

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE – UERN
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS – FANAT
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA – DI

ED CARLOS PESSOA DA SILVA

PROPOSTA DE ARQUITETURA USANDO A REDE CAN PARA MELHORIA DA
MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM TRANSPORTE E LOGÍSTICA

MOSSORÓ - RN

2020

ED CARLOS PESSOA DA SILVA

**PROPOSTA DE ARQUITETURA USANDO A REDE CAN PARA MELHORIA DA
MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM TRANSPORTE E LOGÍSTICA**

Monografia apresentada à Universidade do Estado do Rio Grande do Norte como um dos pré-requisitos para obtenção do grau de bacharel em Ciência da Computação, sob orientação do Professor Dr. Rommel Wladimir de Lima.

MOSSORÓ - RN
2020

ED CARLOS PESSOA DA SILVA

**Catálogo da Publicação na Fonte.
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

S586p Silva, Ed Carlos Pessoa da
Proposta de arquitetura usando a rede can para
melhoria da manutenção preventiva em transporte e
logística. / Ed Carlos Pessoa da Silva. - Mossoró, 2020.
39p.

Orientador(a): Prof. Dr. Rommel Wladimir de Lima.
Monografia (Graduação em Ciência de Computação).
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

1. Ciência de Computação. 2. Redes CAN. 3.
Diagnóstico Automotivo. 4. Transportes. 5. Manutenção
Preventiva. I. Lima, Rommel Wladimir de. II. Universidade
do Estado do Rio Grande do Norte. III. Título.

**PROPOSTA DE ARQUITETURA USANDO A REDE CAN PARA MELHORIA DA
MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM TRANSPORTE E LOGÍSTICA**

Monografia apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, submetida à aprovação da banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Aprovado em: 23 / 12 / 2020

Banca Examinadora

Prof. Dr. Rommel Wladimir de Lima (Orientador)
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

Profa. Dra. Cícilia Raquel Maia Leite
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

Prof. Dr. Maximiliano Araújo da Silva Lopes
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

Dedicatória

Para os meus pais que me ensinaram os valores morais que norteiam minhas ações.

Para meus irmãos que são minha inspiração.

Para a minha esposa que carinhosamente sempre me incentivou e acreditou em mim.

Para meus amigos(as) que sempre diziam para eu ir em frente.

AGRADECIMENTOS

Se formos reparar bem, todo o percurso que fazemos em busca de um objetivo, uma meta ou projeto, conta com ajuda de pessoas e situações que nos fazem tomar mais fôlego para chegar ao fim da jornada. Mesmo quando pensamos que estamos sozinhos, na verdade não estamos, porque há uma presença maior e constante que é a de Deus. Eu não poderia iniciar esse agradecimento se não fosse por Ele.

Agradeço aos meus pais e meus irmãos por sempre acreditarem em mim, me incentivando com palavras e gestos, com o exemplo da persistência e do esforço. Sem essa referência eu não seria quem eu sou.

O intervalo entre o fim do ensino médio e meu ingresso na Universidade foi relativamente longo. Antes eu decidi conhecer o mundo através da música e trouxe na bagagem muitas lembranças e experiências que me tornaram o que sou hoje. Há um ditado popular que diz “tudo a seu tempo”, comigo foi bem assim. Por incentivo de minha esposa, fiz o vestibular da UERN, o primeiro a que me submeti na vida e passei. Eu já trabalhava há alguns anos com informática, mas foi na faculdade que entendi a complexidade de todos os processos.

Agradeço aos professores que compartilharam seu conhecimento e sempre incentivaram os alunos a fazerem iniciação científica, participarem de maratonas e despertar o interesse pela inovação.

Meu reconhecimento a todos os professores e técnicos que fazem parte do Departamento de Informática, da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais (FANAT). Um agradecimento especial ao meu orientador Rommel Wladimir e aos professores: Alysson Mendes de Oliveira, André Pedro Fernandes Neto, Cicília Raquel Maia Leite, Ceres Germana Braga Morais, Carlos Heitor Pereira Liberalino, Francisco Chagas de Lima Júnior, e Maximiliano Araújo da Silva Lopes e Sebastião Emidio Alves Filho.

“Mesmo que vivas 100 anos, nunca deixes
de aprender” (provérbio persa)

RESUMO

Um fator de grande prejuízo para as empresas que trabalham com transportes de grande porte, como caminhões, carretas, ônibus e tratores é a falta de manutenção adequada. Isso ocasiona imprevisibilidade nos diversos aspectos, fazendo com que se tenham custos adicionais com reparos, pagamentos de horas extras dos condutores, entre outros. A falta de manutenção pode causar perda de tempo valioso e, muitas vezes, multas por indisponibilidade de veículos relacionados a trabalhos que possuem criticidade contratual. Diante do exposto, o objetivo do trabalho é apresentar uma arquitetura baseada no protocolo da *Controller Area Network* (CAN), visando ter acesso às informações necessárias e assim, manter um ciclo de manutenções preventivas melhorando a funcionalidade da frota e conseqüentemente a viabilidade econômica. A metodologia de pesquisa consiste em um estudo empírico junto aos profissionais do setor, juntamente com uma pesquisa bibliográfica que faz o levantamento dos trabalhos relacionados e as tecnologias que podem ser utilizadas no desenvolvimento da arquitetura visando assim, gerar a conexão entre problemas e soluções levando em consideração os processos corporativos do seguimento. Após utilização do sistema será possível a disponibilização das informações geradas pela captação e conversão dos códigos OBD2, que é um sistema que gera mensagens de autodiagnóstico, a se tornarem conhecimento útil para os profissionais, departamentos e empresas conseguirem tomar melhores decisões estratégicas e com isso melhorar os procedimentos internos da empresa, gerando economia, lucro e produtividade.

Palavras-chave: Redes CAN; Diagnóstico automotivo; Transportes; Manutenção preventiva.

ABSTRACT

A factor of great loss for companies that work with large transport, such as trucks, trailers, buses and tractors is the lack of adequate maintenance. This causes unpredictability in various aspects, causing additional costs for repairs, payments for drivers overtime, among others. The lack of maintenance can cause loss of valuable time and, often, fines for unavailability of vehicles related to jobs that have contractual criticality. Given the above, the objective of the work is to present an architecture based on the Controller Area Network (CAN) protocol, aiming at having access to the necessary information and, thus, maintaining a preventive maintenance cycle improving the fleet's functionality and consequently the economic viability. The research methodology consists of an empirical study with the professionals of the sector, together with a bibliographic research that makes the survey of the related works and the technologies that can be used in the development of the architecture aiming thus, to generate the connection between problems and solutions taking into account consideration the corporate processes of the follow-up. After using the system, it will be possible to make available the information generated by the capture and conversion of OBD2 codes, which is a system that generates self-diagnosis messages, to become useful knowledge for professionals, departments and companies to be able to make better strategic decisions and thereby improve the company's internal procedures, generating savings, profit and productivity.

Keyword: CAN networks, Automotive diagnostics, Transport, Preventive maintenance.

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAN	Controller Area Network
DTC	Diagnostic Trouble Codes
ECU	Electronic Control Unit
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
ISO	International Organization for Standardization
NBR	Sigla usada para representar a expressão Norma técnica pela ABNT
OBD	On-board Diagnostics
PID	Parameter Identifier
RAM	Random Access Memory
RSA	Rivest-Shamir-Adleman
SAE	Society of Automotive Engineers - EUA
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SPI	Serial Peripheral Interface
SSID	Service Set Identifier
TB	Terminologia Brasileira

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – ECU.....	18
Figura 2 – CAN Frame considerando os níveis elétricos.....	20
Figura 3 – Arquitetura Geral.....	25
Figura 4 – Componente Truck.....	26
Figura 5 – Componente Agent.....	27
Figura 6 – Componente Bridge.....	28
Figura 7 – Componente Server.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Data Frame formato base.....	20
Tabela 2 – Data Frame estendido.....	21

Sumário

Sumário	13
1. INTRODUÇÃO	14
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.2. PROBLEMÁTICA	16
1.3. OBJETIVO	17
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.5. JUSTIFICATIVA	17
1.6. METODOLOGIA	18
2. TRABALHOS RELACIONADOS	18
3. REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 ECU	20 2021
3.2 SPI	21
3.3 CAN	22
3.4. CSMA/CD com NDA	25
3.4. OBD	26
3.5. SN65HVD230	26
3.6. RASPBERRY PI 4	26
3.7. WIFI	27
4. ARQUITETURA DA PROPOSTA	27
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

Em um país de dimensões continentais como o Brasil, considerando as deficiências da malha ferroviária demonstrada pelo estudo da Confederação Nacional da Indústria, o transporte rodoviário é o principal meio de transporte de diversos tipos de produtos e serviços para os mais diversos fins (CRAIDE, 2018). Um exemplo claro da importância do transporte rodoviário pôde ser comprovado no ano de 2018, quando uma paralisação nacional de caminhoneiros deixou o Brasil à beira de um colapso. Uma reportagem da BBC apontou que o Brasil é o país que tem a maior concentração rodoviária de transporte de cargas e passageiros entre as principais economias mundiais. Segundo dados do Banco Mundial, 58% do transporte no país é feito por rodovias – contra 53% da Austrália, 50% da China, 43% da Rússia e 8% do Canadá¹.

O transporte rodoviário requer uma estrutura que possibilite agilidade em todo o processo. A tecnologia tem auxiliado nessa logística complexa, através de radares monitorados por satélites, controles de rota e mecanismos que auxiliam no cotidiano das empresas que trabalham com essa logística, bem como com a segurança de motoristas.

Os avanços da tecnologia possibilitam que essa grande cadeia apresente melhores resultados de logística para as empresas, profissionais que trabalham na área e os clientes que dependem desses produtos e serviços, viabilizando a melhor relação entre custo e benefício.

Para Lambert et al. (1998), a logística se destaca, nesse sentido, sendo um processo gerencial eficiente e econômico do produto em todas as fases do processo, assim como as informações relativas ao mesmo, com o objetivo de atender às exigências dos consumidores.

Necessidades como o atendimento de requisitos especiais, a segurança dos processos em cargas perigosas, a integridade do produto, a disponibilidade e a pontualidade são essenciais para a satisfação do cliente e de toda a cadeia deste processo. Os novos modelos nos quais a logística funciona hoje em dia procuram eliminar dos processos tudo que não tenha valor para o cliente, ou seja, tudo que cause prejuízo como novos custos e perda de tempo (NOVAES, 2001).

¹ Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-44247460>>, acesso em 10 de dezembro de 2020.

Além do fator econômico para as empresas, os recursos tecnológicos também apresentam avanço em outras áreas, como a segurança dos motoristas e geração de menor impacto ao meio ambiente.

Conforme Charette (2009), o uso de sistemas eletrônicos e computacionais vem buscando trazer confiabilidade aos veículos, aumento da segurança, melhorias no conforto aos usuários e a redução de poluentes que são lançados no meio ambiente. Essa preocupação com outros fatores, que não os mecânicos, é relativamente nova. Segundo Santos (2010), a indústria automotiva tradicionalmente incorporava novas funcionalidades nos veículos através de sistemas mecânicos, tendência que foi modificada nas últimas décadas, através da forte inserção de novos sistemas eletrônicos embarcados.

Diversos sistemas eletrônicos que existem em um veículo possuem influência um sobre o outro. Esses sistemas trabalham em conjunto, conectados através de um barramento, o *Controller Area Network CAN* (BOSCH, 2007).

Em uma publicação do Instituto da Qualidade Automotiva, a vantagem de adotar revisões preventivas resultam numa maior economia. O texto conclui que essas revisões saem de 30% a 40% mais baratas do que consertos e reparos diversos (FINCO, 2019).

A manutenção do veículo de grande porte não é importante só pela economia, mas também porque ajuda a prevenir acidentes. Outro estudo destaca que, de acordo com pesquisa do Instituto Scaringella Trânsito, cerca de 27% dos acidentes rodoviários e urbanos no Brasil poderiam ter sido evitados se o motorista tivesse feito corretamente a manutenção preventiva. Cuidados como verificação de pneus, troca de fluidos, atenção à fumaça do escapamento, aos ruídos no sistema de transmissão (marcha), na refrigeração do motor e nos freios são essenciais (FINCO, 2019).

Segundo Brito (2018), um novo estudo coordenado por físicos da Universidade de São Paulo (USP) calculou que veículos movidos a diesel, como caminhões e ônibus, são responsáveis por cerca da metade da concentração de compostos tóxicos na atmosfera, tais como benzeno, tolueno e material particulado.

Os pesquisadores destacam que a concentração de poluentes é muito elevada, uma vez que ônibus e caminhões representam somente 5% da frota veicular. A Região Metropolitana de São Paulo tem mais de 7 milhões de veículos. O estudo foi publicado em 2018, na revista *Scientific Reports* do grupo *Nature* (BRITO, 2018).

Nesse sentido, esse trabalho tem como o objetivo fazer com que as informações geradas pela rede CAN dos veículos norteiem a manutenção preventiva de forma mais assertiva, conforme as características de cada veículo e de acordo com suas especificidades técnicas, gerando assim mais eficiência, economia e causando menos impactos negativos ao meio ambiente.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A logística empresarial visa colocar os produtos em movimento com o propósito de providenciar níveis de serviço adequados aos clientes a um custo razoável (BALLOU, 1993). Seguindo esse princípio, podemos levar em consideração que grandes empresas e estatais comumente buscam ser atendidas por empresas de transporte e logística, procurando o melhor conjunto de serviços e equipamentos aliados ao melhor preço.

Conseqüentemente, eventuais multas podem derrubar as margens de lucro e resultar em falência a médio e longo prazos. Compreender os detalhes que causam esses problemas e aplicar soluções adequadas se tornam essenciais para que as empresas possam ter vantagem competitiva no mercado.

Conforme Porter (1998) “a essência da formulação estratégica é lidar com a competição” e por esse motivo se faz necessário o uso de todos os recursos tecnológicos possíveis para a obtenção de um melhor conhecimento para tomar as melhores decisões.

1.2. PROBLEMÁTICA

Existe um conjunto de problemas quando se fala sobre manutenção envolvendo operações de transporte e logística, que vai desde os conhecimentos dos profissionais em mecânica – que estão cada vez mais sendo remanejados para o manuseio e entendimento da parte eletrônica e uso de softwares em relação aos veículos – até as decisões sobre planejamento e disponibilidade de peças de reposição. Para auxiliar essas demandas, este trabalho foca a atenção em identificar possíveis problemas e/ou anomalias no funcionamento do veículo, registrando,

enviando e disponibilizando informações sobre o status de um conjunto de veículos, suas necessidades de manutenção atuais e futuras.

1.3. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar uma arquitetura baseada no protocolo CAN, em um conjunto de hardware, comunicação, armazenamento e disponibilização de informações úteis sobre itens críticos do funcionamento e do desempenho dos veículos, melhorando assim o tempo de resposta para a ação corretiva quanto necessário e a manutenção preventiva sempre que possível.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Propor uma arquitetura baseada nas informações geradas na rede CAN, capturando informações relevantes para a análise posterior;
- Desenvolver algoritmos de agendamento de solicitação e envio de informações;
- Criptografar e enviar de forma segura as informações usando a rede celular;
- Autenticar o recebimento de informações;
- Inserir ou atualizar informações recebidas no banco de dados de forma automática e disponibilizá-las para consulta.

1.5. JUSTIFICATIVA

Considerando a complexidade dos procedimentos que envolvem o monitoramento preventivo, volume das operações e dificuldade em manter um estoque de peças adequado, adquirido a preço justo, este trabalho propõe a obtenção, classificação e uso de informações precisas sobre os veículos usados nas operações logísticas de diversas complexidades, na qual uma falha pode ocasionar prejuízos, atrasos e até em risco de vida. Portanto, a gestão de manutenção necessita de informações mais precisas e rápidas com auxílio da tecnologia, dessa forma a tomada

de decisões será mais segura e efetiva, envolvendo planejamento financeiro, estratégico e logístico para o pleno funcionamento do setor.

1.6. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho consiste em uma pesquisa bibliográfica e em um estudo empírico junto aos profissionais do setor de suporte técnico, elétrico e automotivo. Buscou-se contextualizar com trabalhos relacionados e as tecnologias que podem ser utilizadas no desenvolvimento da arquitetura da rede CAN para veículos de grande porte focando na arquitetura do sistema de informação. Tem-se como objetivo principal a manutenção preventiva e a eficiência no funcionamento correto dos veículos, seguindo os parâmetros dos fabricantes e da legislação vigente, alinhados a um menor impacto ambiental.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

Ao serem pesquisadas as palavras-chave deste trabalho e algumas variações sobre o assunto, encontramos diversas ocorrências no *Google* acadêmico, como por exemplo a dissertação de mestrado de Melgar (2008), que consiste em um estudo direcionado para a organização de sistemas de manutenção baseados em estudos bibliográficos e uso de *benchmarking*², sendo usado um estudo de caso de uma empresa de transporte público de Salvador/BA. A proposta deste autor tem como objetivo a verificação de um modelo de diagnóstico para avaliação e análise da gestão da manutenção nas empresas de transportes de passageiros considerando-se práticas e performance da atuação da manutenção em forma de planilha eletrônica, sendo relativamente fácil se adaptar às necessidades de outros tipos de informação disponíveis na rede CAN.

Temos ainda o trabalho de Cavalcante (2018), com o título “Sistema de monitoramento automotivo via rede CAN”, no qual a autora desenvolveu um trabalho

² Benchmark, em inglês, significa marca de referência, ou seja, uma medida-padrão, geralmente um nível de excelência desejado pelo mercado, e o benchmarking é o processo de aferição. Disponível em: <<https://www.dicionariofinanceiro.com/benchmarking/>>, acesso em 27 de novembro de 2020.

científico similar ao de Melgar (2008), porém em relação a veículos de passeio. A autora, em consonância com sua área de estudo – engenharia mecatrônica – focou no desenvolvimento de um *hardware* embarcado contendo dispositivo de geolocalização, detecção de falhas por meio de leitura da rede CAN e um app para *android* possibilitando o acesso aos dados. Neste caso, as diferenças estariam na proposta do cliente final, além do modo de obtenção e disponibilização dos dados. Em comparação com o estudo desenvolvido neste trabalho, Cavalcante (2018) volta-se para a rede CAN em 11 *bits* (*standard*) CAN 2.0 A, enquanto este trabalho pode se adaptar a esse modo e ao segundo (*extended*) chamado de CAN 2.0B, que pode ter identificadores de 11 *bits* e 29 *bits*, como explicado em Bosch (2007).

No artigo nomeado “Um Roteiro de Implementação de uma rede CAN (*CONTROLLER AREA NETWORK*)”, Guimarães (2003) demonstra o conceito e as minúcias da rede CAN com especial atenção para a instalação de novos componentes na rede em sistemas eletrônicos embarcados, explicando de forma simples a interação da parte eletrônica do projeto de implementação para testes de bancada e compreensão das regras e boas práticas

Tem-se também o trabalho de Boarão (2018), que possui o título “Estudo do Estado Comportamental de Motoristas Através da Rede CAN Utilizando o Modelo Escondido de Markov”, onde o autor faz um estudo comportamental do motorista, usando os dados da rede CAN e análises probabilísticas usando o Modelo Oculto de *Markov*.

Finalizando a lista de trabalhos relacionados, o artigo de Carvalho e Poueri (2019) cita diversos autores que validam a mesma preocupação deste estudo com os custos e possíveis desperdícios advindos da falta de informações precisas sobre os detalhes dos custos dos insumos, que são a matéria-prima que mantêm os veículos funcionando. O trabalho também cita a rede CAN como uma importante fonte de informações, e que os dados brutos advindos do processo podem se tornar informações úteis para a tomada de decisões gerenciais.

Este trabalho se diferencia dos demais pelo fato de focar na arquitetura do sistema de informação, visando a manutenção como modo de termos mais eficiência no funcionamento correto do veículo de acordo com os parâmetros do fabricante e da legislação vigente e, por consequência, ecologicamente legais.

Por fim, o estudo está alinhado com a ideia da evolução do protocolo OBD2³ para OBD3⁴. Nesse contexto, já existem indicativos que, conforme aponta o *datasheet* do governo da Califórnia, estão sendo feitos testes para validar esse conceito que está sendo considerado como “OBD remoto” (OBD2, 2019). Esses códigos são utilizados na obtenção de dados de veículos com fins de diagnósticos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A falta de manutenção adequada em veículos de grande porte é um dos fatores de prejuízo para empresas que trabalham com transportes como caminhões, carretas, ônibus e tratores. O avanço do uso de sistemas eletrônicos e computacionais no setor de transportes traz confiabilidade aos veículos, gerando mais segurança para os usuários e a redução de poluentes que são lançados no meio ambiente (CHARETTE, 2009).

Este estudo analisa a possibilidade de adequar a tecnologia com um sistema de arquitetura baseado no protocolo da *Controller Area Network* (CAN), que seria responsável pela coleta de dados das *Electronic Control Unit* (ECU's).

Para possibilitar o acesso dos dados, a ideia é que os veículos possuam uma placa de circuitos *Raspberry PI 4*, que funciona como um minicomputador, juntamente a um módulo SN65HVD230 (que será explicado em um dos próximos tópicos) para fazer a conexão entre a rede CAN do veículo e a placa citada. Optou-se pela *Raspberry PI 4* porque ela possui uma configuração robusta para captar, filtrar e processar as informações que serão utilizadas nos diagnósticos.

3.1 ECU

A *Electronic Control Unit* (ECU), conforme ilustrado na Figura 1, representa qualquer sistema embarcado capaz de controlar um ou mais sistemas elétricos ou

³ OBD2, é a sigla para On-Board Diagnostics, sendo a segunda versão do sistema de diagnósticos que elabora relatórios de veículos a partir de sensores eletrônicos. Disponível em <<https://www.carrodegareagem.com/codigos-obd-obd-ii/>>, acesso em 10 de dezembro de 2020.

⁴ OBD3 ou OBD remoto é o projeto da terceira versão do protocolo OBD2 e a intenção é que a coleta de informações seja de forma remota. Disponível em: <<https://ww2.arb.ca.gov/resources/factsheets/board-diagnostic-ii-obd-ii-systems-fact-sheet>> Acesso em: 9 nov. 2020.

subsistemas no veículo. É uma unidade baseada em arquitetura de microprocessadores e protocolos de comunicação (SONG et al, 2010 apud RECH, 2015 – 20p).

Figura 1: Exemplo de uma ECU.



Fonte: Bosch (2007).

A estrutura de uma unidade de controle pode ser dividida em três partes: a entrada de sinais, o processamento dos sinais e os sinais de saída. As entradas e saídas podem ser definidas como analógicas ou digitais, ou seja, os sinais de entrada digitais são provenientes de chaves ou de sensores digitais, já os sinais analógicos são de sensores analógicos. As unidades de controle costumam fazer uma conversão de Analógico para Digital, pois a ECU faz a análise de sinais digitais (BOSCH, 2007).

O termo técnico ECU é conhecido popularmente no Brasil, principalmente em oficinas mecânicas, como “centralina”. Seu princípio de funcionamento é simples: ela resumidamente recebe sinais enviados por sensores – transdutores de entrada – realiza o processamento destes sinais e, imediatamente, os envia para atuadores, que são os transdutores de saída (CONTESINI, 2017).

3.2 SPI

Outro elemento importante é a comunicação *Serial Peripheral Interface (SPI)* que possui características vantajosas para os processos de troca de informação *master/slave* entre as ECU's, pois a troca de dados acontece sempre em ambas as direções (comunicação *full-duplex*). Utilizando dois sinais de comunicação de dados em vez de um, é possível atingir velocidades maiores de comunicação com pouca deformação do sinal (SACCO, 2014).

3.3 CAN

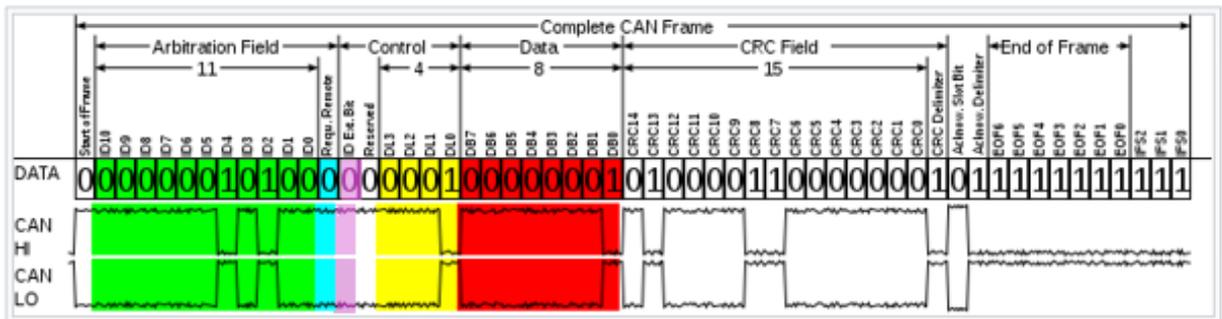
Como dito anteriormente, o protocolo CAN (*Controller Area Network*), desenvolvido na década de 1980 pela Bosch, é o principal assunto desse estudo. Trata-se de um protocolo de comunicação serial que suporta controle de aplicações em tempo real. Ele foi aplicado com sucesso em muitos campos devido a sua alta confiabilidade e eficiência (CHUNG et al, 2014 apud RECH, 2015).

Para compreender os aspectos da Rede CAN é necessário destacar o protocolo de normalização ISO 11898-1 de 2015, que especifica as características de configuração de um intercâmbio de informações digitais entre módulos que implementam a camada de enlace de dados CAN. A rede citada é um protocolo de comunicação serial, que suporta controle distribuído em tempo real e multiplexação para uso em veículos rodoviários e outras aplicações de controle (ISO 11898-1, 2015).

O sincronismo entre as ECU's conectadas à esta rede é feito em relação ao início de cada mensagem que é transmitida no barramento em que isso ocorre, sendo realizado em tempos conhecidos e regulares (GUIMARÃES, 2002).

As mensagens são enviadas em um data frame, conforme demonstra a Figura 2, através da rede CAN, e podem ser configuradas para funcionar em dois diferentes formatos de mensagens. O primeiro é o *standard* ou padrão, que suporta 11 *bits* e está em verde na figura citada. O outro é o *extended*, que dá suporte a 29 *bits* e é composto pelo identificador de base de 11 *bits*, além de uma extensão de 18 *bits* de identificador, aumentando assim a capacidade de enviar mensagens mais longas. Podemos identificar ambos, respectivamente, por CAN 2.0 A e CAN 2.0 B. (PARRET, 2005)

Figura 2: CAN Frame considerando os níveis elétricos.



Fonte: Endres (2014).

A diferença entre o formato de quadro *standard* CAN, que é explicada em cada um dos campos na tabela 1, e o formato de quadro *extended* CAN, demonstrado da mesma forma na Tabela 2, é feita usando o bit IDE (destacado em rosa) que é transmitido como dominante (zero) no caso de um quadro de 11 *bits* e transmitido como recessivo (um) no caso de um quadro expandido que somaria de 29 *bits*.

Os dois identificadores (em verde) combinados formariam os 29 *bits*.

Tabela 2: Data Frame formato base.

Nome do campo	Comprimento	Objetivo
Start do Frame (SOF)	1	Início da Transmissão de quadros.
Identifier	11	Primeira parte do identificador (único) que também representa a prioridade da mensagem.
Remote transmission request (RTR)	1	Deve ser dominante (0) para quadros de dados e recessivo (1) para quadros de solicitação remota.
Identifier Extension (IDE)	1	Deve ser dominante (0) para formato de quadro de base com identificadores de 11 <i>bits</i> .
Reserved (r0)	1	Bit reservado. Deve ser dominante (0), mas aceito como dominante ou recessivo.
Data length code (DLC)	4	Número de bytes de dados (0-8 bytes).
Data field	0-64 (0-8 bytes)	Dados a serem transmitidos (comprimento em bytes ditado pelo campo DLC).
CRC	15	Verificação de redundância Cíclica.
CRC delimiter	1	Deve ser recessivo (1).
ACK slot	1	O transmissor envia recessivo (1) e qualquer receptor pode declarar um dominante (0).
ACK delimiter	1	Deve ser recessivo (1).
End-of-frame (EOF)	7	Deve ser recessivo (1).

Fonte: Endres (2014).

Tabela 2: Data Frame formato base.

Nome do campo	Comprimento	Objetivo
Start-of-frame	1	Início da transmissão de quadros.
Identifier A	11	Primeira parte do identificador (único) que também representa a prioridade da mensagem.
Substitute remote request (SRR)	1	Deve ser recessivo (1).
Identifier extension bit (IDE)	1	Deve ser recessivo (1) para formato de quadro estendido com identificadores de 29 <i>bits</i> .
Identifier B	18	Segunda parte do identificador (único) que também representa a prioridade da mensagem.
Remote transmission request (RTR)	1	Deve ser dominante (0) para quadros de dados e recessivo (1) para quadros de solicitação remota.
Reserved <i>bits</i> (r1, r0)	2	<i>Bits</i> reservados que devem ser definidos como dominante (0), mas aceitos como dominantes ou recessivos.
Data length code (DLC)	4	Número de bytes de dados (0-8 bytes).
Data field	0-64 (0-8 bytes)	Dados a serem transmitidos (comprimento ditado pelo campo DLC).
CRC	15	Verificação de redundância Cíclica.
CRC delimiter	1	Deve ser recessivo (1).
ACK slot	1	O transmissor envia recessivo (1) e qualquer receptor pode declarar um dominante (0).
ACK delimiter	1	Deve ser recessivo (1).
End-of-frame (EOF)	7	Deve ser recessivo (1).

Fonte: Endres (2014).

Parret (2005) cita algumas das propriedades do protocolo CAN:

- Operação multimestre;
- Configuração flexível;
- Possui uma hierarquia das mensagens pré-definida na qual por exemplo itens como freios ABS prioridade mais alta que o sistema multimídia;
- Possui detecção e sinalização de erros;
- Tempo de latência garantida;
- Retransmissão automática de mensagens corrompidas;
- Consegue fazer a distinção entre erros temporários e falhas permanentes dos nós e o desligamento automático do nó em caso de falha.

Por se tratar de um sistema complexo, a rede CAN necessita de alguns protocolos e sistemas de organização. Nessa cadeia de dispositivos e circuitos, a norma reguladora da *Society Of Automotive Engineers* (SAE J1939), define uma rede de comunicação CAN de alta velocidade, segundo a ISO 11898-1, que suporta funções de controle de circuito fechado, em tempo real, trocas de informações simples e trocas de dados de diagnóstico entre unidades de controle eletrônico em todo o veículo.

Já a normatização da ISO 11898-1 (ISO, 2015) especifica as características de configuração de um intercâmbio de informações digitais entre módulos que implementam a camada de enlace de dados da CAN. Vale ressaltar que a rede CAN, é um protocolo de comunicação serial, que suporta controle distribuído em tempo real e multiplexação para uso em veículos rodoviários e outras aplicações de controle.

3.4. CSMA/CD com NDA

Para organizar as informações que trafegam no sistema de dados da rede CAN com o compartilhamento de um canal de telecomunicações, o protocolo mais indicado é o CSMA/CD com NDA. O CSMA vem do inglês *Carrier-Sense Multiple Access/Collision Detection with Non-Destructive Arbitration*, traduzindo para o português, significa “acesso múltiplo com detecção de portadora e com detecção de colisão com arbitragem não destrutiva”.

O modelo usa uma combinação de máquinas de estados finitos e variáveis na especificação de cada máquina. A comunicação entre as máquinas é realizada por meio de variáveis compartilhadas. O barramento é modelado como uma única variável compartilhada por todos os processos de comunicação. As colisões são modeladas por gravações simultâneas nesta variável (LUNDY; MILLER, et al, 1993).

O sistema funciona diminuindo a probabilidade de colisão das mensagens de comunicação em redes com múltiplo acesso ao meio (KUROSE et al., 2013). A rede CAN funciona baseada em um sistema de hierarquia que faz proveito deste protocolo.

3.4. OBD

Outro protocolo utilizado é o OBD2 que apresenta uma melhoria em relação a versão anterior OBD1, que primeiramente foi regulamentado na Califórnia e exigia que os fabricantes monitorassem alguns dos componentes de controle de emissão dos veículos. Exigidos a partir do ano modelo de 1988, os sistemas OBD1 não eram totalmente eficazes. O OBD2 oferece melhorias em capacidade e padronização e tem na sua especificação de conector e pinagem protocolos e formato de mensagens. Ele oferece também uma lista de parâmetros para monitoramento do veículo juntamente com uma codificação de cada parâmetro medido.

Também se utilizou o *Diagnostic Trouble Code* (DTC), que são códigos padronizados de sistemas *On-board diagnostics* (OBD) contidos em veículos, e que devem relatar quando são detectados defeitos. O SAE J2012 também pode ser usado para decodificar DTC's de diagnóstico avançado e especifica os intervalos reservados para uso específico do fabricante do veículo (SAE J2012, 2013).

3.5. SN65HVD230

Outro elemento dessa cadeia é o transceptor de Rede CAN SN65HVD230, projetado pela *Texas Instruments*. Ele é destinado ao uso em aplicações que empregam a camada física de comunicação serial CAN de acordo com o padrão ISO 11898. O transceptor CAN é projetado para fornecer transmissão diferencial, capacidade para o barramento e capacidade de recepção diferencial para um controlador CAN em velocidades de até 1 Mbps.

3.6. RASPBERRY PI 4

Vale destacar que todo esse processo de coleta, comunicação em rede e diagnóstico acontece no *RASPBERRY PI 4* que é um computador de placa única em tamanho reduzido, podendo se conectar a monitores, teclados, mouses e possuindo também conectividade de dados wifi.

O *Raspberry PI 4* foi desenvolvido em 2006 no Reino Unido pela Fundação *Raspberry PI*. As informações filtradas pelo equipamento são enviadas para o Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), que se configura num conjunto de tabelas que podem ou não se relacionar entre si, geralmente são utilizadas por um ou vários sistemas de computadores que acessam essas tabelas tanto para incluírem novas informações quanto para consultá-las (MIYAGUSKU, 2008).

3.7. WIFI

O wifi é um conjunto de especificações para redes locais sem fio (WLAN – Wireless Local Area Network) baseada no padrão IEEE 802.11. O nome "Wi-Fi" é tido como uma abreviatura do termo inglês "*Wireless Fidelity*", embora a Wi-Fi Alliance, entidade responsável principalmente pelo licenciamento de produtos baseados na tecnologia, nunca tenha afirmado tal conclusão (ALECRIM, 2008).

4. ARQUITETURA DA PROPOSTA

O caso abordado neste trabalho – falta de manutenção preventiva em veículos de grande porte – aponta para a situação problema identificada pelo conhecimento empírico dos profissionais mecânicos e gestores do setor de operação e logística. Esse cenário também foi apontado nos estudos de Carvalho e Pueri (2019), que demonstram o gargalo da manutenção mais adequada de acordo com o estado dos veículos.

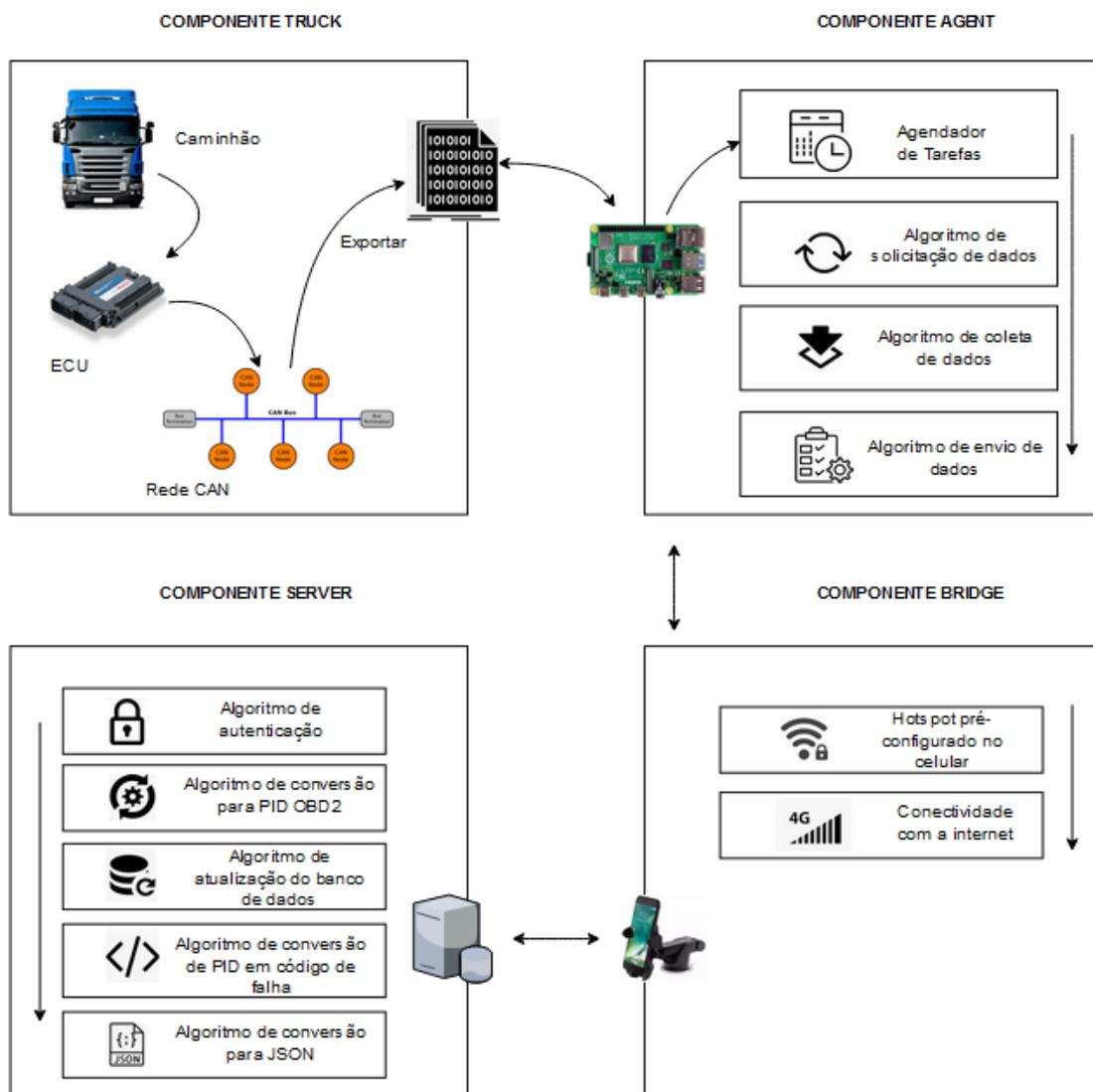
Fatores como o tipo de terreno percorrido, quilometragem, os cuidados do motorista ao dirigir, a frequência da verificação de fluidos, mangueiras e peças influenciam diretamente o rendimento e a disponibilidade do veículo para exercer suas funções. Para amenizar esse problema, a proposta da arquitetura busca fazer o uso da rede CAN, que existe nos caminhões e pode dispor de informações até em tempo real se necessário, para identificar o status de informações relevantes que podem auxiliar essa demanda.

Para tratar essas questões, a proposta aponta a viabilidade de um sistema embarcado que captura as informações a partir do módulo SN65HVD230 no *Raspberry PI* e se comunica seguindo protocolos já descritos no referencial teórico

como ECU e comunicação *Serial Peripheral Interface*, que são enviadas em um data frame de uma rede CAN.

Essa rede pode ser configurada para funcionar com dois diferentes formatos de mensagens, o *standard*, ou padrão, e o *extended*; a organização dessas informações, com o compartilhamento de um canal de telecomunicações segue o protocolo CSMA/CD com NDA. Entre os protocolos utilizados, estão o OBD2 e o DTC. Por fim, as informações filtradas pelo *Raspberry Pi* são enviadas para o SGBD, depois são convertidas para o formato JSON para serem posteriormente aproveitadas por desenvolvedores que produzem programas para consumir esses dados.

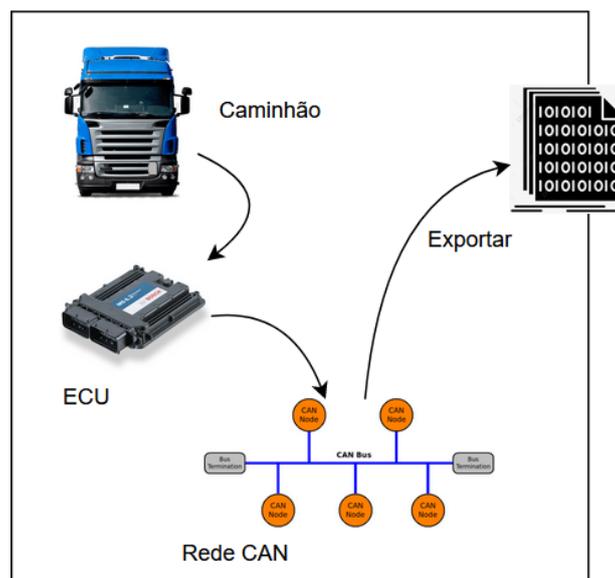
Figura 3: Arquitetura geral.



Fonte: (Autoria própria)

A Figura 3 ilustra a arquitetura geral do estudo aqui apresentado e mostra as etapas do processo e as conexões necessárias para a captação dos dados dos veículos de grande porte. A princípio, pode parecer um sistema complexo, que requer uma série de processos com o uso de dispositivos e protocolos que possibilitam a comunicação e o acesso a essas informações, entretanto o objetivo desse estudo é demonstrar que essa coleta é viável e representa um avanço para estabelecer o status do diagnóstico do veículo.

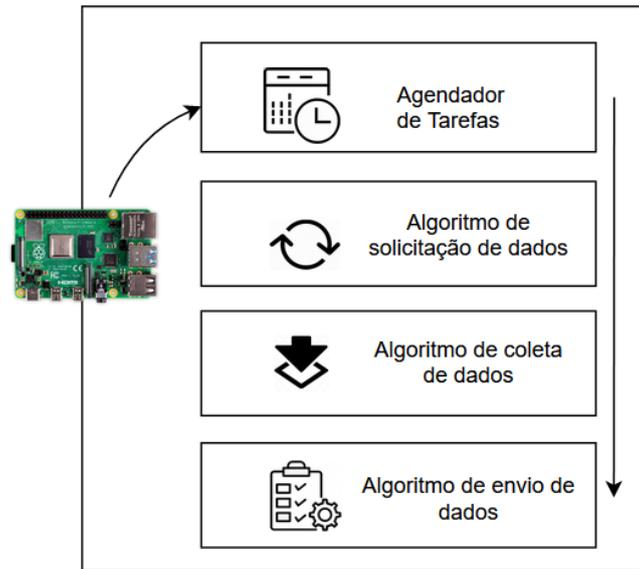
Figura 4: Componente *Truck*.



Fonte: (Autoria própria).

O componente *truck*, disposto na Figura 4, é composto pelo caminhão, que possui diversas ECU's, que na figura acima são referidos como círculos laranja. Esses dispositivos captam os sinais dos sensores espalhados pelo caminhão e convertem as grandezas físicas (temperatura, velocidade, pressão atmosférica etc.) em sinais elétricos, estes usam a rede como um modo de distribuição das informações para interagirem umas com as outras em relação ao funcionamento do veículo. Após esse processo é gerado um tráfego em formato binário nesta rede, fundamentado no conceito CSMA/CD com NDA que é um tipo de organizador de mensagens que cuida do enfileiramento e da prioridade das mensagens de rede.

Figura 5: Componente *Agent*.



Fonte: (Autoria própria)

Na arquitetura, o componente *agent*, conforme demonstra a Figura 5, será responsável por captar o tráfego gerado pela rede CAN por meio da ligação dos fios *CAN HI* e *CAN LOW* diretamente no módulo CAN BUS, que funciona juntamente ao *Raspberry PI* instalado no caminhão. Esse *hardware* foi escolhido por ser um minicomputador com uma configuração robusta o suficiente para captar, filtrar e pré-processar as informações necessárias, tendo *wifi* como opção de conectividade.

Por se tratar de um computador, o *Raspberry PI* necessita de um sistema operacional que pode ser definido dessa forma:

Pela perspectiva do usuário ou programador, existem dois modos distintos de conceituar um sistema operacional. Em uma visão de cima para baixo (*top-down*): é uma abstração do hardware, fazendo o papel de intermediário entre os programas (*software*) e os componentes físicos do computador (*hardware*); ou numa visão de baixo para cima (*bottom-up*): é um gerenciador de recursos, i.e., que controla as aplicações (processos) a executar, como, quando e com quais recursos (memória, disco, periféricos) (TANENBAUM, 2006).

O sistema operacional escolhido foi o *Raspbian*, sendo uma variação do Linux Debian que, segundo Murdock (1993), “é um sistema operacional composto inteiramente de software livre e mantido oficialmente pelo Projeto Debian” tendo grande flexibilidade para futuros *upgrades* em relação a funcionalidades e possuindo administração remota.

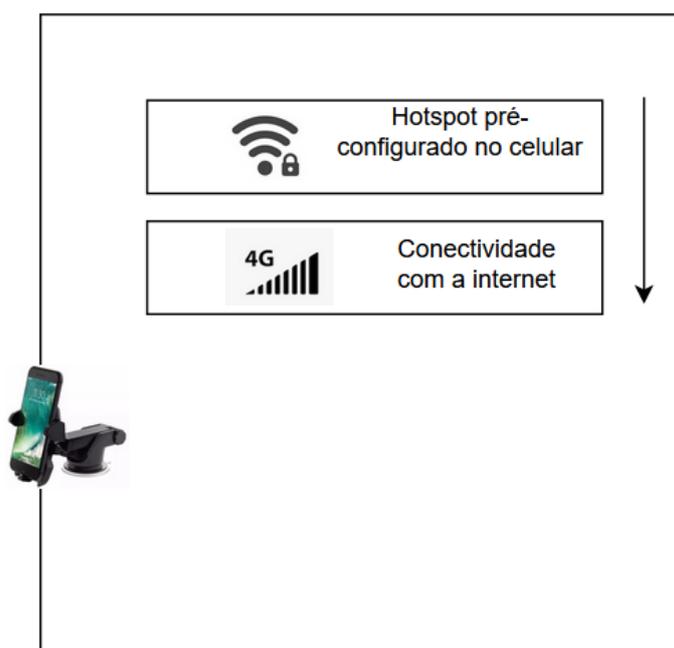
Ainda seguindo o mesmo componente, o *hardware* pode interagir com a rede CAN por meio de um agendador de tarefas, o *crontab*, pré-configurado para periodicamente executar comandos de varredura de *status* das medições das ECU's do veículo.

As informações podem ser requisitadas pelo algoritmo de solicitação de dados que envia solicitação de resposta de status de determinadas ECU's.

Os dados também podem ser captados conforme circulam na rede CAN, usando o algoritmo de coleta de dados.

Neste sistema foi escolhido, por motivo de segurança em relação às informações, um servidor SSH para conexão, envio de dados e gerenciamento remoto que faz a troca de informações de modo seguro em uma rede insegura por meio de encriptação RSA de 2.048 *bits*.

Figura 6: Componente *Bridge*.



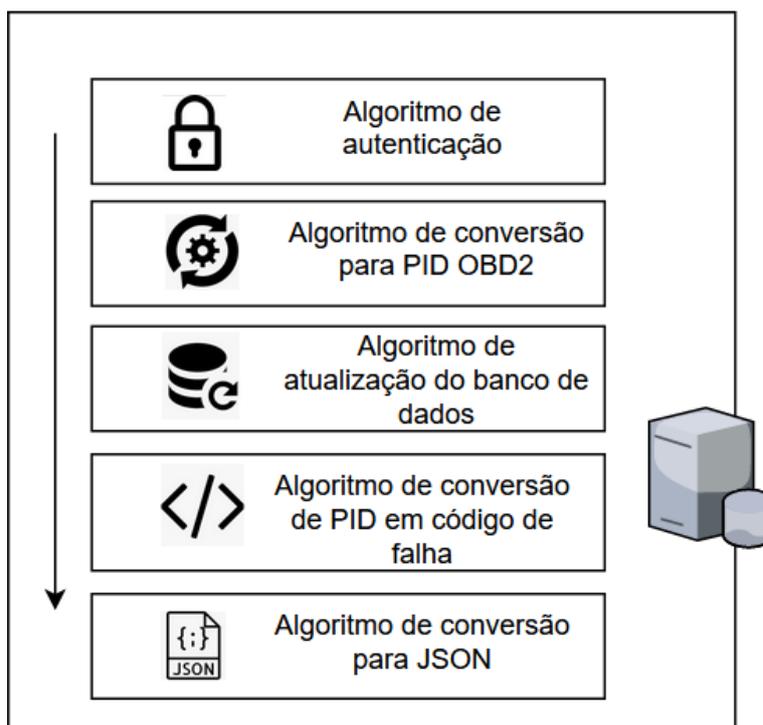
Fonte: (Autoria própria).

Conforme a Figura 6, o componente *bridge* é o responsável pela conectividade do sistema com o servidor do banco de dados, os dados captados e tratados anteriormente são enviados conforme for configurada uma periodicidade no agendamento de tarefas.

Para isso, se faz necessário possuir um aparelho que se conecte à *Internet* (*smartphone* ou *tablet* com características semelhantes) que possua *chip* com um

plano de dados e que contenha conectividade *wifi*. Ele deverá ser configurado em modo *hotspot* com uma rede SSID e senha predefinidas para que o *Raspberry PI 4* possa reconhecê-lo e se conectar, podendo assim usar sua conectividade com uma rede celular, estando em uma área de cobertura, e enviar dados para o servidor remoto.

Figura 7: Componente Server.



Fonte: (Autoria própria).

Dando sequência, a Figura 7 ilustra o componente *server* que é responsável por receber as informações, faz conversões de formato de dados e atualiza o banco de dados com essas informações recebidas. Este componente possui um servidor SSH e um algoritmo de checagem de chave pública/privada que autentica a conexão.

O algoritmo de conversão de PID's converte o código explicando qual é a falha e prováveis motivos. Em seguida, o algoritmo de inserção e atualização do banco de dados dá entrada nos dados recebidos por meio de *script shell*. Existe também um algoritmo de conversão de códigos de falha para melhor informar o profissional técnico detalhes sobre o problema relatado pelo sistema, isso baseado na tabela de erros do fabricante do veículo.

A disponibilização dos dados é feita convertendo as informações do banco de dados em JSON quando solicitadas ao servidor. Na sequência é possível averiguar a visão geral dos componentes e suas conexões de troca e conversão de informações.

Levando-se em consideração o conjunto de soluções exposto neste capítulo, a conclusão é que as ferramentas melhorariam os processos de diagnóstico de falhas, dispondo de um histórico de problemas e desempenho. Possibilitariam também um agendamento de manutenção preventiva com mais brevidade quando detectado um problema, evitando assim, em alguns casos, que ocorra quebra dos componentes do veículo e ajudando a prevenir acidentes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como conclusão, conforme foi demonstrado, esta proposta de arquitetura é capaz de identificar os problemas e analisar os pontos em que as tecnologias escolhidas podem auxiliar de forma mais adequada e eficiente a manutenção preventiva de veículos de grande porte. Esse processo disponibiliza informações geradas pela rede CAN dos próprios veículos, com a geração de dados os profissionais, departamentos e empresas conseguem tomar melhores decisões estratégicas em função de economia e eficiência e com isso, podem melhorar os procedimentos internos da empresa, gerando economia, lucro e produtividade.

As melhorias de um sistema como este podem perfeitamente impactar positivamente o desempenho de departamentos que lidam com a manutenção de veículos, que passariam a trabalhar com uma lista de checagem automatizada. O setor operacional também teria vantagens, pois seria capaz de usar essas ferramentas para realizar um monitoramento mais refinado da frota em suas condições atuais.

A perspectiva de trabalhos futuros direciona a criação de um centro operacional que pode acompanhar o deslocamento, rendimento, status operacional e agendamento de manutenção dos veículos, assim como o aprimoramento e abrangência da captação e utilização das informações.

REFERÊNCIAS

ALECRIM, E. **O que é Wi-Fi (IEEE 802.11)?**

Disponível em: < <https://www.infowester.com/wifi.php> > Acesso em: 18 nov. 2020

ALMEIDA, M. T. - **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. 2000.

Disponível em: <<https://mtaev.com.br/wp-content/uploads/2018/02/mnt1.pdf> >

Acesso em 11 out 2020

BACON, F. **A Sabedoria dos Antigos** - Tradução Gilson César Cardoso de Souza São Paulo Editora Unesp (FEU) 2002.

BOARÃO, A. O. - **Estudo do Estado Comportamental de Motoristas Através da Rede CAN Utilizando o Modelo Escondido de Markov**, 2018 Disponível em:

<<http://www.eletrica.ufpr.br/tcc/2018/2s/Andrey%20De%20Oliveira%20,Boar%3%a3o/>>. Acesso em 18 nov. 2020

Bosch, R. **Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics**. 5th edition, Springer Vieweg. 2007.

BRITO, J.; CARBONE, S.; SANTOS, D. A. M.; DOMINUTTI. P.; ALVES, N. O.; RIZZO. L. V.; ARTAXO, P. - **Caminhões e ônibus respondem por metade da poluição do ar em São Paulo**, 2018 Disponível em: <<https://agencia.fapesp.br/caminhoes-e-onibus-respondem-por-metade-da-poluicao-do-ar-em-sao-paulo/28239/>> Acesso em: 08 out. 2020.

CARVALHO, A. F. M; POUERI, C. M. **A influência da Telemetria nos custos operacionais de uma empresa do segmento de transporte urbano de cargas**, 2019

- Anais do XVII Congresso Brasileiro de Custos - ISSN 2358-856X Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/4591> Acesso em 18 nov. 2020.

CAVALCANTE, L. H. **Sistema de monitoramento automotivo via rede Can**, 2018

Curso de Bacharelado em Engenharia Mecatrônica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Disponível em: <<https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/329/LARISSA%20HINCKEL%20CAVALCANTE.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2020.

CHARETTE, R. **This Car Runs on Code**, 2009. Disponível em:

<<https://spectrum.ieee.org/transportation/systems/this-car-runs-on-code>> Acesso em: 08 out. 2020.

WU, Y.; CHUNG, J. - **Efficient Controller Area Network Data Compression for automobile applications**. Front Inform Technol Electron Eng – 2014.

ENDRES, C. **CAN-Bus-frame in base format without stuffbits**
Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CAN-Bus-frame_in_base_format_without_stuffbits.svg> Acesso em 18 nov. 2020.

CONTESINI, L. **Afinal o que é ECU? Como elas funcionam?**
Disponível em: <<https://flatout.com.br/afinal-o-que-e-ecu-como-elas-funcionam/>>
Acesso em 19 nov. 2020.

CRAIDE, S. **Mais de 30% da malha ferroviária estão inutilizados, diz estudo da CNI, 2018** Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-06/mais-de-30-da-malha-ferroviaria-esta-inutilizada-diz-estudo-da-cni>> Acesso em: 29 out. 2020.

THOMPSON, K. - **Crontab**
Disponível em: <<https://guialinux.uniriotec.br/crontab/>> Acesso em 17 nov. 2020

FINCO, N. **A importância de cuidar da manutenção do caminhão, 2019.**
Disponível em: <<https://www.cobli.co/blog/manutencao-de-caminhao/>> Acesso em: 08 out. 2020.

GUIMARÃES, A. A. **Um roteiro de implementação de uma rede CAN (Controller Area Network), 2003.** Disponível em:<<http://www.alexag.com.br/Artigos/SIMEA2003.pdf>>.
Acessado em 13 nov. 2020.

GUIMARÃES, AAS. et al - **O protocolo CAN: Entendendo e implementando uma rede de comunicação serial de dados baseada no barramento Controller Area Network 2002.**

HARTKOPP, O - **Controller Area Network Protocol Family (aka SocketCAN)**
Disponível em:< <https://www.kernel.org/doc/Documentation/networking/can.txt/>>
Acesso em: 12 nov. 2020

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. ISO 11898-1: Road vehicles – Controller area network (CAN) – Part 1: Data link layer and physical signaling. Geneva, 2003a.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. ISO 11898-2: Road vehicles– Controller area network (CAN) – Part 2: High-speed medium access unit. Geneva, 2003b.

KUROSE, J. F; ROSS, K. W. **Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down** 6ª ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil (2013).

LAMBERT, D. M.; STOCK, J. R. - **Administração estratégica da logística.** São Paulo: Vantine Consultoria, 1998.

LEI Nº 8.723, DE 28 DE OUTUBRO DE 1993.
Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8723.htm> Acesso em 11 nov. 2020.

LUNDY, G. M.; MILLER, R. E. **Analyzing a CSMA/CD protocol through a Systems of Communicating Machines Specification**, - Published in: IEEE Transactions on Communications (Volume: 41, Issue: 3, Mar 1993) - DOI: 10.1109/26.221072
Disponível em:<<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/221072>>Acesso em: 17 nov. 2020.

MELGAR, O. **Modelo de diagnóstico para sistemas de manutenção de frotas**, 2008 - Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/91181/248375.pdf>> Acesso em: 12 nov. 2020.

MIYAGUSKU, R. **Curso prático de SQL**, 2008.
Disponível em:<<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=wOwvdXfkwWIC>> Acesso em 17 nov. 2020

MONCHY, F. **A Função Manutenção - Formação para a Gerência da Manutenção Industrial**. NBR 5462 TB 116 - Confiabilidade e Mantenabilidade,1994
Disponível em: <<https://document.onl/documents/nbr-5462-tb-116-confiabilidade-e-mantenabilidade.html>> Acesso em: 11 out. 2020.

MURDOCK, I. **About Debian**, 1993.
Disponível em:< <https://www.debian.org/intro/about.en.html>> Acesso em 19 nov. 2020.

NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.
O que o transporte por caminhões representa para o Brasil, 2018.
Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/brasil/o-que-o-transporte-por-caminhoes-representa-para-o-brasil,0a90bf487e707b5389b7df6296a4a270x1mb1qiv.html>> Acesso em: 08 out. 2020.

OBD2, **On-Board Diagnostic II (OBD II) Systems Fact Sheet**, 2019.
Disponível em:<<https://ww2.arb.ca.gov/resources/fact-sheets/board-diagnostic-ii-obd-ii-systems-fact-sheet>> Acesso em: 9 nov. 2020

On-board Diagnostics

Disponível em:<https://en.wikipedia.org/wiki/On-board_diagnostics#History> Acesso em: 9 nov. 2020.

PARRET, D. -. **Multiplexed Networks for Embedded Systems**. John Wiley & Sons, Ltd., 2005

RECH, A. **Desenvolvimento prático e simulação de estratégias de controle para eletrônico throttle control com variação no sinal de entrada** –Trabalho de conclusão de curso (TCC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2015.

SACCO, F. – **Comunicação SPI** – Parte 1, 2014.
Disponível em:<<https://www.embarcados.com.br/spi-parte-1/>>Acesso em 17 nov. 2020.

SAE J1939 - SAE J1939 Standards Collection

Disponível em: < https://www.sae.org/publications/collections/content/j1939_dl/>

Acessado em 17 out 2020.

SAE J2012 - Diagnostic Trouble Code Definitions J2012_201303, 2013

Disponível em: < https://www.sae.org/standards/content/j2012_201303/>

Acesso em 13 nov. 2020.

SN65HVD230 Datasheet - Texas Instruments

Disponível em: < <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/185370/TI/SN65HVD230.html>>

Acesso em 12 nov. 2020.

SONG, C., CHEN, W.; LIAW, D. - Study of a vehicular drive-by-wire system based on FlexRay protocol. SICE Annual Conference 2010, Proceedings of. IEEE, 2010.

TANENBAUM, A. S. - Operating systems: design and implementation. USA: Prentice Hall., 2006

VADNERE, M. J1939 Diagnostics – Part 1, 2018.

Disponível em: < <https://embeddedflakes.com/j1939-diagnostics-part-1/>>

Acesso em: 07 nov. 2020.