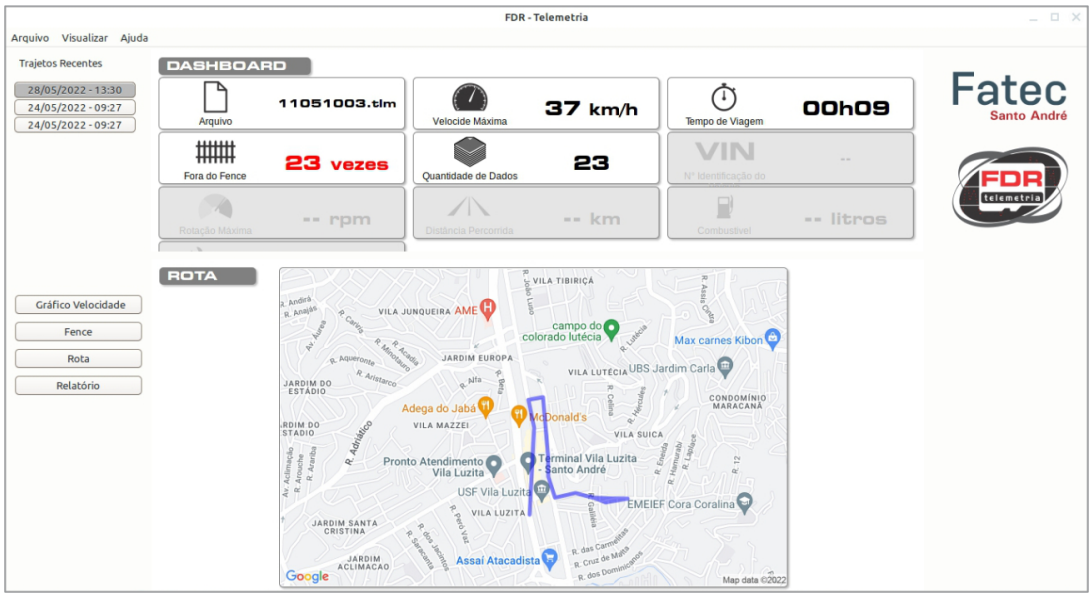
Figura 27 – Gráfico de velocidades atingidas.



Fonte: Autores, 2022.

A figura 28 mostra a rota efetuada pelo veículo.

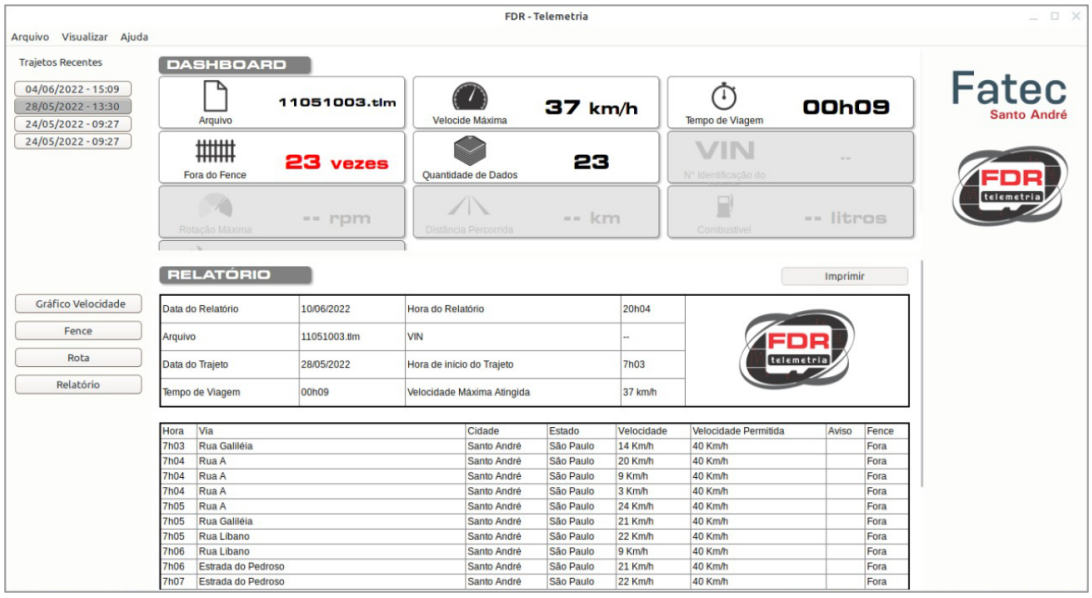
Figura 28 – Mapa da rota percorrida.



Fonte: Autores, 2022.

Um relatório pode ser visualizado e impresso com todos os dados coletados durante o percurso, como pode ser visto na figura 29.

Figura 29 – Relatório obtido pela interface.



Fonte: Autores, 2022.

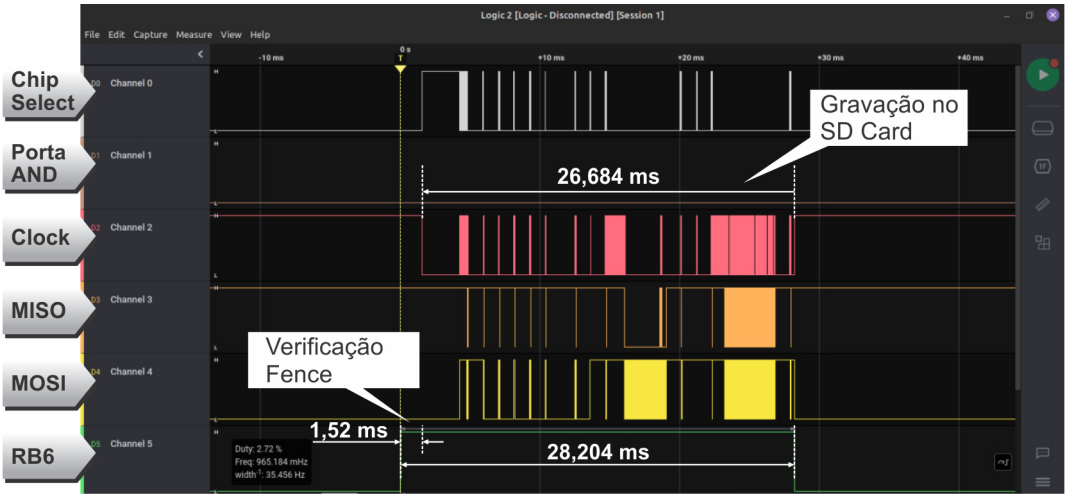
Foram utilizados APIs para aquisição de informações como nome de ruas e velocidades máximas permitidas e o percurso do veículo em um mapa. Pensando em um produto comercial no qual são necessários grande fluxo de dados e requisições, é necessário a aquisição de um plano pago junto a empresas provedoras desses serviços como Google, Tom Tom etc.. Foram utilizadas as plataformas Tom Tom (*Reverse Geocoding*), para converter coordenadas em endereço e obter a velocidade permitida, e a plataforma *Maps* API do Google para traçar a rota em um mapa. Por não ser necessário uma grande requisição de dados para esse projeto não foi preciso pagar por pacotes, pois a solução Tom Tom, por exemplo, oferece uma cota gratuita de 2500 requisições por dia não referentes a mapas. Foi utilizado a linguagem de Marcação HTML e CSS para mostrar as informações de forma mais amigável, por conta da versatilidade e possibilidade de personalização e estilização, opção proporcionada pelo módulo HTML2 (navegador de internet com boa gama de recursos) presente na biblioteca wxPython.

Para a renderização dos gráficos de velocidade é utilizado a biblioteca MatPlotLib. No gráfico temos duas informações, um histograma que mostra a velocidade do veículo e uma linha que delimita a velocidade máxima permitida. Caso o veículo tenha transitado acima desta velocidade a barra ultrapassa a linha, sendo um indicador de fácil visualização para o usuário.

4 ENSAIOS

O primeiro ensaio realizado buscou averiguar os tempos necessários para as tarefas de gravação no *SD Card* e do algoritmo de detecção da localização do veículo em relação a cerca virtual, assim foi possível validar os tempos previamente definidos no desenvolvimento. Para esta tarefa foi utilizado um analisador de sinais e o *software Salae Logic Analyzer*, obtendo o total de 28,2ms na execução das duas tarefas, como mostrado na figura 30.

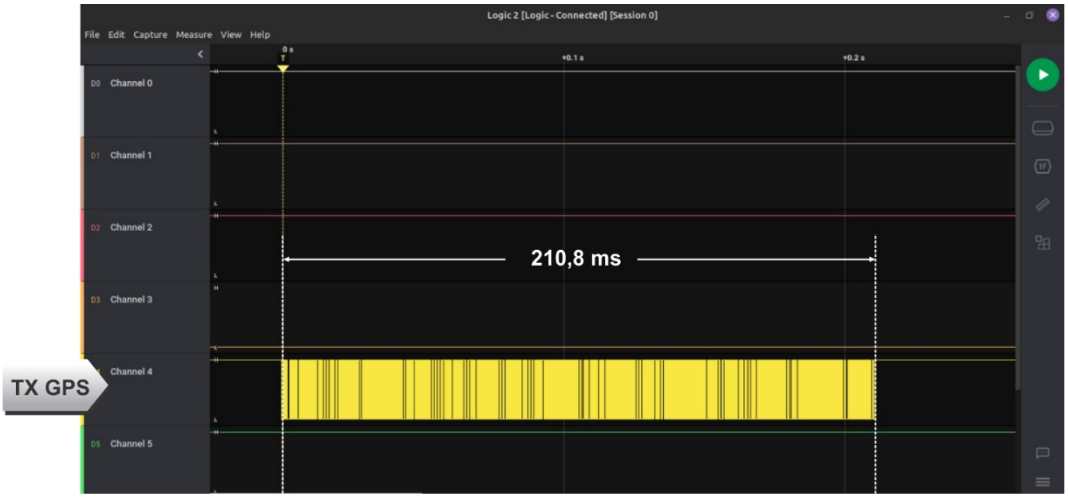
Figura 30 – Tempo de execução do algoritmo da cerca virtual e gravação no *SD Card*.



Fonte: Autores - Obtido pelo *software Salae Logic Anlyzer*, 2022.

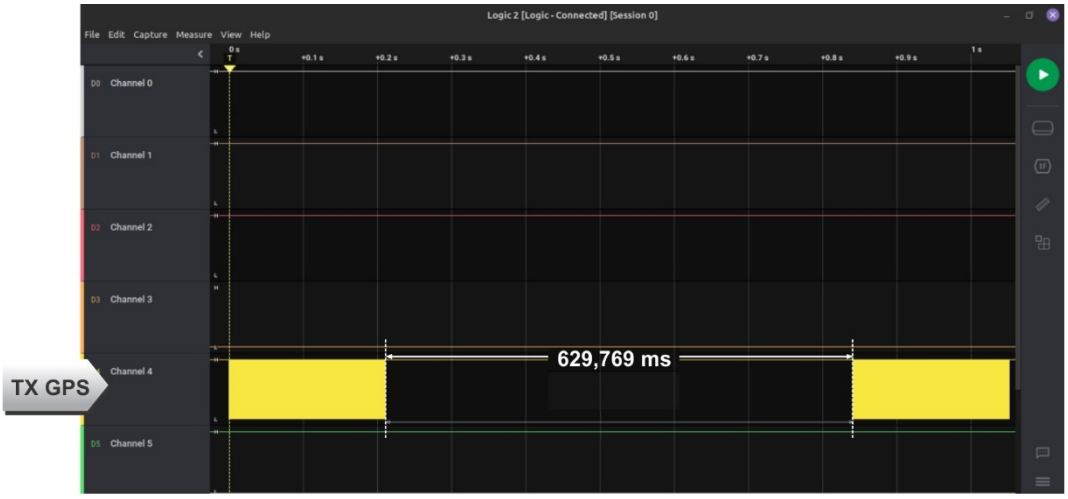
Outro ponto importante a ser considerado é a medição do tempo gasto na recepção das informações necessárias do dispositivo GPS, as figuras 31 e 32 mostram respectivamente o tempo de duração da mensagem e o intervalo entre elas, o que ajuda a constatar que a recepção das informações deve ocorrer em instante determinado evitando assim a gravação no *SD Card* no momento de recepção dos dados.

Figura 31 – Tempo de duração da mensagem do GPS via UART.



Fonte: Autores - Obtido pelo *software Salae Logic Anlyzer*, 2022.

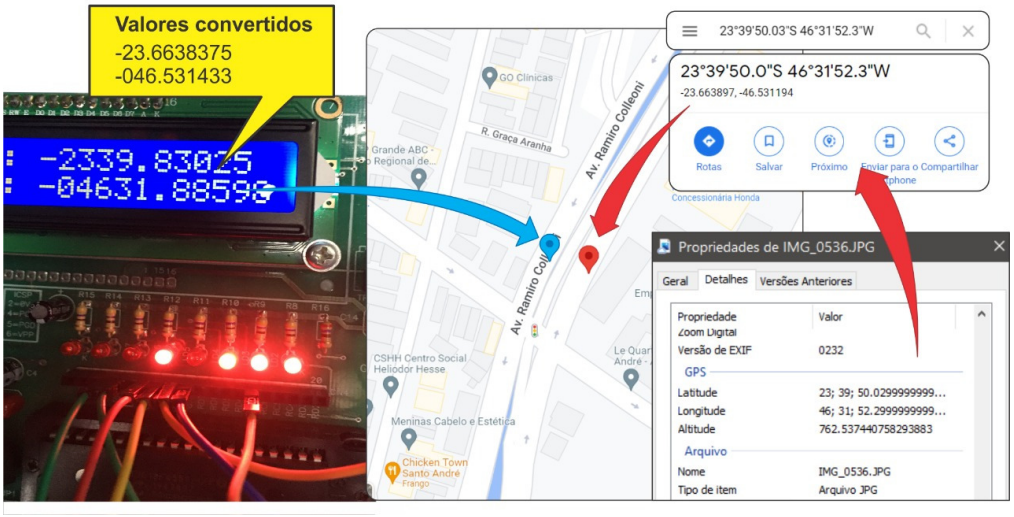
Figura 32 – Intervalo de tempo entre mensagens do GPS via UART.



Fonte: Autores - Obtido pelo *software Salae Logic Anlyzer*, 2022.

Para verificar a acurácia da localização retornada pelo dispositivo GPS, foi tirada uma foto com o veículo em movimento, e dessa forma as coordenadas mostradas no display puderam ser comparadas com as fornecidas pelo *smartphone* no instante em que a foto foi capturada. Pode ser verificado que o dispositivo informou a localização com maior precisão, enquanto o *smartphone* indicou que o veículo estava na pista contrária. Essa verificação foi importante para o desenvolvimento deste projeto, incluido a validação da posição do veículo em relação a cerca virtual. Na figura 33 pode ser verificada a diferença nas localizações obtidas pelo módulo e pelo *smartphone*.

Figura 33 – Precisão do modulos GPS U-blox e *smartphone*.

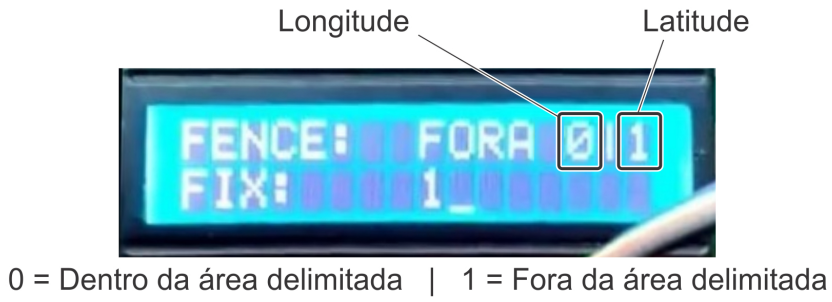


Fonte: Autores, 2022.

Os resultados dos ensaios realizados no veículo mostraram-se positivos, foram realizados ensaios com rotas diferentes, as quais têm suas respectivas informações de velocidade, latitude e longitude, hora atual e localização do veículo em relação a cerca virtual.

Para o ensaio do algoritmo da cerca virtual, foi implementado um código que mostrasse no display se o veículo está fora da região de tráfego e dessa forma verificar o funcionamento do algoritmo em tempo real. O primeiro dígito à esquerda identifica a longitude e o segundo latitude. O fix que representa a primeira informação válida do GPS também pode ser visto no display como mostra a figura 34 .

Figura 34 – *Display* modificado para o ensaio do algoritmo da cerca virtual.

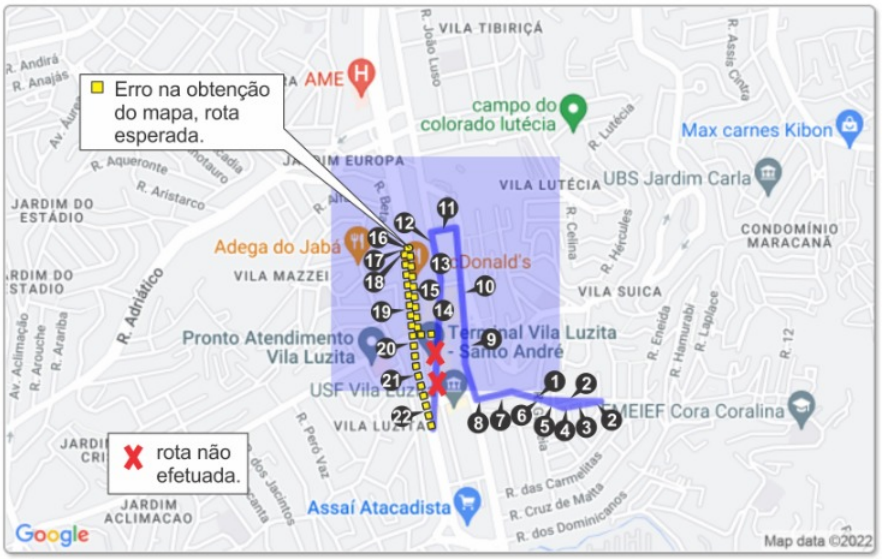


Fonte: Autores, 2022.

A figura 35 mostra a primeira rota e suas informações de operação, porém a detecção da região de tráfego durante o trajeto foi incoerente devido a um erro na

programação. Foi verificado também um erro com relação a rota realizada e a rota traçada no mapa.

Figura 35 – Informações do veículo no primeiro trajeto.

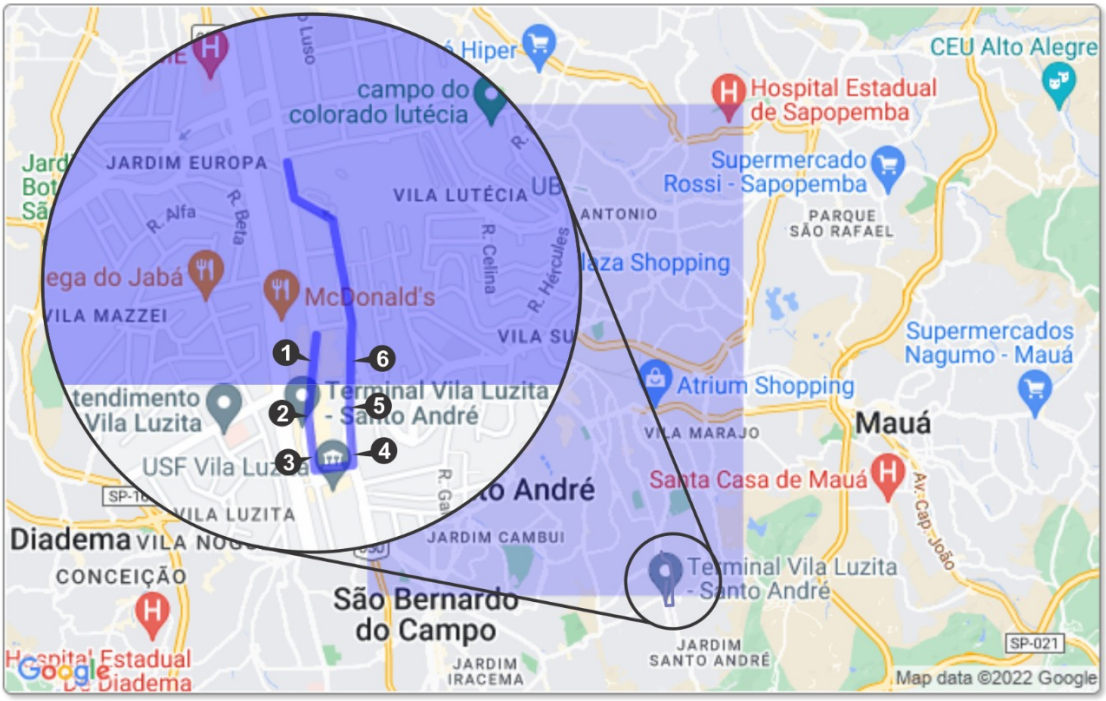


	Hora	Via	Cidade	Estado	Velocidade	Velocidade Permitida	Aviso	Fence
1	10h03	Rua Galiléia	Santo André	São Paulo	14 Km/h	40 Km/h		Fora
2	10h04	Rua A	Santo André	São Paulo	20 Km/h	40 Km/h		Fora
3	10h04	Rua A	Santo André	São Paulo	9 Km/h	40 Km/h		Fora
4	10h04	Rua A	Santo André	São Paulo	3 Km/h	40 Km/h		Fora
5	10h05	Rua A	Santo André	São Paulo	24 Km/h	40 Km/h		Fora
6	10h05	Rua Galiléia	Santo André	São Paulo	21 Km/h	40 Km/h		Fora
7	10h05	Rua Líbano	Santo André	São Paulo	22 Km/h	40 Km/h		X
8	10h06	Rua Líbano	Santo André	São Paulo	9 Km/h	40 Km/h		X
9	10h06	Estrada do Pedroso	Santo André	São Paulo	21 Km/h	40 Km/h		X
10	10h07	Estrada do Pedroso	Santo André	São Paulo	22 Km/h	40 Km/h		X
11	10h07	Rua Ivan Lins	Santo André	São Paulo	18 Km/h	40 Km/h		X
12	10h08	Avenida Dom Pedro I	Santo André	São Paulo	0 Km/h	40 Km/h		X
13	10h08	Avenida Dom Pedro I	Santo André	São Paulo	30 Km/h	40 Km/h		X
14	10h08	Avenida Dom Pedro I	Santo André	São Paulo	22 Km/h	40 Km/h		X
15	10h09	Avenida Capitão Mário Toledo de Camargo	Santo André	São Paulo	33 Km/h	40 Km/h		X
16	10h09	Rua Doutor Ariovaldo Teixeira Mendes	Santo André	São Paulo	5 Km/h	40 Km/h		X
17	10h10	Rua Doutor Ariovaldo Teixeira Mendes	Santo André	São Paulo	0 Km/h	40 Km/h		X
18	10h10	Rua Doutor Ariovaldo Teixeira Mendes	Santo André	São Paulo	0 Km/h	40 Km/h		X
19	10h10	Avenida Capitão Mário Toledo de Camargo	Santo André	São Paulo	26 Km/h	40 Km/h		X
20	10h11	Avenida Capitão Mário Toledo de Camargo	Santo André	São Paulo	19 Km/h	40 Km/h		X
21	10h11	Avenida Capitão Mário Toledo de Camargo	Santo André	São Paulo	1 Km/h	40 Km/h		X
22	10h12	Rua Capitão Mário Toledo de Camargo	Santo André	São Paulo	26 Km/h	40 Km/h		Fora

Fonte: Autores, 2022.

As figuras 36 e 37 mostram os resultados dos outros ensaios efetuados que comprovam o funcionamento de todo o sistema incluindo localização do veículo em relação a cerca virtual.

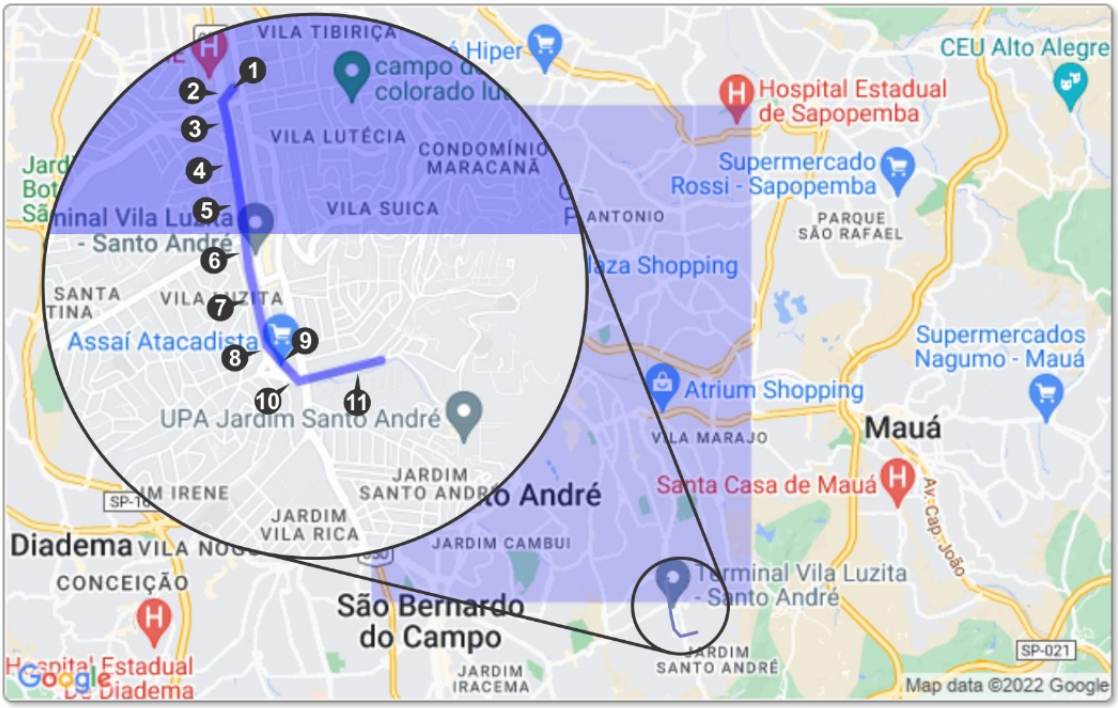
Figura 36 – Informações do veículo no segundo trajeto.



	Hora	Via	Cidade	Estado	Velocidade	Velocidade Permitida	Aviso	Fence
1	09h58	Avenida Dom Pedro I	Santo André	São Paulo	27 Km/h	40 Km/h		Dentro
2	09h59	Avenida Dom Pedro I	Santo André	São Paulo	27 Km/h	40 Km/h		Fora
3	09h59	Avenida Dom Pedro I	Santo André	São Paulo	9 Km/h	40 Km/h		Fora
4	10h00	Estrada do Pedroso	Santo André	São Paulo	1 Km/h	40 Km/h		Fora
5	10h00	Estrada do Pedroso	Santo André	São Paulo	23 Km/h	40 Km/h		Fora
6	10h01	Rua Bernardo Guimarães	Santo André	São Paulo	36 Km/h	40 Km/h		Dentro

Fonte: Autores, 2022.

Figura 37 – Informações do veículo no terceiro trajeto.



	Hora	Via	Cidade	Estado	Velocidade	Velocidade Permitida	Aviso	Fence
1	10h05	Rua Macedo Soares	Santo André	São Paulo	0 Km/h	40 Km/h		Dentro
2	10h05	Rua Macedo Soares	Santo André	São Paulo	10 Km/h	40 Km/h		Dentro
3	10h06	Avenida Capitão Mário Toledo de Camargo	Santo André	São Paulo	0 Km/h	40 Km/h		Dentro
4	10h06	Avenida Capitão Mário Toledo de Camargo	Santo André	São Paulo	39 Km/h	40 Km/h		Dentro
5	10h07	Avenida Capitão Mário Toledo de Camargo	Santo André	São Paulo	46 Km/h	40 Km/h	⚠	Dentro
6	10h07	Avenida Capitão Mário Toledo de Camargo	Santo André	São Paulo	43 Km/h	40 Km/h	⚠	Fora
7	10h08	Avenida Capitão Mário Toledo de Camargo	Santo André	São Paulo	51 Km/h	40 Km/h	⚠	Fora
8	10h08	Rua Eusébio de Queirós	Santo André	São Paulo	23 Km/h	40 Km/h		Fora
9	10h09	Rua Eusébio de Queirós	Santo André	São Paulo	0 Km/h	40 Km/h		Fora
10	10h09	Rua Eusébio de Queirós	Santo André	São Paulo	10 Km/h	40 Km/h		Fora
11	10h10	Rua dos Dominicanos	Santo André	São Paulo	31 Km/h	40 Km/h		Fora

Fonte: Autores, 2022.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusão

O objetivo do projeto foi alcançado, o sistema desenvolvido foi capaz de realizar a detecção da cerca virtual recebendo as informações do dispositivo GPS, fato que demonstra que mesmo com o erro de precisão de até 10 metros foi possível identificar sua localização de forma satisfatória. O armazenamento de todas as informações ocorreu com sucesso no *SD Card* e a análise posterior se mostrou eficiente, visto que o *software* com interface gráfica cumpriu seu papel de tornar essas informações amigáveis ao usuário permitindo analisar a rota e uso do veículo. No entanto, o microcontrolador chegou em seu limite, o máximo de seu potencial foi usado para chegar nesses resultados. Fator limitante que impediu a utilização das informações como distância do veículo até a borda da cerca virtual, o que poderia alertar o condutor no caso da aproximação dessas bordas, a criação de mais de uma cerca com diferentes formatos geométricos, o que tornaria ainda mais precisa e eficaz o uso das cercas virtuais.

5.2 Propostas Futuras

A telemetria do veículo neste projeto se mostrou dependente do GPS, visto que é o único dispositivo que fornece informações para o microcontrolador. A integração da rede CAN ao projeto é uma implementação futura e essencial para que novos dados sejam coletados e possam ser monitorados. Devido às limitações do dispositivo GPS, outros sistemas devem ser empregados como redes móveis (GSM) e sistemas de navegação estimada (*Dead Reckoning*), sistemas que auxiliariam e trariam uma maior segurança na geolocalização. No caso de um veículo trafegar em um túnel ou em uma região de sombra de sinal, por exemplo, o sistema perderá os dados de localização o que pode indicar uma saída da cerca virtual definida, fazendo com o que o microcontrolador alerte o condutor ou bloqueie o veículo. Com o dispositivo GSM é possível obter a localização do veículo nessas situações por meio da triangulação de sinais da rede de comunicação, ou ainda por dispositivo acelerômetro, quando na ausência de sinal de GPS, indique que o veículo está se movendo e por determinado tempo não deve ser considerado fora da região determinada. Outro fator que é determinante para que essas implementações sejam realizadas é a adoção de um microcontrolador com maior capacidade de processamento, memória *flash* e uma arquitetura que permita a comunicação entre diversos dispositivos por *Input/Output* (I/O) independentes sendo possível uma operação de coleta e envio de dados simultaneamente.

O uso do armazenamento na nuvem pode abrir um campo maior de possibilidades, como citado por Santos e Neto (2020), que abordou em seu trabalho o uso da cerca virtual remota, essa estratégia pode ser combinada a cerca virtual presente no microcontrolador, sendo capaz também de analisar remotamente a forma de condução e em que regiões o veículo está trafegando, assim evitar o roubo ou furto tomando ações quando uma falha na cerca local for detectada. Junto a essas implementações tornar a inferface mais intuitiva e com mais informações coletadas do veículo, que trará maior significado à massa de dados contribuindo com empresas já estabelecidas e novas oportunidades de negócios. Novos modelos de negócio vêm surgindo e podem se beneficiar de projetos ligados a obtenção de dados de telemetria, um deles é a modalidade de seguro chamada de *Pay How You Drive* (pague como você dirige), estratégia que também pode ser aplicada em empresas de transporte com recompensas aos motoristas se o veículo é conduzido de forma consciente e segura.

REFERÊNCIAS

BLACKBOXLAB. *Diagrama Elétrico do módulo GPS GY-GPS6MV2*. 2022. Disponível em: <https://blackboxlab.wixsite.com/home/single-post/2017/09/28/usando-m%C3%B3dulo-de-gps-neo-6m>. Acesso em: 25 mai. 2022, 10:15.

BOTTESINI, G.; NODARI, C. T. O fator humano nos acidentes rodoviários: motivos e possíveis soluções levantados em um grupo focado. In: *Anais do 22º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes [Internet]*. [S.l.: s.n.], 2008.

COSTA, D. J. R. J. D. A fadiga na condução diogo jorge robalo júdice da costa. 2014.

ELETROGATE. *Diagrama elétrico do módulo SD Card*. 2022. Disponível em: <https://blog.eletrogate.com/utilizando-modulos-para-cartoes-sd/>. Acesso em: 14 mai. 2022, 11:00.

FERREIRA, F. T. G.; ZULLINO, V. H. G.; BRIANEZ, W. V. Centro paula souza faculdade de tecnologia santo andré. 2016.

IOTNETBLOG. *Mensagem enviada pela UART*. 2021. Disponível em: <https://nijas2012.home.blog/protocols/>. Acesso em: 27 nov. 2021, 18:30.

KARAIM, M. et al. Gnss error sources. *Multifunctional Operation and Application of GPS*, IntechOpen London, UK, p. 69–85, 2018.

LINO, M. R. *Sistema de telemetria e rastreamento de veículos*. 73 p. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

MURIALDO, M. *Em 2020, 80 pessoas morreram por dia em consequência de acidente de trânsito no país*. 2020. Disponível em: <https://www.portaldotransito.com.br/noticias/em-2020-80-pessoas-morreram-por-dia-em-consequencia-de-acidente-de-transito-no-pais>. Acesso em: 7 nov. 2021, 10:25.

PONTEADO, C. D. O.; FRESCHI, M. V. Sistema de telemetria e monitoramento do veículo protótipo shell eco marathon. 2018.

RIBEIRO, V. D. F. D. C. Mining geographic data for fuel consumption estimation. 2013.

RODRIGUES, M.; CUGNASCA, C. E.; FILHO, A. P. d. Q. Rastreamento de veículos. 2009.

SANTOS, A. L. V. d. Economia de combustível com o uso de telemetria para veículos de passeio. 2016.

SANTOS, J. M. d.; NETO, W. L. O diferencial competitivo de sistemas de telemetria, monitoramento e rastreamento no setor de avicultura. 114, 2020.

SHELL. *SHELL Eco-Marathon Brasil*. 2022. Disponível em: <https://www.shell.com.br/energia-e-inovacao/ecomarathon/shell-eco-marathon-brasil.html>. Acesso em: 27 mai. 2022, 14:30.

SILVA, M. M. G. D.; WISINTAINER, M. A. Aplicação para monitoramento veicular em tempo real. 2017.

U-BLOX. *NEO-6, u-blox 6 GPS Modules, Data Sheet*. 2022. Disponível em: <https://content.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2022, 19:15.

APÊNDICE A - Código Fonte

<https://github.com/FeLp5/TCC-Telemetria-Veicular.git>