



CENTRO UNIVERSITÁRIO RITTER DOS REIS

JÉFERSON DA ROCHA

**ANÁLISE DE FALHAS NA GERAÇÃO DE PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO COM A
ECU DE ALTERNADORES QUE UTILIZAM REGULADORES MULTIFUNÇÃO**

Porto Alegre

Junho 2022

JÉFERSON DA ROCHA

**ANÁLISE DE FALHAS NA GERAÇÃO DE PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO COM A
ECU DE ALTERNADORES QUE UTILIZAM REGULADORES MULTIFUNÇÃO**

Projeto de Pesquisa de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Ritter dos Reis, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Manoel Henrique Alves, Me.

Porto Alegre
Junho 2022

JÉFERSON DA ROCHA

**ANÁLISE DE FALHAS NA GERAÇÃO DE PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO COM A
ECU DE ALTERNADORES QUE UTILIZAM REGULADORES MULTIFUNÇÃO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário Ritter dos Reis.

_____, ____ de _____ de 20____.
Local dia mês ano

Prof. e orientador Manoel Henrique Alves, Me.
Centro Universitário Ritter dos Reis

Prof. Adriano Menezes da Silva, Me.
Centro Universitário Ritter dos Reis

Dedico este trabalho a minha família, que sempre me incentivaram e me apoiaram em todas as etapas, pois sem eles a chegada até este ponto não seria possível.

AGRADECIMENTOS

A minha esposa, Géssica B. W. Rost da Rocha, meus pais, João B. B. da Rocha e Sirlaine A. Hinschink, que sempre me incentivaram e apoiaram em todos os momentos durante todos os anos desta graduação e não mediram esforços para que eu chegasse até aqui.

Agradeço ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade do Vale dos Sinos e ao Centro Universitário Ritter dos Reis por me proporcionar um aprendizado de qualidade e sempre com o foco no futuro da minha preparação acadêmica, incentivando a não parar apenas na graduação.

Agradeço a todos os professores com que tive a oportunidade de trilhar juntos este caminho, pois sempre apoiaram positivamente minha evolução acadêmica. Em especial agradeço ao professor Manoel Henrique Alves pela orientação, dedicação e incentivo acadêmico.

Agradeço aos colegas e grandes amigos que esta jornada em busca da graduação me apresentou.

Agradeço a empresa na qual trabalho desde o início desta Graduação por todas as oportunidades cedidas principalmente ter visto em mim o potencial de desenvolvimento dentro da mesma e por ter apostado e no meu desempenho como colaborador.

Agradeço aos colegas e grandes amigos que esta jornada em busca da graduação me apresentou.

“Concentre todos seus pensamentos na tarefa que está realizando. Os raios de sol não queimam até que sejam colocados em foco.” (ALEXANDER GRAHAM BELL)

RESUMO

O alternador foi desenvolvido para suprir o consumo energético do veículo, tornando-o autônomo do processo de carga energética. Como todo componente automotivo, o alternador passou por muitas evoluções para chegar ao conceito atual, uma delas foi a migração informação de seu funcionamento ao usuário final. Com este novo conceito, entrou a comunicação entre ele e a rede de bordo veicular. Esta comunicação apesar de aumentar o número de informações coletadas sobre o funcionamento do componente requer alguns cuidados e equipamentos necessários para diagnosticar uma falha. Este trabalho, descreve como diagnosticar uma falha e qual seria o processo mais adequado para localizar o componente gerador desta falha. Assim reduzindo o tempo de reparo e eliminando desperdícios com retrabalhos.

Palavras-chave: Rede CAN. LIN. Energia. Campo Magnético. Automotivo.

ABSTRACT

The alternator was developed for the vehicle's energy consumption, supplying the autonomous energy charge process. Like every automotive component, the alternator will come through many evolutions to the current concept, one of which was the information on its operation to the end user. With this new concept, communication between it and the vehicle's on-board network entered. This communication despite increasing the number of information collected which requires some care and equipment on the functioning of components of a failure. This work describes how to diagnose a fault and which would be the most suitable component to locate the generator of this fault. Thus wasting repair time and eliminating rework.

Keywords: CAN network. LIN. Energy. Magnetic field. Automotive.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Componentes do alternador	18
Figura 2 - Demonstrativo de tensão gerada nos terminais das escovas	20
Figura 3 - Representação esquemática do alternador e tensões de saída	21
Figura 4 - Representação sinal de rede CAN	23
Figura 5 - Estrutura do sinal de rede CAN	23
Figura 6 - Indicador de falha no sistema de carga ou bateria	25
Figura 7 - Indicador de tensão (voltímetro)	25
Figura 8 - Entrada de contaminantes abrasivos	26
Figura 9 - Escovas do regulador de tensão queimadas	27
Figura 10 - Rotor e estator em curto	27
Figura 11 - Adulteração do produto	28
Figura 12 - Componentes com oxidação por ingresso de água	29
Figura 13 - Impactos no alternador	29
Figura 14 – Fluxograma de diagnóstico	31
Figura 15 - Teste da bateria	33
Figura 16 - Teste da bateria 2	34
Figura 17 - Monitoramento de tensão para diagnóstico	34
Figura 18 - Sinal comunicação do alternador antes do reparo	35
Figura 19 - Placa retificadora	36
Figura 20 - Teste do regulador em bancada	37
Figura 21 - Gerador de sinais IK2110	37
Figura 22 - Sinal do regulador antes do reparo em bancada	38
Figura 23 - Sinal do regulador depois do reparo	39
Figura 24 - Teste do alternador após reparo em bancada	39
Figura 25 - Teste do alternador após reparo no veículo	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Tabela de RPM

41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ECU	—	Eletronic Control Unit
OBD	—	On Board Diagnostics
CAN	—	Controller Area Network
LIN	—	Local Interconnect Network
f.e.m	—	Força Eletromotriz
SOF	—	Start of Frame
RTR	—	Remote Transmission Request
IDE	—	Identifier Extension
DLC	—	Data Length Code
CRC	—	Cyclic Redundancy Check
ACK	—	Acknowledge
EOF	—	End of Frame
IFS	—	Inter-Frame Space

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.2	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	16
1.3	OBJETIVOS DA PESQUISA	16
1.3.1	Objetivo geral	16
1.3.2	Objetivos específicos	16
1.4	JUSTIFICATIVA	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	ALTERNADOR	18
2.2	CONCEITO DE FUNCIONAMENTO	20
2.3	PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO	22
2.3.1	Origem	22
2.3.2	Definição	22
2.4	FALHAS	24
2.4.1	Tipos de defeitos e causas	25
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	30
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	30
3.2	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS	30
3.2.1	Definição operacional das variáveis	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	34
4.1.1	Testes iniciais	34
4.1.2	Remoção do alternador do veículo	36
4.1.3	Teste no rotor	36
4.1.4	Teste da placa retificadora	37
4.1.5	Isolação e análise visual do estator	37
4.1.6	Teste regulador	37
4.1.7	Reparo do alternador	39
4.1.8	Teste do alternador reparado na bancada	40
4.1.9	Teste do alternador reparado no veículo	41
4.2	RESUMO DA ANÁLISE	43
5	CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	44

1 INTRODUÇÃO

A demanda energética nos veículos de modo geral tem aumentado de forma substancial à medida que novas tecnologias e equipamentos passam a fazer parte do sistema automotivo. Nos últimos anos, a introdução de novas tecnologias como o gerenciamento eletrônico do motor, da caixa de transmissão, componentes OBD necessários ao atendimento de normas de emissões e de diversas outras funções do veículo inerentes ao conforto, entretenimento e segurança dos passageiros tem exigido uma maior capacidade de oferta de energia elétrica por parte do veículo. A título de comparação, a potência elétrica demandada do alternador aumentou cerca de cinco vezes entre os anos de 1950 e 1980 e, desde então, este valor mais que dobrou novamente, sendo esperado um aumento ainda maior para os próximos anos, tanto para os veículos considerados leves quanto para os pesados (BOSCH, 2003).

O alternador, como componente responsável por gerar tensão elétrica suficiente para alimentar todos os circuitos elétricos do veículo bem como gerar carga suficiente para recarregar a bateria do mesmo precisa estar com seu funcionamento pleno para não deixar o automóvel com panes ou falhas elétricas.

Este trabalho apresentará o conceito de funcionamento, os componentes utilizados, as funções de cada componente de um alternador automotivo, sua interface com o veículo, a importância para um bom funcionamento do sistema elétrico do automóvel e um dos tipos de comunicação que a rede de bordo veicular utiliza, bem como as falhas e causas que a interrupção ou geração não adequada desta comunicação podem causar.

Descreverá como realizar o correto diagnóstico e como atuar em cima dos defeitos diagnosticados, ferramentas utilizadas e procedimentos corretos para efetuar o reparo.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O modelo clássico (reguladores convencionais) apenas informa, por meio de uma indicação luminosa no painel de que existe uma falha no alternador. Através desta indicação, o técnico necessita realizar uma série de investigações que são orientadas através de um diagnóstico guiado, o que nem sempre leva a uma falha específica do alternador, mas que muitas vezes leva a um aumento relativamente grande de horas de manutenção para detecção de falhas (NAGATA, 2016).

O problema de diagnóstico envolve um produto, uma ferramenta de diagnóstico e um procedimento de reparo que pode ser entendido em cinco passos, monitoração das condições, identificação da falha, rastreamento, reparo e verificação (MORI; LÜDERS, 2013).

Este trabalho pretende responder as seguintes questões de pesquisas: Como diagnosticar as falhas de geração de energia e de comunicação entre os reguladores multifunção e a ECU dos veículos equipados com esta tecnologia e o que estas falham podem gerar de problemas para o mesmo?

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Essa pesquisa se delimitará nas falhas geradas pelo protocolo de comunicação do alternador equipado com interface LIN desenvolvido pela Valeo para aplicação em veículos leves a partir do ano de fabricação de 2014 no Brasil.

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos do presente trabalho foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos, os quais são apresentados a seguir.

1.3.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral, analisar uma falha gerada no protocolo de comunicação (LIN) para diagnosticar a real causa da falha gerada na comunicação e na geração de energia dos alternadores Valeo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analisar o protocolo de comunicação dos alternadores;
- Analisar a geração de energia dos alternadores;
- Demonstrar falhas de protocolo de comunicação;
- Demonstrar falhas na geração de energia dos alternadores;
- Demonstrar os métodos e ferramentas de análise para diagnóstico rápido e preciso.

1.4 JUSTIFICATIVA

A função do alternador é fornecer uma carga contínua à bateria enquanto o motor está a trabalhar. Esta alimentação de energia impede que a bateria se descarregue e fornece a potência requerida aos dispositivos elétricos do automóvel (VALEO, 2022).

Mesmo o alternador sendo um componente que todo profissional automotivo (mecânico ou auto-elétrico) conhece, ele é um dos itens que mais gera dúvidas nas oficinas. O motivo destas, é a falta de conhecimento dos profissionais sobre a evolução do componente.

Os alternadores passaram por muitas atualizações e poucos profissionais acompanharam essas evoluções. O que na prática gera aumento de mão de obra e custo com retrabalhos ou troca de peças sem necessidade.

Para analisar um defeito na unidade geradora do veículo, além do conhecimento básico de funcionamento do alternador, deve-se ter conhecimento sobre rede de comunicação de veículos (rede LIN), este componente deixou de ser um simples gerador e passou a se comunicar com o veículo e se ajustar conforme a necessidade do mesmo.

Em veículos equipados com esta tecnologia os custos dos componentes são maiores, fazendo com que o diagnóstico tenha necessidade de ser preciso e rápido. Para um diagnóstico assim, o profissional precisa estar munido de ferramentas adequadas e capacidade técnica para utilizá-las.

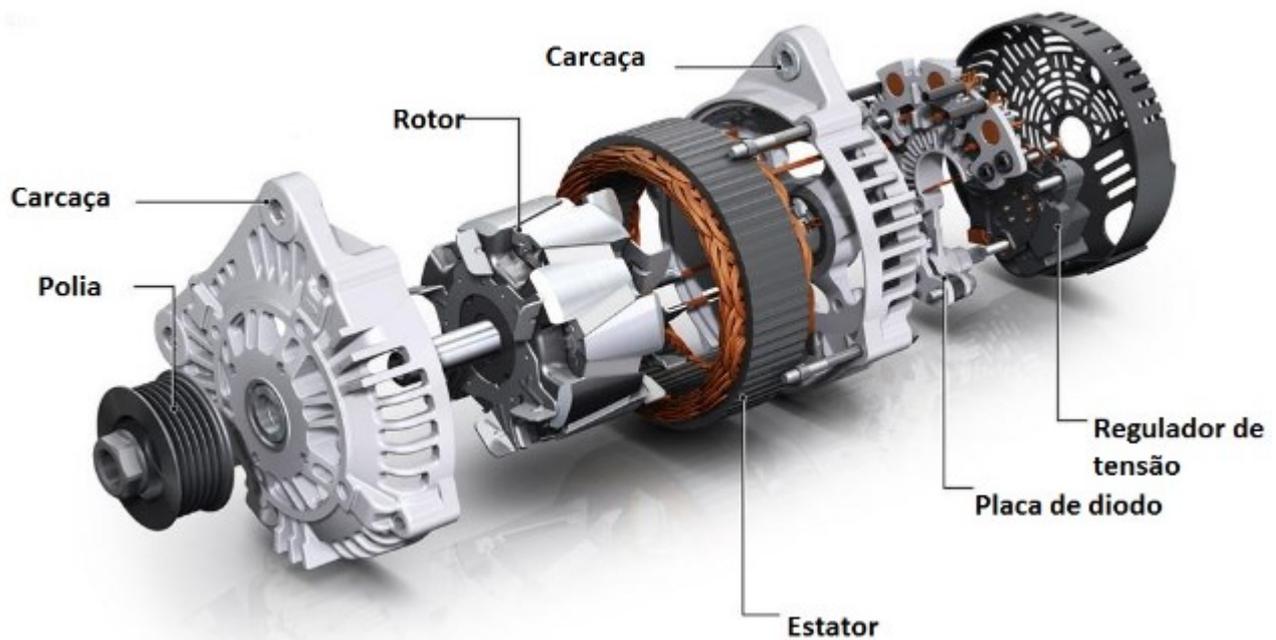
A finalidade deste trabalho é mostrar como funciona a comunicação do alternador e a ECU do veículo, analisar as falhas do protocolo de comunicação, o que elas podem gerar de falhas para o veículo e como fazer este diagnóstico de maneira rápida e precisa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

É definido como um gerador elétrico ou elemento conversor de energia. Trata-se de um elemento fundamental no funcionamento de qualquer sistema automotivo, no qual a sua principal função é converter uma fração da energia mecânica disponível no motor em energia elétrica a ser disponibilizada na rede de bordo. O seu funcionamento precisa ser confiável o suficiente para que, dentro de uma condição normal de operação e mesmo com motor funcionando em marcha lenta, o alternador seja capaz de fornecer energia elétrica de maneira estável e livre de falhas as unidades de controle eletrônico que gerenciam o motor, o sistema de injeção de combustível, sistemas de segurança crítica e conforto dos passageiros por exemplo. Ao mesmo tempo em que o alternador precisa atender tais exigências, o mesmo precisa fornecer energia o suficiente para manter as baterias carregadas para que estas possam garantir a partida do veículo sob quaisquer condições (Bosch Automotive Technology Manual – Alternators and Starter Motors, 2003, p.4).

2.1 – ALTERNADOR

Figura 1 – Componentes do alternador



Fonte: VALEO Service 2021

Polia: Responsável pelo contato com a correia, que vai acionar o eixo e transmitir o movimento do motor térmico. É construída em aço e possui pequenas ranhuras também conhecidas como *Poly-V* responsáveis em acomodar a correia.

Mancal Dianteiro: Sua função é dar o suporte para o rotor e estator e assegurar a fixação mecânica do alternador no bloco motor. O projeto dos mancais deve garantir que o alternador irá suportar os níveis de vibração de cada aplicação.

Estator: A principal função do estator é gerar corrente. O estator representa no alternador as três bobinas que estão sujeitas ao campo magnético do rotor. Na saída das fases das bobinas teremos a tensão induzida do rotor. O estator irá suportar as bobinas e ao mesmo tempo proporcionar a concentração das linhas do campo magnético.

Rotor: É composto pelo eixo, bobinas e garras polar; sua função é gerar um campo eletromagnético que induzirá corrente alternada no estator. O diâmetro e a largura da bobina e garra polar determinam o campo magnético do rotor. Este campo junto com o diâmetro e largura do estator determinam a potência do alternador.

Ponte Retificadora: A função principal da ponte retificadora é transformar (retificar) a tensão alternada em tensão contínua. Os componentes elétricos que garantem esta retificação são os diodos. Para que os diodos possam atuar, eles devem estar ligados eletricamente em ponte retificadora. A ligação elétrica é garantida pelo conector, parte de plástico sobre moldado que contém as conexões de cobre.

Regulador: Composto pelo módulo eletrônico (regulador de tensão), escova (fornece tensão para o rotor) e capacitor (filtro). O regulador deve manter a tensão regulada dentro dos parâmetros pré-estabelecidos. A função básica do regulador pode ser representada por uma “chave” que abre e fecha. Quando a tensão está muito alta ele “abre a chave” (abre o circuito) de excitação do rotor, diminuindo a tensão no alternador. E quando a tensão está muito baixa ele fecha o circuito, aumentando a corrente de excitação do rotor.

Capô Plástico: Sua função é proteger os contatos elétricos da ponte retificadora e também não permitir que durante a manutenção do motor térmico tenha-se acesso aos terminais elétricos.

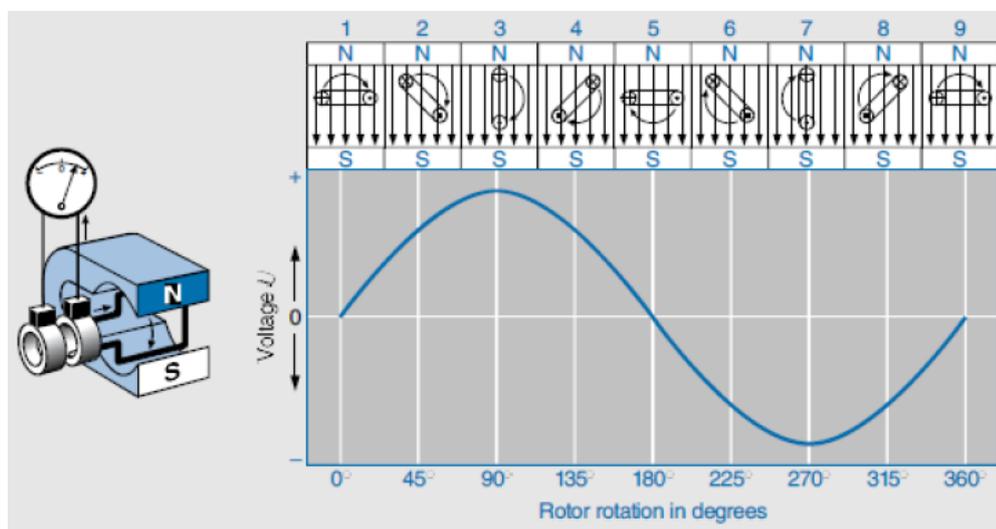
Rolamentos: São elementos que permitem o movimento do eixo rotor sem fricção com o mancal. (VALEO, 2021)

2.2 – CONCEITO DE FUNCIONAMENTO

O funcionamento de um alternador baseia-se no princípio da indução eletromagnética, enunciado por Michael Faraday, no qual um condutor elétrico que corta as linhas de força de um campo magnético e havendo movimento relativo entre eles, uma força eletromotriz (f.e.m) é induzida nos terminais deste condutor.

Este condutor elétrico pode ser construído em forma de uma bobina que tem os seus terminais conectados a anéis coletores ou anéis deslizantes na extremidade de um eixo rotor, nos quais por sua vez estão em contato com as escovas. Este eixo rotor é então submetido a um campo magnético permanente. Quando esta bobina gira sobre o seu próprio eixo, ela passa a cortar as linhas de campo magnético e, como consequência, a tensão induzida começa a variar proporcionalmente. Conforme demonstrado na figura 2, a tensão induzida tem os seus respectivos valores de picos positivos e negativos a cada intervalo de 90° , formando assim um sinal alternado periódico como resposta a variação de movimento do eixo rotor. (NAGATA, 2016).

Figura 2 – Demonstrativo de tensão gerada nos terminais das escovas



Fonte: Bosch Automotive Eletrics and Automotive Eletronics 5th Edition 2007

O campo magnético necessário é gerado na própria bobina através da corrente elétrica proveniente da bateria, ou em outras palavras, a própria bobina do rotor funciona como um eletroímã. A corrente elétrica que produz o campo magnético flui através de escovas que são posicionadas sobre os anéis coletores ou anéis deslizantes e o campo magnético produzido é diretamente proporcional a intensidade da corrente que passa pelas

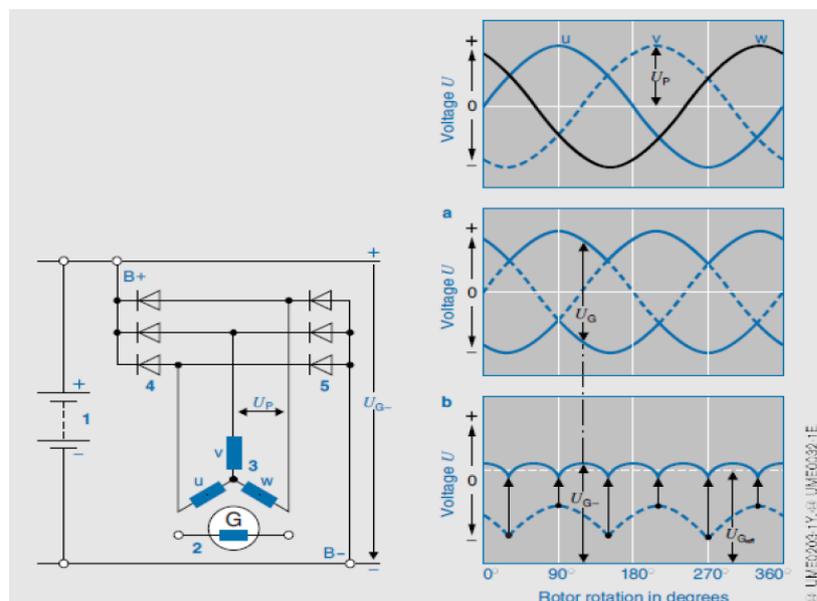
bobinas. Por esta razão, a bobina do rotor é também conhecida como bobina de excitação (CAPELLI, 2010, p.112).

Externamente ao rotor, o estator é o elemento estático do alternador e é composto por enrolamentos de fios de cobre alojados em ranhuras de um núcleo de aço silício construído em chapas sobrepostas. O estator possui três conjuntos de bobinas dispostas e defasadas 120° uma em relação à outra. Estas bobinas combinadas formam um circuito trifásico que pode ser interligada nas configurações estrela ou triângulo.

Assim que o rotor é excitado com o campo magnético produzido através da corrente proveniente da bateria e começar a girar, ele passará a induzir uma tensão nos terminais das bobinas do estator como resultado do princípio da indução eletromagnética e pelo fato das bobinas do estator formarem um circuito trifásico, o resultado são tensões senoidais trifásicas induzidas em seus terminais. Como ilustrado na figura 3, estas tensões possuem a mesma amplitude e frequência, porém estão defasadas em 120° uma da outra, pela mesma razão que as bobinas estão mecanicamente dispostas 120° uma em relação à outra (Bosch Automotive Technology Manual, 2003, p.10).

Como a tensão que sai pelos terminais do estator é alternada e para suprir a necessidade dos consumidores instalados no veículo, bem como a função de carga da bateria, essa tensão precisa ser transformada/retificada em contínua. Como descrito no item 2.1 acima a Ponte Retificadora composta por diodos retificadores tem a função de converter esta tensão trifásica em uma tensão pulsante positiva.

Figura 3 – Representação esquemática do alternador e tensões de saída



Fonte: Bosch Automotive Eletrics and Automotive Eletronics 5th Edition 2007

Após a tensão ser retificada é imprescindível que a tensão esteja estável o suficiente para garantir o perfeito processo de recarga das baterias e também o funcionamento dos consumidores. Para garantir a estabilidade da tensão sob diversas condições de velocidade e carga, o regulador eletrônico age diretamente sobre a corrente de excitação na bobina do rotor, ou em outras palavras, promove um fortalecimento ou enfraquecimento do campo magnético a ponto de produzir um aumento ou uma diminuição da tensão de saída do alternador dentro de uma faixa de tolerância operacional.

Estando o alternador operacional, a tensão elétrica disponível pode finalmente então ser fornecida ao veículo, como também pode ser utilizada para energizar a própria bobina do rotor definindo o sistema como auto excitável, no qual parte da energia produzida é usada para manter o campo magnético do rotor e não necessitar mais da energia da bateria do veículo (NAGATA, 2016).

2.3 – PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

2.3.1 – Origem

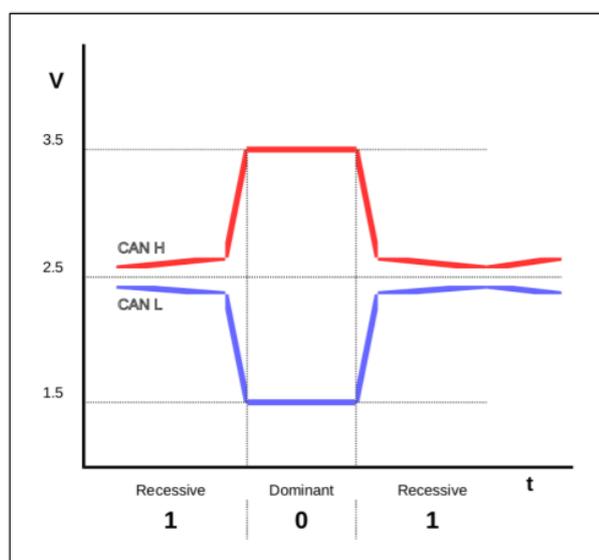
O protocolo de comunicação CAN Bus (ou Barramento *Controller Area Network*) foi desenvolvido pela empresa alemã Robert BOSCH e disponibilizado em meados dos anos 80. Consiste em um barramento digital projetado para operar de 20 Kbit/s até 1 Mbit/s, padronizado pela norma ISO11898 para altas velocidades (500 Kbit/s) e pela norma ISO11519-2 para aplicações de baixas velocidades (até 125 Kbit/s) (SOUZA, 2013).

2.3.2 – Definição

O barramento CAN pode ser constituído de três maneiras, de acordo com a quantidade de fios usada, podendo a rede ser baseada em 1, 2 e 4 fios. Para barramentos CAN de um fio, os dados são transmitidos por essa única via, chamada linha CAN. Sistemas com 2 e 4 fios utilizam sinais CAN_H (CAN High) e CAN_L (CAN Low), sendo os dados representados pela análise da diferença de potencial entre esses dois sinais. Essa configuração é chamada Par Trançado Diferencial e tem como objetivo diminuir os efeitos de interferências eletromagnéticas na rede. No caso particular dos 4 fios, em adição aos sinais de dados, um fio para alimentação e outro com o aterramento (GND) também fazem

parte do barramento. Na rede CAN, os dados são representados pelo bit recessivo, 1, e pelo bit dominante, como observado na Figura 4. A tensão nominal para o bit recessivo é 2,5V, igualmente para CAN High e CAN Low, portanto a diferença entre as tensões no barramento é 0V. Para o bit dominante, a tensão elétrica nominal é 3,5V para CAN High e 1,5 para CAN Low, causando uma diferença de potencial de 2V, como mostrado na figura abaixo (CAVALCANTE, 2018).

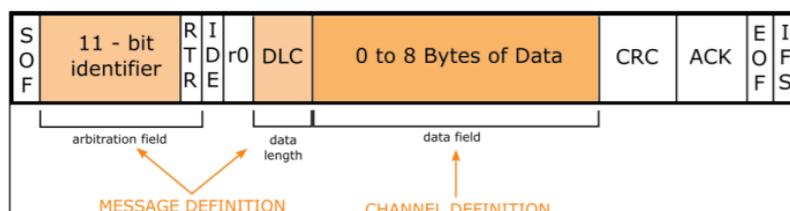
Figura 4 – Representação sinal de rede CAN



Fonte: CAN Bus 2016

A rede CAN é classificada como um protocolo de comunicação serial, o que significa que os dados são transmitidos em série, um bit por vez, formando-se um byte após oito pulsos de clock. Outra característica importante é o sincronismo, ou seja, a informação é enviada de maneira contínua sem intervalos entre bits. O emissor e o receptor estão sempre sincronizados, pois os dados são transmitidos em intervalos de tempo conhecidos e regulares. Permitindo dois formatos distintos: o CAN 2.0A, que é o formato padrão, e o CAN 2.0B. A diferença principal entre ambas configurações diz respeito ao número de bits, que traduzirão a mensagem a ser transmitida. Em um formato de identificador de 11 bits (figura 5), segundo o protocolo CAN 2.0A, há a possibilidade de 2048 mensagens, enquanto o modo CAN 2.0B permite a comunicação de 537 milhões de mensagens. Esse quadro de bits está relacionando com especificações da camada de enlace de dados.

Figura 5 – Estrutura do sinal de rede CAN



Fonte: CAVALCANTE 2018

- SOF: é o bit que identifica o início de uma mensagem e é responsável pela sincronização dos elementos conectados ao barramento;
- Identificador: 11 bits que definem a prioridade da mensagem;
- RTR: é o bit que faz a requisição de transmissão remota;
- IDE: quando esse bit for dominante, o identificador da mensagem é de 11 bits, configurando o formato padrão CAN 2.0A;
- R0: bit reservado para futuras variações da rede CAN;
- DLC: são 4 bits que indicam o número de bytes do campo de dados;
- Dados: até 8 bytes (64 bits) que carregam toda a informação transmitida;
- CRC: Campo composto por 16 bits dedicados à detecção de erros. 15 bits são usados para a implementação do código de detecção de falhas e 1 bit recessivo é usado como delimitador do campo.
- ACK: Esse campo de confirmação consiste em 1 bit que indica se a mensagem foi recebida corretamente pelo nó de destino e 1 bit recessivo delimitador, resultando em 2 bits de dados;
- EOF: 7 bits indicando o fim da mensagem no barramento CAN;
- IFS: Esse campo é composto por 7 bits que marcam um espaço entre duas mensagens. Essas definições tornam a rede CAN uma rede de baixo custo (apenas dois fios), segura (sistema de prioridade e detecção de erros) e veloz (máximo de dados 8 bytes, portanto consegue atingir velocidade de até 1Mbps) (CAVALCANTE, 2018).

2.4 - FALHAS

O diagnóstico veicular é um processo complexo que envolve diversas etapas. O processo inicia-se pela modelagem das falhas e seus efeitos na fase de desenvolvimento do projeto do automóvel. A partir dessa análise, mecanismos de identificação das falhas

são projetados de forma que contramedidas possam ser tomadas no caso da presença de uma eventual falha. Caso uma falha ocorra e seja corretamente identificada, um código de falha é ativado e o condutor é alertado da existência de um problema no veículo (figuras 6 e 7). Na manutenção, com o veículo parado, técnicos especialistas realizam o procedimento de diagnóstico utilizando ferramentas auxiliares (OLIVEIRA, 2016).

O regulador multifunção que trabalha com rede LIN possibilita a transmissão de códigos de falhas que podem indicar falha de comunicação na rede LIN, falhas elétricas, falha mecânica e grandezas relacionadas ao funcionamento do alternador. Estas informações são de fato “empacotadas” e transmitidas de forma unidirecional na rede LIN, desta vez no sentido escravo-mestre. O nó mestre por sua vez pode disponibilizar estes dados na rede de comunicação de dados do veículo permitindo, por exemplo, que as informações inerentes ao funcionamento do alternador possam ficar disponíveis no painel de instrumentos e serem facilmente visualizadas, conforme figuras abaixo (NAGATA, 2016).

Figura 6 – Indicador de falha no sistema de carga ou bateria



Fonte: MOURA 2021

Figura 7 – Indicador de tensão (voltímetro)



Fonte: Garagem TNK 2018

2.4.1 – Tipos de defeitos e causas

- Entrada de contaminantes abrasivos

Defeito

Perda da capacidade do alternador de gerar carga para alimentar o sistema.

Causas

Escovas do regulador bloqueadas devido a entrada de contaminantes sólidos no compartimento das escovas;

Curto circuito ou queima da ponte retificadora por superaquecimento devido a entrada em excesso de contaminantes;

Rotação obstruída do rotor e rompimento de sua bobina;

Desgaste nos anéis coletores causado pelo atrito provocado pelos contaminantes;

Acúmulo em excesso de contaminantes na parte externa ao redor do alternador (MAHLE, 2019).

Figura 8 – Entrada de contaminantes abrasivos



Fonte: MAHLE 2019

- Escovas do regulador tensão e anel coletor queimados

Defeitos

Perda da capacidade do alternador de gerar carga para alimentar o sistema;

Lâmpada indicativa do painel acesa.

Causas

Uso de produtos químicos na limpeza do veículo;

Entrada e ataque de fluido agressivo;

Queima das escovas do regulador de tensão;

Queima do revestimento da vedação das escovas do regulador de tensão (MAHLE, 2019).

Figura 9 – Escovas do regulador de tensão queimadas



Fonte: MAHLE 2019

- Curto circuito

Defeitos

Perda da capacidade do alternador de gerar carga para alimentar o sistema;
Lâmpada indicativa do painel acesa.

Causas

Queima do regulador de tensão;
Queima ou rompimento dos diodos positivos, negativos e de excitação da ponte retificadora;
Queima das escovas e terminais do regulador de tensão;
Queima e/ou rompimento da bobina do rotor;
Queima da bobina do estator;
Entrada de componentes metálicos externos em contato com os anéis coletores e bobina do rotor;
Uso de produtos químicos na limpeza do veículo.
Superaquecimento do alternador, provocador por: contaminação por abrasivos externos, sobrecarga do sistema etc;
Bateria mal instalada no veículo (polaridade invertida) (MAHLE, 2019).

Figura 10 – Rotor e estator em curto



Fonte: MAHLE 2019

- Adulteração do produto

Defeitos

Perda da capacidade do alternador de gerar carga para alimentar o sistema;
Lâmpada indicativa do painel acesa.

Causas

Indícios de adulteração da condição original do produto, como por exemplo: parafusos soltos ou faltantes, solda danificada ou inexistente nos terminais da ponte retificadora, polia danificada, quebra das escovas do regulador de tensão falta de terminais no alternador, instalação de componentes de outro fabricante, componentes posicionados de forma incorreta, rosca do eixo danificada, etc (MAHLE, 2019).

Figura 11 – Adulteração do produto



Fonte: MAHLE 2019

- Ingresso de água

Defeitos

Perda da capacidade do alternador de gerar carga para alimentar o sistema;
Lâmpada indicativa do painel acesa.

Causas

Oxidação da carcaça do rotor;
Oxidação no pacote do estator;
Bloqueio dos componentes: rotação do rotor e escova do regulador de tensão;
Oxidação dos terminais.

Figura 12 – Componentes com oxidação por ingresso de água



Fonte: MAHLE 2019

- Impactos

Defeitos

Perda da capacidade do alternador de gerar carga para alimentar o sistema;
Presença de ruído durante o funcionamento do alternador.

Causas

Quebra de componentes, como por exemplo: terminais, tampas protetoras, mancais, regulador de tensão, lâminas do estator etc;

Marcas de impactos, como por exemplo amassados, riscos, embalagem do produto danificada etc;

Manuseio inadequado do produto;

Quedas ou batidas sofridas durante a instalação ou transporte do produto.

Figura 13 – Impactos no alternador



Fonte: MAHLE 2019

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Como resultado do trabalho realizado no Alternador modelo Valeo com numeração TG12C305 equipado no Volkswagen Polo 1.0 motor 200 TSI, serão descritas as metodologias utilizadas para a coleta de dados deste Trabalho, incluindo a caracterização da pesquisa, bem como sua delimitação. Também serão abordadas as estratégias para definição do plano proposto, as técnicas para coletar os dados e a utilização de conceitos abordados no capítulo 2. Encerra-se o capítulo elencando as variáveis que serão observadas para a execução do Trabalho.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho se enquadra na caracterização de pesquisa prática, pois conforme Demo (2002, p. 25) pesquisa prática é “Destinada a intervir diretamente, na realidade, a teorizar práticas, a produzir alternativas concretas, a comprometer-se com soluções.”

Este mesmo autor também afirma, sobre as características de tal método, que a mesma pode ser questionadora, objetivando produzir o conhecimento. Ou seja, “A prática tem lugar próprio, embora sempre dialeticamente imbricado na teoria, correspondendo sobretudo ao intento inovador da ciência, que pretende não se esgotar na compreensão da realidade, mas transformá-la.” (DEMO, 2002, P. 38).

3.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DA COLETA DE DADOS

As metodologias para análise de causa raiz servem para definir os mecanismos de falha, identificar sua causa e definir as ações corretivas de forma lógico e estruturado. As ferramentas de análise de causa raiz utilizadas neste trabalho são baseadas nos métodos de observação, pois conforme diz Marconi & Lakatos o método de observação “utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Consiste de ver, ouvir e examinar fatos ou fenômenos” (MARCONI & LAKATOS, 1999, p. 90).

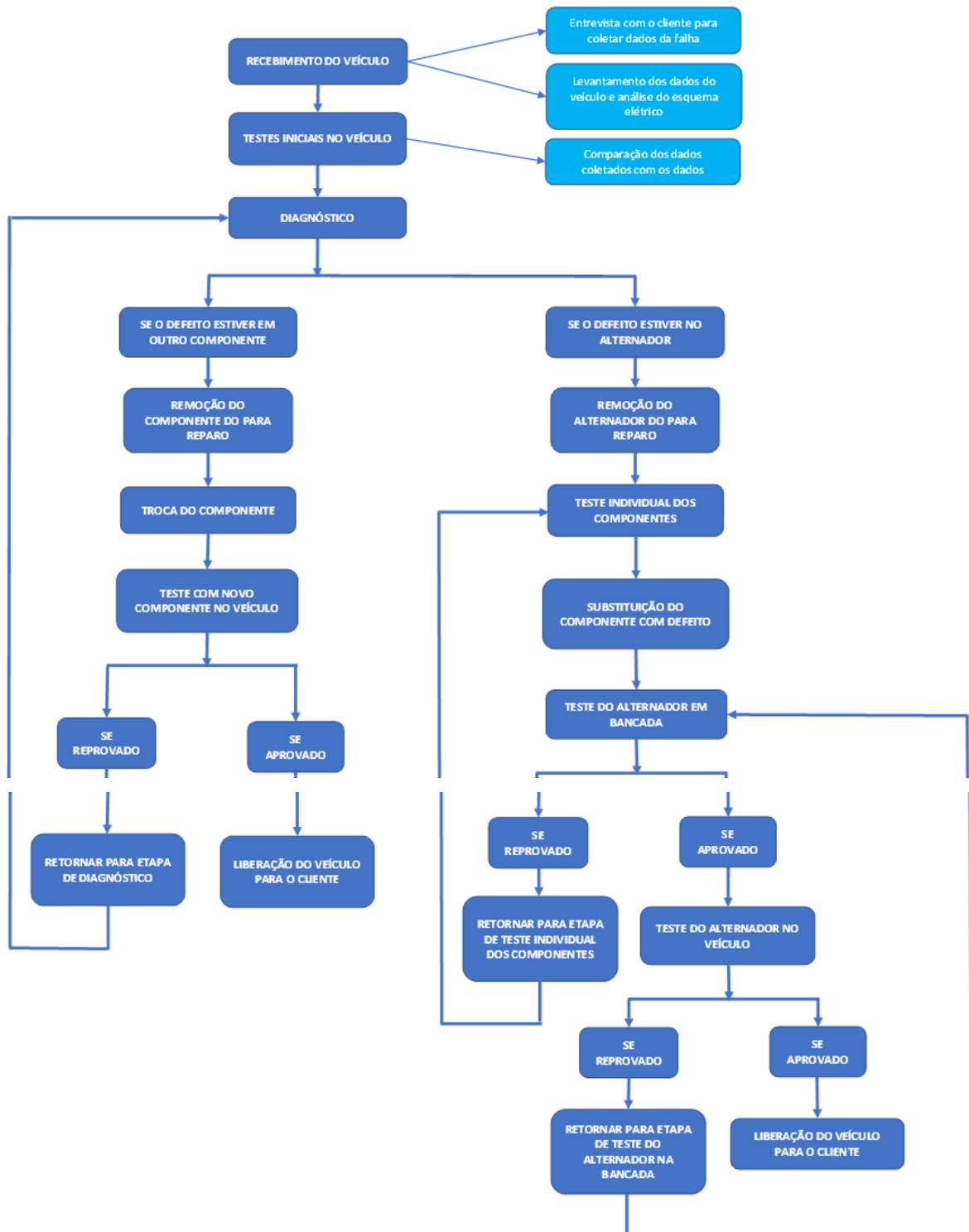
As ferramentas utilizadas para observação e análises de causas são:

- Bancada de teste de regulador (marca Ikro – IK2080);
- Teste de bateria (marca Autool - BT360);
- Gerador de sinais (marca Ikro – IK2110);
- Multímetro digital (IK2028);
- Osciloscópio de notebook 2 canais (IK2070).

- Bancada de teste de alternador (IK2050)

Como trilha para busca de falhas e solução de problemas o fluxograma mostrado na figura abaixo ilustra o caminho seguido:

Figura 14 – Fluxograma de diagnóstico



Fonte: Autoria própria

3.2.1 Definição operacional das variáveis

- Analisar o protocolo de comunicação dos alternadores;

Variável utilizada para esta análise é do tipo dependente onde a resposta do alternador a solicitação da ECU é analisada pelo formato de onda gerado no osciloscópio IK2070.

- Analisar a geração de energia dos alternadores;

Variável utilizada para esta análise é do tipo dependente onde a resposta de tensão do alternador a solicitação da ECU é analisada pelo multímetro IK2028.

- Demonstrar falhas de protocolo de comunicação;

Variável utilizada para esta análise é do tipo dependente onde a resposta do regulador de tensão é analisada com o base no solicitado pelo gerador de sinais IK2110.

- Demonstrar falhas na geração de energia dos alternadores;

Variável utilizada para esta análise é do tipo independente onde a resposta do regulador de tensão é analisada com o base no solicitado pelo gerador de sinais IK2110.

- Demonstrar os métodos e ferramentas de análise para diagnóstico rápido e preciso.

Variável utilizada para esta análise é do tipo dependente onde a resposta do regulador de tensão é analisada com o base nos resultados das ferramentas IK2110, IK2028 e IK2070.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esse tópico abordará o resultado e o funcionamento do alternador TG12C305 do veículo Volkswagen Polo 1.0 200 TSI que apresentou falha durante rodagem, deixando o veículo sem alimentação dos componentes elétricos gerando pane elétrica e por consequência a parada do mesmo.

4.1 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Com a chegada do veículo no local para reparo foi realizado os testes iniciais em busca do componente gerador da falha. Para não haver retrabalhos e ser assertivo na solução do problema, o planejamento do trabalho foi realizado conforme o fluxograma detalhado na figura 14 do capítulo 3.2.

4.1.1 Testes iniciais

Análise da bateria do veículo: após recarga da bateria com carregador externo, foi realizado a medição da mesma com o testador de bateria modelo AUTOOL BT360. O resultado do teste realizado na bateria do veículo foi satisfatório, indicando que o problema não estava neste componente como ilustrado na figura abaixo.

Figura 15 – Teste da bateria

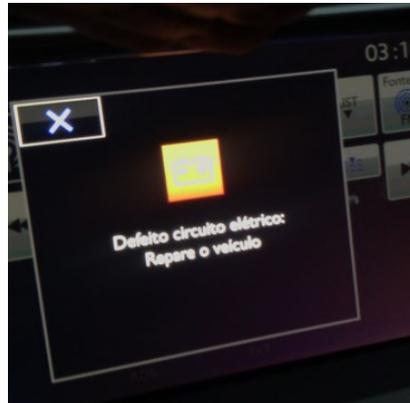


Fonte: Aatoria própria

Após a recarga da bateria, foi dado partida ao veículo para constatar a falha relatada pelo usuário (mensagens no computador de bordo acusando falha no sistema de carga). A

mensagem de falha da figura 15 levou em média 15 minutos para acusar a falha após a partida do motor.

Figura 16 – Teste da bateria 2



Fonte: Autoria própria

Monitoramento da tensão que está chegando na bateria e a tensão que está saindo do alternador com o veículo ligado foi o passo seguinte para análise, também foi feito o monitoramento entre o sensor de bateria e a ECU. Para monitorar a tensão utilizamos o multímetro (IK2028) ligado nos polos da bateria e posteriormente no parafuso B+ do alternador e sua carcaça (Figura16).

Figura 17 – Monitoramento de tensão para diagnóstico

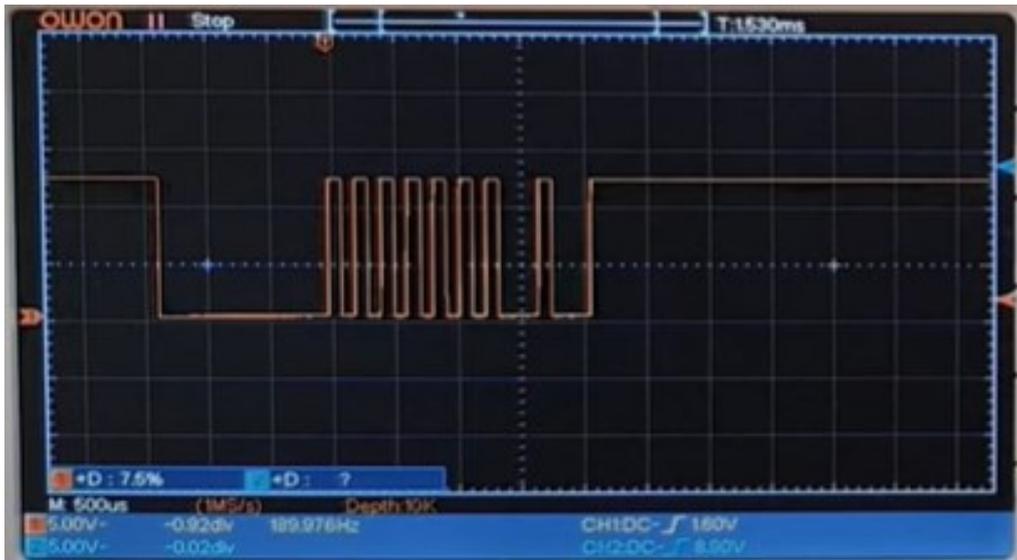


Fonte: Autoria própria

Não foi constatado queda de tensão entre o alternador e a bateria do veículo, o próximo passo é a análise da rede LIN. Com o osciloscópio (IK2070) ligado ao notebook, foi realizado a verificação do protocolo de comunicação onde obtivemos o primeiro diagnóstico de falha, o regulador de voltagem não estava retornando com a resposta ao pacote de dados recebidos pela ECU. Com este resultado identificamos que o problema realmente

está no alternador do veículo, pois há comunicação da ECU com o alternador, mas o mesmo não reage a solicitação como mostrado na figura abaixo.

Figura 18 – Sinal comunicação do alternador antes do reparo



Fonte: Autoria própria

4.1.2 Remoção do alternador do veículo

Como constatado que o problema estava realmente no alternador, o componente foi retirado do veículo para manutenção corretiva. Desmontagem, limpeza, testes e substituição dos componentes necessários.

Com o alternador desmontado, foi verificado:

- Resistência, isolamento e análise visual do rotor;
- Ligações internas da placa retificadora e queda de tensão dos diodos de retificação;
- Isolação e análise visual do estator;

4.1.3 Teste no rotor

Verificado a integridade da bobina de excitação medindo a resistência através dos anéis coletores – resistência encontrada = 2,4 Ohms, especificada = 2,0 a 4,0 Ohms conforme descrito no manual técnico do fabricante Ikro Componentes Automotivos (IKRO 2022).

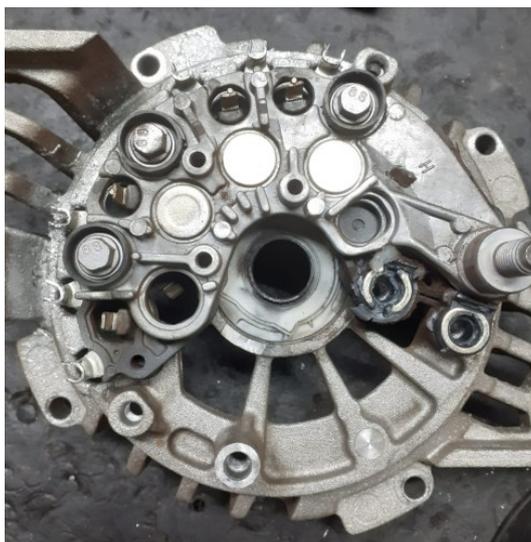
Isolação foi verificada entre os anéis coletor e a massa metálica da bobina de excitação – resultado aprovado em teste de isolação com multímetro IK2028.

Análise visual do rotor onde avalia-se a conexão dos terminais da bobina e dos anéis coletores, aspecto visual dos anéis, integridade do verniz de isolação e homogeneidade da coloração dos fios da bobina.

4.1.4 Teste da placa retificadora

Com a placa retificadora fora do estator (Figura 18) e foi verificado a integridade das trilhas de ligações internas (sinal de fase 1, sinal de fase 2, contato com B+, trilhas do ponto de conexão do estator até o ponto de conexão com diodo retificador, conexão dos diodos com as trilhas de ligações), teste de queda de tensão em cima de cada diodo retificador e isolação entre as placas.

Figura 19 – Placa retificadora



Fonte: Autoria própria

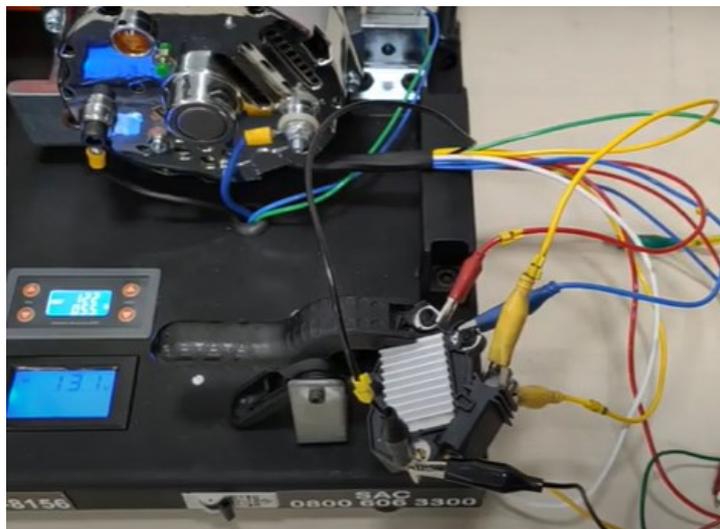
4.1.5 Isolação e análise visual do estator

Estator também foi aprovado no teste de isolação entre suas fases e entre as fases e sua armadura (carcaça), em análise visual não foi constatado nenhuma avaria ou falha.

4.1.6 Teste regulador

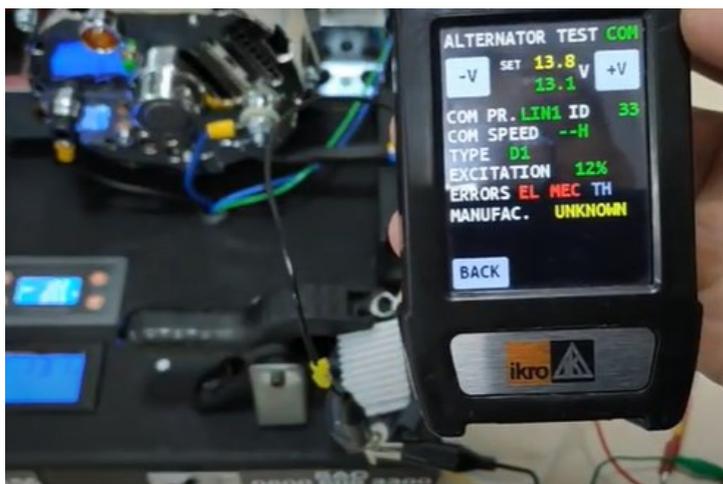
O regulador foi diagnosticado com defeito inoperante, pois durante teste em bancada (Figuras 19 e 20) o mesmo não atendeu as solicitações do gerador de sinais IK2110.

Figura 20 – Teste do regulador em bancada



Fonte: Autoria própria

Figura 21 – Gerador de sinais IK2110



Fonte: Autoria própria

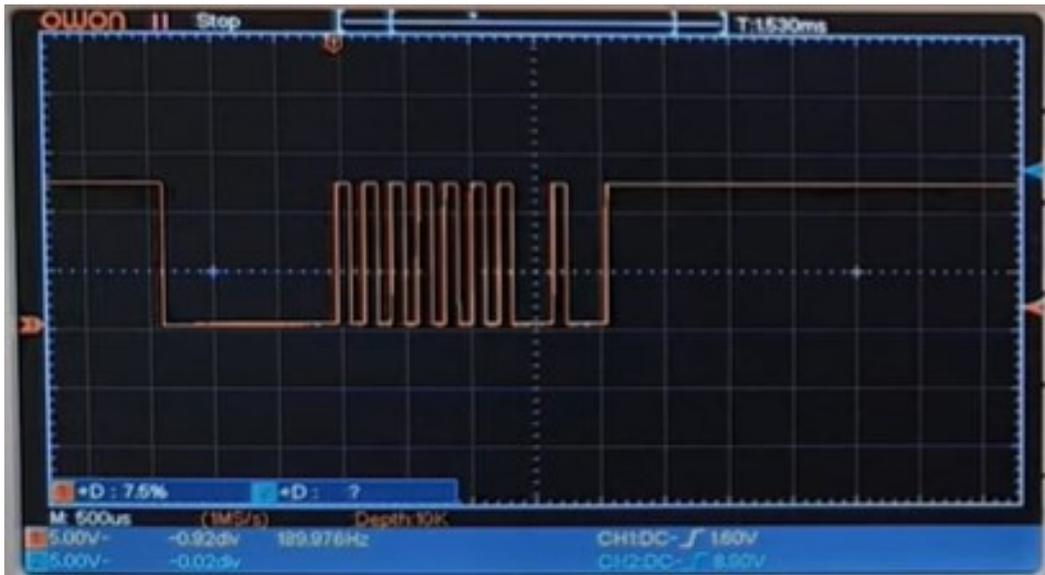
Com o regulador instalado na bancada IK2080 e com o gerador de sinais IK2110 conectado no terminal de comunicação do regulador pode-se verificar que ele não alimentou o rotor do alternador da bancada, por consequência, não houve aumento de tensão. No equipamento IK2110 foi apontado os erros elétricos e mecânicos ativos para este regulador.

Erro mecânico está ativado pois não houve aumento da tensão elétrica na alimentação do equipamento. Erro elétrico ativado, significa existe alguma conexão dentro do regulador que não está correta.

Para identificar que o mesmo problema ocorrido no veículo fosse simulado na bancada, usamos o osciloscópio IK2070 ligado a bancada par verificar se iria repetir a falha de comunicação como vimos no item 4.1.1.

Como mostra na figura 21, o sinal como falha na resposta do regulador repetiu o mesmo sinal com falha do início da análise.

Figura 22 – Sinal do regulador antes do reparo em bancada



Fonte: Autoria própria

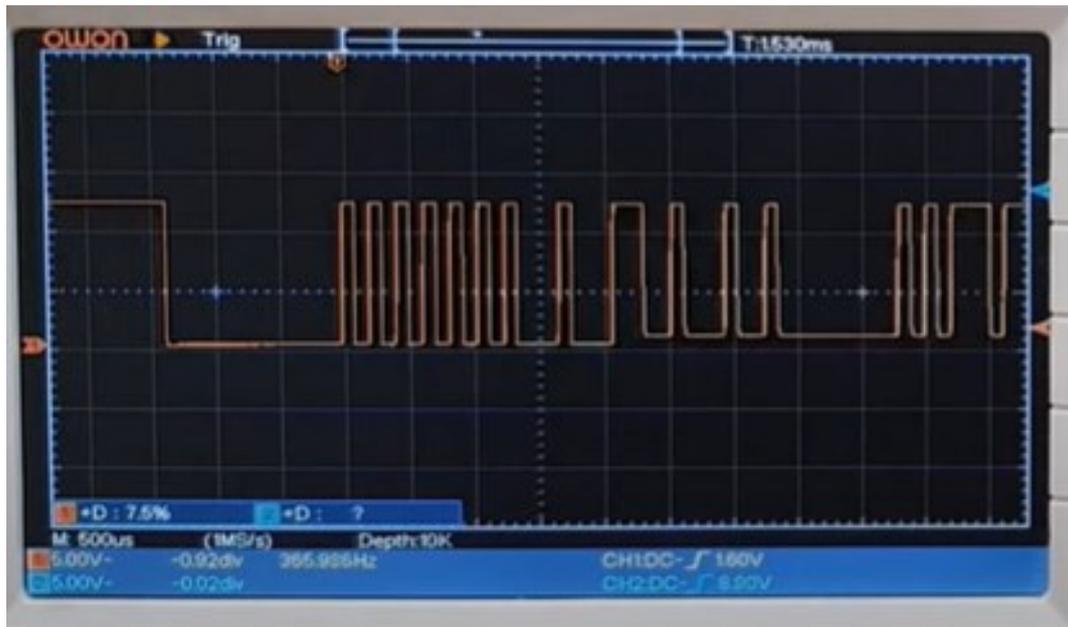
Com base nas informações coletadas acima, foi identificado que o problema do alternador estava no componente regulador.

4.1.7 Reparo do alternador

Antes de substituir o componente danificado por um novo equivalente ao do veículo montamos o mesmo em bancada e realizamos o teste de comunicação do protocolo dele e do gerador (simulador de ECU).

Como mostra na imagem abaixo com o regulador de tensão novo montado em bancada o sinal da rede LIN fica completo com todas as solicitações da ECU para o regulador e o retorno do regulador à ECU.

Figura 23 – Sinal do regulador depois do reparo



Fonte: Autoria própria

Após a confirmação do protocolo de resposta do regulador, foi realizada a montagem do alternador e posteriormente a montagem do conjunto no veículo.

4.1.8 Teste do alternador reparado na bancada

Alternador reparado instalado na bancada IK2050 junto ao IK2110 e o IK2070, onde foi avaliado o protocolo de comunicação, resposta do alternador a solicitação do gerador de sinais e análise da tensão de carga do alternador quando aplicado um consumo corrente sobre o mesmo, conforme figura abaixo.

Figura 24 – Teste do alternador após reparo em bancada



Fonte: Autoria própria

4.1.9 Teste do alternador reparado no veículo

Após aprovação do alternador reparado em bancada foi instalado no veículo e apagadas as falhas via scanner para verificar o comportamento do mesmo. Com o motor em funcionamento, o alternador gera 14,13v (conforme imagem abaixo) e sem a presença de falha na rede LIN, ou qualquer outra avaria no veículo.

Como um componente monitorado pela rede LIN pode levar até 15min para sinalizar a falha ao usuário final, foi necessário monitorar com o osciloscópio ligado em paralelo ao cabo de comunicação da rede CAN o protocolo de dados binários trocados entre o alternador e a ECU junto ao monitoramento da tensão de carga do alternador. Este monitoramento é importante para avaliar o comportamento do alternador em todos os regimes de trabalhos.

- Teste de capacidade de geração em marcha lenta;
- Teste de capacidade de geração em diversas faixas de RPM;

Teste de capacidade de geração em marcha lenta:

Neste teste ligamos o motor do veículo permanecendo em marcha com os consumidores elétricos acionado um a um para verificar se o alternador mantém a carga da bateria neste regime de trabalho. Tensão gerada pelo alternador em marcha lenta sem os consumidores ligados estava conforme mostrado na figura 25, em seguida foi ligado os faróis em modo “luz alta” – tensão neste momento se manteve em 14,13v, para aumentar o consumo adicionamos o acionamento dos faróis de milha, ar-condicionado e desembaçador traseiro – tensão no momento que acionou o eletro-ventilador baixou para 13,5v o que logo foi compensado pela solicitação da ECU onde se manteve estável em 13,98v.

Figura 25 – Teste do alternador após reparo no veículo



Fonte: Aatoria própria

Teste de capacidade de geração em diversas faixas de RPM:

Teste em diversas faixas de RPM serve para validar o contato elétrico entre as escovas do regulador e os anéis coletores da bobina de excitação, também tem o objetivo de verificar a isolação da bobina de excitação.

Como a RPM do motor não é a mesma do alternador, durante o monitoramento foi levantado os valores conforme tabela 01 abaixo:

Tabela 01 – Tabela de RPM

RPM DO MOTOR	RPM NO ALTERNADOR	TENSÃO DO ALTERNADOR
850	2050	13,98
1500	3750	14,05
2500	6250	14,06
4000	10000	14,06

Fonte: Aatoria própria

O fato de a tensão do alternador ter elevado conforme o aumento do RPM ocorre conforme o princípio da indução eletromagnética descrita no capítulo 2.2. Isso mostra que o alternador não teve oscilações de tensão significativa para relatar um problema de contato de isolação na bobina de excitação e prova que há um bom contato elétrico entre as

escovas do regulador e os anéis coletores, caso contrário a resultante (tensão do alternador) sofreria oscilações.

4.2 RESUMO DA ANÁLISE

Em alternadores multifunção, descritos até o capítulo 2.2, é simples de identificar que a falha está no componente gerador, por indicação no painel do automóvel ou simplesmente através do monitoramento da tensão que está chegando na bateria do veículo com ele em funcionamento. Quando se fala em alternadores descritos no capítulo 2.3, não basta apenas o monitoramento da tensão na bateria do veículo, mas sim uma análise do sistema de geração de energia como um todo.

No caso que tratado acima o alternador dito como “pilotado” (que opera em conjunto com a ECU do veículo através da rede CAN) a análise detalhada de cada componente é necessária para a execução direta e assertiva no reparo.

Antes de remover o componente gerador do veículo, todos os testes possíveis são realizados antes para não haver retrabalho com falsos diagnósticos.

5 CONCLUSÃO E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Conclui-se no caso detalhado acima que o componente que estava registrando avaria no computador de bordo do veículo era causado pela inoperância do regulador de tensão, visto que o mesmo não respondia as solicitações da ECU.

Apesar da inoperância do regulador pode se concluir que outros componentes também são responsáveis por esta falha na geração do protocolo de resposta do alternador, como informado no capítulo 2.3.2 o campo CRC do protocolo que é composto por 15 bits dedicados a informação dos dados de falha, dados como: temperatura, retorno de tensão, RPM, monitoramento do campo magnético e monitoramento individual das fases do estator, deixando o alternador completamente monitorado em tempo real para em casos de falha informar o usuário final o mais rápido possível.

O objetivo de informar e divulgar um correto diagnostico em um alternador que utiliza regulador multifunção e trabalha em conjunto com a ECU do veículo através do barramento de rede CAN foi atingido com sucesso. Visto que o caso descrito acima servirá como exemplo para solução de casos semelhantes buscando auxiliar os reparadores com apoio técnico e dicas de trabalho.

Para trabalhos futuros, como já é de conhecimento a comunicação entre os componentes veiculares e a ECU, esperado a evolução do conceito 4.0 nas frotas de veículos. A informação em tempo real do funcionamento dos componentes dos veículos já existe e já está disponível, falta apenas juntar esta informação e envia-las para um local específico onde as mesmas serão armazenadas e com base em um histórico de lições aprendidas gerem gatilhos para tomadas de ações.

Este conceito já é discutido em veículos autônomos onde o sensoriamento veicular tem grande domínio. O conceito consiste em através da internet informar a rede de assistência técnica os dados coletados durante o uso para agilizar diagnósticos, busca de componentes e reduzir drasticamente o número de corretivas atuando apenas com intervenções preventivas e preditivas, deixando os veículos parado o menor tempo possível.

REFERÊNCIAS

- BARCHI, Fernando Felipe. **Análise de causa raiz em alternador veicular**. 2018. Monografia de especialização - Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento Acadêmico de Eletrotécnica Especialização em Engenharia da Confiabilidade.
- BOSCH. **Automotive Technology Manual – Alternators and Starter Motors**. Germany. Bosch. 68 p.
- BOSCH Automotive Eletrics and Automotive Eletronics – Systems and Components, Networking and Hybrid rive – 5th Edition.
- CAN Bus. 2016. Disponível em: <https://www.mikroe.com/blog/can-bus>
Acesso em 10 Out 2021.
- CAPELLI, Alexandre. **Eletroeletrônica Automotiva**. 1º Edição. Editora Érica, São Paulo, 2010.
- CAVALCANTE, Larissa Hinckel. **SISTEMA DE MONITORAMENTO AUTOMOTIVO VIA REDE CAN**. 2018. Trabalho de conclusão de curso - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Câmpus Florianópolis, Departamento Acadêmico de Metal-Mecânica, Bacharelado em Engenharia Mecatrônica
- CONTA AZUL. 2021. Disponível em: <https://blog.contaazul.com/diagrama-de-ishikawa>
Acesso em 09/11/2021.
- DEMO, Pedro. **Pesquisa e construção do conhecimento: Metodologia científica no caminho de Habermas**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2002
- GARAGEM TNK. 2018. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mPXfioohC3M>
Acesso em 26 Out 2021.
- IKRO. 2021. Disponível em: <https://www.ikro.com.br/>
Acesso em 08/11/2021.
- IKRO 2022. Disponível em: <https://www.ikro.com.br/downloads/arquivo/10/302>
Acesso em 05/05/2022.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999
- MAHLE. 2019. Manual de falhas prematuras em alternadores e motores de partida. Disponível em: https://www.mahle-aftermarket.com/media/local-media-latin-america/catalogs/brasil/pdf-catalogos/2019-manual-de-falhas-prematuras-letrika_web.pdf
Acesso em 27/10/2021.
- MORI, Fernando Maruyama. **Uma metodologia de desenvolvimento de diagnóstico guiado para veículos automotivos**. 2014. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba,

2014.

MOURA. 2021. Disponível em: <https://www.moura.com.br/blog/luz-da-bateria-acesa/>
Acesso em 27 Out 2021.

NAGATA, Flavio Eidi. **Aplicação de alternadores com interface lin para veículos comerciais pesados**. 2016. Trabalho de conclusão de curso de especialização - Universidade Tecnológica Federal do Paraná diretoria de pesquisa e pós-graduação departamento acadêmico de eletrônica curso de especialização em sistemas embarcados para a indústria automotiva.

OLIVEIRA, Markos Flavio Bock Gau. **Sistema de diagnóstico de múltiplas falhas em veículos automotivos**. 2016. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento Acadêmico de Eletrotécnica Curso de Engenharia de Controle e Automação.

SOUZA, Paulo Vitor de. **Estudo e Elaboração de uma Rede CAN para Aplicação em um Sistema Automotivo**. 2013. Monografia de especialização - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais Engenharia Mecatrônica.

VALEO. **Componentes do Alternador**. Disponível em:
<https://www.valeoservice.com.br/pt-br/veiculos-de-passeio/sistemas-eletricos/alternadores>
Acesso em 21/06/2022.