

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

LOURENÇO KNOPIK JUNIOR

**ESTUDO DAS PERSPECTIVAS FUTURAS DA MOBILIDADE ELÉTRICA POR
MEIO DE UMA ABORDAGEM PRÁTICA UTILIZANDO A BANCADA DIDÁTICA
DO TOYOTA COROLLA HÍBRIDO**

FLORIANÓPOLIS

2024

LOURENÇO KNOPIK JUNIOR

**ESTUDO DAS PERSPECTIVAS FUTURAS DA MOBILIDADE ELÉTRICA POR
MEIO DE UMA ABORDAGEM PRÁTICA UTILIZANDO A BANCADA DIDÁTICA
DO TOYOTA COROLLA HÍBRIDO**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro(a)
Eletricista.

Orientador:
Prof. Dr. Adriano de Andrade Bresolin.

FLORIANÓPOLIS

2024.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Knopik Junior , Lourenço

**ESTUDO DAS PERSPECTIVAS FUTURAS DA MOBILIDADE ELÉTRICA
POR MEIO DE UMA ABORDAGEM PRÁTICA UTILIZANDO A BANCADA
DIDÁTICA DO TOYOTA COROLLA HÍBRIDO / Lourenço Knopik
Junior ; orientação de Adriano de Andrade Bresolin
. - Florianópolis, SC, 2024.**

84 p.

**Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado
em Engenharia Elétrica. Departamento Acadêmico
de Eletrotécnica.
Inclui Referências.**

**1. Mobilidade Elétrica.. 2. Power Split. 3. Toyota
Corolla. 4. Veículo Híbrido . I. Bresolin , Adriano
de Andrade . II. Instituto Federal de Santa Catarina. III.
ESTUDO DAS PERSPECTIVAS FUTURAS DA MOBILIDADE
ELÉTRICA POR MEIO DE UMA ABORDAGEM PRÁTICA UTILIZANDO A
BANCADA DIDÁTICA DO TOYOTA COROLLA HÍBRIDO.**

**ESTUDO DAS PERSPECTIVAS FUTURAS DA MOBILIDADE ELÉTRICA POR
MEIO DE UMA ABORDAGEM PRÁTICA UTILIZANDO A BANCADA DIDÁTICA
DO TOYOTA COROLLA HÍBRIDO**

LOURENÇO KNOPIK JUNIOR

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Engenheiro Eletricista e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis. 13 de setembro, 2024.

Banca examinadora:

Prof. Adriano de Andrade Bresolin, Dr. Eng

Prof. Daniel Godoy Costa, M.Sc. Eng

Prof. André Luiz Fuerback, Dr. Eng

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, cuja presença e força tornaram possível a realização deste trabalho.

Expresso minha profunda gratidão ao meu pai e à memória da minha saudosa mãe, que me ensinaram os caminhos do estudo, sempre incentivando minha busca incessante pelo conhecimento e moldando os valores que me guiaram ao longo desta jornada acadêmica.

À minha querida esposa Rose, cujo apoio incondicional, paciência e amor foram fundamentais para a concretização desse trabalho. Sua compreensão durante os momentos de ausência e dedicação às nossas filhas permitiram-me focar nos estudos. Sua força e encorajamento constantes foram o alicerce que sustentou meu progresso, e sou eternamente grato por sua parceria e sacrifício.

Às minhas adoráveis filhas, por sua paciência e por serem uma fonte constante de alegria e motivação, mesmo nos momentos mais desafiadores.

Agradeço profundamente ao meu orientador, professor Adriano de Andrade Bresolin, por ter me proporcionado a oportunidade de trabalhar com veículos híbridos e elétricos por meio do Programa Converte. Sua orientação perspicaz, conhecimento vasto e dedicação ao ensino foram inestimáveis para o desenvolvimento desse trabalho.

Também expresso minha sincera gratidão ao estimado professor João Carlos Martins Lucio, pelas valiosas considerações e orientações na linguagem escrita, que enriqueceram significativamente a qualidade desse trabalho.

A todos, meu sincero muito obrigado.

RESUMO

O presente trabalho aborda a evolução dos veículos automotores, destacando a transição para tecnologias mais sustentáveis, especialmente nos veículos híbridos e elétricos, buscando retratar suas características, desafios e oportunidades. O estudo é iniciado com uma breve retrospectiva histórica dos veículos elétricos, desde o primeiro veículo criado em 1881 até o presente momento, exemplificando os avanços notáveis em termos tecnológicos como a velocidade do Tesla *Roadster* e a autonomia da Mercedes-Benz (modelo *Vision EQXX*). Em seguida buscou-se evidenciar a transição dos motores à combustão para motores elétricos por meio de seus componentes, acessórios e demais sistemas necessários para o seu funcionamento. O objetivo principal deste trabalho é explicitar o universo atual dos veículos híbridos, discutindo sua estrutura e tipos, como híbridos em série, paralelo, *axle split* e *power split*, visando uma compreensão mais abrangente das diversas tecnologias empregadas na integração de motores elétricos com motores à combustão, e demonstrado os conceitos teóricos com experimentos práticos nas bancadas Beifang do laboratório de mobilidade elétrica do IFSC - Emol. Esse objetivo foi alcançado por meio do aprofundamento do estudo de veículos híbridos com a utilização das bancadas didáticas no estudo dos veículos eletrificados, mais especificamente a bancada do veículo Toyota Corolla híbrido. Os componentes fundamentais dos veículos híbridos foram examinados, incluindo a bateria de tração, o inversor, o conversor DC/DC auxiliar, o motor elétrico, o sistema de gerenciamento de bateria (BMS) e a rede Controller Area Network (CAN), visando sempre uma melhor compreensão do funcionamento de cada componente. A avaliação das bancadas didáticas vai além da demonstração da sua diversidade técnica e seus componentes, mas também busca determinar a sua importância do ponto de vista educacional visando a capacitação de profissionais na manutenção desses sistemas, evidenciando a sua relevância no cenário atual e no futuro da mobilidade veicular elétrica híbrida, por meio da metodologia STEAM, ou seja, aprender fazendo.

Palavras-chave: Mobilidade Elétrica, Power Split, Toyota Corolla, Veículo Híbrido.

ABSTRACT

This work addresses the evolution of motor vehicles, highlighting the transition to more sustainable technologies, especially hybrid and electric vehicles, seeking to portray their characteristics, challenges and opportunities. The study begins with a brief historical retrospective of electric vehicles, from the first vehicle created in 1881 to the present, exemplifying notable advances in technological terms such as the speed of the Tesla Roadster and the autonomy of the Mercedes-Benz (Vision EQXX model). Next, we sought to highlight the transition from combustion engines to electric engines through their components, accessories and other systems necessary for their operation. The main objective of this work is to explain the current universe of hybrid vehicles, discussing their structure and types, such as series hybrids, parallel hybrids, axle split and power split, aiming for a more comprehensive understanding of the various technologies used in the integration of electric motors with combustion engines, and exhibiting the theoretical concepts with practical experiments on the Beifang benches of the IFSC - Emol electric mobility laboratory. This objective was achieved by deepening the study of hybrid vehicles with the use of teaching benches in the study of electrified vehicles, more specifically the Toyota Corolla hybrid vehicle bench. The fundamental components of hybrid vehicles were examined, including the traction battery, inverter, auxiliary DC/DC converter, electric motor, battery management system (BMS) and Controller Area Network (CAN), always aiming for a better understanding the operation of each part. The evaluation of teaching benches goes beyond demonstrating their technical diversity and components, but also seeks to determine their importance from an educational point of view, aiming to train professionals in the maintenance of these systems, highlighting their relevance in the current scenario and in the future of hybrid electric vehicle mobility, through the STEAM methodology, that is, learning by doing.

Keywords: Electric Mobility, Hybrid Vehicle, Power Split, Toyota Corolla.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do veículo híbrido série	22
Figura 2 - Chevrolet Volt 2024.....	23
Figura 3 - Motores do Chevrolet Volt 2016.....	23
Figura 4 – Estrutura do veículo híbrido paralelo.....	24
Figura 5 - Veículo Toyota Prius	24
Figura 6 - Motor do veículo Toyota Prius	25
Figura 7 - Veículo Toyota Corolla Hybrid	25
Figura 8 - Estrutura do veículo híbrido <i>axle split</i>	26
Figura 9 - JEEP Renegade 4Xe	26
Figura 10 - Componentes do JEEP Renegade 4Xe	27
Figura 11 - Dados do JEEP Renegade 4Xe	27
Figura 12 - Estrutura do veículo híbrido <i>power split</i>	28
Figura 13 – Sistema <i>power split</i> do Toyota Corolla	29
Figura 14 – Bateria de tração do Corolla na bancada do chassi	32
Figura 15 – Inversor do Toyota Corolla	33
Figura 16 – Motor de imã permanente MG2.....	35
Figura 17 – Conexão das células ao BMS	36
Figura 18 – Sistema de linhas de dados da CAN.....	37
Figura 19 – Bomba do líquido de arrefecimento.....	38
Figura 20 – Tipos de veículos e emissões em sua cadeia produtiva	39
Figura 21 - Veículos híbridos e elétricos emplacados no Brasil em 2023	41
Figura 22 - Crescimento dos VEs híbridos e elétricos no Brasil desde 2020 a 2024 (direita) e novas tecnologias em cada um dos tipos (esquerda)	42
Figura 23 - Preço de combustíveis corrigido (IPCA) em fevereiro/2022.....	43
Figura 24 - Ilustração do painel de periféricos da bancada Toyota híbrido <i>Beifang</i> ..	46
Figura 25 - Ilustração da plataforma estrutural do veículo Toyota híbrido <i>Beifang</i>	46
Figura 26 - Ilustração do <i>Powertrain</i> da bancada Toyota Corolla híbrido <i>Beifang</i>	47
Figura 27 - Foto do painel de controle da bancada do motor	49
Figura 28 - Foto do painel de controle da bancada do chassi	50
Figura 29 - Foto do painel de controle da bancada dos painéis (<i>wall</i>)	51
Figura 30 – Posicionamento dos componentes de tração no eixo motriz	56
Figura 31 – Reservatório de arrefecimento dos motores	57

Figura 32 – Conector dos injetores	58
Figura 33 – Medição de resistência de isolamento da vela de ignição	59
Figura 34 – Conector da válvula EGR	60
Figura 35 – Circuito de <i>interlock</i>	61
Figura 36 – Conector do sensor de detonação	62
Figura 37 – Sensor de posição do virabrequim	63
Figura 38 – Foto das 6 células que formam um módulo	65
Figura 39 – Estrutura da bateria de tração	66
Figura 40 – Conexão dos cabos de um dos motores	67
Figura 41 – Contatos da chave de segurança	68
Figura 42 – Pedal do acelerador com indicação das porcas de fixação	69
Figura 43 – Pedal do acelerador com indicação das porcas de fixação	70
Figura 44 – Diagrama elétrico do sinal de mudança (pisca)	72
Figura 45 – Diagrama elétrico do farol baixo	73
Figura 46 – Diagrama elétrico da luz de freio	74
Figura 47 – Diagrama elétrico dos faróis de neblina.	75
Figura 48 – Diagrama elétrico da luz de leitura	76
Figura 49 – Diagrama de controle dos faróis diurnos	77
Figura 50 – Diagrama elétrico dos retrovisores e desembaçador traseiro	78
Figura 51 – Diagrama elétrico de travamento de portas	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Baterias empregadas nos VEs.....	31
Quadro 2- Componentes do eixo motriz.....	56
Quadro 3 - Identificações do reservatório	58
Quadro 4 - Valores de temperatura e resistência do conector dos injetores.....	58
Quadro 5 - Valores de resistência de isolação da vela de ignição	60
Quadro 6 - Valores de resistência do conector da válvula EGR.....	60
Quadro 7 - Valores de resistência do sensor de detonação.....	62
Quadro 8 - Valores de resistência do sensor	63
Quadro 9 - Valores de resistência do sensor	64
Quadro 10 - Especificações da bateria de tração.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Veículos leves eletrificados (automóveis-comerciais leves)	43
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AE: Acoplamento Elétrico;
AM: Acoplamento Mecânico;
BAT: Bateria de Tração;
BMS: *Battery Management System*;
CAC: Célula a combustível;
CAN: *Controller Area Network*;
CVT: *Continuously variable transmission*;
EGR: *Exhaust Gas Circulation*;
EP: Eletrônica de Potência;
EPI: Equipamento de proteção individual;
FEM: Força Eletromotriz;
HEV: *Hybrid Electric Vehicle*;
HVIL: *High-voltage interlock loop*;
HV: *High Voltage*;
ICE: *Internal combustion engine*;
KERS: *Kinetic Energy Recovery Systems*;
MCI: Motor à combustão interna;
ME-G: Máquina Elétrica operando como Gerador;
ME-M: Máquina Elétrica operando como Motor;
MG1 (2): Motor-gerador 1 (2);
PEV: *Plug-In Electric Vehicle*;
PMSM: *Permanent Magnet Synchronous Motor*;
SAE: Sistema de Armazenamento de Energia;
SOC: *State Of Charge*;
UC: Ultracapacitores;
VE: Veículo Elétrico;
VEH: Veículo Elétrico Híbrido.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1.	Justificativa.....	17
1.2.	Definição do Problema.....	19
1.3.	Objetivo Geral	19
1.4.	Objetivos Específicos	20
1.5.	Estrutura do Trabalho	20
2.	CONCEITOS DOS VEÍCULOS HÍBRIDOS.....	21
2.1.	Estrutura e topologias dos veículos híbridos e elétricos	21
2.1.1.	Veículo híbrido série	22
2.1.2.	Veículo híbrido paralelo	23
2.1.3.	Veículo híbrido Axle Split.....	25
2.1.4.	Veículo híbrido Power Split.....	28
2.2.	Componentes presentes nos veículos híbridos	29
2.2.1.	Tipos de bateria.....	30
2.2.2.	Controlador ou Inversor de frequência	33
2.2.3.	Motor elétrico.....	33
2.2.4.	Gerenciamento de bateria - BMS	35
2.2.5.	Rede Controller Area Network (CAN)	36
2.2.6.	Conversor DC-DC auxiliar	37
2.2.7.	Dispositivos acessórios em um sistema híbrido	38
3.	COMPARAÇÕES DE TECNOLOGIAS Híbridas	39
4.	BANCADAS DO TOYOTA COROLLA HÍBRIDO <i>BEIFANG</i>	45
4.1.	Testes práticos na bancada do motor	48
4.2.	Testes práticos na plataforma do veículo	49
4.3.	Testes práticos na bancada dos painéis “wall”	50
5.	DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS DISPONÍVEIS NA BANCADA HÍBRIDA	53
5.1.	Experimentos práticos na bancada do motor – HWP	53
5.1.1.	Experimento Prático (HWP-1): Entender o funcionamento do Motor do Ciclo Atkinson.....	53
5.1.2.	Experimento Prático (HWP-2): Percepção Estrutural de Eixos Motrizes Híbridos	54

5.1.3.	Experimento Prático (HWP-3): Identificação e Inspeção de Sistemas de Arrefecimento de Motores	57
5.1.4.	Experimento Prático (HWP-4): Inspeção do injetor do sistema de combustível	58
5.1.5.	Experimento Prático (HWP-5): Inspeção da vela de ignição do sistema de ignição do motor	59
5.1.6.	Experimento Prático (HWP-6): Inspeção da válvula EGR do sistema de emissões do motor	60
5.1.7.	Experimento Prático (HWP-7): Identificação e reconhecimento de intertravamento de alta tensão	61
5.1.8.	Experimento Prático (HWP-8): Inspeção do Sensor de Detonação	62
5.1.9.	Experimento Prático (HWP-9): Inspeção do sensor de posição do virabrequim.....	62
5.1.10.	Experimento Prático (HWP-10): Inspeção do sensor de temperatura do líquido refrigerante.....	63
5.2.	Experimentos práticos na plataforma do veículo - HWC	64
5.2.1.	Experimento Prático (HWC-1): Checagem da bateria de tração e células de NI-MH	64
5.2.2.	Experimento Prático (HWC-2): Compreensão da composição e estrutura da bateria HV.....	65
5.2.3.	Experimento Prático (HWC-3): Verificação dos cabos do motor	66
5.2.4.	Experimento Prático (HWC-4): Verificação da bateria HV.....	67
5.2.5.	Experimento Prático (HWC-5): Remoção do sensor do pedal do acelerador.	68
5.2.6.	Experimento Prático (HWC-6): Remoção do sensor de velocidade da roda dianteira.....	69
5.2.7.	Experimento Prático (HWC-7): Desmontagem e inspeção do amortecedor traseiro.....	70
5.3.	Experimentos práticos na bancada dos painéis - HWW	71
5.3.1.	Experimento Prático (HWW-1): Medição de sinal de mudança (pisca) e análise de dados	71
5.3.2.	Experimento Prático (HWW-2): Medição de farol baixo e análise de dados	72

5.3.3.	Experimento Prático (HWW-3): Medição de luz de freio e análise de dados	73
5.3.4.	Experimento Prático (HWW-4): Medição de faróis de neblina e análise de dados.....	74
5.3.5.	Experimento Prático (HWW-5): Medição de luz de leitura e análise de dados	75
5.3.6.	Experimento Prático (HWW-6): Medição de faróis diurnos e análise de dados	76
5.3.7.	Experimento Prático (HWW-7): Medição de luz reversa e análise de dados	77
5.3.8.	Experimento Prático (HWW-8): Medição de espelhos retrovisores elétricos e análise de dados	78
5.3.9.	Experimento Prático (HWW-9): Medição de fechadura central e análise de dados.....	79
6.	Considerações finais	80
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81

1. INTRODUÇÃO

A incessante busca por novas tecnologias exerce um papel crucial na revisão de paradigmas que pareciam solidificados, esse é o contexto dos veículos automotores em geral, algo que foi criado com a intenção de proporcionar deslocamento de um ponto a outro, a princípio em pequenas distâncias, agora conta com uma autonomia significativa, sendo confortável, sustentável e com reduções de emissões cumprindo assim seu papel social, econômico e ambiental.

Os veículos à combustão têm sua origem em 1886, com o veículo *Benz-Patent Motorwagen*, o qual tinha um motor à combustão de apenas um cilindro a quatro tempos, atingindo a máxima velocidade de 16 km/h. Tal veículo fez uma viagem histórica de 194 km, sendo movido até por benzina comprada em farmácia (MERCEDES-BENZ, 2023a).

No entanto, a história dos veículos elétricos começou muito antes quando, em 1828, o húngaro Ányos Jedlik, criou um pequeno veículo, desenvolvido com um motor elétrico primitivo. Mais avante no tempo, em 1881, o desenvolvimento de um triciclo elétrico por M. Gustave Trouvé iniciou oficialmente a saga dos veículos elétricos.

Já o primeiro veículo híbrido foi desenvolvido pela Porsche em 1902, por Lohner (IBERDROLA, 2023).

Devido aos baixos custos da gasolina e ao peso das baterias de chumbo, os veículos elétricos tiveram uma hibernação tecnológica entre os anos 1920 e 1970, vindo a despertar somente com a crise energética do petróleo, na década de 1970, a qual desencadeou o desenvolvimento de novas baterias (lítio) e novos sistemas de controle (Eletrônica de potência).

No Brasil, em 1974, a produção seriada de veículos elétricos começou com o Gurgel Itaipu, mas que enfrentou diversos entraves tecnológicos e financeiros e foi descontinuada em 1982.

No início do século XXI, houve o ressurgimento industrial dos veículos elétricos, o que resultou na alta tecnologia dos atuais veículos automotores, como, por exemplo, os motores síncronos (ímãs permanentes) e os de relutância magnética, os quais não necessitam de qualquer cilindro e, conseqüentemente, nenhuma queima, entregando altos níveis de torque e velocidade, tal qual a do Tesla *Roadster*, que ultrapassa 400 km/h, por exemplo (TESLA, 2023).

Em termos de autonomia máxima, em 2022, a Mercedes-Benz (2023b) conseguiu atingir a marca de mais de 1000 km rodados em teste real, portando uma bateria de 100 kWh de energia, com o protótipo *Vision EQXX*.

No que se refere aos híbridos, houve grande crescimento com o surgimento do veículo Prius, da Toyota, o qual teve a sua primeira versão em 1997 e se mantém no mercado até o presente momento, bem como o Ford Fusion, que teve sua primeira versão fabricada em 2010. Atualmente, diversos modelos e configurações de construção ascenderam os veículos híbridos a um determinado patamar de destaque, notadamente pela flexibilidade, tornando-se uma grande aposta na transição energética.

Assim, os veículos com duas ou mais fontes de propulsão crescem tendo como meta a obtenção de meios mais eficientes de locomoção, valendo-se de fontes como vapor, ar comprimido, biocombustíveis, energia solar, hidrogênio e muitas outros.

No que tange à esfera da sustentabilidade, discute-se também o tema da eficiência energética e descarbonização, tendo sido encontrados resultados promissores em ambas as áreas, pois o motor elétrico é cerca de cinco vezes mais eficiente que um motor à combustão.

Apesar dos desafios tecnológicos e financeiros, os veículos elétricos (VE) e veículos híbridos (VEH) são menos causadores de poluição em relação aos movidos à combustão, em toda a sua cadeia produtiva, o que, certamente, impulsiona o estudo e pesquisa das tecnologias envolvidas.

Se antes, o combustível era derivado do petróleo e armazenado em tanques de combustível líquido nos veículos, agora, o combustível é químico, e a eletricidade é armazenada em baterias que têm como principal elemento o lítio, com outros metais coadjuvantes como o níquel, titanato, manganês e cobalto.

Assim, o que, no pretérito, era comandado de forma mecânica, por meio da ação de pressionar um pedal, hoje, necessita de um “cérebro” com componentes que realizam esse controle, com Eletrônica de Potência e afins. Tal evolução também é evidenciada pela redução drástica das peças de um motor à combustão, que dão lugar a computadores que controlam as mais diversas funções, por meio de sensores, em um veículo, interligados pela rede CAN.

Diferente dos veículos à combustão, o carregamento dos veículos elétricos *Plug-In* (PEV) pode estar presentes até em tomadas na própria residência do proprietário, ou ainda de forma híbrida, com uma combinação de diferentes tipos de tecnologias. Certamente essa é uma evolução considerável em relação ao primeiro veículo produzido.

O mundo e o conceito de veículo estão mudando, e com essa finalidade algumas montadoras deram o primeiro passo começando a pesquisa e o desenvolvimento de carros compactos contendo essa tecnologia, sendo o caso de alguns veículos da Toyota, como o Mirai, com construção híbrida à célula de combustível (hidrogênio) e bateria de tração, ou ainda o Corolla *Hybrid* flex, com etanol, gasolina e tração elétrica.

Nesse contexto é que se apresenta esse estudo de diversas tecnologias dos veículos híbridos com a intenção de esclarecer e desmistificar os emaranhados conceitos que descrevem seu funcionamento, com aplicabilidade em três bancadas de estudo que compõem o veículo ora mencionado: A bancada de veículos híbridos Toyota-Corolla Híbrido, pertencente ao laboratório de mobilidade elétrica do IFSC - Emol.

As estratégias implementadas foram estudadas de forma pormenorizada, de modo a realizar consultas aos diversos artigos e estudos para melhor entendimento do objeto em discussão e ainda foram utilizados os materiais cedidos pela *Beifang Co.*, fabricante das bancadas didáticas.

1.1. Justificativa

Nunca se mencionou tanto a mobilidade elétrica como resposta aos desafios frente à alta do petróleo e a necessidade de redução do dióxido de carbono (descarbonização), e uma excelente alternativa é a conversão dos veículos à combustão existentes em todo o mundo. De acordo com Novais (2016), “para o Brasil, a substituição da frota atual por veículos elétricos, além de trazer vantagens ambientais, agrega grandes vantagens econômicas”.

Entende-se que para dirimir ou findar esses efeitos hediondos de mudança econômica e climática, os combustíveis de origem fóssil deverão ser extintos e substituídos e não poderão mais mover a vida e os veículos (NOVAIS, 2016).

Contudo, os combustíveis fósseis ainda continuarão sendo utilizados em muitos processos industriais e na geração de energia elétrica, e os veículos elétricos e híbridos conseguirão reduzir essa utilização. E, ainda, alguns meios de transporte que necessitam de muita energia, tais como aeronaves e transportes navais, ainda continuarão sendo movidos por óleo diesel até que novas formas de energia com capacidade maior de armazenamento (em relação as baterias atuais) surjam e façam esta transição também nestes meios de transporte.

No tocante à esfera econômica, um veículo movido à tração elétrica tem muito menos perdas em seus motores comparado a um movido à combustão, o que lhe concede uma alta eficiência energética, em torno de 90%, em relação a 34% (motor à combustão) (RUFFO, 2024).

O motor elétrico tem um torque elevado, é mais econômico, tem menos manutenção, sendo mais silencioso, e, portanto, é considerado mais ecológico.

Outro fator importante é que o custo para abastecer um automóvel a combustão é muito maior do que recarregar um veículo elétrico (VE). No Brasil, encher um tanque pode custar cerca de R\$ 300, enquanto recarregar um VE custa, em média, R\$ 50 para uma autonomia semelhante, gerando economia a longo prazo.

Em resposta a essa necessidade mundial, de economia e preservação do meio ambiente, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis, vem desenvolvendo a segunda fase de um projeto inerente ao estudo de conversão de veículos movidos à combustão para elétricos, o projeto Converte, coordenado pelo professor Adriano Bresolin, o qual já produziu o veículo Ev-IFSC, que é um automóvel completamente elétrico, e ainda, realizou o *retrofit* de quatro veículos, sendo: uma Fiat Fiorino, um veículo Strada e dois Kwids para tração elétrica, praticamente sem alterar as características dos veículos.

O autor do presente trabalho realizou trabalhos e pesquisas, como aluno bolsista, na parte motriz (*powertrain*) desses veículos que foram convertidos, e a disciplina de Eletromobilidade utilizará estas bancadas, de um veículo elétrico BYD *Quin* e outro, híbrido, Toyota Corolla, as quais serão utilizados para pesquisa e ensino nessa área, e deverão ter um papel essencial no estudo do funcionamento de veículos desse tipo, no Brasil.

1.2. Definição do Problema

É perceptível a necessidade de estudos e pesquisas para entendimento dos veículos elétricos e híbridos, principalmente no âmbito das baterias, e *powertrain*, que são os dos componentes essenciais para o funcionamento de um automóvel híbrido.

Esse trabalho de conclusão de curso tem como meta apresentar resultados que visam demonstrar a versatilidade, utilidade e importância dos veículos híbridos na fase de transição energética, buscando a meta principal que é o auxílio no processo de descarbonização da mobilidade urbana.

Assim, os estudantes que seguirão nessa área, que é um dos ramos da Engenharia Elétrica, poderão ter uma fonte de informação sobre o funcionamento de veículos elétricos e híbridos, de pequeno ou grande porte, e entender todo o conceito por trás das ligações e comportamento da eletromobilidade híbrida.

A principal dificuldade encontrada neste estudo de caso, foi o fato de que a documentação necessária é escassa e quase não há treinamento, no Brasil, acerca desse tipo de tecnologia.

Mais especificamente, esse trabalho busca elucidar o funcionamento da bancada do veículo Corolla híbrido, da *Beifang* disponível no laboratório de mobilidade elétrica do IFSC.

1.3. Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho é explicitar o universo atual dos veículos híbridos, discutindo sua estrutura e tipos, como híbridos em série, paralelos, *axle split* e *power split*, visando uma compreensão mais abrangente das diversas tecnologias empregadas na integração de motores elétricos com motores à combustão. Este objetivo foi alcançado por meio do aprofundamento do estudo de veículos híbridos com a utilização das bancadas didáticas no estudo dos veículos eletrificados, mais especificamente a bancada do veículo Toyota Corolla híbrido. Os componentes fundamentais dos veículos híbridos são examinados, incluindo a bateria de tração, o conversor, o inversor, o motor elétrico, o gerenciamento de bateria (BMS) e a rede Controller Area Network (CAN), visando uma melhor compreensão do funcionamento de cada componente, utilizando as bancadas de treinamento *Beifang* do laboratório de mobilidade elétrica do IFSC - EMoL.

1.4. Objetivos Específicos

Com a finalidade de atingir o objetivo geral amplo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Apresentar as diferentes topologias e componentes de veículos híbridos, por meio do estudo da bancada do Toyota Corolla híbrido;
- b) Reunir dados da comercialização e inserção dos veículos elétricos e híbridos no Brasil;
- c) Estruturar procedimentos práticos individualizados para cada uma das bancadas, relacionando o conhecimento teórico e os materiais utilizados em cada experimento;
- d) Demonstrar cada procedimento, descrevendo a ação que deverá ser tomada pelo profissional de acordo com o resultado do teste prático.

1.5. Estrutura do Trabalho

Esse trabalho está estruturado em cinco capítulos. Inicia-se com o capítulo introdutório, no qual são apresentados a justificativa e a problemática envolvida, bem como o objetivo geral e os objetivos específicos.

No capítulo dois é realizada uma abordagem focada, elucidando as tecnologias envolvidas nos veículos elétricos e híbridos.

No capítulo três faz-se uma comparação das tecnologias atuais e no capítulo quatro são apresentadas as bancadas didáticas, com ênfase na bancada do veículo Toyota Corolla Híbrido.

No capítulo cinco são relatados diversos experimentos realizados nas bancadas e seus resultados.

Por derradeiro, no capítulo seis são realizadas as considerações gerais do trabalho e suas perspectivas futuras, bem como as referências bibliográficas.

2. CONCEITOS DOS VEÍCULOS HÍBRIDOS

Nesse capítulo serão abordadas as diferentes formas de construção de veículos hibridizados, de forma sucinta, o funcionamento e exemplificando alguns tipos de automóveis com essa tipologia. Posteriormente, serão resumidos os principais componentes constantes em um Veículo Elétrico Híbrido (VEHs).

2.1. Estrutura e topologias dos veículos híbridos e elétricos

Os meios de transporte híbridos possuem o tradicional motor à combustão, geralmente com ciclo *Otto* ou *Atkinson*, acrescidos com motores elétricos, dispondo de inúmeros tipos de construção, ou formas de hibridização.

O veículo elétrico híbrido se difere do veículo elétrico (VE) no tamanho e funcionamento em muito pouco, visto que o funcionamento do primeiro tem como base o do segundo.

Os VEH ou *Hybrid Electric Vehicle (HEV)* combinam a tecnologia de bateria como armazenador de energia e tanque de combustível com motor à combustão. Podem, ainda, ter ou não a recuperação de energia por meio de frenagem regenerativa, ou do inglês, *Kinetic Energy Recovery Systems (KERS)*.

Esses veículos possuem dois motores, sendo um deles à combustão e o outro elétrico, o qual é apenas utilizado em algumas condições específicas que requerem baixa potência, e ainda, podem manter o funcionamento de alguns componentes enquanto o motor à combustão interna (MCI) é desligado em situações de parada do veículo, como por exemplo, em semáforos.

De acordo com sua arquitetura os VEHs podem ser divididos em: híbridos puros, *plug-in*, e de longo alcance.

Nos VEHs puros o motor elétrico tem função de suporte no seu deslocamento, ou seja, majoritariamente a tração do veículo é feita pelo motor à combustão, o qual tem o rendimento melhorado e a carga das pequenas baterias se dá por meio do sistema de freio regenerativo.

Já os VEHs *plug-in*, por sua vez, têm o funcionamento igual aos VEHs puros, com exceção do carregamento possível por meio de plugue de conexão à rede elétrica.

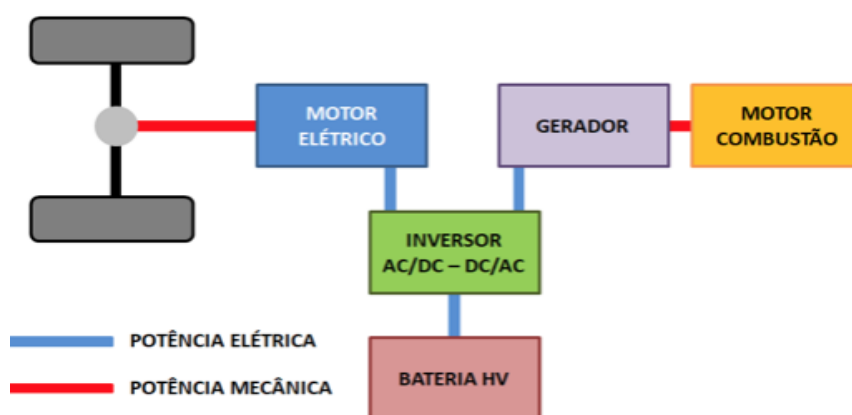
Finalmente, os VEHs de longo alcance, além de possuírem plugue de carregamento, têm uma bateria com maior capacidade e, portanto, têm como principal propulsor o motor elétrico e, ainda, melhor autonomia em relação aos dois outros tipos de arquitetura.

Os VEHs ainda podem ser classificados quanto ao tipo de funcionamento, por meio de diferentes topologias e conforme NADINE (2023), “particularmente no caso de veículos híbridos distintos, que podem ser classificados nas categorias mild hybrid, full hybrid ou plug-in hybrid, existem outras características diferenciadoras de acordo com as características técnicas do trem de força”.

2.1.1. Veículo híbrido série

O veículo híbrido em série é propulsionado pelo motor elétrico somente, assemelhando-se aos VEs, e o motor à combustão interna tem papel de somente acionar um gerador para carregamento da bateria de tração, como ilustrado na Figura 1. Dentre os muitos veículos que utilizam esse sistema, o Chevrolet Volt (Figura 2) e o BMW i3 podem ser citados. Na Figura 3 pode, ainda, ser vistos os motores do Chevrolet Volt 2016.

Figura 1 - Estrutura do veículo híbrido série



Fonte: CAIXINHA (2024).

Figura 2 - Chevrolet Volt 2024



Fonte: CHEVROLET (2024).

Figura 3 - Motores do Chevrolet Volt 2016



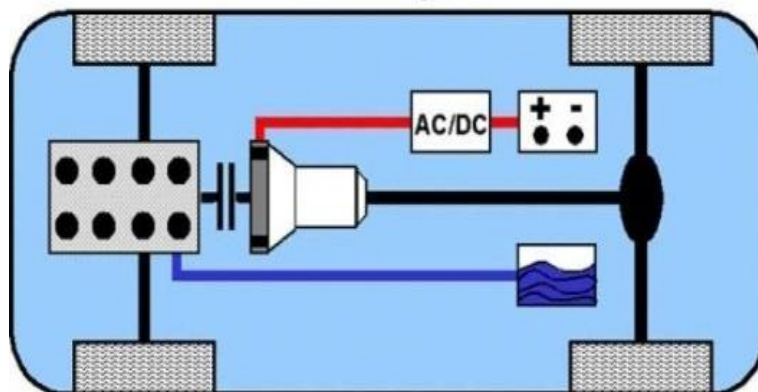
Fonte: COLE (2024).

2.1.2. Veículo híbrido paralelo

No sistema híbrido paralelo, como o próprio nome menciona, os dois motores funcionam em paralelo para tracionar o veículo. O modelo de conexão mais utilizado é feito por meio de um acoplamento mecânico que une o torque de ambos os motores às rodas, o qual pode ser visualizado por meio do diagrama esquemático apresentado na Figura 4.

A propulsão pode ser simultânea ou individual. O motor elétrico funciona tanto como motor, quanto gerador, sendo que esse último recarrega a bateria de tração.

Figura 4 – Estrutura do veículo híbrido paralelo



Fonte: Adaptado de NADINE (2023).

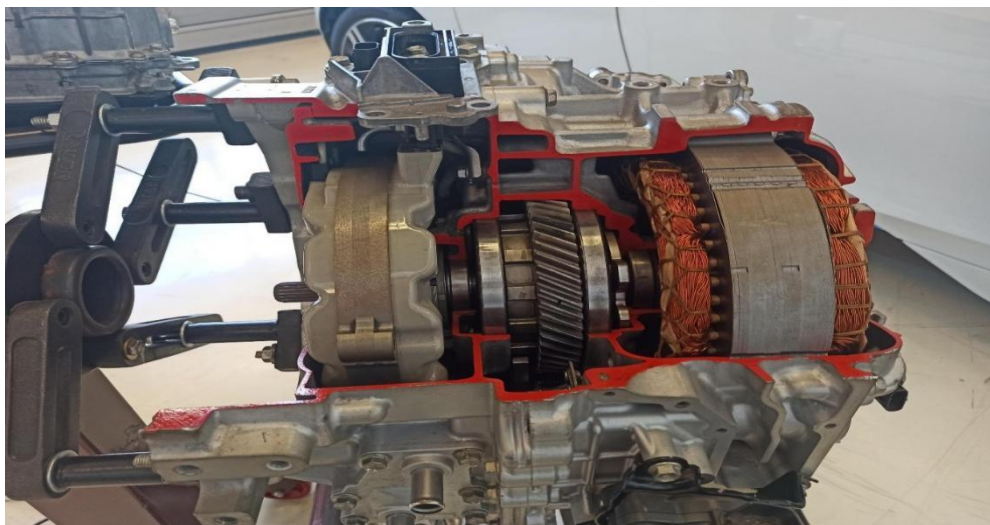
Um veículo, mundialmente conhecido, que se enquadra nessa classificação, é o Toyota Prius, que pode ser visto na Figura 5 e o seu motor na Figura 6.

Figura 5 - Veículo Toyota Prius



Fonte: KYODO (2024).

Figura 6 - Motor do veículo Toyota Prius



Fonte: Elaboração Própria (2024).

Figura 7 - Veículo Toyota Corolla Hybrid



Fonte: UOL (2024).

Quanto ao veículo Corolla (Figura 7), existem duas máquinas elétricas que desempenham a função de tracionar o veículo: Motor-gerador 1 (MG1) e Motor-gerador 2 (MG2), cujo funcionamento será abordado no decorrer dos capítulos posteriores.

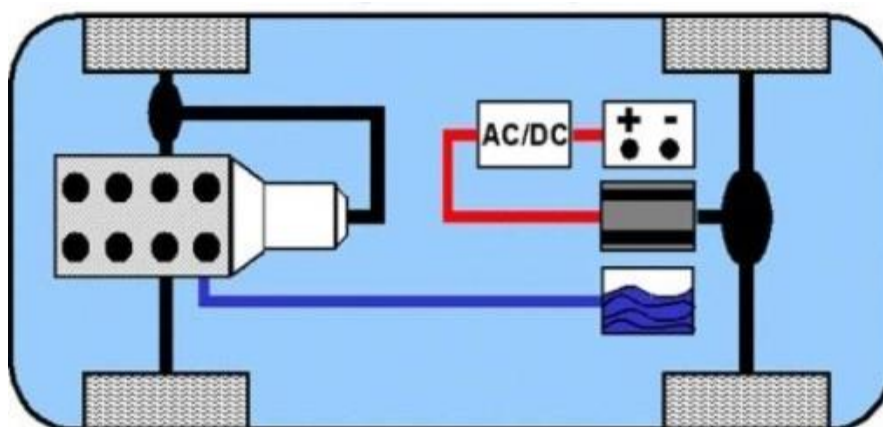
2.1.3. Veículo híbrido Axle Split

A Figura 8 apresenta a topologia também chamada de *through the road hybrid*, no qual a propulsão é realizada pelos dois tipos de motores conjuntamente, mas

fisicamente separados. O motor à combustão gera tração às rodas dianteiras e o motor elétrico ao eixo traseiro.

Os dois sistemas de tração são independentes, mas unidos por meio de controle de tração e podem funcionar individualmente de acordo com a situação requerida. Um veículo que utiliza esse tipo de construção é o Jeep Renegade 4xe e o outro, que pode ser citado, é o Peugeot 2008.

Figura 8 - Estrutura do veículo híbrido *axle split*



Fonte: Adaptado de NADINE (2023).

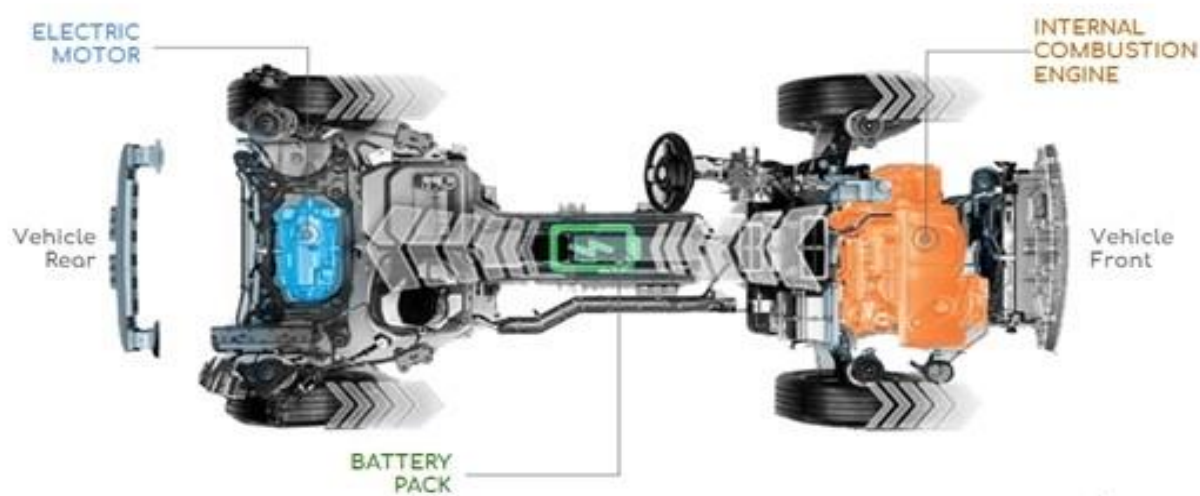
Na Figura 9 é possível ver características do Jeep Renegade 4Xe, com os respectivos componentes (Figura 10) e as potências de cada motor nos dados técnicos (Figura 11).

Figura 9 - JEEP Renegade 4Xe



Fonte: STELLANTIS (2020).

Figura 10 - Componentes do JEEP Renegade 4Xe



Fonte: STELLANTIS (2020).

Figura 11 - Dados do JEEP Renegade 4Xe

Jeep Renegade 2019 4xe 240 PHEV Informação técnica dos Motores Elétricos	
Potência total :	240 PS / 237 HP / 177 kW
Binário total :	- Nm / - lb-ft
Potência total elétrico :	60 PS / 59 HP / 44 kW
Binário total elétrico :	250 Nm / 184 lb-ft
Number of electric engines:	1
Electric engine type:	Permanent magnet AC synchronous motor

Fonte: ULTIMATESPECS (2024).

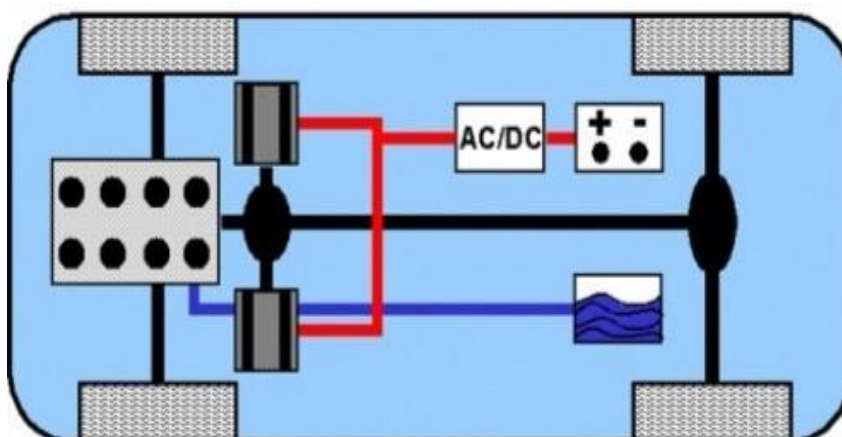
2.1.4. Veículo híbrido Power Split

Neste tipo de híbrido, o acoplamento entre o motor à combustão e os outros dois motores elétricos é realizado por meio de uma engrenagem planetária, permitindo, assim, a recarga da bateria em períodos de espera prolongados.

Nessa topologia, apresentada na Figura 12, o acoplamento é responsável por conectar o modo série ou paralelo.

Para o funcionamento, segundo Santos (2020), o motor à combustão mantém a bateria em torno de 65% a 75 % de carga em todos os momentos e para isso tem autonomia de ligar o motor à combustão a qualquer instante.

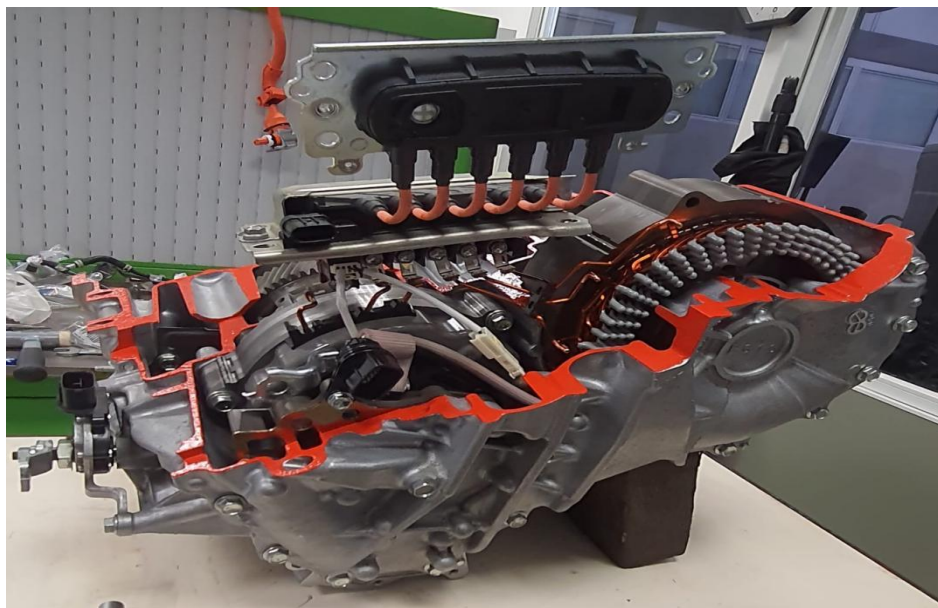
Figura 7 - Estrutura do veículo híbrido *power split*



Fonte: Adaptado de NADINE (2023).

O veículo Corolla também se enquadra nessa topologia (Figura 13), devido a utilização desta engrenagem planetária, a qual faz a função do câmbio *Continuously variable transmission* (CVT), que não é mais utilizado nos veículos híbridos da Toyota, e esse ajuste de velocidade, além de modo mecânico, é realizado pelo inversor.

Figura 13 – Sistema *power split* do Toyota Corolla



Fonte: Elaboração própria (2024).

2.2. Componentes presentes nos veículos híbridos

Para um melhor entendimento do funcionamento dos VEHs é necessária a compreensão de todos os seus componentes. Dessa forma, nos próximos tópicos, serão abordados a função da bateria de tração, do inversor, do conversor DC/DC auxiliar, do motor elétrico, do *Battery Management System* (BMS), da rede de controle ou *Controller Area Network* (CAN) e demais componentes importantes de um VE.

Um veículo híbrido ou elétrico é composto por diversos componentes, os quais são a base do funcionamento de um VE, seja ele de qualquer tipo.

Os principais componentes utilizados em VE e VEH, sendo extensíveis aos VEH-Plug-In (um componente importante que deve ser considerado nesses tipos de veículos são as formas de carregamento de baterias), [...] máquina elétrica operando como motor e/ou gerador (ME-M e ME-G), eletrônica de potência (EP), ou acoplamento elétrico (AE) para processamento do fluxo de energia, acoplamentos mecânicos (AM) e sistema de armazenamento de energia (SAE), como baterias (BAT), ultra capacitores (UC) e célula de combustível (CAC). (SANTOS, 2020, p. 87).

2.2.1. Tipos de bateria

Nesta seção serão abordados os principais tipos de baterias existentes em um veículo elétrico, principalmente suas características operacionais. Em um VE existem dois tipos de baterias: a de 12 V (normalmente de chumbo) e a de tração, que tem uma maior diferença de potencial, geralmente em torno de 200 V a 300 V (LEITE, 2018).

A função da bateria de tração (BAT) é proporcionar energia ao motor que, por sua vez, fornecerá a potência e torque necessários para o tracionamento do veículo. Uma bateria de tração utiliza células com diferentes compostos químicos, tais quais: lítio, níquel, titanato e outros. Essas células, por meio da transformação da energia química para elétrica, produzem uma corrente elétrica que flui por meio da diferença de potencial, mais comumente conhecida como tensão. As células são unidas em módulos, em tipos diferentes de arranjos, o que altera sua potência final, ou seja, existem as mais diversas configurações de tensão e corrente, e tudo depende de qual carga (motor) será acionada.

A bateria de chumbo já tem seu funcionamento bem conhecido e sua recarga pode ser via corrente/tensão constante ou carga flutuante (AOXIA; SEN, 2016).

As baterias de tração (BAT) podem ser de íons de Lítio, ou ligas específicas e, de acordo com o Quadro 1, onde há uma comparação das tecnologias utilizadas atualmente nos VEs, percebe-se que o Lítio é o principal componente na fabricação de BAT.

Quadro 1- Baterias empregadas nos VEs

Empresa	Modelo	Tecnologia
GM	Chevy-Volt	LiMn_2O_4
	Saturn Vue Hybrid	Ni-MH
Ford	Escape, Fusion, MKZ	Ni-MH
Toyota	Lexus	Ni-MH
	Prius	Li-ion
	Corolla	Ni-MH
Honda	Civic, Insight	Ni-MH
Chrysler	Chrysler 200C EV	Li-ion
BMW	Mini E (2012)	LiMn_2O_4
	i3	LiNiMnCoO_2
Daimler AG	Smart Fortwo ED (2013)	Li-ion
Mitsubishi Motors	iMiEV (2010)	Li-ion
Nissan	Leaf EV (2012)	LiMn_2O_4
Tesla	Roadster, Model S	LiNiCoAlO_2
Renault	Twizy	Li-ion
	Fluence	LiMn_2O_4
	Kwid	Li-ion
Volkswagen	E-Golf (2015)	Li-ion
	ID-Buzz	LiNiMnCoO_2
Hyundai	Ioniq	Li-ion
Jac Motors	e-JS1	LiFePO_4
BYD	Dolphin	LiFePO_4
	Seagull	LiFePO_4
	HAN	LiFePO_4
	TAN	LiFePO_4

Fonte: Adaptado de Leite (2018).

As baterias de Níquel-Hidreto-Metálico (NI-MH) não utilizam metais pesados, no entanto, devido às características, o custo e a taxa de autodescarga, estão a perder quota no mercado (LEITE, 2018). Essa bateria pode ser carregada com corrente constante até se apresentar uma variação de tensão negativa nos seus terminais (AOXIA; SEN, 2016). Um veículo que utiliza este tipo de bateria é o Toyota Corolla, nestes veículos as células são de NI-MH, arranjadas em 28 módulos, com seis células cada, e cada modulo tem 7,2 V de tensão, totalizando 201,6 V e potência nominal total do pack aproximada de 1,3 kW (Figura 14).

Figura 14 – Bateria de tração do Corolla na bancada do chassi



Fonte: Elaboração própria (2023).

Já as baterias de íons de Lítio (Li-íon), têm o seu ápice com relação ao mercado atual. Elas têm baixo índice de autodescarga, alta densidade energética e potência, e com boa relação peso-energia (LEITE, 2018).

Neste tipo de bateria é necessário o dispositivo BMS (*Battery Management System*), o qual coordena o carregamento e faz o gerenciamento de tensão, corrente e temperatura de cada célula presente em um módulo. O nível de carga de uma bateria é definido pelo *State of Charge* (SOC), ou nível de carga da bateria, e deve estar entre 20% e 80% para uma melhor eficiência (ETENGOFF, 2024).

Ainda há outros tipos de BAT que estão sendo desenvolvidas e/ou testadas, as quais têm diferentes qualidades que podem alavancar a eletrificação veicular.

Tendo por base a tecnologia das baterias de lítio, emergiram oportunidades para desenvolver novas vertentes tais como baterias de lítio fosfato de ferro (LiFePO_4), lítio óxido de manganês (LiMn_2O_4), lítio óxido de titânio ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$), de polímero de lítio (LiPo), lítio óxido de cobalto (LiCoO_2), lítio óxido de níquel-manganês-cobalto (LiNiMnCoO_2) e lítio óxido de níquel-cobalto-alumínio (LiNiCoAlO_2). (LEITE, 2018).

2.2.2. Controlador ou Inversor de frequência

O controlador, conhecido usualmente por inversor (Figura 15), tem a função de transformar a tensão contínua, vindas da bateria de tração para a tensão alternada, que será entregue ao motor. Para este processo, no Corolla por exemplo, ele se utiliza de transistores *Insulated-gate bipolar transistor* (IGBT), dois em cada fase de saída (U, V, W), controlando a largura de pulso, gerando uma forma de onda específica.

No caso da Toyota, por meio de um conversor *Boost*, a tensão contínua é aumentada e estabilizada para cerca de 650 V antes do processo do inversor.

No modo de regeneração, o fluxo é inverso, portanto, a corrente alternada passa por diodos, num processo de retificação, sendo transformada em corrente contínua. A tensão é rebaixada em cerca de 200 V, por meio de um conversor *Buck*.

O profissional de manutenção pode verificar esses valores utilizando o *scanner* automotivo adequado, ou ainda, realizar a medição diretamente na entrada do inversor com multímetro específico, tomando os devidos cuidados de segurança.

Figura 15 – Inversor do Toyota Corolla



Fonte: Elaboração própria (2024).

2.2.3. Motor elétrico

O motor elétrico é responsável por converter a energia elétrica em energia mecânica e enviá-la ao eixo por meio do sistema de transmissão ou *gearbox*, que é, posteriormente, transformada em energia cinética por meio do atrito das rodas com o chão, movimentando o veículo.

Os motores utilizados na tração elétrica podem ser de diferentes tipos: contínuos (em desuso), de indução, com imãs permanentes ou de relutância (NEOCHARGE, 2024). Não é objetivo deste trabalho abordar cada um destes motores, mas a seguir faz-se uma descrição do motor utilizado na bancada do veículo Toyota-Corolla Híbrido, sendo de imãs permanentes, com 73 kW nominais.

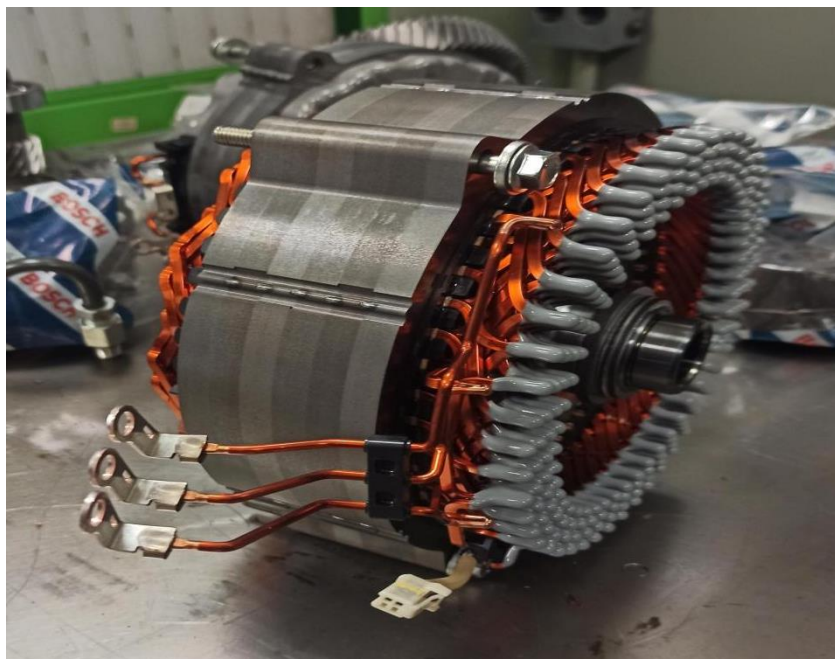
O motor de imã permanente ou *Permanent Magnet Synchronous Motor* (PMSM) tem um campo magnético ininterrupto no rotor, gerado por meio de imãs que podem ser de terras raras, como o de neodímio. Os campos rotativos nesse tipo de motor também são síncronos, ou seja, terão velocidade proporcional entre a rotação do rotor e o campo do estator e, ainda, a frequência de alimentação. Para que essa sincronia e, conseqüentemente, o torque máximo permaneça, é necessário um ajuste, por meio de um *resolver* (informando a posição do rotor) e circuito eletrônico de controle. O termo PMSM, também muito comum na literatura, é usado para caracterizar os motores de imãs permanentes cuja distribuição de força magnetomotriz no entreferro e as forças eletromotrizes (FEM) geradas são “senoidais” (HANSELMAN, 2006).

No Corolla, existem duas máquinas motrizes MG1 (Motor-gerador 1) e MG2 (Motor-gerador 2), que são motores de imãs permanentes utilizados cada um com um propósito: O MG1 é responsável pela partida do motor à combustão, também por gerar energia para a bateria de tração, já o MG2 é responsável por tracionar o veículo durante a condução. A identificação é visível, pois o MG1 é mais estreito e não é possível ver a construção do estator.

Esse tipo de motor tem a desvantagem de não se desligar o campo, logo deve-se tomar cuidado ao montar e desmontar, pois a força pode ocasionar o lesionamento do operador.

Na Figura 16 pode ser visto o MG2 de um Toyota Corolla, sendo perceptível o estator em barramento de cobre e construção única, ainda pode ser visto o conector do *resolver* (em branco com quatro pinos) e os cabos de ligação das bobinas.

Figura 16 – Motor de imã permanente MG2



Fonte: Elaboração própria (2024).

2.2.4. Gerenciamento de bateria - BMS

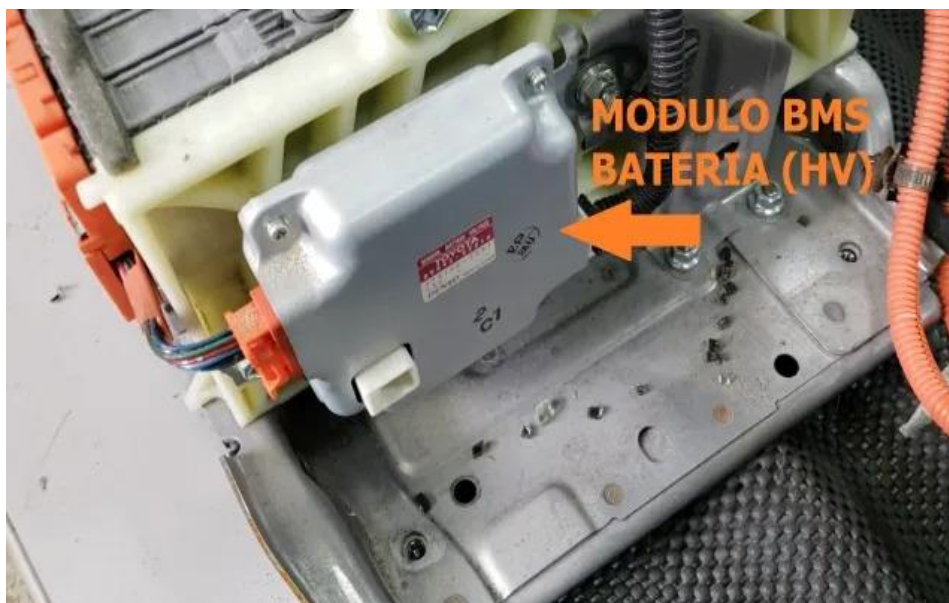
O *Battery Management System* (BMS) (Figura 17), ou gerenciamento de bateria, é responsável por verificar cada nível de tensão de cada célula e a corrente geral do banco de baterias. Ele ainda monitora a temperatura do sistema. O BMS tem também a função de controlar a potência que o inversor injetará no motor ou retornar à bateria na forma de carregamento do banco.

Cada módulo simples, ou em pares, no caso do Corolla, é conectado fisicamente com as entradas do BMS por meio de fiação. Há, ainda, sensores de temperatura, que, no caso do veículo da Toyota, são resistores que variam conforme o aquecimento ou resfriamento das células.

No software do BMS, estão presentes as informações dos níveis de tensão inferior e superior de cada célula, bem como os limites de temperatura suportáveis, os quais são usados para gerenciamento.

A gestão do sistema é feita por meio da comunicação entre o BMS e os outros componentes do veículo, esta comunicação é feita por meio da rede CAN. Por exemplo, o BMS pode enviar uma mensagem ao controlador de carga o qual pode fazer com que os contatos principais dos contadores da bateria de tração se abram, desconectando o sistema.

Figura 17 – Conexão das células ao BMS



Fonte: CHAVEZ (2024).

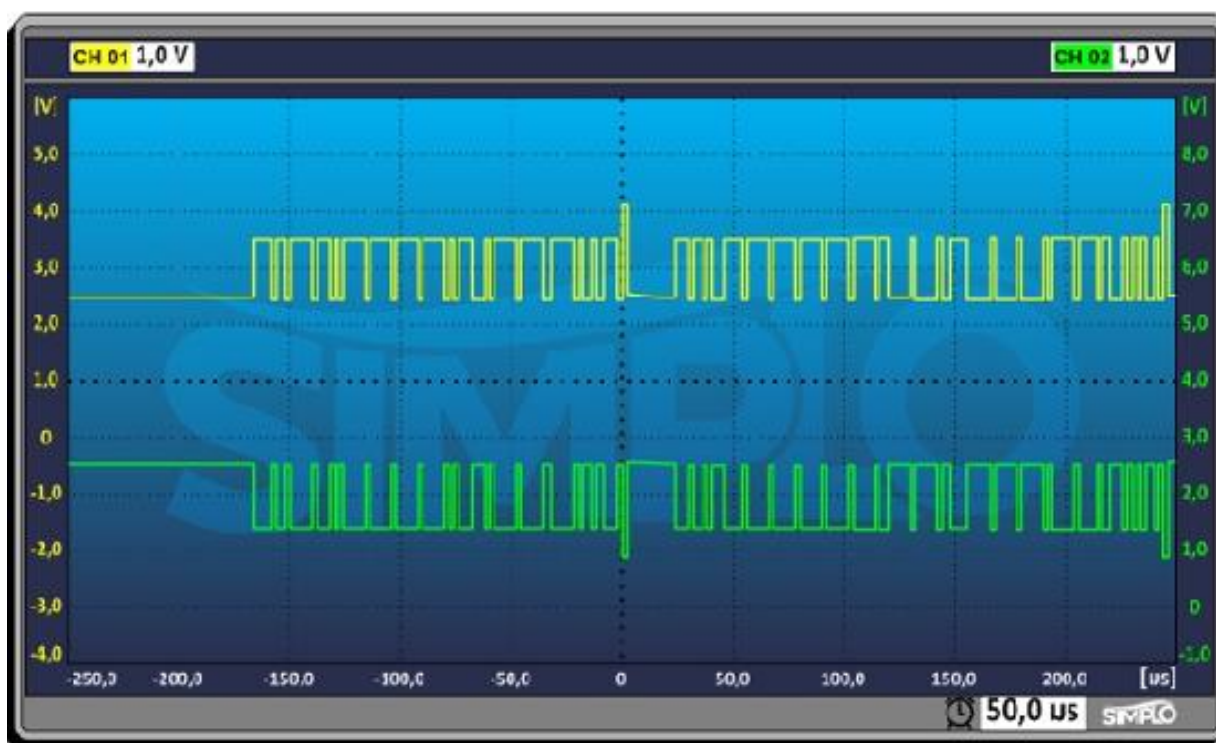
2.2.5. Rede Controller Area Network (CAN)

O protocolo *Controller Area Network*, criado pela Bosch (BOSCH, 2024) é o protocolo de comunicação utilizado para realizar a troca de dados entre os diferentes tipos de componentes dos veículos. Este protocolo possui uma grande confiabilidade, já que seu sistema é baseado em tensões diferenciais, além de possuir um robusto mecanismo para detecção de falhas.

Comumente no setor automotivo o padrão mais utilizado do protocolo CAN é o SAE J1939, no qual se estabelecem como padrão diversos parâmetros do protocolo de comunicação para o correto funcionamento e maior robustez.

A Figura 18 apresenta as formas de onda de uma linha CAN com seus dois sinais espelhados ou denominados de Canais L e H.

Figura 18 – Sistema de linhas de dados da CAN



Fonte: RABELO (2024).

2.2.6. Conversor DC-DC auxiliar

O veículo híbrido ou elétrico ainda permanece com a bateria auxiliar de 12 V, contudo, agora não se tem mais o alternador e não teria como carregar essa bateria, para isso é utilizado um conversor DC-DC.

Além dos conversores da linha de alta, há, também, o conversor do tipo abaixador, que deve abaixar a tensão DC do sistema de 200 V para 14 V e deverá ser isolado. Se localiza, no caso do Corolla, internamente ao controlador.

Ele ainda é utilizado para fornecer tensão para as cargas durante o funcionamento do veículo, o que faz com que a bateria auxiliar fique em flutuação, ou espera.

A bateria de 12 V ainda é necessária para a partida, alimentando o BMS e, posteriormente, os contadores positivo e negativo, no sistema de ligação da bateria de tração, e ainda, em caso de desligamento de emergência da bateria de tração, ainda é responsável por liberar trancas e vidro das portas.

2.2.7. Dispositivos acessórios em um sistema híbrido

O veículo elétrico se difere do veículo à combustão, também, em alguns componentes, que são substituídos por alimentação de 12 V (provenientes da bateria auxiliar) ou da linha de alta (provenientes da bateria de tração), geralmente acima de 200 V.

A bomba do líquido de arrefecimento (conhecida com bomba d'água), e o compressor do ar-condicionado, que são movidos no veículo à combustão por uma correia, no veículo elétrico são ligados por meio elétrico, sendo a primeira em 12 V e o segundo conectado em até 300V.

A Figura 19 apresenta a bomba do líquido de arrefecimento presente no Toyota Prius e em alguns VEs e VEHS.

Figura 19 – Bomba do líquido de arrefecimento



Fonte: MERCADO LIVRE (2024).

O compressor deve utilizar gás isolante e óleo do tipo poliolester (POE), lubrificante sintético baseado em ésteres de polióis, que não é condutor, em relação ao antigo óleo.

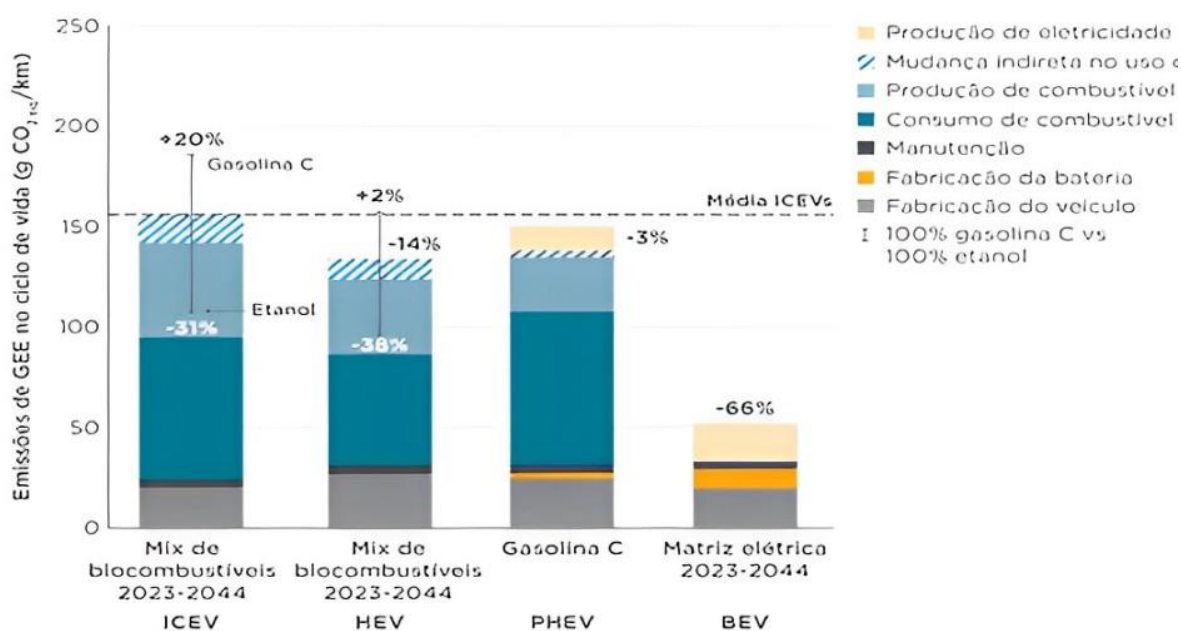
O freio, no caso dos VEs, requer uma bomba de vácuo, a qual é alimentada por 12 V contínuos, desnecessária no caso do veículo à combustão ou híbrido, pois o vácuo é suprido pelo funcionamento deste.

3. COMPARAÇÕES DE TECNOLOGIAS HÍBRIDAS

De acordo com Santos (2020), o grau de hibridização dos veículos elétricos é dado pela razão entre a potência do motor à combustão em relação à potência total dos motores. Dessa forma, é possível calcular essa razão em qualquer veículo. No caso do Toyota Corolla, o grau de hibridização é 45 %, ou seja, considerando 207 Nm – 60kW do motor a gasolina e o motor elétrico de 73 kW (nominal), ou 142 Nm.

Para se viabilizar uma tecnologia e verificar se é aplicável a curto ou médio prazo, deve-se comparar as suas qualidades e deficiências, de acordo com sua tipologia. Desta forma, a Figura 20 demonstra as emissões durante o ciclo de vida de diferentes tipos de veículo, tais como; motor à combustão interna ou *internal combustion engine (ICE)*, híbridos ou *Hybrid Electric Vehicle (HEV)* e híbridos plug-in e por último, os veículos elétricos puros ou *Battery electric vehicle (BEV)*.

Figura 20 – Tipos de veículos e emissões em sua cadeia produtiva



Fonte: MERA; BIEKER; REBOUÇAS; CIEPLINKI (2024).

Ao analisar as informações apresentadas, verifica-se que os HEVs diminuem as emissões em cerca de 14% em relação aos ICEs em seu ciclo e, ainda, destaca-se que os BEVs têm 66% menos de emissão em relação aos ICEs e 52% em relação aos HEVs. Verifica-se, ainda, que os PHEVs reduzem apenas 3% de emissões, que é uma parcela muito ínfima.

Levando em consideração a necessidade de redução de emissões, se considerarmos os dois tipos de híbridos apresentados no estudo do *International Council on Clean Transportation* (ICCT), apresentados na Figura 20, os 17% fazem uma enorme diferença, a curto prazo, se levarmos em conta a falta de estrutura de recargas existentes no Brasil.

Nacionalmente, não se tem conhecimento de uma pesquisa que diferencie essas emissões com relação às tipologias descritas no capítulo anterior, mas é possível afirmar que uma desvantagem referente aos veículos híbridos em série é a conversão de energia duas vezes. A primeira perda é a de mecânica para elétrica, e depois de elétrica para mecânica novamente, dissipando assim, energia em cada processo devido às não idealidades dos processos de conversão. No entanto, como vantagem, são adequados para viagens de trajeto curto, com várias paradas e/ou trânsito intenso. Outro fator importante é o desacoplamento entre o motor à combustão interna e o eixo, o que torna possível que este opere em região ótima melhorando a eficiência do conjunto.

Além das características apresentadas, os veículos híbridos tiveram grande crescimento de vendas no cenário brasileiro, com base nos dados da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE). Em 2022, as vendas de veículos híbridos somaram mais de 40 mil unidades. Em relação ao mercado total de veículos eletrificados leves, houve um aumento de 41% nas vendas de 2022 em relação ao ano de 2021, totalizando 49.245 unidades.

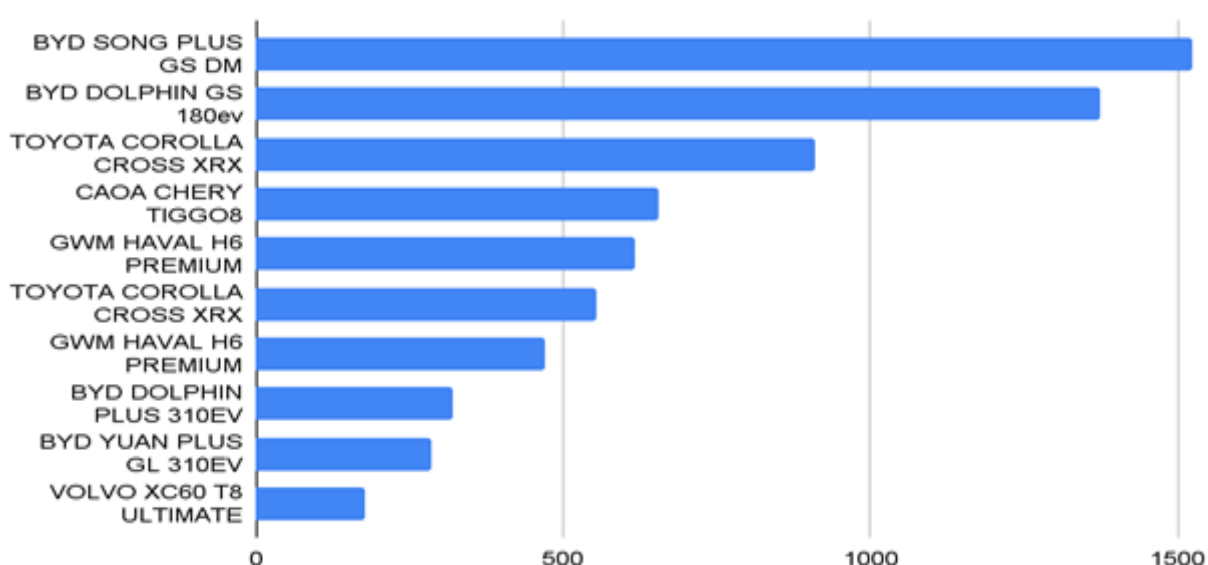
Em 2023, os veículos tiveram crescimento de 90 %, conforme a Figura 22, da Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA) e projeta-se 61 % para todo o ano de 2024, pois em junho deste ano, quase se alcançou a quantidade de VHEs e VEs vendidos em 2023.

Com isso, pode-se verificar que até o final do ano de 2024, há uma grande expectativa de crescimento da comercialização de veículos eletrificados no mercado automobilístico brasileiro ao se levar em consideração os dados de crescimento de

vendas apresentados de 2022 a novembro de 2023, e ainda, conforme LOUREIRO (2023), a montadora Toyota, no Brasil, “decidiu fazer sua aposta mais ousada nos EVs, anunciando um investimento de cerca de US\$ 13,7 bilhões no desenvolvimento de baterias para carros elétricos ao longo da próxima década”.

Assim, ao analisar a Figura 21, e levando em consideração a expectativa de crescimento do mercado, observa-se os veículos eletrificados mais emplacados no Brasil para o mês de novembro de 2023.

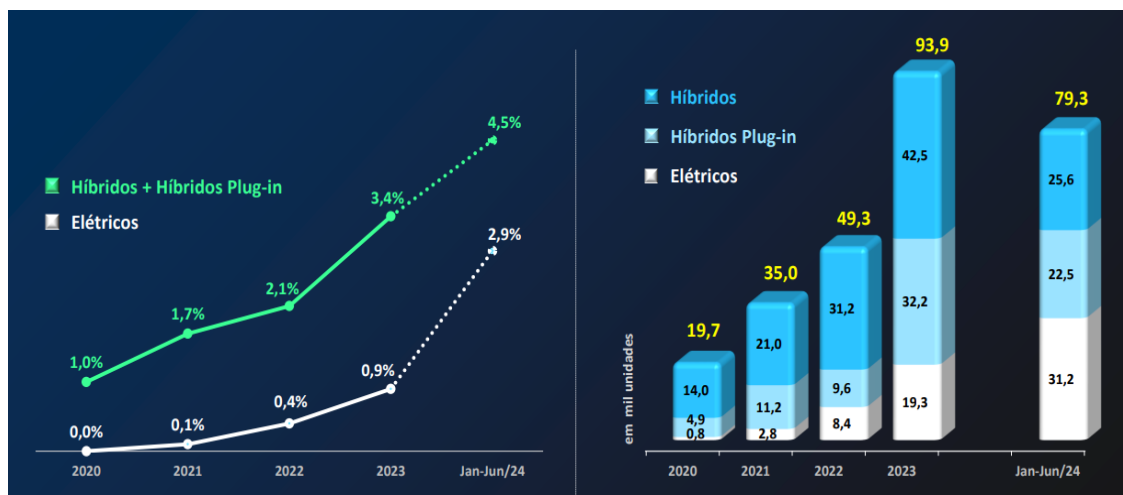
Figura 21 - Veículos híbridos e elétricos emplacados no Brasil em 2023



Fonte: Adaptado de ABVE (2023).

A Figura 22, conforme já mencionado, descreve o crescimento das vendas de VHE no Brasil até junho de 2024.

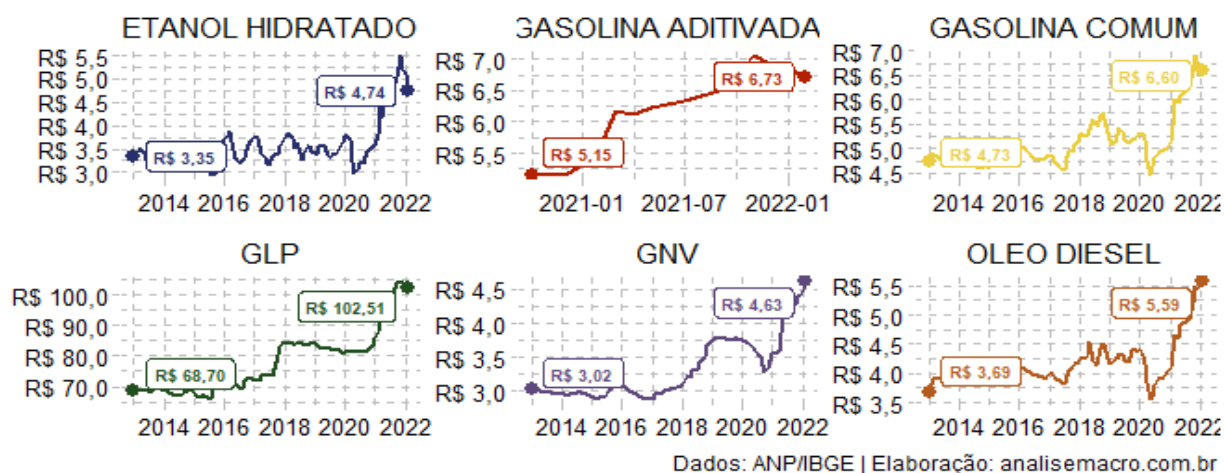
Figura 22 - Crescimento dos VEs híbridos e elétricos no Brasil desde 2020 a 2024 (direita) e novas tecnologias em cada um dos tipos (esquerda)



Fonte: Adaptado de ANFAVEA (2024).

Analisando os veículos eletrificados mais comercializados até o mês de novembro de 2023, conforme apresentado na Figura 21, e o crescimento demonstrado na Figura 22, percebe-se um destaque principalmente para os veículos híbridos, o que nos leva a compreender que um dos principais motivos para esse cenário é o fato da falta de infraestrutura de recarga que se tornou um dos maiores desafios para carros puramente elétricos no Brasil, além da alta volatilidade e aumento dos preços dos combustíveis fósseis nos últimos anos.

A Figura 23 ilustra uma comparação da evolução dos preços dos principais combustíveis utilizados no Brasil, demonstrando que os veículos híbridos são mais atrativos perante as características encontradas no país.

Figura 23 - Preço de combustíveis corrigido (IPCA) em fevereiro/2022

Fonte: Adaptado de WILHER (2022).

Outro marco que vale ressaltar, é a série histórica apresentada na Tabela 2, na qual, observa-se a crescente demanda por veículos eletrificados leves no mercado automobilístico brasileiro entre os anos de 2012 e 2023, ou seja, percebe-se que ao longo desse período, esses veículos vêm ganhando espaço entre os puramente à combustão interna e atualmente já somam mais de 200 mil unidades.

Tabela 1 - Veículos leves eletrificados (automóveis-comerciais leves)

Ano	jan.	fev.	mar	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	Total
2012	9	16	7	3	13	23	5	3	2	2	18	16	117
2013	45	22	53	50	12	29	65	45	23	39	52	56	491
2014	93	61	65	53	94	52	61	79	71	53	87	86	855
2015	72	56	61	73	72	74	74	100	82	55	65	62	846
2016	58	64	60	137	41	91	48	59	79	93	159	202	1091
2017	178	157	227	176	208	238	268	627	384	243	240	350	3296
2018	272	254	367	367	302	382	262	262	286	405	374	437	3970
2019	370	287	336	290	357	716	960	867	1264	1989	2013	2409	11858
2020	1568	2053	1570	442	60	1334	1668	1943	2113	2273	2231	1949	19745
2021	1321	1389	1872	2708	3102	3507	3625	3873	2756	2787	3505	4545	34990
2022	2558	3435	3851	3123	3387	4073	3136	4249	6391	4460	4995	5587	49245
2023	4503	4294	5989	4793	6435	6225	7462	9351	8458	9537	10601	-	77648

Fonte: Adaptado de ABVE (2023).

Por meio dos dados apresentados na Tabela 1, e os gráficos da ANFAVEA (2024) na Figura 22, observa-se um comportamento aproximado de uma exponencial, mostrando assim a relevância que esses veículos vêm alcançando frente aos veículos

puramente à combustão interna, além de mostrar a possibilidade de uma ótima perspectiva para as vendas futuras.

Assim, levando em consideração a grande variabilidade dos sistemas híbridos que foram apresentados, é fundamental o entendimento do funcionamento e reparação destes, principalmente os sistemas que são comercializados. Desse modo, existem, no mercado, bancadas didáticas com o intuito de capacitar pessoas para prover manutenção desses sistemas, como a bancada do Toyota Corolla híbrido da *Beifang*.

4. BANCADAS DO TOYOTA COROLLA HÍBRIDO *BEIFANG*

A bancada didática Toyota Corolla híbrido é composta por três bancadas principais, sendo uma bancada do sistema de *powertrain*, uma bancada na forma de chassi do veículo e uma bancada de sinalização.

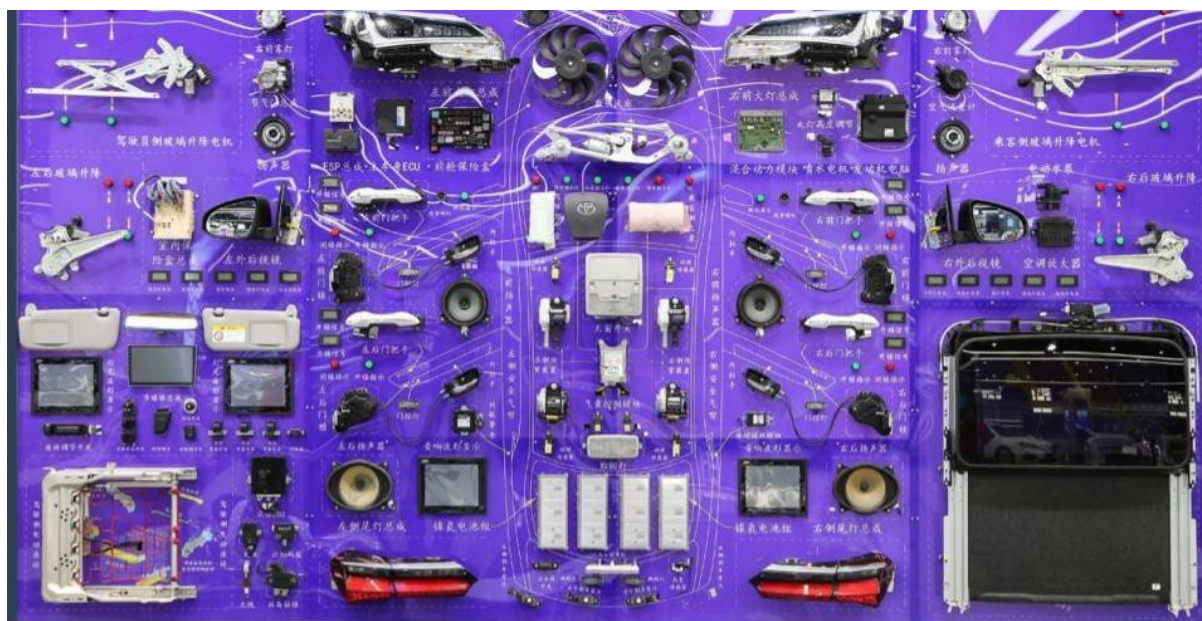
Com base nas informações do fabricante da bancada didática, ela possibilita a emulação de erros que podem vir a acontecer ao longo da vida útil de um Toyota Corolla híbrido, com simulação de 10 faltas na plataforma do veículo, 10 faltas na bancada do motor, e 20 faltas nos painéis, além de possibilitar uma visualização expandida de todos os componentes do veículo e o seu funcionamento.

O Laboratório de Mobilidade Elétrica (Emol) do IFSC Campus Florianópolis, realizou a aquisição de bancadas didáticas em 2023, por meio de um projeto ANEEL, sendo uma delas a bancada do Toyota Corolla híbrido com tecnologia *Beifang*, como a ilustrada nas Figuras 23, 24 e 25. O projeto ANEEL é uma iniciativa do IFSC com o apoio financeiro das Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A. (Celesc), da Unidade Embrapii do IFSC, e da Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina (Feesc)” (BRAGA, 2023).

A bancada do veículo Toyota-Corolla Híbrido é composta por quatro partes distintas sendo:

- a) **Painéis de Sinalização:** são dois painéis tipo “*wall*” (Figura 24) com os componentes elétricos do veículo (nos quais há todo o circuito de multimídia e iluminação, sistema de *airbags*, limpadores e comando dos vidros, assistente de colisão);
- b) **Chassi:** estrutura do veículo contendo rodas, sistema de direção, compressor do ar-condicionado, tanque de combustível, assento do motorista e bateria de tração (Figura 25);
- c) **Powertrain:** contendo a motorização híbrida, o sistema de ar-condicionado, a bateria auxiliar 12 V, controlador, conversor DC-DC auxiliar, bomba de vácuo, bomba do líquido de arrefecimento, caixa de fusíveis, painel e comandos de movimentação (Figura 26).

Figura 24 - Ilustração do painel de periféricos da bancada Toyota híbrido
Beifang



Fonte: BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

Figura 25 - Ilustração da plataforma estrutural do veículo Toyota híbrido
Beifang



Fonte: Elaboração Própria (2024).

Figura 26 - Ilustração do Powertrain da bancada Toyota Corolla híbrido Beifang



Fonte: Elaboração própria (2024).

As bancadas adquiridas têm finalidade didática e servirão a novos projetos de Ensino, Pesquisa e Extensão do IFSC. Este é o primeiro e único Laboratório do país com tecnologia *Beifang* - a maior empresa de treinamento de automobilística da China.” (BRAGA, 2023).

Com a chegada das bancadas, realizou-se a instalação e conexão dos equipamentos, assim como a realização de testes iniciais para verificação do funcionamento e verificação dos componentes, para possibilitar a elaboração de trabalhos de procedimentos práticos.

As bancadas são subdivididas em sistemas do veículo, tais como a iluminação e multimídia, direção, assistente de condução, travas de portas, vidros elétricos, sistema de ar-condicionado e sistema de potência, os quais podem ser desconectados e estudados com auxílio de pontos de medição e conexão, por meio de, por exemplo, um osciloscópio integrado.

Vale ressaltar que todo teste prático em veículo eletrificado deve ser realizado, observando-se os equipamentos de proteção individuais (EPI) e que a pessoa responsável pelo teste tenha um conhecimento prévio na NR10 e das normas de segurança e primeiros socorros vigentes.

4.1. Testes práticos na bancada do motor

Nessa bancada estão compreendidos os principais componentes do sistema de tracionamento do veículo, excetuando-se a bateria, que está localizada na bancada do Chassi.

Nessa bancada (Figura 27) será possível, compreender o funcionamento do ciclo Atkinson e o funcionamento dos motores geradores, ainda dos conversores e outros componentes.

Deve-se tomar cuidado para não tocar em superfícies quentes, tais como o tubo de ar quente do ar comprimido e escapamento, e/ou partes móveis como o eixo, ou o eletro ventilador, pois podem causar ferimentos ou morte.

Podem ser realizados 10 testes práticos, nessa bancada:

- a) Entender o funcionamento do Motor do Ciclo Atkinson;
- b) Percepção Estrutural de Eixos Motrizes Híbridos;
- c) Identificação e Inspeção de Sistemas de Arrefecimento de Motores;
- d) Inspeção do injetor do sistema de combustível;
- e) Inspeção da vela de ignição do sistema de ignição do motor;
- f) Inspeção da válvula *Exhaust Gas Circulation* (EGR) do sistema de emissões do motor;
- g) Identificação e reconhecimento de intertravamento de alta tensão;
- h) Inspeção do Sensor de Detonação;
- i) Inspeção do sensor de posição do virabrequim;
- j) Inspeção do sensor de temperatura do líquido refrigerante.

Os três primeiros testes se referem a um primeiro entendimento acerca do funcionamento geral dos motores, e como cada um deles se comporta no tracionamento e regeneração. A inspeção do injetor, vela de ignição, válvula EGR e sensores permite uma compreensão sobre os procedimentos de manutenção do veículo. Quanto ao teste de reconhecimento de intertravamento, será primordial para a verificação dos itens de segurança na manutenção do sistema de alta tensão.

Figura 27 - Foto do painel de controle da bancada do motor



Fonte: Elaboração própria (2023).

4.2. Testes práticos na plataforma do veículo

Essa plataforma de treinamento prático (Figura 28) compreende a estrutura do chassi do veículo, o sistema de direção, o sistema do ar-condicionado, a bateria de tração, o tanque de combustível e o sensor de proximidade.

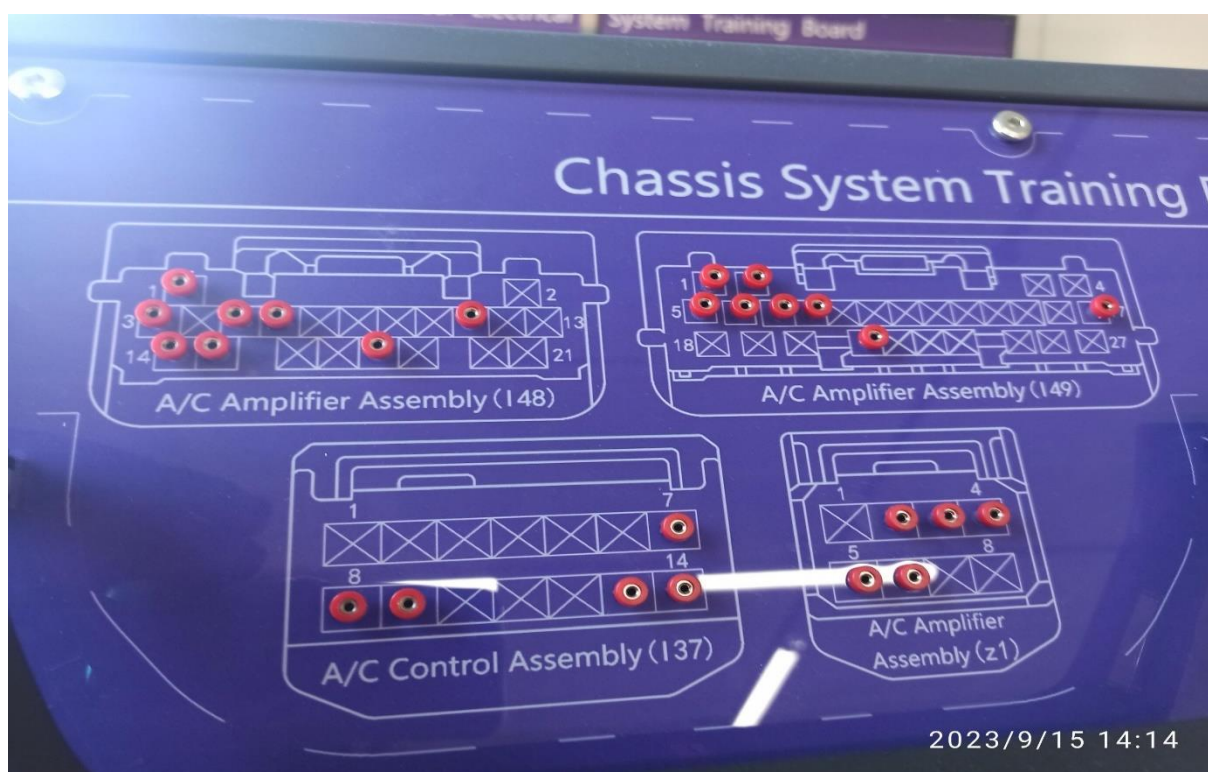
Nela podem ser realizados os testes de:

- a) Compreensão da composição e estrutura da bateria HV;
- b) Verificação dos cabos do motor;
- c) Verificação da bateria HV;
- d) Remoção do sensor do pedal do acelerador;
- e) Remoção do sensor de velocidade da roda dianteira;
- f) Desmontagem e inspeção do amortecedor traseiro.

Nestes procedimentos pode-se compreender como funciona e como se conectam a bateria às máquinas elétricas MG1 e MG2, ainda o intertravamento de segurança entre componentes e a estrutura mecânica presente na suspensão do veículo. Ainda pode-se compreender como os motores se comportam em cada situação e como é a conexão do eixo entre eles.

No âmbito da bateria de tração, pode se compreender e testar as ligações que a compõem e os limites de tensão e corrente de cada célula. Além disso pode-se analisar o comportamento do BMS e dos três contatores.

Figura 28 - Foto do painel de controle da bancada do chassi



Fonte: Elaboração própria (2024).

4.3. Testes práticos na bancada dos painéis “wall”

Essa plataforma de treinamento prático (Painéis Wall - Figura 29) foi desenvolvida para explorar os sistemas automotivos em veículos híbridos. Ela abrange desde o sistema de iluminação até os dispositivos como vidros elétricos e travamento de portas. Cada módulo é projetado com base nos componentes originais do carro, permitindo que os participantes a compreensão da estrutura do sistema e seus princípios de funcionamento.

Com relação ao sistema de iluminação, são considerados detalhes sobre faróis, lanternas e luzes de freio, elucidando como esses elementos são alimentados e controlados no contexto de um veículo híbrido. Os vidros elétricos, por sua vez, são explorados em relação aos seus componentes, como motores e interruptores, e sua integração harmoniosa ao sistema elétrico do veículo.

O sistema de travamento de portas é desmembrado, destacando atuadores, sensores e módulos de controle, e enfatizando sua conexão com os sistemas de segurança do veículo. Além disso, são considerados outros dispositivos de baixa tensão, como sistemas de áudio e ventilação, sublinhando sua importância para o conforto e segurança do veículo.

O layout do sistema é apresentado de forma visual (Figura 29), revelando a interconexão entre os diversos módulos e componentes.

Figura 29 - Foto do painel de controle da bancada dos painéis (wall)



Fonte: Elaboração própria (2024).

A estrutura geral do sistema é explicada em termos da eficiência e integração dos sistemas, proporcionando uma compreensão abrangente.

Pode-se realizar os seguintes testes:

- a) Medição de sinal de mudança e análise de dados;
- b) Medição de luz baixa e análise de dados;
- c) Medição de luz de freio e análise de dados;
- d) Medição de faróis de neblina e análise de dados;
- e) Medição da luz de leitura e análise de dados;
- f) Medição de faróis e análise de dados;
- g) Medição de luz reversa e análise de dados;
- h) Medição de espelhos retrovisores elétricos e análise de dados;
- i) Medição de fechadura central e análise de dados.

5. DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS DISPONÍVEIS NA BANCADA HÍBRIDA

Os experimentos práticos descritos na próxima seção referem-se aos testes que podem ser executados em cada uma das três bancadas do veículo Toyota Corolla (Híbrido) adquiridos pelo laboratório EMoL do IFSC.

Cada experimento será descrito por 04 (quatro) itens: objetivo do experimento, os instrumentos práticos utilizados, a descrição teórica do ensaio e os resultados obtidos em cada experimentação.

A formatação da descrição teórica esta condensada em um parágrafo, a fim de que o número de páginas desse trabalho não seja tão extenso e a leitura não seja exaustiva.

5.1. Experimentos práticos na bancada do motor – HWP

Os experimentos descritos nesta seção correspondem aos testes realizados na bancada do *powertrain* híbrido (HWP - *Hybrid Workbench Powertrain*).

5.1.1. Experimento Prático (HWP-1): Entender o funcionamento do Motor do Ciclo Atkinson

- a) **Objetivo do treinamento prático:** Compreender os princípios do motor do ciclo Atkinson;
- b) **Instrumentos práticos de treinamento:** Bancada do motor;
- c) **Teoria sobre o treinamento:** O princípio de funcionamento do ciclo Atkinson é estender o curso de trabalho do pistão no cilindro do motor e encurtar o curso de compressão. Sua característica é que ao retardar o fechamento da válvula de admissão, parte da mistura retorna durante o curso de compressão do pistão, reduzindo o volume de admissão, permitindo que a unidade de potência realize um trabalho melhor e melhore sua eficiência. O ciclo Atkinson é uma forma de motor à combustão interna, que apareceu em 1880. O ciclo Atkinson pode melhorar a eficiência de trabalho do motor, mas reduz a densidade de potência até certo ponto, resultando em baixa potência em baixas velocidades.

Em 2019, o motor à combustão interna, do ciclo Atkinson, geralmente, apareceu em veículos híbridos. Como os veículos híbridos terão motores assistidos, o efeito negativo do impacto do ciclo Atkinson pode ser dirimido. Vantagens do ciclo Atkinson: reduzir o consumo de combustível até certo ponto; pode proteger o motor até um limite, reduzir o desgaste, e evitar a detonação. Desvantagens do ciclo Atkinson: quando o carro está funcionando em baixa velocidade, sua potência é reduzida e pode oscilar durante a condução; a partida automática não é suficiente para acelerar;

- d) **Resultados do treinamento prático:** Compreender os princípios do motor do ciclo Atkinson.

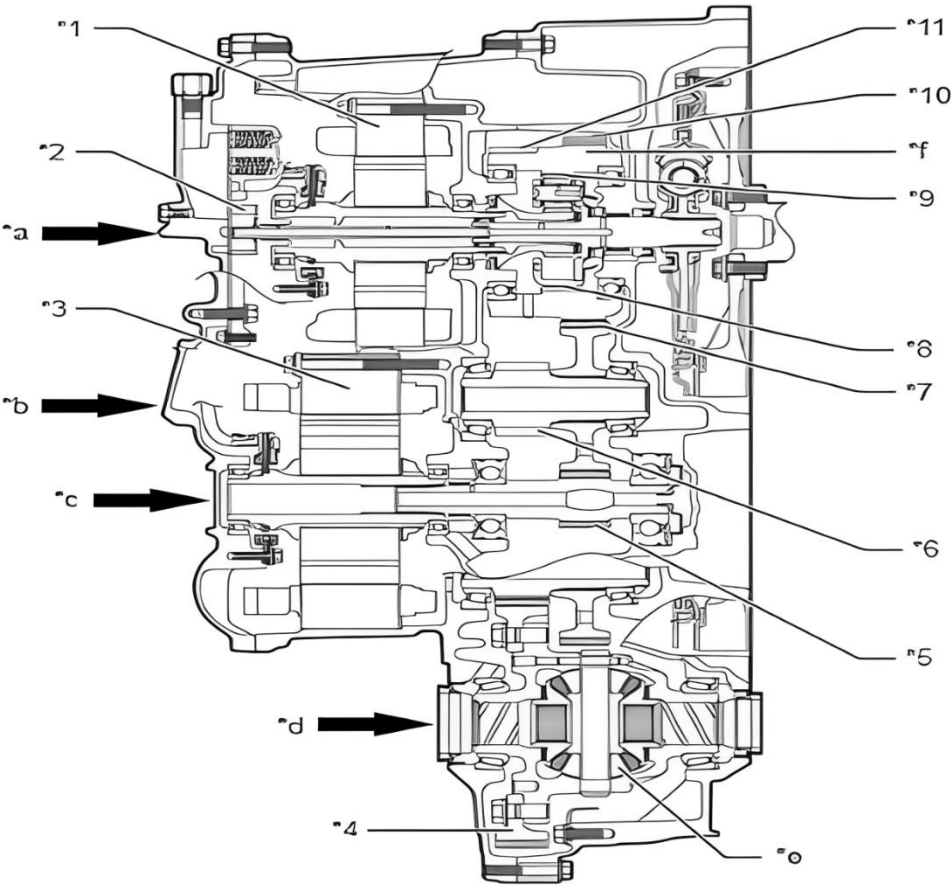
5.1.2. Experimento Prático (HWP-2): Percepção Estrutural de Eixos Motrizes Híbridos

- a) **Objetivo do treinamento prático:** Compreender o sistema de eixo motor híbrido;
- b) **Instrumentos práticos de treinamento:** Plataforma de treinamento do chassi Corolla e bancada do motor;
- c) **Teoria sobre o treinamento:** Nesse experimento foi utilizado o eixo de transmissão do veículo híbrido P610. Essa ponte de transmissão inclui um motor elétrico (MG2) (usado para tracionar o veículo na condução) e um gerador (MG1) para geração de energia. É adotado um dispositivo de transmissão continuamente variável (CVT), com dispositivo de roda composta, realizando operação com temperatura estável. A montagem do eixo de transmissão de veículos híbridos principalmente inclui um gerador (MG1), um motor elétrico (MG2), um mecanismo de transmissão com engrenagem planetária de distribuição, uma engrenagem de eixo intermediário, uma engrenagem de redução, um mecanismo de engrenagem diferencial e uma bomba de óleo. O gerador (MG1) e o motor elétrico (MG2) adotam uma multiconfiguração do eixo, o que faz um encurtamento do comprimento total da transmissão de eixo.

Eles usam uma engrenagem composta por uma distribuição de diferente número de dentes na engrenagem planetária e engrenagem motriz do eixo intermediário e a engrenagem da trava de estacionamento, reduzindo significativamente o tamanho e o peso. Por usinagem de alta precisão das superfícies dos dentes das engrenagens, com rolamentos de baixa perda e com mecanismos lubrificados a óleo, as perdas de condução são reduzidas, melhorando assim a economia de combustível e reduzindo o ruído. Este eixo de transmissão possui uma estrutura de 4 eixos. O mecanismo de engrenagem planetária de distribuição, e o gerador (MG1) são instalados no eixo principal, e o redutor MG2 e motor elétrico (MG2) são instalados no eixo da segunda engrenagem. O eixo intermediário, a engrenagem acionada e a engrenagem motriz de redução são instalados na haste da primeira marcha. A roda motriz de desaceleração e o mecanismo de engrenagem diferencial são instalados no eixo da quarta engrenagem; A Figura 30 representa a numeração de todos os componentes mencionados, com a respectiva posição e o Quadro 2 os descreve;

- d) **Resultados do treinamento prático:** Aprender a composição do eixo de transmissão híbrido.

Figura 30 – Posicionamento dos componentes de tração no eixo motriz



Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

Quadro 2- Componentes do eixo motriz

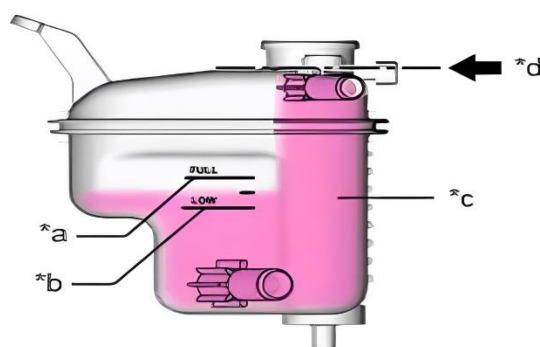
Indicação	Descrição	Indicação	Descrição
1	Motor-gerador (MG1)	2	Bomba de óleo
3	Motor-gerador (MG2)	4	Engrenagem acionada por redução
5	Redutor MG2	6	Engrenagem de redução
7	Engrenagem do contraeixo	8	Engrenagem planetária
9	Mecanismo de engrenagem planetária	10	Engrenagem motriz do contra eixo
11	Engrenagem de bloqueio de estacionamento	-	-
a	Fuso	b	Eixo da terceira engrenagem
c	Eixo da segunda embreagem	d	Eixo da quarta engrenagem
e	Mecanismo de engrenagem diferencial	f	Engrenagem composta

Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

5.1.3. Experimento Prático (HWP-3): Identificação e Inspeção de Sistemas de Arrefecimento de Motores

- a) **Objetivo do treinamento prático:** Detectar vazamentos no sistema de resfriamento;
- b) **Instrumentos práticos de treinamento:** Testador de tampa do radiador;
- c) **Teoria sobre o treinamento:** Procedimentos: Verifique se o nível do líquido refrigerante do motor dentro do reservatório do radiador está cheio (Figura 31 e Quadro 3). Remova a tampa do reservatório. Encha o líquido de arrefecimento do motor até a marca FULL no reservatório do radiador conjunto; instale o testador da tampa do radiador. Bombeie o detector da tampa do radiador para 122 kPa (1,2 kgf/cm ou 218 psi.), em seguida, verifique e confirme se a pressão não diminuiu. Se a pressão cair, verifique as mangueiras, o conjunto do radiador e conjunto da bomba do líquido de arrefecimento do motor quanto a vazamentos. Se não forem encontrados sinais de vazamento externo de líquido de arrefecimento do motor, verifique o núcleo do aquecedor, o subconjunto do bloco de cilindros e o subconjunto do cabeçote. Remova o testador da tampa do radiador. Instale a tampa do reservatório.
- d) **Resultados do treinamento prático:** Domine o método de detecção de vazamento do sistema de refrigeração.

Figura 31 – Reservatório de arrefecimento dos motores



Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

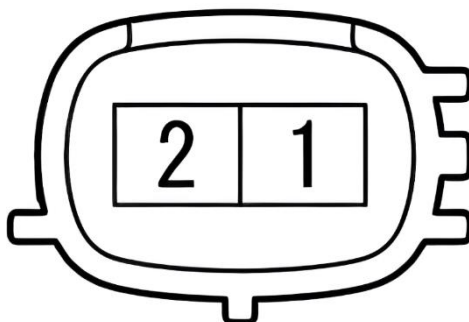
Quadro 3 - Identificações do reservatório

Indicação	Definição	Indicação	Definição
a	Nível máximo	b	Nível mínimo
c	Espaço de armazenamento	d	Nível do líquido de arrefecimento

Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

5.1.4. Experimento Prático (HWP-4): Inspeção do injetor do sistema de combustível

- Objetivo do treinamento prático:** Inspeção independente dos injetores do sistema de combustível;
- Instrumentos práticos de treinamento:** Multímetro digital;
- Teoria sobre o treinamento:** Verifique a resistência, conectando o multímetro nos pinos 1 e 2 (Figura 32) do conector dos injetores. Se os resultados não estiverem conformes (Quadro 4), substitua o conjunto injetor;
- Resultados do treinamento prático:** Análise de dados de medição do injetor do sistema de combustível.

Figura 32 – Conector dos injetores

Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

Quadro 4 - Valores de temperatura e resistência do conector dos injetores

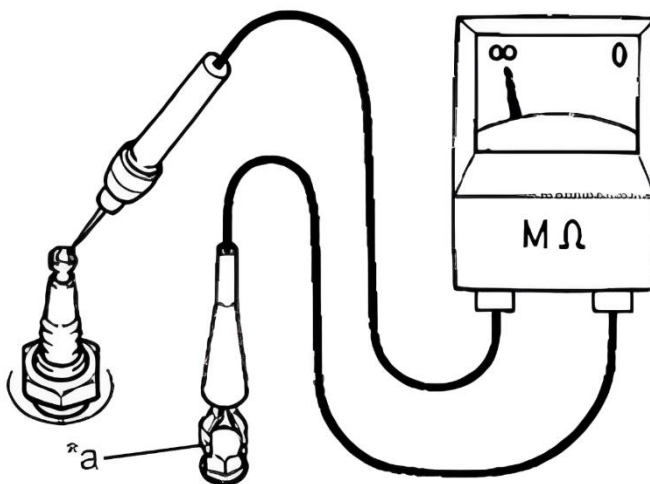
Conexão	Temperatura Ambiente	Valores de resistência (Ω)
1-2	20 ° C	11,6 – 12,4

Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

5.1.5. Experimento Prático (HWP-5): Inspeção da vela de ignição do sistema de ignição do motor

- a) **Objetivo do treinamento prático:** Detectar se a faísca do sistema de ignição está com avarias;
- b) **Instrumentos práticos de treinamento:** Diagnóstico OBD;
- c) **Teoria sobre o treinamento:** CUIDADO: Não danifique a ponta da vela de ignição ou a ponta de platina, pois é suscetível a danos. Não tente ajustar a folga do eletrodo da vela de ignição antiga. Se as velas estiverem extremamente sujas devido a óleo etc., substitua-as. Se a vela de ignição estiver danificada, substitua-a. Se a vela estiver presa ou cair, substitua-a. Ao instalar uma vela de ignição nova, não remova a tampa protetora na extremidade da vela de ignição antes de instalá-la no motor. 1. Verifique a resistência do eletrodo, use o megômetro para medir a resistência de isolamento entre a ponta da vela e o aterramento, indicado com a letra (a) na Figura 33. Verifique a folga do eletrodo. A folga máxima do eletrodo da antiga vela de ignição é de 1,1 mm. Se a folga do eletrodo for maior que o valor máximo (Quadro 5), substitua a vela de ignição por uma vela nova (distância padrão do eletrodo: 0,8 a 0,9 mm);
- d) **Resultados do treinamento prático:** Verificação independente das velas de ignição do sistema de ignição.

Figura 33 – Medição de resistência de isolamento da vela de ignição



Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

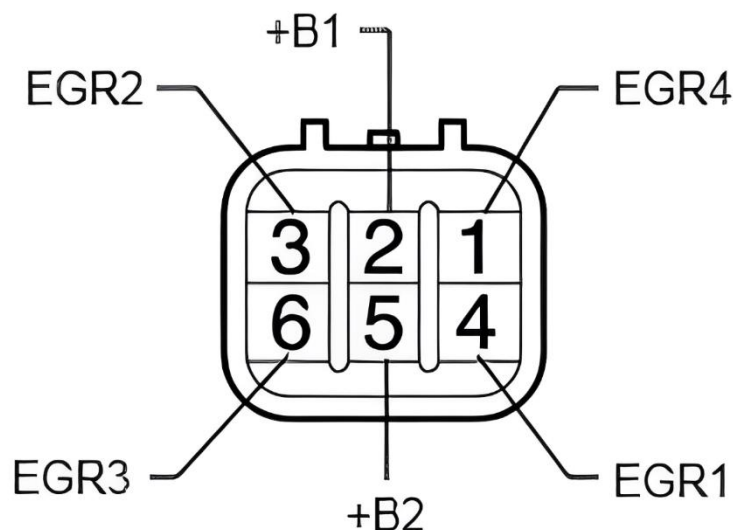
Quadro 5 - Valores de resistência de isolamento da vela de ignição

Conexão	Temperatura Ambiente	Valores de resistência (MΩ)
Ponta da vela - aterramento	Sempre	>10

Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

5.1.6. Experimento Prático (HWP-6): Inspeção da válvula EGR do sistema de emissões do motor

- Objetivo do treinamento prático:** Detectar se o conjunto da válvula *Exhaust Gas Circulation* (EGR) está avariado;
- Instrumentos práticos de treinamento:** Multímetro;
- Teoria sobre o treinamento:** Verifique a resistência do conjunto da válvula EGR e use um multímetro para detectar as portas 2-1, 2-3, 5-4, 5-6 do chicote (Figura 34). Se os resultados não estiverem de acordo (Quadro 6), substitua o conjunto da válvula EGR;
- Resultados do treinamento prático:** Análise dos dados de medição do conjunto da válvula EGR.

Figura 34 – Conector da válvula EGR

Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

Quadro 6 - Valores de resistência do conector da válvula EGR

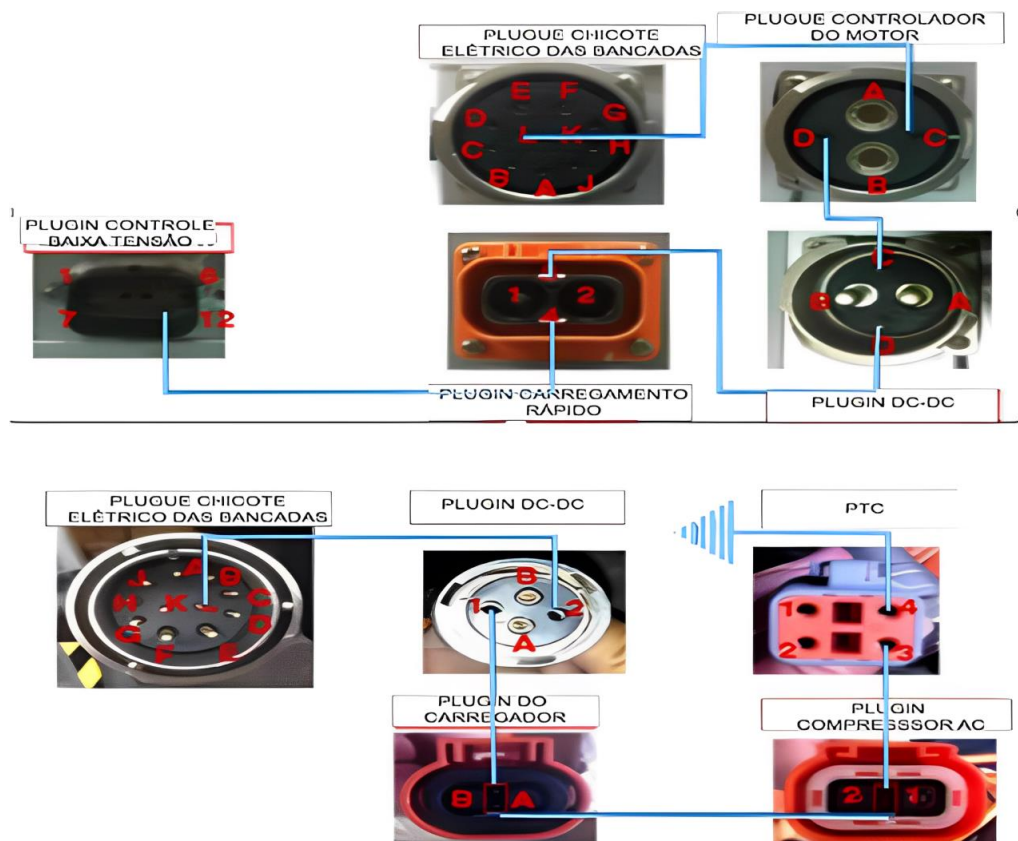
Conexão	Temperatura Ambiente	Valores de resistência (Ω)
5-4; 5-6; 2-1; 2-3	20 ° C	18 - 22

Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

5.1.7. Experimento Prático (HWP-7): Identificação e reconhecimento de intertravamento de alta tensão

- Objetivo do treinamento prático:** Compreender os componentes de intertravamento de alta tensão, funcionando;
- Instrumentos práticos de treinamento:** Multímetro;
- Teoria sobre o treinamento:** Intertravamento de alta tensão: também conhecido como intertravamento (Loop de intertravamento de alta tensão, ou *high-voltage interlock loop* - HVIL). Usando pequenos sinais elétricos para verificar o circuito elétrico e integridade (continuidade) de todo o circuito de intertravamento de alta tensão, condutores, conectores e tampas, identificando quando o loop está anormalmente desconectado e desconectando imediatamente a alimentação de alta tensão;
- Resultados do treinamento prático:** Conhecer as conexões de intertravamento de alta tensão, visível na Figura 35.

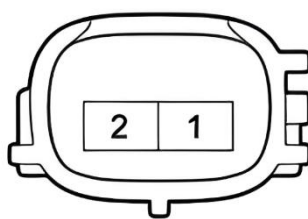
Figura 35 – Circuito de *interlock*



5.1.8. Experimento Prático (HWP-8): Inspeção do Sensor de Detonação

- a) **Objetivo do treinamento prático:** Detectar se o sensor de detonação está com avarias;
- b) **Instrumentos práticos de treinamento:** Multímetro;
- c) **Teoria sobre o treinamento:** Verifique o valor da resistência do sensor de detonação (Figura 36). Se o resultado não estiver de acordo com os regulamentos (Quadro 7), substitua o sensor de controle de explosão;
- d) **Resultados do treinamento prático:** Análise dos dados de medição do sensor de detonação.

Figura 36 – Conector do sensor de detonação



Fonte: Adaptado de BEIFANG
VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

Quadro 7 - Valores de resistência do sensor de detonação

Conexão	Temperatura Ambiente	Valores de resistência (kΩ)
1-2	25 ° C	120-280

Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

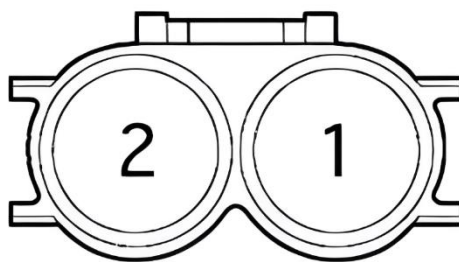
5.1.9. Experimento Prático (HWP-9): Inspeção do sensor de posição do virabrequim

- a) **Objetivo do treinamento prático:** Detectar falha no sensor de posição do virabrequim;
- b) **Instrumentos práticos de treinamento:** Multímetro;
- c) **Teoria sobre o treinamento:** Verifique o valor da resistência do sensor de detonação (Figura 37). Os termos "frio" e "quente" referem-se à temperatura da bobina. 'Frio' refere-se a uma temperatura de aproximadamente -10 a 50°C.

'Quente' refere-se a uma temperatura de aproximadamente 50 a 100 ° C. Se o resultado não estiver de acordo com os regulamentos (Quadro 9), substitua o sensor de posição do virabrequim;

- d) **Resultados do treinamento prático:** Análise dos dados do sensor de posição do virabrequim.

Figura 37 – Sensor de posição do virabrequim



Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

Quadro 8 - Valores de resistência do sensor

Conexão	Temperatura Ambiente	Valores de resistência (Ω)
1-2	Frio; Quente	1630 a 2740; 2065 a 3225

Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

5.1.10. Experimento Prático (HWP-10): Inspeção do sensor de temperatura do líquido refrigerante

- Objetivo do treinamento prático:** Detectar se o sensor de temperatura do líquido refrigerante está com avarias;
- Instrumentos práticos de treinamento:** Multímetro;
- Teoria sobre o treinamento:** Coloque o sensor de temperatura do líquido refrigerante na água quente, o multímetro será reproduzido no sensor de detecção de engrenagem ohm (Ω) o valor da resistência é mostrado abaixo, no Quadro 10. Se o resultado não estiver de acordo com os apresentados no quadro 10, substitua o sensor de temperatura do líquido de arrefecimento do motor;
- Resultados do treinamento prático:** Análise de dados de detecção do sensor de temperatura do líquido refrigerante.

Quadro 9 - Valores de resistência do sensor

Conexão	Temperatura Ambiente	Valores de resistência (k Ω)
1-2	Frio; Quente	2,32 a 2,59; 0,310 a 0,326

Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

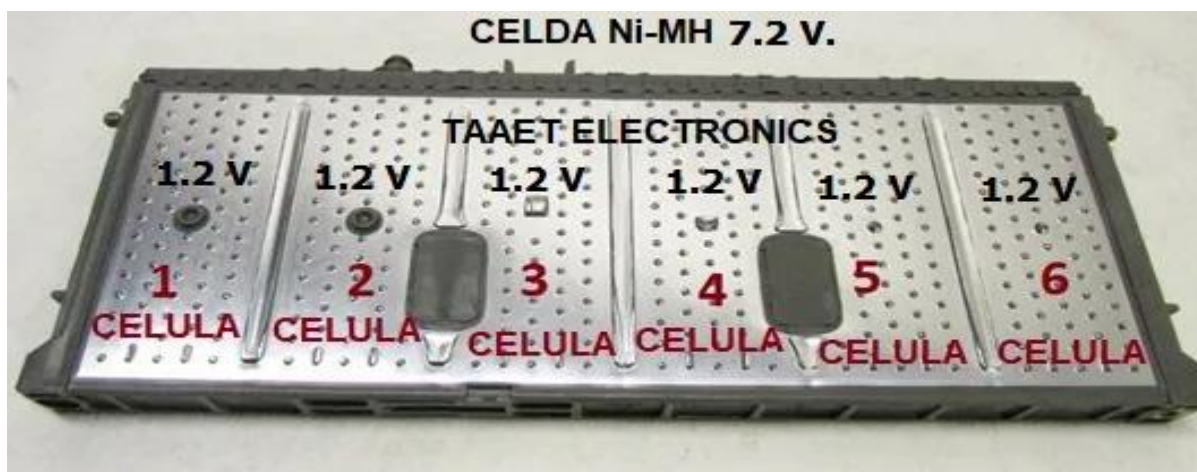
5.2. Experimentos práticos na plataforma do veículo - HWC

Os experimentos descritos nesta seção referem-se as práticas realizadas na bancada do Chassi do veículo Híbrido ou *Hybrid Workbench Chassi* (HBC).

5.2.1. Experimento Prático (HWC-1): Checagem da bateria de tração e células de NI-MH

- a) **Objetivo do treinamento prático:** Compreender a sequência das células de NI-MH;
- b) **Instrumentos práticos de treinamento:** Multímetro, luvas de proteção e EPI;
- c) **Teoria sobre o treinamento:** Com luvas de proteção, e a alta tensão desconectada, retirar a tampa de proteção e medir com multímetro apropriado cada tensão, de cada módulo. O módulo é composto por 6 células em série, conforme Figura 38;
- d) **Resultados do treinamento prático:** Conhecer os módulos de bateria e as tensões de cada módulo, juntamente com a montagem da bateria de tração.

Figura 38 – Foto das 6 células que formam um módulo



Fonte: CHAVEZ (2024).

5.2.2. Experimento Prático (HWC-2): Compreensão da composição e estrutura da bateria HV

- a) **Objetivo do treinamento prático:** Compreender os tipos de baterias HV e a tensão nominal;
- b) **Instrumentos práticos de treinamento:** Plataforma de treinamento do chassi Corolla;
- c) **Teoria sobre o treinamento:** Visão Geral: A bateria HV adota baterias de níquel-hidreto metálico (Ni-MH) e a bateria HV consiste principalmente em: módulo de bateria HV, termistor da bateria HV, conjunto de caixa de junção de bateria híbrida, BMS e gerenciamento eletrônico, caixa de terminais da bateria HV e plugue de serviço. Uma pequena bateria híbrida de alta eficiência está instalada sob a parte traseira do assento.

A localização da bateria híbrida aumenta a capacidade do porta-malas e contribui para uma boa estabilidade nas manobras devido ao baixo centro de gravidade. Especificações: As especificações podem ser vistas no Quadro 11. Características: Durante ciclos repetidos de carga e descarga, a bateria HV gera calor, para garantir seu desempenho normal, a bateria HV adota um sistema especial de refrigeração. Para garantir seu desempenho normal, a bateria HV adota um sistema de resfriamento por meio de um ventilador (Fan).

O ar entra pelo painel abaixo do assento traseiro à direita, realizando assim um resfriamento mais eficiente. O filtro de ar é instalado na estrutura de entrada de ar de resfriamento;

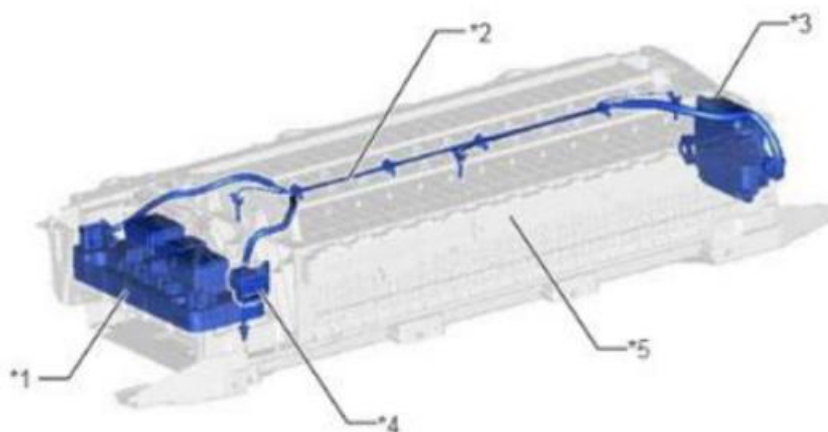
- d) **Resultados do treinamento prático:** Aprender a estrutura e localização dos componentes da bateria HV.

Quadro 10 - Especificações da bateria de tração

Bateria de alta tensão		Valores
Tipo de química		NI-MH
Células		168 (6 individuais x 28 módulos)
Tensão nominal	v	201,6
Capacidade	Ah	6,5

Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

Figura 39 – Estrutura da bateria de tração



Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

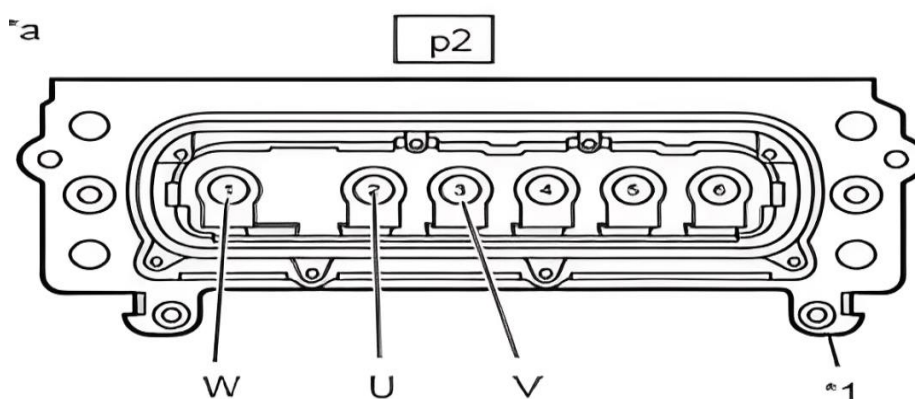
Pode ser visto, na Figura 39, a unidade da bateria (1), onde se localizam os contadores, os termistores (2), o BMS (3), o conector da chave de segurança (4) e os módulos da bateria (5).

5.2.3. Experimento Prático (HWC-3): Verificação dos cabos do motor

- a) **Objetivo do treinamento prático:** Inspecionar os cabos dos motores elétricos;
- b) **Instrumentos práticos de treinamento:** Plataforma de treinamento do chassi Corolla, megômetro e EPI;

- c) **Teoria sobre o treinamento:** CUIDADO: Certifique-se de usar luvas isoladas. Verifique e certifique-se de que a alça do plugue de serviço não esteja instalada (CUIDADO: Após remover a alça do plugue de serviço, não coloque o interruptor de alimentação na posição LIGADO (READY), a menos que especificado no reparo manual, pois isso pode causar mau funcionamento). Remova o cabo do motor do conjunto do eixo motor do veículo híbrido. Usando um megômetro ajustado para 500V, meça a resistência de isolamento de cada conector, conforme a Figura 40. Os valores devem ser maiores do que 100 M Ohm entre as fases U, V e W. Refaça o teste para os contatos 4,5 e 6 do outro motor;
- d) **Resultados do treinamento prático:** Analisar e entender os dados de inspeção de cabos do motor.

Figura 40 – Conexão dos cabos de um dos motores



Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

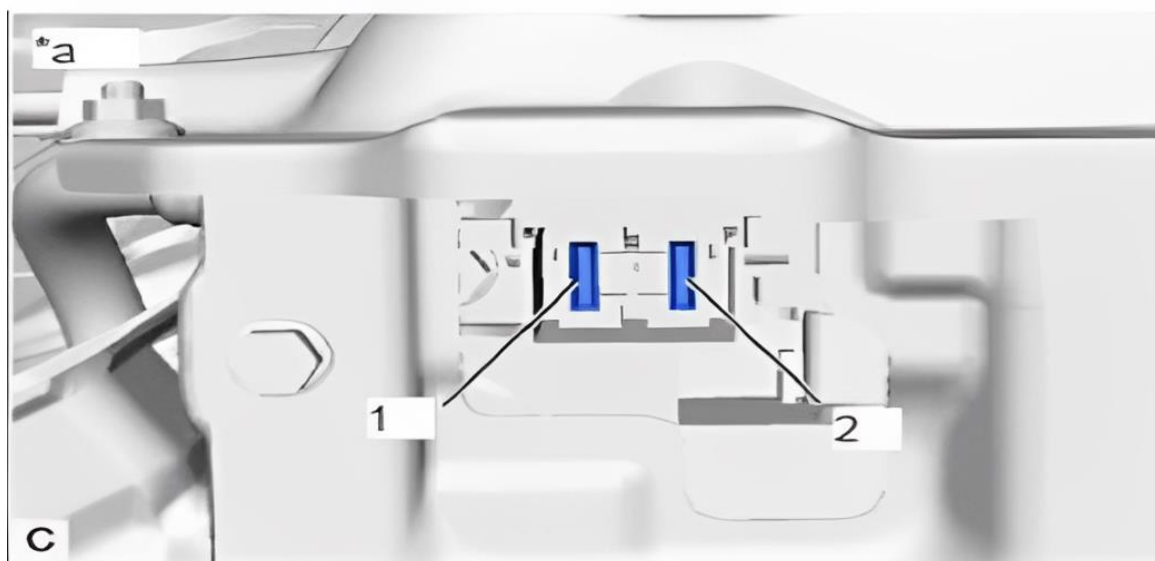
5.2.4. Experimento Prático (HWC-4): Verificação da bateria HV

- a) **Objetivo do treinamento prático:** Inspeção independente de baterias HV;
- b) **Instrumentos práticos de treinamento:** Megômetro e EPI;
- c) **Teoria sobre o treinamento:** CUIDADO: Certifique-se de usar luvas isoladas. Verifique e certifique-se de que a alça do plugue de serviço não esteja instalada (CUIDADO: Depois de remover a alça do plugue de serviço, não coloque o interruptor de alimentação na posição LIGADO (READY), a menos que especificado no reparo manual, pois isso pode causar mau funcionamento).

Remova o cabo do motor do conjunto do eixo motor do veículo híbrido. Usando um megômetro ajustado para 500V, meça a resistência entre o terminal 1 da chave de segurança e aterramento (Figura 41) e os valores deverão ser acima de 10 M Ohms;

- d) **Resultados do treinamento prático:** Aprender o método de verificação de baterias HV e o uso de instrumentos.

Figura 41 – Contatos da chave de segurança

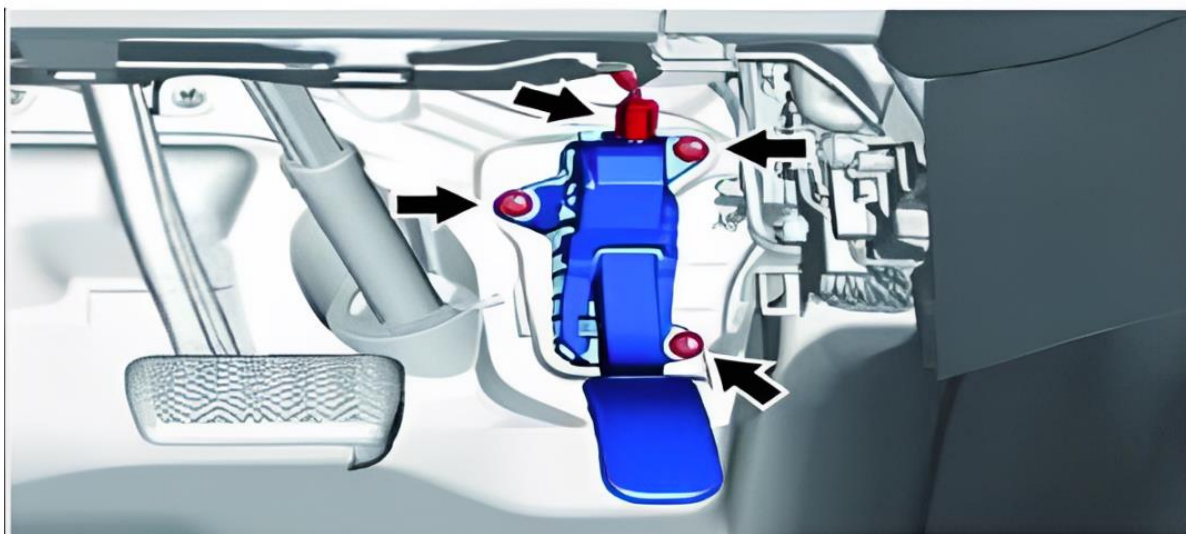


Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

5.2.5. Experimento Prático (HWC-5): Remoção do sensor do pedal do acelerador.

- a) **Objetivo do treinamento prático:** Remoção do sensor do pedal do acelerador;
- b) **Instrumentos práticos de treinamento:** Conjunto de ferramentas isoladas;
- c) **Teoria sobre o treinamento:** Remova o subconjunto nº 1 da proteção do painel de instrumentos. Remova a inserção nº 1 do console do piso frontal. Remova o conjunto do sensor do pedal do acelerador. Desconecte o conector do conjunto do sensor do pedal do acelerador. Remova as 3 porcas e o conjunto do sensor do pedal do acelerador (Figura 42);
- d) **Resultados do treinamento prático:** Aprender a remover do sensor do pedal do acelerador.

Figura 42 – Pedal do acelerador com indicação das porcas de fixação

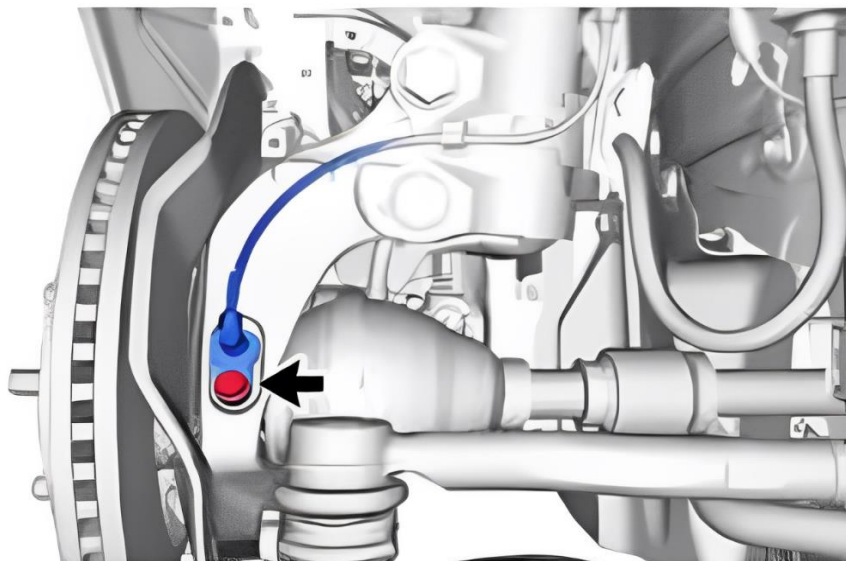


Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

5.2.6. Experimento Prático (HWC-6): Remoção do sensor de velocidade da roda dianteira.

- a) **Objetivo do treinamento prático:** Aprender a remover o sensor de velocidade da roda dianteira;
- b) **Instrumentos práticos de treinamento:** Conjunto de ferramentas isoladas;
- c) **Teoria sobre o treinamento:** Remova as rodas dianteiras. Separe as forrações de rodas dianteiras. Remova o sensor de velocidade da roda dianteira. Levante o forro do para-lama dianteiro. Desconecte o conector do sensor. Separe o clipe 1 da segunda forração. Separe o clipe da segunda forração. Remova os 2 parafusos e separe os 2 sensores de velocidade das braçadeiras das rodas dianteiras. Remova os parafusos e separe a mangueira flexível dianteira e o clipe do sensor de velocidade do conjunto do amortecedor dianteiro. Remova os parafusos e o sensor de velocidade da roda dianteira da manga de eixo, conforme a Figura 43;
- d) **Resultados do treinamento prático:** Aprender a remover do sensor de velocidade da roda dianteira.

Figura 43 – Pedal do acelerador com indicação das porcas de fixação



Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

5.2.7. Experimento Prático (HWC-7): Desmontagem e inspeção do amortecedor traseiro

- a) **Objetivo do treinamento prático:** Aprender a desmontar e inspecionar amortecedores traseiros, de forma independente;
- b) **Instrumentos práticos de treinamento:** Conjunto de ferramentas isoladas;
- c) **Teoria sobre o treinamento:** Desmontagem: Remova as rodas traseiras. Remova a tampa da viga longitudinal do lado esquerdo do piso traseiro. Remova a cobertura da viga longitudinal direita do piso traseiro. Remova a cobertura da viga longitudinal esquerda do piso traseiro. Remova a tampa da viga longitudinal do lado direito do piso traseiro. Afrouxe o conjunto do amortecedor traseira. Remova o conjunto de articulação da barra estabilizadora traseira. Separe o conjunto do amortecedor traseiro. Separe o conjunto do braço de controle superior traseiro. Desmonte o conjunto do amortecedor traseiro. Remova a tampa do amortecedor traseiro. Remova o conjunto de suporte da estrutura traseira. Verificar: Comprima e estique a haste do amortecedor traseiro 4 ou mais vezes.

Critério: Quando comprimida ou esticada a uma velocidade constante, a haste do amortecedor se desloca suavemente sem resistência ou ruído anormal. Quando esticada, a haste do amortecedor retorna à sua posição original a uma velocidade constante sem ruído anormal. Dica: Se houver alguma anormalidade, substitua o conjunto do amortecedor traseiro por um novo;

- d) **Resultados do treinamento prático:** Aprender a desmontagem e inspeção do amortecedor traseiro.

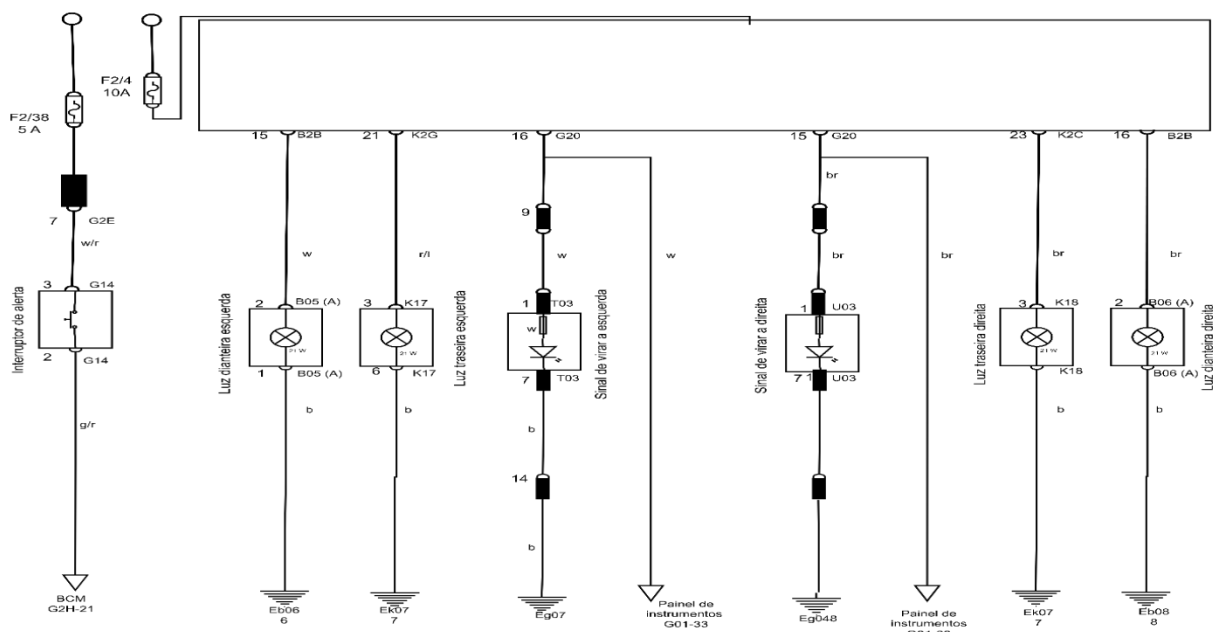
5.3. Experimentos práticos na bancada dos painéis - HWW

Os experimentos descritos nesta seção referem-se as práticas realizadas na bancada que contém os equipamentos eletrônicos do veículo Híbrido. Esta bancada é dividida em duas partes em forma de parede (wall), ou *Hybrid Workbench Wall* (HBW).

5.3.1. Experimento Prático (HWW-1): Medição de sinal de mudança (pisca) e análise de dados

- a) **Objetivo do treinamento prático:** Familiarização com o uso de diagramas de circuitos de manutenção;
- b) **Instrumentos práticos de treinamento:** Multímetro, Osciloscópio;
- c) **Teoria sobre o treinamento:** Verifique o diagrama do circuito na Figura 44. Coloque o interruptor em ON. Ligue a lâmpada do pisca-pisca. Multímetro na escala apropriada, conectado na linha de medição do sinal de pisca. A ponta de prova do osciloscópio deverá ser conectada ao ponto de teste da fiação do sinal de mudança de direção, para análise de forma de onda.
- d) **Resultados do treinamento prático:** Aprender os princípios e o controle dos circuitos de sinalização de mudança de faixa e realizar o correto diagnóstico.

Figura 44 – Diagrama elétrico do sinal de mudança (pisca)

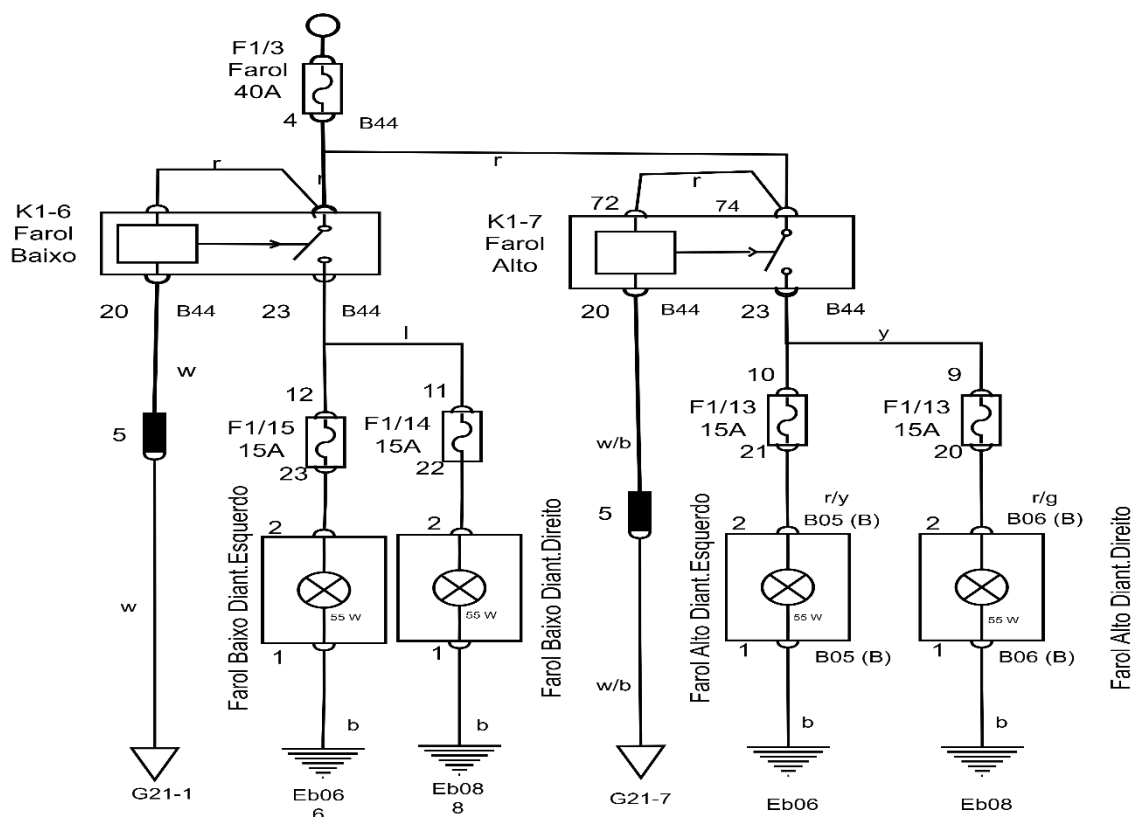


Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

5.3.2. Experimento Prático (HWW-2): Medição de farol baixo e análise de dados

- Objetivo do treinamento prático:** Conhecimento do uso de diagramas de fiação para reparo de farol baixo;
- Instrumentos práticos de treinamento:** Multímetro, Osciloscópio;
- Teoria sobre o treinamento:** Verifique o diagrama do circuito, na Figura 45. Coloque o interruptor em ON. Ligue o farol baixo. Coloque o multímetro na escala apropriada, conectando na linha de medição do farol baixo. A ponta de prova do osciloscópio está conectada ao ponto de teste do sinal de mudança de direção, para análise de forma de onda;
- Resultados do treinamento prático:** Aprender a diagnosticar e a ler diagramas e o funcionamento dos faróis baixos.

Figura 45 – Diagrama elétrico do farol baixo

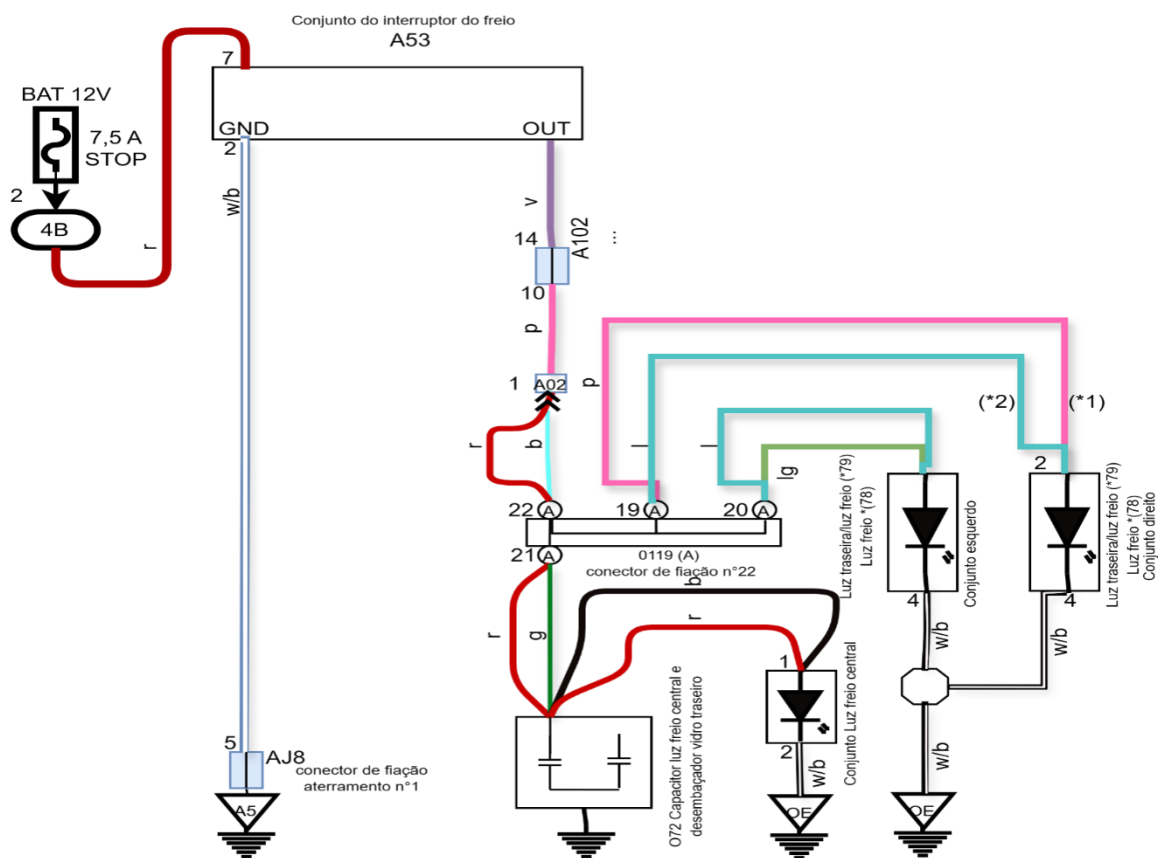


Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

5.3.3. Experimento Prático (HWW-3): Medição de luz de freio e análise de dados

- Objetivo do treinamento prático:** Uso do diagrama de ligação para reparo da luz de freio;
- Instrumentos práticos de formação:** Multímetro, Osciloscópio;
- Teoria sobre o treinamento:** Verifique o diagrama do circuito na Figura 46. Coloque o interruptor em ON. Pressione o freio para ligar a luz do freio. Multímetro digital na escala apropriada, conectado na linha de medição de freio. A ponta de prova do osciloscópio está conectada ao ponto de detecção da linha de sinal de freio, para análise da forma de onda;
- Resultados do treinamento prático:** Aprender os princípios dos circuitos de diagnóstico de luz de freio e como eles são controlados.

Figura 46 – Diagrama elétrico da luz de freio

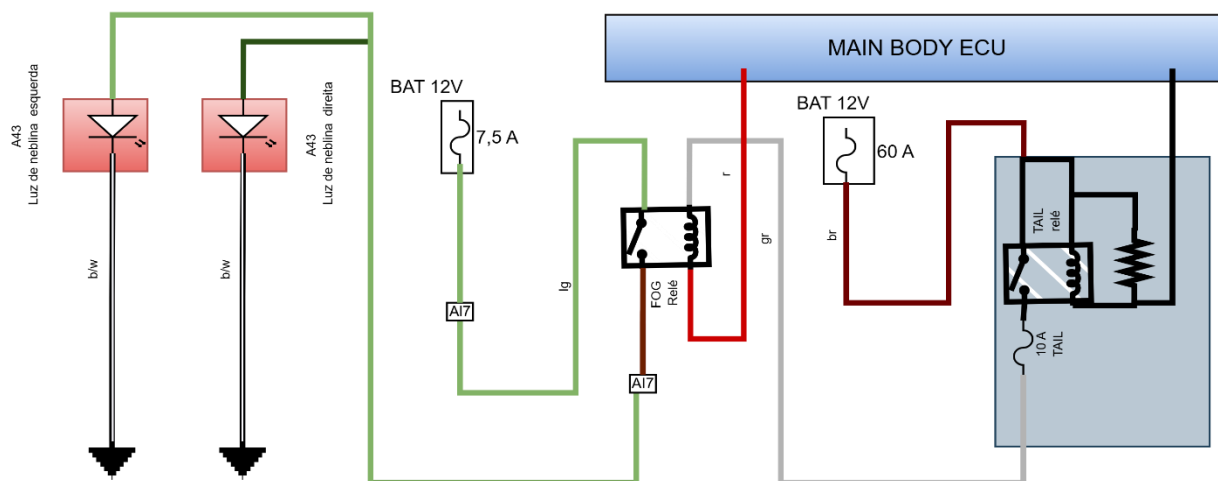


Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

5.3.4. Experimento Prático (HWW-4): Medição de faróis de neblina e análise de dados

- Objetivo do treinamento prático:** Detecção de faróis de neblina, medição de tensão de dados, medição de falhas;
- Instrumentos práticos de treinamento:** Multímetro, *scanner* automotivo;
- Teoria sobre o treinamento:** Verifique o diagrama do circuito na Figura 47. Coloque o interruptor em ON. O *scanner* de diagnóstico está conectado à porta OBD e o sistema é acessado de acordo com o modelo de veículo apropriado. Pressione o interruptor do farol de neblina para visualizar o fluxo de dados do farol de neblina. Multímetro digital na escala apropriada, conectado na linha de medição do farol de neblina;
- Resultados do treinamento prático:** Análise dos resultados da medição dos faróis de neblina para determinar a ocorrência de falhas.

Figura 47 – Diagrama elétrico dos faróis de neblina.

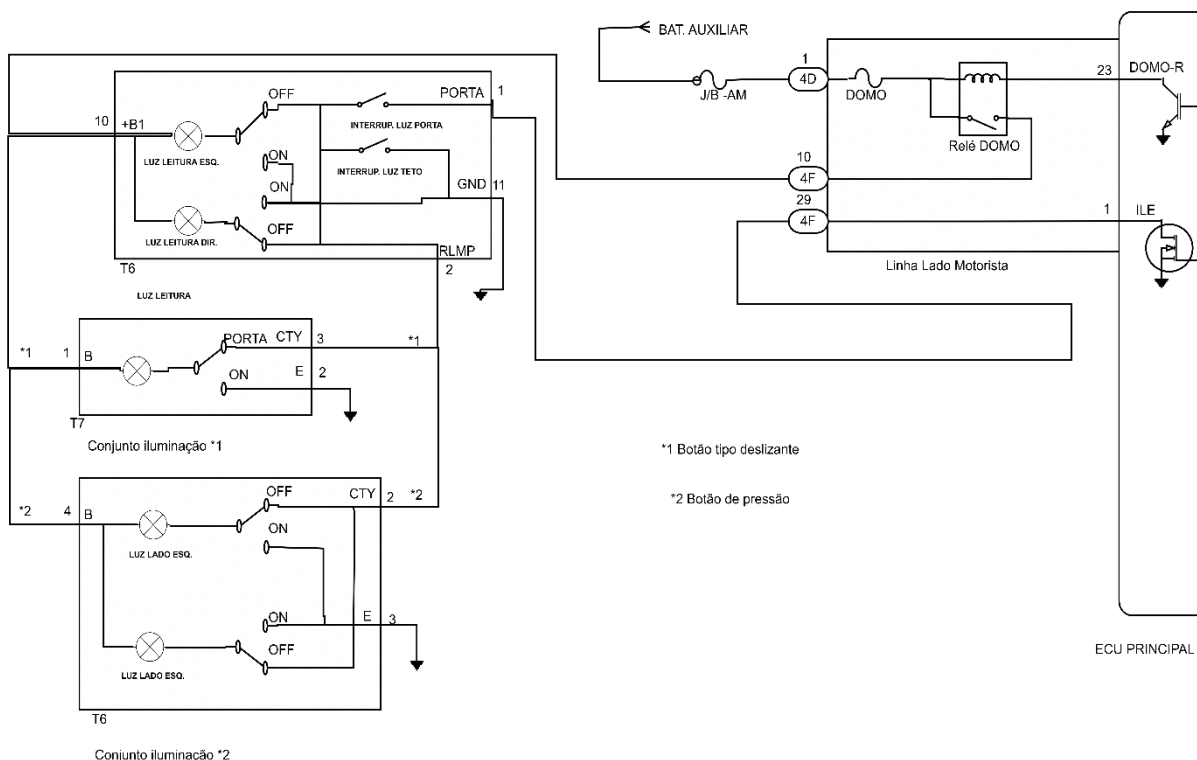


Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

5.3.5. Experimento Prático (HWW-5): Medição de luz de leitura e análise de dados

- Objetivo do treinamento prático:** Testar a tensão de dados da lâmpada de leitura e medir falhas;
- Instrumentos práticos de treinamento:** Multímetro, *scanner* automotivo;
- Teoria sobre o treinamento:** Verifique o diagrama do circuito (Figura 48). Coloque o interruptor em ON. O *scanner* de diagnóstico está conectado à porta OBD e o sistema é acessado de acordo com o modelo de veículo apropriado. Pressione o interruptor da luz de leitura para visualizar o fluxo de dados da luz de leitura. Multímetro na escala apropriada, conectado a medição da linha de luz de leitura;
- IV: Resultados do treinamento prático:** Análise dos resultados da medição da lâmpada de leitura para determinar a ocorrência de falhas.

Figura 48 – Diagrama elétrico da luz de leitura

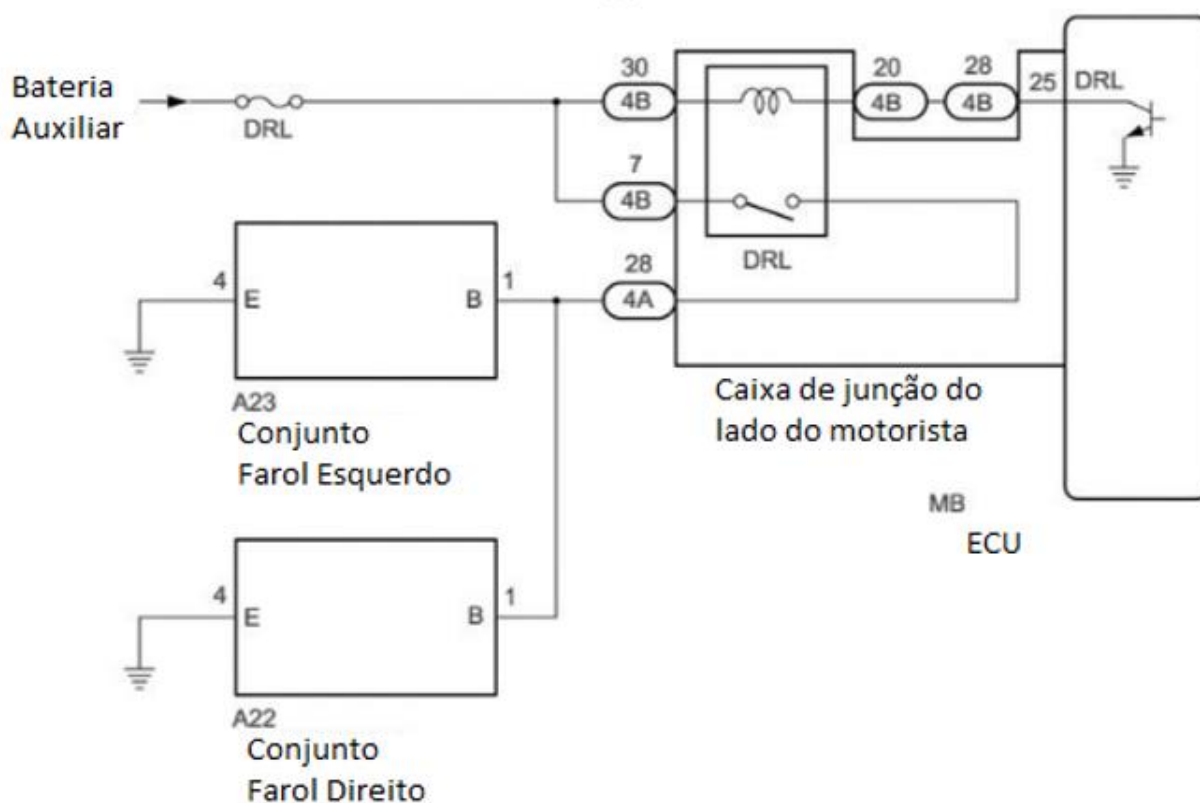


Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

5.3.6. Experimento Prático (HWW-6): Medição de faróis diurnos e análise de dados

- Objetivo do treinamento prático:** Testar a tensão e dados do farol e verificar falhas;
- Instrumentos práticos de treinamento:** Multímetro, *scanner* automotivo;
- Teoria sobre o treinamento:** Verifique o diagrama do circuito na Figura 49. Coloque o interruptor em ON. O *scanner* de diagnóstico está conectado à porta OBD e o sistema é acessado de acordo com o modelo de veículo apropriado. Pressione o interruptor do farol para visualizar o fluxo de dados do farol. Multímetro digital na escala apropriada, conectado na linha de medição do farol medição;
- Resultados do treinamento prático:** Analisar as medições de faróis e comparar tensões operacionais em vários casos.

Figura 49 – Diagrama de controle dos faróis diurnos



Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

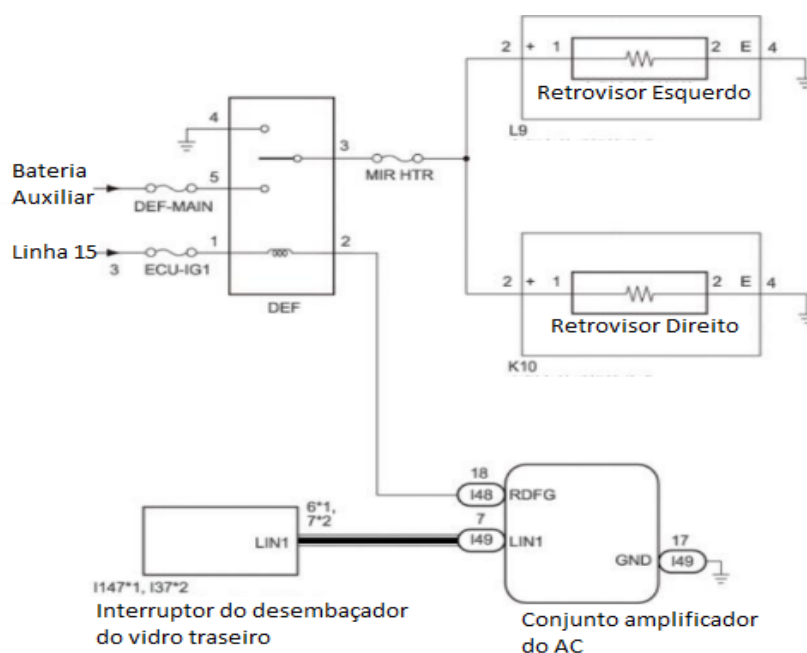
5.3.7. Experimento Prático (HWW-7): Medição de luz reversa e análise de dados

- Objetivo do treinamento prático:** Detectar a tensão de dados da luz de ré e medir se há algum mal funcionamento;
- Instrumentos práticos de treinamento:** Multímetro, *scanner* automotivo;
- Teoria sobre o treinamento:** Verifique o diagrama do circuito. Ligue o interruptor. O *scanner* de diagnóstico está conectado à porta OBD e o sistema é acessado de acordo com o modelo de veículo apropriado. Pressione o interruptor da luz de ré para visualizar o fluxo de dados. Multímetro na escala apropriada deve ser conectado na linha de medição do farol;
- Resultados do treinamento prático:** Análise dos resultados das medições de luz de ré para verificar e reparar de falhas.

5.3.8. Experimento Prático (HWW-8): Medição de espelhos retrovisores elétricos e análise de dados

- Objetivo do treinamento prático:** Detectar a tensão de dados do espelho retrovisor elétrico e substituir se ele estiver com mau funcionamento;
- Instrumentos práticos de treinamento:** Multímetro, *scanner* automotivo;
- Teoria sobre o treinamento:** Verifique o diagrama do circuito na Figura 50. Ligue o interruptor. O *scanner* de diagnóstico está conectado à porta OBD e o sistema é acessado de acordo com o modelo de veículo apropriado. Pressionar o interruptor do espelho retrovisor para visualizar o fluxo de dados. Multímetro na escala apropriada, conectado na linha de medição do espelho;
- Resultados do treinamento prático:** Analisar os resultados da medição dos espelhos elétricos para determinar a ocorrência de falhas.

Figura 50 – Diagrama elétrico dos retrovisores e desembaçador traseiro

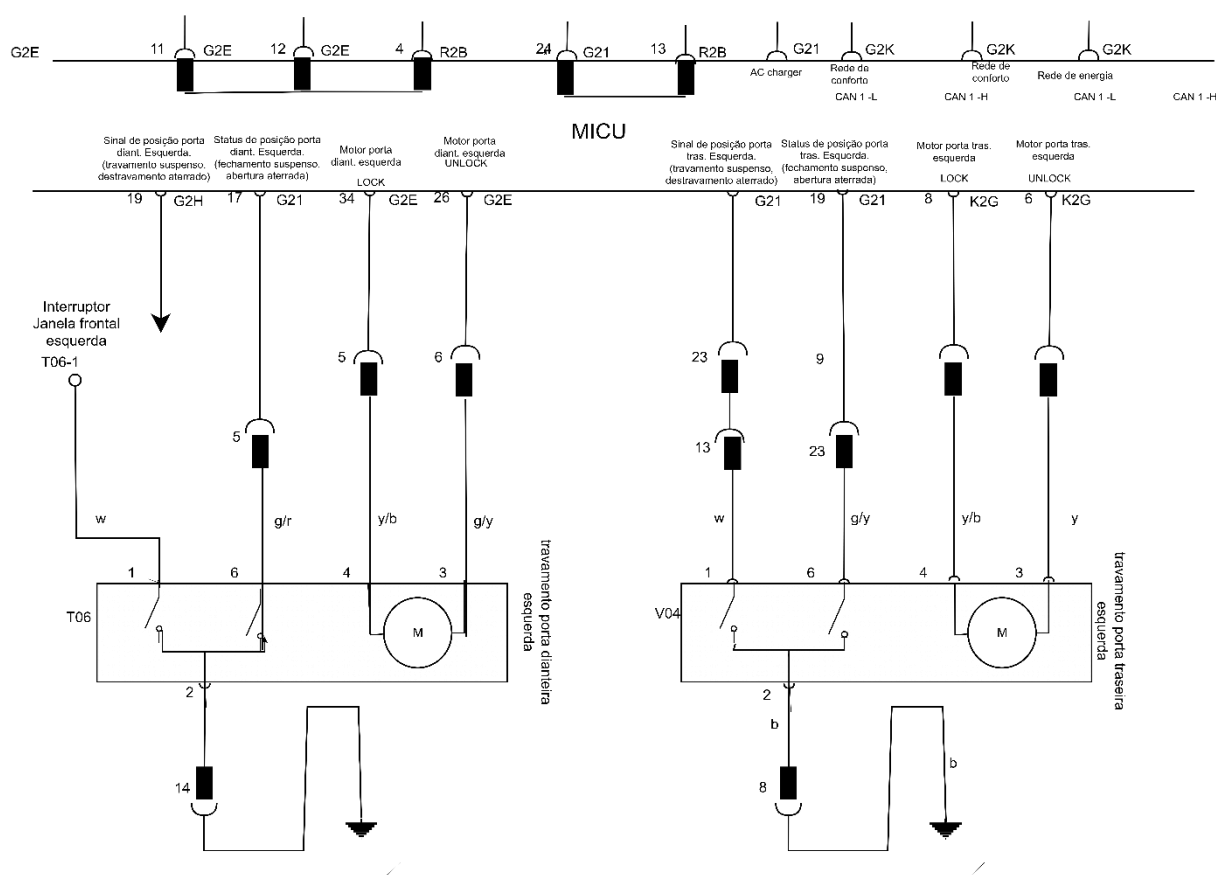


Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

5.3.9. Experimento Prático (HWW-9): Medição de fechadura central e análise de dados

- Objetivo do treinamento prático:** Familiarizar com o uso de diagramas de circuitos de manutenção;
- Instrumentos práticos de treinamento:** Multímetro, *scanner* automotivo;
- Teoria sobre o treinamento:** Verifique o diagrama do circuito na Figura 51. Ligue o interruptor. O *scanner* de diagnóstico está conectado à porta OBD e o sistema é acessado de acordo com o modelo de veículo apropriado. Pressione o interruptor de travamento central da porta para visualizar o fluxo de dados. Multímetro na escala apropriada, conectado na linha de medição do farol;
- Resultados do treinamento prático:** Análise das medições do atuador da fechadura central da porta para determinar falhas.

Figura 51 – Diagrama elétrico de travamento de portas



Fonte: Adaptado de BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP (2024).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que os veículos híbridos têm um papel extremamente importante na redução de emissões e/ou descarbonização, e conseqüentemente no processo de transição energética, por isso é necessário um conhecimento aprofundado de como é o funcionamento destes.

Para tanto, o profissional deve conhecer cada peculiaridade do veículo em que estiver trabalhando e, neste estudo, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis, que é referência no ensino técnico e superior, proporcionou este significativo aprendizado, por meio da implantação de bancadas do Toyota híbrido Corolla, da *Beifang*, as quais foram e são extremamente úteis para formação pessoal e especializada do acadêmico.

Essa demanda de profissionais especializados na área se dá pelo crescimento em formato exponencial de vendas dos VEs e VEHs e, de certa forma, exige que a formação de profissionais seja acelerada na mesma proporção.

A pesquisa nos informa que, para a realização de manutenção nestes veículos, faz-se necessário o conhecimento acerca das tipologias supracitadas e o funcionamento dos componentes aqui descritos.

Outro ponto de relevância, extraído do projeto, é que os procedimentos nas bancadas do motor, do chassi e as do tipo “wall” devem ser executadas com detalhamento e, se necessário, tais execuções das atividades devem ser atualizadas conforme a efetivação e repetição desses procedimentos.

É importante salientar que nesse trilhar de pesquisa e estudo houve uma certa dificuldade de transcrição e tradução dos procedimentos originais da *Beifang*, pois ora estavam escritos em inglês, ora em chinês e com pouca qualidade gráfica, o que certamente despendeu tempo e dedicação.

Para sugestão de trabalhos futuros, indica-se a criação de novos procedimentos para verificação de alta tensão, incluindo cabeamento, contadores principais e funcionamento dinâmico do veículo. Ainda, quanto às emissões, podem ser realizadas pesquisas utilizando-se as diferentes topologias de VEHs e sua correlação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABVE. **10 mil em novembro, e novo recorde a caminho**. ABVE, 7 de dezembro de 2023. Disponível em: <http://www.abve.org.br/em-novembro-eletrificados-superam-10-mil-previsao-de-novo-recorde-em-dezembro/>. Acesso em: 14 dez 2023.

ANFAVEA. Anuário Anfavea. 2024 Disponível em: ANFAVEA-ANUARIO-DIGITAL-2024-NOVOATUALIZADOalta_compressed.pdf Acesso em: 14 jul 2024.

AOXIA, C.; SEN, P. K. **Advancement in Battery Technology: A State-of-the-Art Review**. IEEE Industry Applications Society Annual Meeting ,Portland, out. 2016. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7731812>. Acesso em: 05 fev. 2024.

BEIFANG VOCATIONAL EDUCATION GROUP. **Toyota Corolla whole car electrical practical training contents**. Disponível em: <https://www.beifangedu.com/>. Acesso em: 05 fev. 2024.

BOSCH, Robert. **CAN Protocols**. Disponível em: <https://www.bosch-semiconductors.com/ip-modules/can-protocols/>. Acesso em: 09 abr 2024.

BRAGA, G. **Converte recebe bancadas didáticas de Mobilidade Elétrica**. IFSC, Florianópolis, 24 de julho de 2023. Disponível em: <https://www.ifsc.edu.br/web/noticias/w/converte-recebe-bancadas-didaticas-de-mobilidade-eletrica>. Acesso em: 09 dez 2023.

CAIXINHA, Carolina. II. **Categorias de veículos híbridos e elétricos**, Green Future-AutoMagazine, 20 de julho de 2020. Disponível em: <https://greenfuture.pt/2020/07/20/ii-categorias-de-veiculos-hibridos-e-eletricos/>. Acesso em: 11 jul 2024.

CHAVEZ, Ivan. **Batería híbrida toyota “prius c” y sus niveles de energía**. Taaet Eletronics, 2020. Disponível em: <https://www.taaetcom.app.exur.com/news-taaet-blog/bateria-hibrida-toyota-prius-c-y-sus-niveles-de-energia>. Acesso em: 19 dez 2024.

CHEVROLET. **2024 Chevy Volt Review, MSRP, Especificações**. Disponível em: <https://chevroletengineneeds.com/2024-chevy-volt-review/>. Acesso em: 20 maio 2024.

COLE, Jay. **Finally: next generation 2016 chevrolet volt debuts - full specs**. Insideevs, 2015. Disponível em: <https://insideevs.com/news/324275/finally-next-generation-2016-chevrolet-volt-debuts-full-specs/>. Acesso em: 05 abr. 2024.

ETENGOFF, Aharon. **What is an EV battery state of charge (SOC)?**. Disponível em: <https://www.evenengineeringonline.com/what-is-an-ev-battery-state-of-charge-soc/>. Acesso em: 30 ago. 2024.

HANSELMAN, D. D. **Brushless Permanent Magnet Motor Design**. Magna Physics Publishing, 2006. ISBN 1-881855-15-5.

IBERDROLA. **O veículo elétrico: uma viagem por mais de 200 anos de história.** Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/historia-carro-eletrico>. Acesso em: 10 jun 2024.

KYODO. **Toyota to sell ethanol-fueled hybrids in Brazil**, The Japan Times. 20 de março de 2018. Disponível em: <https://www.japantimes.co.jp/news/2018/03/20/business/corporate-business/toyota-sell-ethanol-fueled-hybrids-brazil/>. Acesso em: 11 jun 2024.

LEITE, Rafael F. de S. **Validação de uma Nova Topologia de Carregador de Baterias para um Veículo Elétrico para Operação no Contexto de Smart Grids.** 2018. 219 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrônica Industrial e Computadores) – Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2018.

LOUREIRO, Rodrigo. **Pioneira dos híbridos, Toyota faz sua maior aposta em carros elétricos.** Capital Reset, 2021. Disponível em: <https://capitalreset.uol.com.br/transicao-energetica/transportes/pioneira-e-entusiasta-dos-hibridos-toyota-faz-sua-maior-aposta-nos-carros-totalmente-eletricos/>. Acesso em: 06 dez 2023.

MERA, Zamir; BIEKER, Georg; REBOUÇAS, Ana Beatriz; CIEPLINSKI, André. Comparação das emissões de gases de efeito estufa no ciclo de vida de carros de passeio a combustão e elétricos no Brasil. **International Council on Clean Transportation**, 2023. Disponível em: <https://theicct.org/publication/comparacao-das-emissoes-de-gee-ao-longo-do-ciclo-de-vida-de-motores-de-combustao-flex-e-eletricos-veiculos-de-passageiros-brasil-oct23/>. Acesso em: 18 jul. 2024.

MERCADO LIVRE. **Bomba D'água Elétrica Prius 1.8 Hybrid 136cv Original Starke.** Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br>. Acesso em: 14 jul. 2024.

MERCEDES-BENZ. **Bertha Benz. Founder and pioneer.** Disponível em: [Mercedes-Benz: Bertha Benz](#). Acesso em: 18 maio 2023a.

MERCEDES-BENZ. **Mercedes-Benz Vision EQXX leva a autonomia elétrica a um novo patamar.** Disponível em: <https://www.mercedes-benz.com.br/institucional/imprensa/releases/automoveis/2022/1/23842-mercedes-benz-vision-eqxx-leva-a-autonomia-eletrica-a-um-novo-patamar/>. Acesso em: 18 maio 2023b.

NADINE, N. **Hybrid Varianten. Hybrids-auto.** Info, 2017. Disponível em: <https://www.hybrid-autos.info/technik/hybrid-varianten.html>. Acesso em: 06 dez 2023.

NEOCHARGE. **Como funciona o motor de um carro elétrico.** Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/motor-como-funciona>. Acesso em: 30 ago. 2024.

NOVAIS, Celso R. B. de. **Mobilidade elétrica: Desafios e oportunidades.** Caderno Opinião, 2016. Disponível em: https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/19217/Celso%20Novais_Mobilidade%20Eletrica.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 25 maio 2022.

RABELO, Laerte. **Rede CAN: o que é e como funciona?** Simplo, 2022. Disponível em: <https://blog.simplusbr.com/rede-can/>. Acesso em: 05 jun. 2024.

RUFFO, Gustavo H. **O drama dos motores a combustão - Por que todo mundo já admite que o futuro é elétrico** Kelley Blue Book, 2017. Disponível em: <https://www.kbb.com.br/detalhes-noticia/drama-motor-combustao-eficiencia/?ID=124>. Acesso em: 30 ago. 2024.

SANTOS, Max M. D. **Veículos elétricos e híbridos: fundamentos, características e aplicações**. São Paulo: Érica, 2020.

STELLANTIS. **RENEGADE 4XE: THE JEEP® TAKE ON THE PLUG-IN HYBRID**. Jeep/Stellantis, 2020. Disponível em: https://www.media.stellantis.com/uk-en/jeep/press/renegade-4xe-the-jeep-take-on-the-plug-in-hybrid?adobe_mc_ref=. Acesso em: 10 jun. 2024.

TESLA. **Roadster: O carro mais rápido do mundo com recorde de aceleração, autonomia e desempenho**. Disponível em: https://www.tesla.com/pt_PT/roadster. Acesso em: 19 maio 2023.

ULTIMATESPECS. **Ficha Técnica de Jeep Renegade 2019 4xe 240 PHEV**. Disponível em: https://www.ultimatespecs.com/pt/car-specs/Jeep/120774/Jeep-Renegade-2019-4xe-240-PHEV.html#google_vignette. Acesso em: 11 maio 2024.

UOL. **Toyota Corolla 2021 tem promoção com parcelas a partir de R\$ 899**. Disponível em: <https://motor1.uol.com.br/news/452305/toyota-corolla-2021-tem-promocao-parcelas-899/>. Acesso em: 30 ago. 2024.

WILHER, V. **Evolução dos preços de combustíveis no Brasil**, Análize Macro, 24 de março de 2022. Disponível em: <https://Análizemacro.com.br/economia/comentario-de-conjuntura/evolucao-dos-precos-de-combustiveis-no-brasil/>. Acesso em: 14 dez 2023.