

SENSORNET AUTOCARE: DISPOSITIVO IoT PARA PREVENÇÃO DA MANUTENÇÃO DE VEÍCULOS

Orientando: Eduardo Cabezudo Vilhalba *
Orientador: Williamson Silva**

RESUMO

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um dispositivo IoT com o objetivo de monitorar a necessidade de manutenção em veículos populares, buscando reduzir os acidentes causados por defeitos mecânicos. Utilizando a porta OBD II este dispositivo coletará dos dados da central eletrônica e irá transmitir os dados importantes para uma aplicação em nuvem. Esses dados serão disponibilizados aos condutores por meio de uma interface web, permitindo um acompanhamento das condições do veículo e realizando notificações quando existir a necessidade de uma manutenção no veículo. Além disto, esse trabalho propoe uma etapa de experimentação

Palavras-chaves: Manutenção Veicular; IoT; ODB II; Monitoramento Veicular.

ABSTRACT

This work proposes the development of an IoT device aimed at monitoring the maintenance necessities of popular vehicles, seeking to reduce accidents caused by mechanical failures. Utilizing the OBD II interface, this device will collect data from the vehicle's electronic control unit and transmit important data to a cloud application. These data will be made available to drivers through a web interface, allowing them to monitor the vehicle's condition and receive notifications when maintenance is needed.

Keywords: Vehicle Maintenance; IoT; OBD II; Vehicle Monitoring.

1. CONTEXTO E MOTIVAÇÃO

De acordo com a Polícia Rodoviária Federal (PRF), entre 2017 e 2019, aproximadamente 12 mil acidentes de trânsito nas estradas brasileiras foram em consequência de defeitos mecânicos (ANDRADE, 2020). E esse número vem crescendo com o passar dos anos (CARELLOS, 2022). Segundo Laurie Andrade um dos principais motivos é devido os condutores não realizarem a manutenção preventiva em seus veículos (ANDRADE, 2020).

Segundo a (ASSOBRAV, 2009), o brasileiro não possui o hábito de cuidar preventivamente do seu veículo, muitas vezes por falta de informação e alto custo de manutenção. O mercado tem utilizado a tecnologia para realizar o monitoramento e prevenção de qualquer dispositivo, seja ele elétrico/eletrônico ou mecânico. Neste sentido, uma das tecnologias que vem ganhando destaque no mercado é a Internet

*Aluno do Curso de Engenharia de Software da Universidade Federal do Pampa, Alegrete, Rio Grande do Sul, Brasil
E-mail: eduardovilhalba.aluno@unipampa.edu.br

**Orientador, Professor do Curso de Engenharia de Software da Universidade Federal do Pampa, Alegrete, Rio Grande do Sul, Brasil, E-mail: williamsonsilva@unipampa.edu.br

das Coisas (do inglês, *Internet of Things* - IoT), que se trata da interconexão de objetos físicos (coisas) por meio da rede mundial de computadores. Estes equipamentos são dotados de sensores, atuadores e também de um dispositivo de comunicação seja *Wi-Fi* ou *Machine-To-Machine* (M2M).

No entanto as ferramentas encontradas hoje são frequentemente caras, complexas ou servem apenas no contexto de gestão de frotas atendendo clientes *Business to Business* (B2B).

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo/proposta o desenvolvimento de um dispositivo IoT denominado SensorNet AutoCare, com o objetivo de se conectar com veículos populares equipados com uma central eletrônica de controle. Com o propósito de monitorar os parâmetros já existentes fornecidos pelos sensores do veículo, aproveitar a existência da central eletrônica de controle facilita a implementação, tornando o projeto de baixo custo para implementação e uso, o que aumentaria a abrangência de condutores que utilizarão o projeto.

O objetivo deste trabalho é apoiar os condutores na manutenção preventiva de veículos de uso doméstico para diminuir os custos com quebra/manutenção corretiva. Para alcançar este objetivo além de implementar um sistema de monitoramento eficaz, será realizada uma experimentação com foco para a segurança da rede *CAN* (*Controller Area Network*), simulando diferentes cenários de ataque a um veículo. Essa abordagem permite validar a robustez do dispositivo contra tentativas de manipulação de dados, assegurando a resiliência das informações monitoradas e a confiabilidade das recomendações de manutenção preventiva geradas pela ferramenta.

2. METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto foi dividido em 4 partes, sendo elas, Pesquisa, Ideação, Desenvolvimento de Software, Desenvolvimento de Hardware e Experimentação de Segurança.

- **Pesquisa:** Etapa para realizar a busca de soluções já existentes em busca de compreender o que já existe e suas limitações.
- **Ideação:** Etapa para realizar a ideação e prototipação do dispositivo proposto, analisar sua viabilidade, itens necessários para o desenvolvimento e realizar testes com o hardware selecionado para o dispositivo;
- **Desenvolvimento de Software:** Etapa para realizar o desenvolvimento do projeto de software previamente escrito e revisado a fim de disponibilizar os recursos necessários tanto para o usuário realizar o acesso ao sistema quanto para o hardware realizar o envio de informações;
- **Desenvolvimento de Hardware:** Etapa para realizar o desenvolvimento do hardware passa pela fase de teste inicial dos componentes, construção da PCB, teste em bancada, desenvolvimento da programação da PCB e teste no veículo para garantir que o dispositivo é seguro para conectar no veículo.
- **Experimento de segurança:** Etapa para realizar o desenvolvimento de um experimento que visa proteger o uso da ferramenta proposta visando assegurar uma maior segurança aos usuários por meio de ataques a estrutura de comunicação dos módulos do veículo.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. INTERNET DAS COISAS (INTERNET OF THINGS)

Internet das Coisas (do inglês, *Internet of Things* - IoT), que se trata da interconexão de objetos físicos (coisas) por meio da rede mundial de computadores, começa a sua história no ano de 1999, quando o pesquisador Kevin Ashton publicou sobre uma arquitetura que propõe conectar dispositivos físicos é mais valioso do que várias alternativas de menor escala. O autor argumenta que a internet é bem-sucedida porque está disponível para todos e se expande com a adição de novos dispositivos (SARMA; BROCK; ASHTON, 1999).

O autor também discute a importância de separar as informações sobre um objeto do próprio objeto. Aumentando a possibilidade de diversos dispositivos terem o conhecimento do que está sendo monitorado por um dispositivo distinto, ajudando a realizar uma determinada tarefa (SARMA; BROCK; ASHTON, 1999).

Após sua publicação, o Kevin Ashton decidiu tentar vender a sua ideia para P&G®, na sua tentativa de venda ele precisava de um nome mais atrativo para sua solução de arquitetura, e o mesmo relata que gostaria de ter algo relacionado a internet com o nome, então assim o nome Internet das Coisas veio a cabeça (ELDER, 2019).

IoT está presente no dia a dia de diversas empresas e pessoas, no âmbito industrial IoT é aplicado em larga escala no monitoramento e controle de ativos, Rastreamento de estoque e logística, monitoramento ambiental, otimização da cadeia de suprimentos e na manufatura inteligente que conecta os dispositivos da linha de fabricação facilitando a produção e colaboração entre elas. (PATEL; PATEL; SCHOLAR, 2016)

Casas inteligentes que utilizam a tecnologia IoT já são uma realidade, estas casas ou *Smart Homes* são dotadas de sensores e dispositivos para automatizar todos os dispositivos e processos do dia a dia assim como definir temperatura, controle de iluminação, segurança, otimização do uso de energia.

3.2. NORMAS E REGULAMENTAÇÕES SOBRE MANUTENÇÃO VEICULAR

No Brasil temos o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), que rege as regras de como o trânsito de veículos terrestres e pedestres devem circular dentro do país. Dentro do código temos algumas regras que regem de forma indireta, uma regra referente a manutenção veicular: O CTB exige que o proprietário do veículo tenha responsabilidade sobre as boas condições de funcionamento dos equipamentos de uso obrigatório antes de colocar o veículo em circulação (Brasil, 1997). Caso o veículo não atenda às normas estabelecidas pode ser retirado do tráfego e armazenado em um depósito.

Antes de colocar o veículo em circulação nas vias públicas, o condutor deverá verificar a existência e as boas condições de funcionamento dos equipamentos de uso obrigatório, bem como assegurar-se da existência de combustível suficiente para chegar ao local de destino (Brasil, 1997) [Art.27].

O CTB também menciona que os veículos em circulação poderão ser inspecionados, com objetivo de aferir os níveis de emissão de ruídos e poluentes. Caso o veículo

não atenda as normas estabelecidas pelo CTB será aplicada multa e o veículo será retirado de circulação. (Brasil, 1997)

Os veículos em circulação terão suas condições de segurança, de controle de emissão de gases poluentes e de ruído avaliadas mediante inspeção, que será obrigatória, na forma e periodicidade estabelecidas pelo CONTRAN para os itens de segurança e pelo CONAMA para emissão de gases poluentes e ruído (Brasil, 1997)[Art. 104].

Será aplicada a medida administrativa de retenção aos veículos reprovados na inspeção de segurança e na de emissão de gases poluentes e ruído (Brasil, 1997)[Art. 104 - § 5º].

O CTB também obriga que o veículo de passageiros a possuir cinto de segurança, encosto para cabeça, dispositivos de controle de emissão de poluentes e ruídos, air-bag e luzes de rodagem diurna (Brasil, 1997).

São equipamentos obrigatórios dos veículos, entre outros a serem estabelecidos pelo CONTRAN (Brasil, 1997)[Art. 105]:

- I. cinto de segurança, conforme regulamentação específica do CONTRAN, com exceção dos veículos destinados ao transporte de passageiros em percursos em que seja permitido viajar em pé;
- II. para os veículos de transporte e de condução escolar, os de transporte de passageiros com mais de dez lugares e os de carga com peso bruto total superior a quatro mil, quinhentos e trinta e seis quilogramas, equipamento registrador instantâneo inalterável de velocidade e tempo;
- III. encosto de cabeça, para todos os tipos de veículos automotores, segundo normas estabelecidas pelo CONTRAN;
- IV. dispositivo destinado ao controle de emissão de gases poluentes e de ruído, segundo normas estabelecidas pelo CONTRAN;
- V. para as bicicletas, a campainha, sinalização noturna dianteira, traseira, lateral e nos pedais, e espelho retrovisor do lado esquerdo;
- VI. equipamento suplementar de retenção - air bag frontal para o condutor e o passageiro do banco dianteiro;
- VII. luzes de rodagem diurna.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) disponibiliza, de forma paga, a Norma Brasileira (NBR) N.º 1568:2009, que estabelece os requisitos e metodologias para a qualificação do mecânico de manutenção de veículos rodoviários.

3.3. MANUTENÇÃO VEICULAR

Existem três tipos de manutenções que podem ser realizadas em um veículo: preventiva, corretiva e preditiva (LOCALIZA FROTAS, 2023).

A **manutenção preventiva** sujeita o veículo a diversas etapas de trocas de peças de forma prematura e/ou com desgaste planejado, visando manter o correto funcionamento do veículo, aumentando sua vida útil e também deixando o veículo mais seguro de circular. O problema desta manutenção são os altos custos envolvidos e a possível troca de um componente que pode não estar no seu tempo correto de troca, o que levaria o condutor a ter um gasto final com o veículo muito maior por estar descartando um componente que ainda possui um tempo de uso restante (99 TECNOLOGIA LTDA, 2021).

A **manutenção corretiva** ocorre quando o condutor negligencia a execução das devidas manutenções preventivas em seu veículo, corre o risco de que pequenos problemas se tornem grandes problemas (MOURA, 2024). Como consequência, isso pode resultar na impossibilidade de uso do veículo e também no aumento dos custos de manutenção. Em alguns casos, essa negligência pode até mesmo culminar na total inutilização do conjunto mecânico do veículo.

A **manutenção preditiva** se dá por meio de veículos que contam com a Central Eletrônica de controle, é possível fazer uso dos sensores já presentes nele para realizar o seu funcionamento no dia a dia (99 TECNOLOGIA LTDA, 2023). Desta forma, empregando técnicas de análise de dados combinadas com o uso de IoT, é possível prever/antecipar possíveis necessidades de manutenção, fornecendo recomendações ao condutor com base em padrões identificados nos dados coletados.

3.4. IOT EM VEÍCULOS

O aumento do uso de tecnologias embarcadas nos veículos tem sido cada vez mais notável, com o advento da nova geração de carros elétricos, todos os veículos têm se tornado mais inteligentes, autônomos e integrados entre si. Isto resulta em melhorias na segurança de condutores e pedestres já que sensores e câmeras presentes em veículos de última geração têm sido usado para realizar a prevenção de acidentes, economia de dinheiro e combustível, já que todos os parâmetros dos veículos são monitorados, entre outras vantagens (META TELECOM, 2023).

Dentre os dispositivos IoT existentes no mercado temos o On-Star que é uma empresa subsidiária da *General Motors* (GM) que no Brasil oferta a tecnologia por meio dos veículos da Chevrolet, a principal funcionalidade desse dispositivo são sensores espalhados pelo veículo que em caso de colisão é realizada uma tentativa de contato com o condutor através do rádio do veículo e em caso de necessidade acionado as equipes de resgate (CHEVROLET BRASIL, 2024).



Figura 1 - Interface On-Star® de um Chevrolet Cruze® Fonte: Autor

Outro exemplo é o Cobli, empresa Brasileira *Business to Business* (B2B) que utiliza tecnologia por meio do IoT para otimizar a gestão de frotas, monitorando o comportamento de condutores ao volante, condições de manutenção e monitoramento de gasto com combustível, permitindo uma gestão de frota eficiente e econômica (COBLI, 2024).

4. PROPOSTA DE DISPOSITIVO IOT

O propósito deste dispositivo é monitorar veículos populares, tais como Chevrolet Onix®, Volkswagen Gol®, Fiat Palio®, Fiat Uno® e Renault Kwid®. Esses veículos contam com um computador de bordo que realiza o monitoramento de parâmetros necessários para o correto funcionamento de sua mecânica. No entanto, estes veículos não possuem sensores para medir itens importantes para o correto funcionamento do motor, como qualidade do óleo, desgaste de correias e no geral estado dos pneus e condições da iluminação.

Ao contrário de veículos de alto valor agregado, onde muitos desses parâmetros são integrados ao computador de bordo e prontamente disponíveis ao condutor em um apertar de botões, o dispositivo proposto oferece uma solução complementar aos veículos populares que não possuem este monitoramento de fábrica. Embora a solução possa ser implementada nos veículos mais caros, sua utilidade para esses veículos seria somente uma camada adicional de monitoramento, visto que estes veículos já contam com estes sistemas embutidos.

A comunicação deste dispositivo se dará de duas formas, para conseguir se comunicar com o veículo que será monitorado será utilizado a entrada *Version 2 OBD II*

(*On-Board Diagnostics Version 2*), uma entrada padronizada no mercado e presente nos automóveis desde 1996. A entrada possui um protocolo de comunicação também padronizado por cada montadora chamado *CAN BUS (Controller Area Network Bus)*.

O dispositivo quando plugado na entrada ODB II passará a monitorar os parâmetros de rodagem do veículo. Esse monitoramento engloba a coleta dos dados do veículo como, quilometragem percorrida, níveis de combustível, tempo em que o veículo permanece com a ignição ligada e sua localização geográfica. Estes dados serão continuamente compilados em pacotes e enviados a um servidor na nuvem de 1 em 1 minuto, utilizando uma conexão *GSM (Global System for Mobile Communication)* com um chip *M2M (Machine to Machine)* para garantir a eficiência da transmissão.

A arquitetura de comunicação do dispositivo irá compor uma api no padrão *REST (Representational State Transfer)* o recebimento de todos os dados de forma que possa ser processado em filas pela aplicação disponibilizada em nuvem. Estes dados após compilados pela aplicação em nuvem serão disponibilizados para o usuário final através de uma interface web.



Figura 2 - Diagrama de comunicação do dispositivo com o software. Fonte: Autor

4.1. COMPONENTES DO DISPOSITIVO

O dispositivo projetado irá usar a plataforma *Arduíno*, uma plataforma *opensource* amplamente utilizada no desenvolvimento de projetos eletrônicos e de automação devido a sua flexibilidade e fácil integração com diversos sensores e módulos, o *Arduíno* permite a criação de protótipos e até produtos finais robustos e a um custo acessível.

Dos módulos e placas utilizados serão:

- **Arduíno® Nano:** Será a base do dispositivo, utilizado no projeto como controlador central. Receberá os dados dos diferentes módulos e gerenciará a comunicação entre eles.
- **Módulo MCP-2515:** É um controlador CAN, que permitirá a captura dos dados que transacionam no barramento CAN do veículo, através dele conseguiremos capturar os dados de telemetria do veículo.
- **Módulo SIM800L:** É um módulo GSM utilizado para enviar os dados coletados para a nuvem, sua conexão se dá por meio de antenas de telefonia móvel, assim como um celular.
- **Módulo GPS Neo-6M:** É o responsável por fornecer a localização geográfica precisa do veículo através dos serviços de *GPS (Global Positioning System)*.

4.2. LIGAÇÃO DOS MÓDULOS E INTERFACE CAN

5. APLICAÇÃO

Quanto a aplicação que irá fazer a tratativa dos dados recebidos da telemetria, será desenvolvido uma aplicação em Node.js que disponibilizará uma API que será consumida no front-end. Esta aplicação construída em Node.js seguirá o padrão arquitetural de desenvolvimento de micro serviços, contando com os seguintes componentes:

a) **API Gateway:**

- **Funcionalidade:** Porta de entrada para a aplicação, contará com recursos de segurança e roteamento para os demais serviços disponíveis.

b) **Serviço de Autenticação:**

- **Funcionalidade:** Responsável pela autenticação e autorização dos usuários.

c) **Serviço de Telemetria:**

- **Funcionalidade:** Responsável por receber os dados de telemetria do hardware (porta de entrada do hardware)

d) **Serviço de Armazenamento em Nuvem (ATÔMICO):**

- **Funcionalidade:** Persiste os dados recebidos em uma base de dados como MongoDB e PostgreSQL, e gerencia o acesso a estes dados.

e) **Serviço de de Notificação:**

- **Funcionalidade:** Enviar notificações ao usuário do sistema, sobre alertas e informações importantes, como por exemplo, alertas de manutenção.

f) **Serviço de Interface Web:**

- **Funcionalidade:** Prover a interface com qual o usuário irá interagir.

g) **Serviço de Apresentação:**

- **Funcionalidade:** Realizar a tratativa dos dados armazenados no banco de dados para realizar a apresentação no front-end.

Para ilustrar o diagrama dos micro-serviços proposto:

6. EXPERIMENTO

6.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

A segurança é fundamental neste tipo de aplicação e dispositivo, dada sua conexão com sistemas vitais do veículo, como motor, freios, transmissão e outros componentes essenciais para para a operação segura do veiculo. Qualquer falha na comunicação ou manipulação inadequada destes dados pode comprometer a integridade do sistema e consequentemente a segurança dos motoristas e seus passageiros.

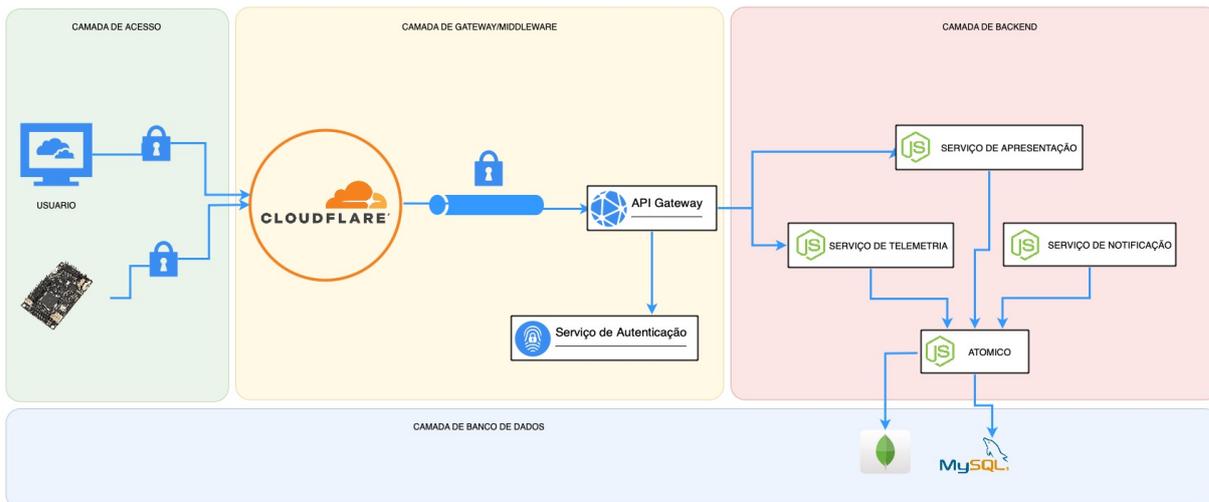


Figura 3 - Diagrama da arquitetura de micro-serviços

Com isso em mente, visando assegurar uma maior segurança aos usuários, no dispositivo optou-se pelo uso do módulo MCP2515 com uma proteção física adicional. Neste sentido, foram desconectados os fios que enviam comandos do Arduino nano ® para o módulo que faz a conexão na rede CAN. Isso faz com que o Arduino ® se limita à leitura dos dados da rede CAN, evitando a interferência direta nos sistemas do veículo e bloqueando qualquer tipo de adulteração vinda por uma invasão ao dispositivo.

Neste sentido, a comunicação entre o dispositivo e o servidor de aplicação será feita por meio de um chip M2M da operadora Vivo, o que ajuda a isolar a conexão contra ataques do tipo man-in-the-middle (MitM). Além disso, o servidor de aplicação estará protegido pelo Cloudflare Tunnel® uma solução que age como um intermediário seguro, permitindo o acesso ao servidor sem expor seu IP diretamente. O Cloudflare Tunnel ® cria um túnel de VPN seguro e criptografado entre o servidor e a infraestrutura da Cloudflare® bloqueando conexões não autorizadas e adicionando diversas camadas extras de autenticação e criptografia para proteger o tráfego contra interceptações e invasões.

6.2. OBJETIVO DO EXPERIMENTO

O objetivo do experimento é investigar a segurança dos dados enviados através da rede CAN para o dispositivo proposto, simulando cenários de ataque para validar a robustez do dispositivo de monitoramento proposto. Embora o sistema utilize meios mitigadores para ataques do tipo *man-in-the-middle*, com isto se faz necessário realizar os testes em um ambiente controlado. Isso acontece ao fato que ataques direcionados a rede CAN podem ser realizados localmente, manipulando o barramento CAN ou inserindo dispositivos maliciosos na rede. Portanto, para explorar essa possível vulnerabilidade de validar a eficácia de um algoritmo que detecte este tipo de ataque, optou-se por uma abordagem experimental, onde é possível criar diferentes cenários de ataque de forma segura e replicável. fala qual é o objetivo e que para alcançá-lo, a melhor forma de realizar é por meio de um ambiente controlado e simulado.

6.3. PLANEJAMENTO DO EXPERIMENTO

Como ilustrado na Figura 4, o atacante aproveitaria uma vulnerabilidade conhecida na rede CAN. Essa brecha permitiria ao invasor enviar dados oriundos dos diversos módulos que compõem a rede CAN de um veículo, fingindo ser um dispositivo legítimo e transmitindo dados incorretos. Esse ataque resultaria na geração de alertas falsos na plataforma, indicando a necessidade de manutenção do veículo de forma indevida. Nestes casos, a inteligência artificial treinada deve identificar e catalogar os dados do atacante a fim de notificar o usuário de uma possível invasão a rede CAN do seu veículo e os riscos para sua integridade física e de seus passageiros.

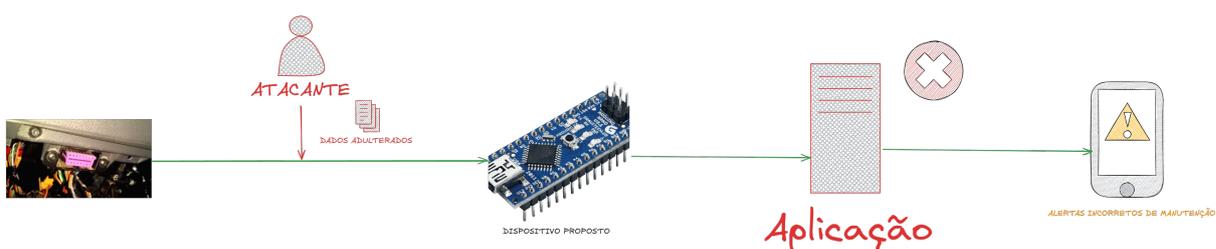


Figura 4 - Ilustração do Ataque

6.4. PARTE 1. COLETA DOS DADOS / TRATAMENTO

Para experimentar o cenário de ataque proposto ao dispositivo, foi realizada uma captura extensiva de dados da rede CAN conforme ilustrado na Figura 5, com o objetivo de identificar padrões específicos. A coleta dos dados ocorreu ao longo de uma viagem partindo de Alegrete-RS com destino a Uruguaiana-RS no dia 16/09/2024, na qual foi percorrida a distância de 144KM (Cento e quarenta e quatro quilômetros) com duração total de 1:30 (Uma hora e trinta minutos), o dispositivo proposto registrou informações contínuas para construir o dataset necessário para a experimentação. A captura foi realizada com o auxílio de um notebook conectado ao Arduino via interface de desenvolvimento USB, permitindo a coleta de dados em tempo real, uma vez que a conexão M2M não suportaria o volume de dados necessário para essa análise. No monitoramento regular, o dispositivo trabalha com médias calculadas periodicamente, reduzindo o volume de dados a ser transmitido sem comprometer a efetividade do monitoramento. Após a coleta dos dados, foi realizado um processo de ETL (Extração, Transformação e Carregamento) para exportar um arquivo no formato CSV (*Comma-separated values*), que será utilizado para treinar uma inteligência artificial para identificar possíveis invasores.

Ao longo do trajeto, o dispositivo capturou 58 sensores presentes no veículo. Deses dados capturados, durante o processo de ETL, foi necessário realizar uma abreviação do nome dos sensores e dos dados capturados para uma melhor visualização na etapa de resultados. Os dados abreviados são apresentados na tabela 1

Campo Original	Nome Abreviado
Timestamp	timestamp
Time	time
Acelerador	acelerador

Campo Original	Nome Abreviado
Ajuste de combustível % a curto prazo - Banco 1	comb_ct_b1
Ajuste de combustível % a longo prazo - Banco 1	comb_lt_b1
Altitude (GPS)	alt_gps
Atuador comandado da borboleta de admissão	atuador
Avanço de temporização	avanco_temp
Boost calculado	boost_calc
Combustível usado	comb_usado
Combustível usado (total)	comb_total
Consumo instantâneo de combustível (l/100km)	cons_inst
Consumo instantâneo de combustível (l/h)	cons_lh
Consumo médio de combustível (l/100km)	cons_med
Consumo médio de combustível (l/100km) (total)	cons_med_t
Consumo médio de combustível (l/100km) 10 sec	cons_med_10
Distância percorrida com a luz de check engine ligada	dist_chk
Distância para esvaziar	dist_esv
Distância percorrida	dist_perc
Distância percorrida (total)	dist_tot
Distância percorrida desde quando as falhas foram apagadas	dist_falha
Espaço livre no tanque de combustível	esp_tanque
Ethanol fuel percent	eth_pct
Fuel economizer (based on fuel system status and throttle position)	fuel_econ
Nível de combustível (%)	nivel_comb
Nível de combustível (V)	nivel_comb_v
Posição absoluta da borboleta de admissão B	pos_abs_b
Posição da borboleta de admissão	pos_borb
Posição do pedal do acelerador D	pos_acel_d
Posição do pedal do acelerador E	pos_acel_e
Posição relativa da borboleta de admissão	pos_rel_b
Potência instantânea do motor (baseado no consumo de combustível)	pot_inst
Power from MAF	pot_maf
Pressão absoluta do coletor de admissão	press_abs
Pressão barométrica	press_bar
Preço do combustível usado	preco_comb
Preço do combustível usado (total)	preco_tot

Campo Original	Nome Abreviado
Qtde. de aquecimentos desde quando apagadas as falhas	qtd_aquec
RPM do motor	rpm
RPM do motor x1000	rpm_x1000
Relação equivalente comandada de Comb./Ar	rel_comb
Remoção por evaporação comandada	remo_evap
Sensor de oxigênio 1 Banco 1 Ajuste de combustível a curto prazo	sens_ox1_ct
Sensor de oxigênio 1 Banco 1 Voltagem	sens_ox1_v
Sensor de oxigênio 2 Banco 1 Voltagem	sens_ox2_v
Temperatura do ar ambiente	temp_amb
Temperatura do ar de admissão	temp_ar
Temperatura do catalizador Banco 1 Sensor 1	temp_cat
Temperatura do líquido de arrefecimento do motor	temp_liq
Valor absoluto de carga	val_carga
Valor da carga calculada do motor	val_calc
Velocidade (GPS)	vel_gps
Velocidade do fluxo de ar do MAF	vel_maf
Velocidade do veículo	vel_veic
Velocidade média	vel_med
Velocidade média (GPS)	vel_med_gps
Voltagem da ECU	volt_ecu
Voltagem do módulo OBD	volt_obd

Tabela 1: Abreviação de Sensores

6.5. PARTE 2. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.

Dados os possíveis cenários de uso do dispositivo e as possíveis vulnerabilidades da rede CAN, foram desenvolvidos perfis detalhados de invasores usando a abordagem de mapa de empatia. Esta metodologia permitiu a idealização de diversas *Persona Securities* conforme ilustrado na tabela 2 e seus cenários de ataque que poderiam comprometer tanto a segurança do condutor durante a operação do veículo. A partir do mapa de empatia, foi possível entender profundamente as motivações, necessidades e possíveis estratégias de invasão, o que ajudou a construir as *Persona Securities* o mais realista possível e explorar cenários de ataque que poderiam trazer riscos a segurança do condutor e ou a operação do veículo em que o dispositivo esteja instalado.

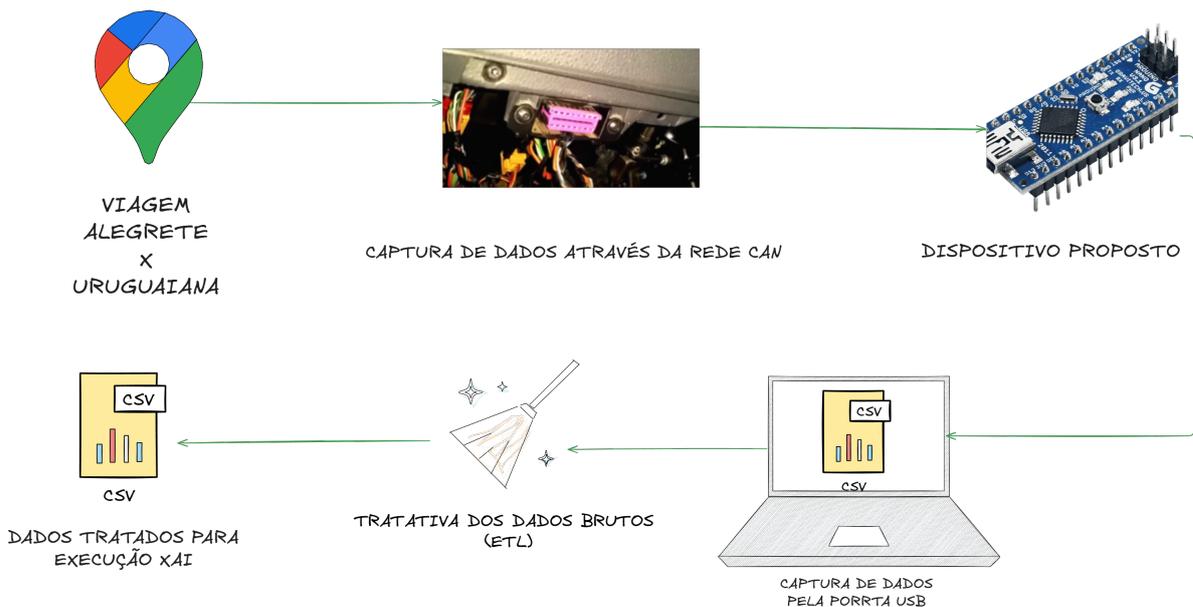


Figura 5 - Ilustração da Captura de dados Fonte: Autor

Nome	Profissão	Motivação	Tarefas com Aplicações
Persona 1: Clodoaldo "Matador de Aluguel"	Matador de Aluguel	Simular um acidente para eliminar uma vítima	Manipular dados da rede CAN para desligar os faróis e alterar a velocidade do veículo durante a noite.
Persona 2: Lucas "Sabotador de RPM"	Técnico em eletrônica automotiva	Prejudicar concorrentes	Manipular dados de RPM para simular falhas mecânicas.
Persona 3: Ana "Invasora Remota"	Hacker automotiva	Sequestrar veículos para resgate ou revenda	Injetar comandos na ECU através da rede CAN.
Persona 4: Maria "Sabotadora Logística"	Ex-funcionária de transporte	Sabotar operações logísticas	Alterar dados de nível de combustível, provocando paradas inesperadas.
Persona 5: Carlos "Fraudador de Frota"	Proprietário de frota	Ocultar fraudes no consumo de combustível	Manipular dados de consumo de combustível para reduzir custos.
Persona 6: Antônio "Manipulador de Velocidade"	Motorista de carga	Fraudar registros de velocidade para evitar penalidades	Injetar dados falsos de GPS e velocidade na rede CAN.
Persona 7: Renato "Sabotador de Concorrentes"	Técnico em sistemas automotivos	Prejudicar concorrentes alterando o desempenho do motor	Manipular dados de sensores, como pressão barométrica, para degradar o desempenho.
Persona 8: Marcos "Sabotador de Motores"	Técnico de manutenção de frotas	Causar danos ao motor	Alterar dados de temperatura do líquido de arrefecimento, provocando sobreaquecimento.
Persona 9: Felipe "Fraudador de Seguros"	Vendedor de veículos usados	Manipular quilometragem para aumentar o valor de revenda	Alterar dados de distância percorrida, fraudando o odômetro.
Persona 10: Paulo "Aumentador de Consumo"	Consultor de transporte	Aumentar a pegada de carbono de concorrentes	Manipular a relação combustível/ar para aumentar o consumo de combustível.

Tabela 2 - Persona Securities

Para aplicação de cada *persona*, é necessário que um conjunto de dados específico seja manipulado para assim concretizar a tarefa elicitada para cada *persona* conforme ilustrado na tabela 3, diante disto foi desenvolvido um script em Python® com funções genéricas para adulteração das variáveis presentes no CSV (*Comma-separated values*) conforme ilustrado na imagem 6, cada *persona* gerou um CSV (*Comma-separated values*) respectivamente com base no CSV extraído na etapa anterior.

<i>persona</i>	Dados Adulterados
Persona 1: Clodoaldo "Matador de Aluguel"	Velocidade do veículo, Time, Acelerador
Persona 2: Lucas "Sabotador de RPM"	Velocidade do veículo, Time, Acelerador, Distância percorrida
Persona 3: Ana "Invasora Remota"	Velocidade do veículo, Time, Acelerador, Consumo médio de combustível (l/100km)

persona	Dados Adulterados
Persona 4: Maria "Sabotadora Logística"	Velocidade do veículo, Time, Posição do pedal do acelerador D, Temperatura do líquido de arrefecimento do motor
Persona 5: Carlos "Fraudador de Frota"	Velocidade do veículo, Time, Posição do pedal do acelerador D, RPM do motor
Persona 6: Antônio "Manipulador de Velocidade"	Velocidade do veículo, Time, Posição do pedal do acelerador D, Voltagem da ECU
Persona 7: Renato "Sabotador de Concorrentes"	Velocidade do veículo, Time, Posição do pedal do acelerador D, Relação equivalente comandada de Comb./Ar
Persona 8: Marcos "Sabotador de Motores"	Velocidade do veículo, Time, Posição do pedal do acelerador D, Potência instantânea do motor (baseado no consumo de combustível)
Persona 9: Felipe "Fraudador de Seguros"	Velocidade do veículo, Time, Posição do pedal do acelerador D, Potência instantânea do motor (baseado no consumo de combustível)
Persona 10 : Paulo "Aumentador de Consumo"	Velocidade do veículo, Time, Posição do pedal do acelerador D, Voltagem do módulo OBD

Tabela 3: *Persona* e Dados Adulterados

O algoritmo possui a seguinte instrumentação, sortear 15 mil linhas válidas (com dados capturados) e randomicamente adicionar ou subtrair uma determinada porcentagem do seu valor original.

```

def updateColumns(df, columns, operations, fileRes, max_rows=15000): 10 usages 🚩 5 ✓ 97

    print(f"Atualizando dados nas colunas {columns}. File: {fileRes}")
    num_rows = len(df)
    random_indices = np.random.permutation(num_rows) # Embaralha os índices
    count = 0

    # Adiciona a coluna "alterado" se ela não existir
    if 'alterado' not in df.columns:
        df['alterado'] = 0

    for item in random_indices:
        if count >= max_rows:
            break # Para quando alcançar o limite de alterações bem-sucedidas

        try:
            # Verifica se todas as colunas possuem valores numéricos na linha atual
            values = [float(df.loc[item, col]) for col in columns]

            # Aplica as operações somente se todas as colunas puderem ser convertidas
            for col, operation, value in zip(columns, operations, values):
                df.loc[item, col] = operation(value)

            # Marca a linha como alterada
            df.loc[item, 'alterado'] = 1
            count += 1

        except ValueError:
            # Ignora a linha se qualquer valor não for numérico
            print(f"Valor não numérico encontrado na linha {item}, colunas {columns}")

    df.to_csv(fileRes, index=False)
    print(f"Concluído. Total de linhas alteradas: {count}. File: {fileRes}")

# Leitura do arquivo base
df = pd.read_csv("persona.csv")

```

Figura 6 - Bloco do código de adulteração Fonte: Autor

6.6. PARTE 3. ANÁLISE E VISUALIZAÇÃO DOS DADOS

A visualização e análise dos dados experimentais será facilitada por um visualizador XAI (*Explainable AI*), permitindo uma interpretação clara dos resultados. Assim, diferentes cenários de ataque serão simulados com base em *Persona Securities*, representando perfis que foram identificados como potenciais ameaças ao sistema proposto conforme a tabela 3.

6.7. RESULTADOS

A partir de um script Python ® foi realizado um processo de treinamento do modelo de classificação, utilizando a biblioteca XGBoost que segundo a (IBM, 2024) é uma das bibliotecas mais versáteis para *machine-learning*. Para isto, é feito a inserção dos dados do CSV (*Comma-separated values*) base extraído da fase de coleta de dados. Posteriormente é aplicado o CSV que foi adulterado para cada *persona* conforme descrito na tabela descrita na tabela 2. Em seguida foi aplicado o modelo treinado sobre os dados manipulados de cada *persona*, e a avaliação de métricas

de desempenho conforme ilustradas na tabela 4. Os resultados obtidos ilustrados na tabela 5 nos permitem afirmar que o uso de *machine-learning* permite a detecção eficaz de padrões nos dados provenientes de ataques, corroborando a viabilidade dessa abordagem para a identificação de comportamentos suspeitos.

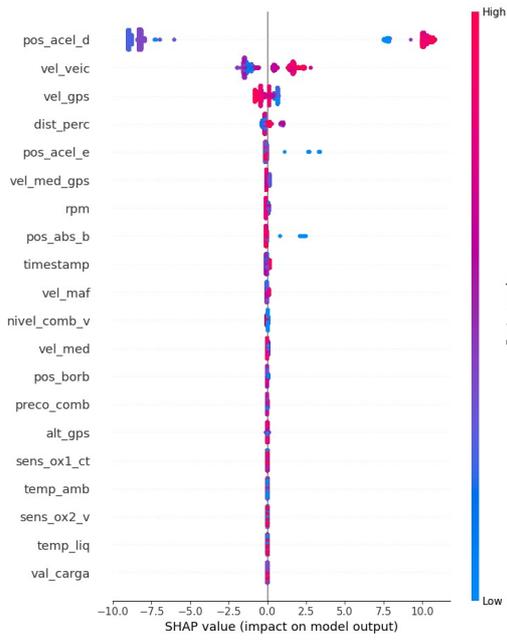
Métrica	Descrição
F1 Score	Harmônica entre precisão e recall.
Recall	Capacidade do modelo de identificar todas as instâncias positivas.
Precision	Proporção de previsões positivas corretas.
Acurácia	Proporção de previsões corretas no total de previsões.
ROC AUC	Área sob a curva ROC, indicando o poder de discriminação do modelo.

Tabela 4 - Descrição das Métricas de Avaliação

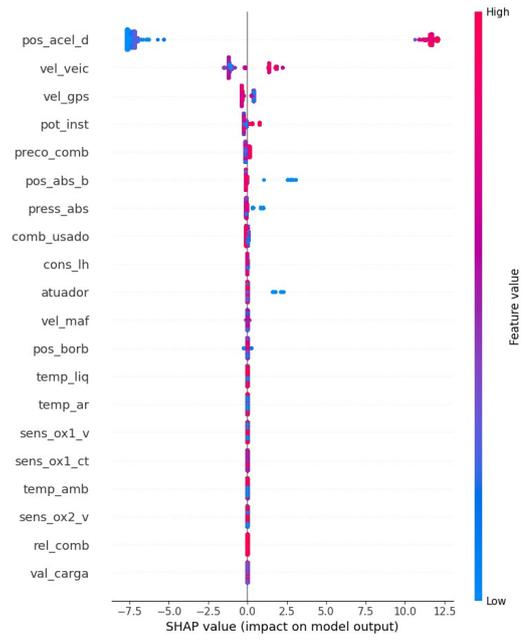
Persona	F1 Score	Recall	Precision	Acurácia	ROC AUC Score
Persona 1: Clodoaldo "Matador de Aluguel"	0.9998	0.9997	1.0	0.9999	1.0
Persona 2: Lucas "Sabotador de RPM"	0.9999	0.9998	1.0	0.9999	1.0
Persona 3: Ana "Invasora Remota"	0.9999	0.9999	1.0	0.9999	1.0
Persona 4: Maria "Sabotadora Logística"	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Persona 5: Carlos "Fraudador de Frota"	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Persona 6: Antônio "Manipulador de Velocidade"	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Persona 7: Renato "Sabotador de Concorrentes"	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Persona 8: Marcos "Sabotador de Motores"	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Persona 9: Felipe "Fraudador de Seguros"	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Persona 10: Paulo "Aumentador de Consumo"	0.9999	0.9999	1.0	0.9999	1.0

Tabela 5 - Tabela de Resultados das Personas

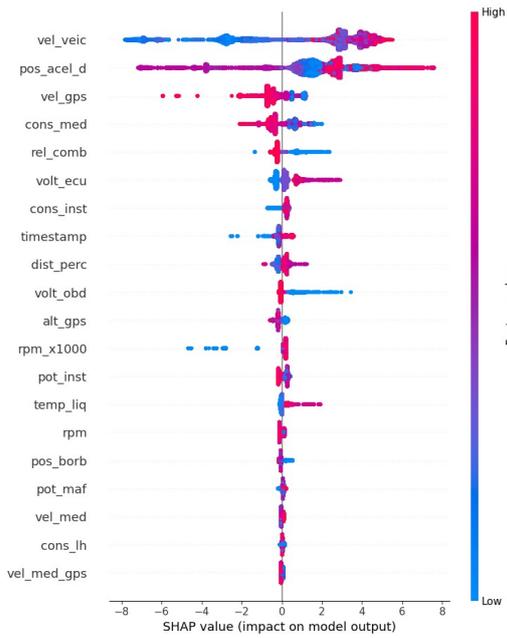
A baixo pode ser visualizado de forma gráfica em um SHAP (SHapley Additive exPlanations), que é uma ferramenta usada para explicar o impacto de cada característica (feature) em um modelo preditivo.



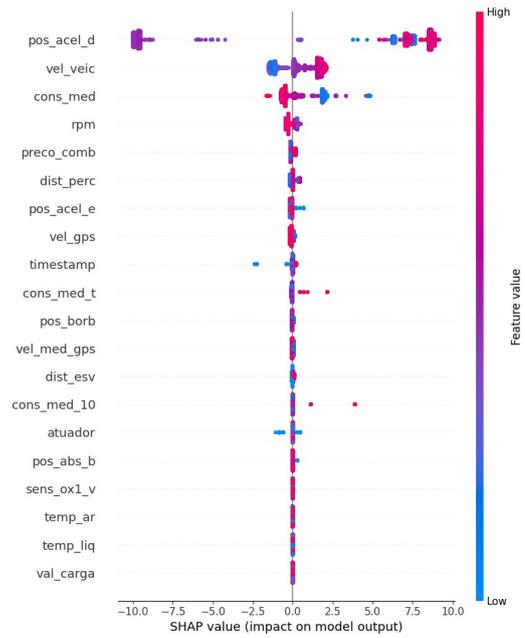
Persona 1



Persona 2

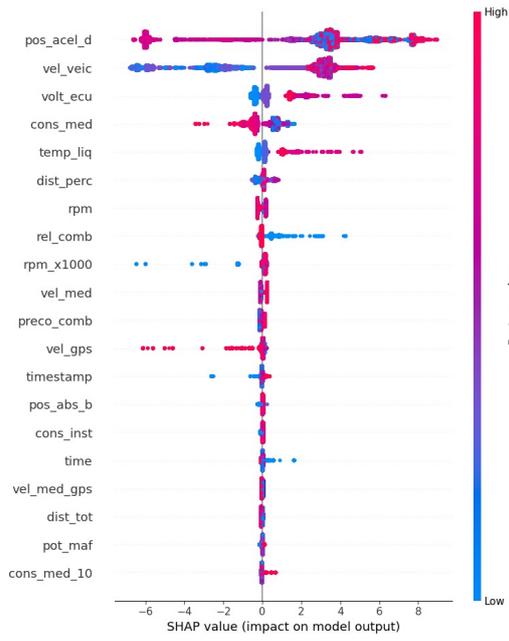


Persona 3

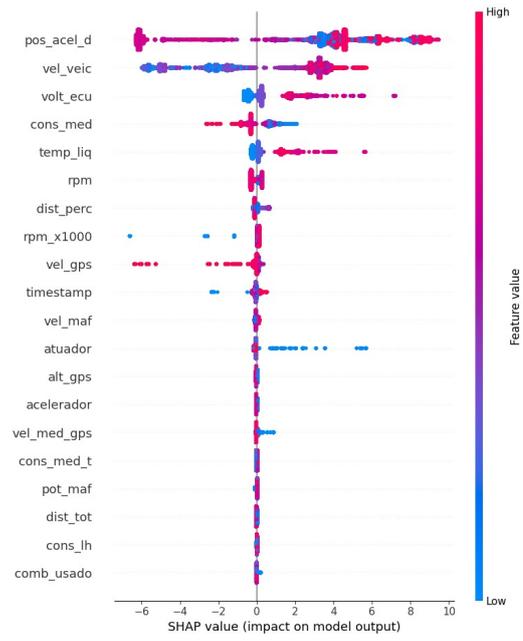


Persona 4

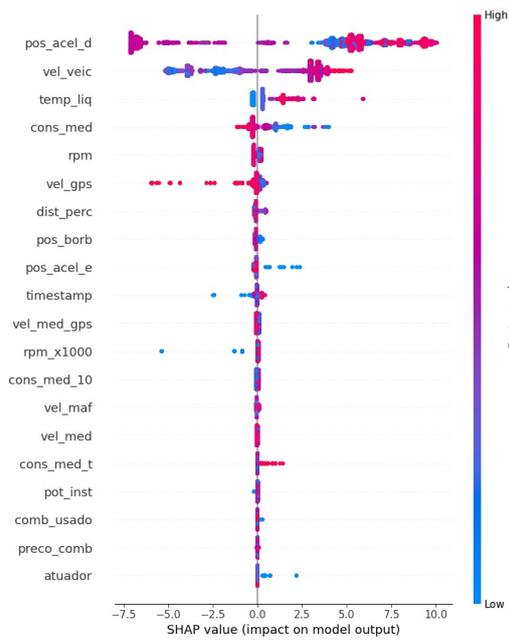
Figura 7 - Conjunto de imagens para Persona 1, 2, 3 e 4



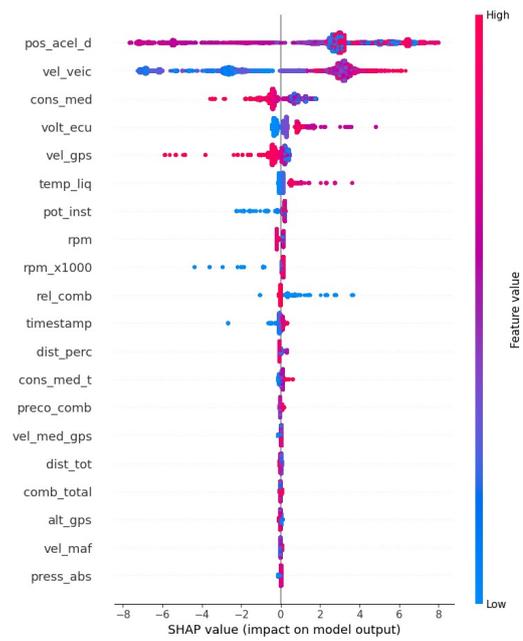
Persona 5



Persona 6

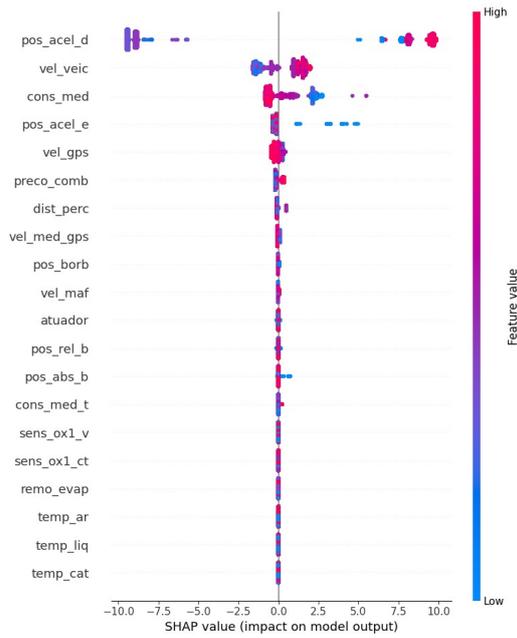


Persona 7

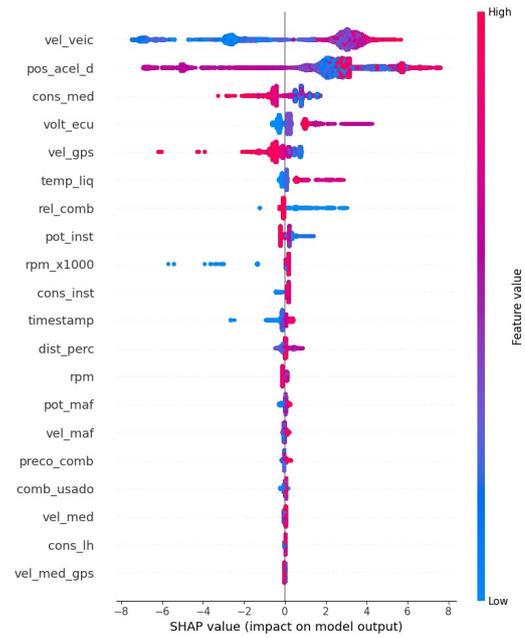


Persona 8

Figura 8 - Conjunto de imagens para Persona 5, 6, 7 e 8



Persona 9



Persona 10

Figura 9 - Conjunto de imagens para Persona 9 e 10

7. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do dispositivo de monitoramento veicular para prevenção de manutenção aborda um problema crítico de segurança nas estradas Brasileiras onde a falta de manutenção preventiva dos veículos contribui significativamente para ocorrência dos acidentes. Utilizando a tecnologia IoT o dispositivo visa oferecer uma solução acessível em uma categoria de veículos de baixo poder aquisitivo, sem abandonar a eficiência, incentivando os condutores a realizarem a manutenção preventiva de seus veículos. Ao longo do desenvolvimento os conhecimentos adquiridos no curso de Engenharia de Software foram aplicados para criar um sistema que consiga atender a demanda de um dispositivo IoT que realiza a coleta constante de dados massivos da central eletrônica dos veículos via OBD II. O teste em campo previsto irá validar a funcionalidade e eficiência do dispositivo, com o potencial de reduzir os custos de manutenção corretiva e aumentar a segurança no trânsito, a abordagem de utilizar um hardware acessível para realizar a comunhão e por se tratar de um dispositivo plug-and-play possuem um grande potencial de aceitação no mercado.

REFERÊNCIAS

99 TECNOLOGIA LTDA. *Manutenção preventiva: o que é e quando fazer?* 2021. Disponível em: <<https://99app.com/blog/motorista/manutencao-preventiva-o-que-e-e-quando-fazer/>>.

99 TECNOLOGIA LTDA. *O que é manutenção preditiva e por que realizar no seu carro?* 2023. Disponível em: <<https://99app.com/blog/motorista/o-que-e-manutencao-preditiva-e-por-que-realizar-no-seu-carro/>>.

ANDRADE, L. **Falta de manutenção é uma das principais causas de acidentes de trânsito.** 2020. Disponível em: <<https://autopapo.uol.com.br/noticia/acidentes-transito-falta-manutencao/>>.

ASSOBRAV. **Pesquisa: 70%** Disponível em: <<https://www.assobrav.com.br/noticias/pesquisa-70-nao-fazem-manutencao/>>.

Brasil. **Código de Trânsito Brasileiro.** 1997. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503compilado.htm>. Acessado em: 11 de junho de 2024.

CARELLOS, L. **1,7 mil acidentes foram causados por falta de manutenção nos carros em 2022.** 2022. Disponível em: <<https://www.vrum.com.br/noticias/17-mil-acidentes-falta-manutencao-carro/>>.

CHEVROLET BRASIL. **Serviço On-Star.** 2024. Disponível em: <<https://www.chevrolet.com.br/servicos/onstar>>.

COBLI. **Website Cobli.** 2024. Disponível em: <<https://www.cobli.co>>.

ELDER, J. **Como Kevin Ashton batizou a Internet das Coisas?** 2019. Disponível em: <<https://blog.avast.com/pt-br/kevin-ashton-named-the-internet-of-things>>.

IBM. **Artigo IBM Sobre o XgBoost.** 2024. Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/topics/xgboost>>.

LOCALIZA FROTAS. **Manutenção Preditiva, Preventiva e Corretiva: qual a diferença.** 2023. Disponível em: <<https://frotas.localiza.com/blog/manutencao-preditiva-preventiva-corretiva>>.

META TELECOM. **A revolução dos carros inteligentes: 5 maneiras como a IoT está mudando o setor automotivo.** 2023. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-dos-carros-inteligentes-5-maneiras-como-iot-est%C3%A3>>.

MOURA. **O que é manutenção corretiva e como evitá-la?** 2024. Disponível em: <<https://www.moura.com.br/blog/manutencao-corretiva>>.

PATEL, K. K.; PATEL, S. M.; SCHOLAR, P. Internet of things-iot: definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges. **International journal of engineering science and computing**, v. 6, n. 5, 2016.

SARMA, S.; BROCK, D.; ASHTON, K. The networked physical world: proposals for the next generation of computing commerce, and automatic identification. **AutoID Center White Paper**, 1999.