

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PAULO DONIZETE RIBEIRO ANTUNES

**VEÍCULOS ELÉTRICOS,
FUNCIONAMENTO E SEUS BENEFÍCIOS**

LAGES

2018

PAULO DONIZETE RIBEIRO ANTUNES

**VEÍCULOS ELÉTRICOS,
FUNCIONAMENTO E SEUS BENEFÍCIOS**

Trabalho de graduação apresentado na disciplina de TCC do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário UNIFACVEST.

Prof. Franciéli Lima de Sá

LAGES

2018

PAULO DONIZETE RIBEIRO ANTUNES

**VEÍCULOS ELÉTRICOS, FUNCIONAMENTO E SEUS
BENEFÍCIOS**

Trabalho de graduação apresentado na
disciplina de TCC do curso de
Engenharia Elétrica do Centro
Universitário UNIFACVEST.

Prof. Franciéli Lima de Sá

Lages, SC ___/___/2018. Nota _____

LAGES

2018

Monografia apresentada ao Centro Universitário Facvest – UNIFACVEST, como requisito necessário para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Paulo Donizete Ribeiro Antunes
NOME DO ALUNO

Veículos Elétricos – Funcionamento e Seus Benefícios.
TÍTULO DO TRABALHO

BANCA EXAMINADORA:

Francieli Lima de Sá Dra.
Titulação e nome do Orientador(a)

Adriano Latorre
Titulação e nome do Avaliador (a).

Msc Silvio Moraes de Oliveira
Titulação e nome do Avaliador (a).

Francieli Lima de Sá, Dra.
Coordenador (a) Prof. (a). Titulação e nome da Coordenador (a).

Lages, 12 de dezembro de 2018.

VEÍCULOS ELÉTRICOS, FUNCIONAMENTO E SEUS BENEFÍCIOS

Paulo Donizete Ribeiro Antunes ¹

Prof. Franciéli Lima de Sá²

RESUMO

Um dos grandes problemas ambientais que afeta diretamente a todos é a emissão de gases poluentes na atmosfera. Os automóveis que utilizam combustíveis fósseis são um dos principais contribuintes para esse agravante. Sendo assim, automóveis movidos à energia elétrica são considerados como uma das melhores soluções para este problema.

Este trabalho apresenta uma visão sobre o futuro automobilístico nacional e mundial, onde será abordado o tema de veículos elétricos e seus benefícios para um mundo melhor e as novas tecnologias envolvendo esse tema.

Palavras-chave: veículos elétricos, economia de energia, sustentabilidade.

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Elétrica 10^a fase, Disciplina de TCC , do Centro Universitário UNIFACVEST.

² Professora e coordenadora do curso de Engenharia Elétrica

ELECTRIC VEHICLES, FUNCTIONING AND THEIR BENEFITS

Paulo Donizete Ribeiro Antunes ¹

Teacher. Franciéli Lima de Sá²

ABSTRACT

One of the biggest environmental problems that directly affects all the polluting gases in the atmosphere. The vehicles that are used are the main contributors to this aggravating. Therefore, cars powered by electric power are considered as one of the best solutions to this problem.

The work presents a vision about the future of the national and world automobile, where the theme of electric vehicles and their benefits for a better world and as the first technologies related to the theme will be addressed.

Keywords: electric newspapers, energy saving, sustainability.

¹ Academic of the course of Electrical Engineering 10^a phase, Discipline of CBT, of the University Center UNIFACVEST.

² Teacher and coordinator of the Electrical Engineering course.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Automóvel elétrico P1.....	16
Figura 2-Funcionamento carro hibrido.....	18
Figura 3-Veículo hibrido plug-in (PHEV).	19
Figura 4-Chassi Carro tesla modelo 3 (VEB).	20
Figura 5-Troleibus para transporte público.	21
Figura 6-Caminhão modelo Semi da Tesla motors.	22
Figura 7-Diagrama de blocos com motores utilizados em automóveis.....	25
Figura 8-Motor cc e suas partes.	26
Figura 9-Motor assíncrono de indução.....	27
Figura 10-Motores de ímãs permanente.	28
Figura 11-Motor CA de relutância comutada.....	30
Figura 12-Motor em roda, usado em uma bicicleta.....	31
Figura 13-Motor em roda utilizado em um carro.	32
Figura 14-Modelo de resfriamento de um motor.	34
Figura 15-Bloco funcionamento do sistema em blocos.	35
Figura 16-Eschema de controle veículo elétrico.	37
Figura 17-Inversor de frequência Bosch.	38
Figura 18-Sistema de conversor.	42
Figura 19-Posto de carregamento tesla motors.	50
Figura 20-Carro com célula fotovoltaica.....	51
Figura 21-Carro com carregamento através de indução eletromagnética.	52
Figura 22-Tipo de conexão de carregamento modelo SAE J1772 tipo 1.....	54
Figura 23-Tipo de conexão de carregamento modelo IEC 62196 tipo 2.	54
Figura 24-Ciclo de otto.....	56
Figura 25-Ciclo de motor Diesel.	57
Figura 26 Diferença motor elétrico versus motor a combustão.	58
Figura 27 Motor desenvolvido pela Siemens.	61
Figura 28 Bolt, carro 100% elétrico produzido pela Chevrolet.	62

Figura 29 Nissan Leaf em exposição.	63
Figura 30 Zoe VE produzido pela Renault.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Avaliação de motores.....	333
Tabela 2-Avaliação de Baterias.....	499
Tabela 3-Comparação de rendimento de motores a combustão e elétrico.	588
Tabela 4-Comparação entre veículo a combustão e elétrico.....	655

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.1.1 Geral.....	13
1.1.2 Específicos.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
1.3 METODOLOGIA.....	14
2 HISTÓRICO DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	15
2.1 INTRODUÇÃO.....	15
2.2 TIPOS DE VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	18
2.3 QUESTÕES AMBIENTAIS.....	22
3 MOTORES ELÉTRICOS.....	24
3.1 INTRODUÇÃO.....	24
3.2 MOTOR CC (COM ESCOVA).....	25
3.3 MOTORES ASSÍNCRONOS DE INDUÇÃO.....	26
3.4 MOTORES CA SÍNCRONOS DE IMÃS PERMANENTES (PMAC).....	28
3.5 MOTOR CA DE RELUTÂNCIA COMUTADA.....	29
3.6 MOTORES NA RODA.....	30
3.7 AVALIAÇÃO DOS MOTORES.....	32
3.8 RESFRIAMENTO DO MOTOR.....	33
4 ACIONAMENTOS ELÉTRICOS.....	35
4.1 INTRODUÇÃO.....	35
4.2 INVERSOR.....	36
4.3 CONVERSORES.....	39
5 ARMAZENAMENTO DE ENERGIA.....	44
5.1 INTRODUÇÃO.....	44
5.2 BATERIA CHUMBO-ÁCIDO.....	44
5.3 BATERIA DE NÍQUEL-CÁDMIO.....	45
5.4 BATERIA NÍQUEL-FERRO.....	46
5.5 BATERIA DE ÍONS DE LÍTIO.....	47

5.6 BATERIA DE GRAFENO	48
5.7 AVALIAÇÃO DAS BATERIAS.....	49
5.8 CARREGAMENTO DE BATERIA	49
6 COMPARAÇÃO ENTRE MOTOR ELÉTRICO E MOTOR A COMBUSTÃO	55
6.1 INTRODUÇÃO.....	55
6.2 ECONOMIA	59
6.3 MERCADO NACIONAL DE CARROS ELÉTRICOS	62
6.4 ELETROVIAS NO BRASIL	65
7 CONCLUSÃO.....	67
8 REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA	68

1. INTRODUÇÃO

O progresso do nosso planeta está diretamente ligado com o consumo de energia. Principalmente em países em desenvolvimento, onde um dos combustíveis mais usados é o petróleo, seguido por carvão e o gás natural.

Com o passar das décadas um dos grandes problemas ambientais, que vem sendo discutido, é a utilização de combustíveis fósseis. Os principais agravantes desses combustíveis é a emissão de gases poluentes como CO₂ (dióxido de carbono). Outro problema que temos relacionado ao petróleo é o fato de tratar-se de uma fonte de energia não renovável, ou seja, o petróleo vai acabar um dia, e o que vamos fazer sem a matéria prima de produtos como diesel, gás, gasolina, lubrificantes, nafta, óleo combustível e querosene de aviação? Por isso o desenvolvimento de matrizes energéticas renováveis tem entrado com grande força em discussão.

O setor de transporte é um dos grandes consumidores desses combustíveis fósseis, por isso os automóveis elétricos têm entrado em foco nos últimos 20 anos, é um dos principais meios de diminuirmos esse agravante (HOYER, 2008).

Entre as vantagens do uso do carro elétrico estão à diminuição dos resíduos poluentes. Mesmo com a utilização de outras fontes de energia como as usinas termoelétricas concentramos a emissão de gases poluentes apenas na fonte geradora. E, em caso de fontes renováveis as vantagens são muito grandes. Outros benefícios são a melhor eficiência energética e menor custo com manutenção do veículo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

O objetivo geral desse trabalho é mostrar o funcionamento dos automóveis elétricos e seus principais benefícios, começando pelo contexto histórico dos veículos elétricos onde será abordado como surgiu o primeiro veículo elétrico, seus benefícios para o meio ambiente e os principais componentes utilizados em sua montagem, como os tipos de motores e baterias mais empregados.

1.1.2 Específicos

Dentre os principais objetivos podemos citar:

- A presença de um mercado nacional de carros elétricos;
- Apresentar um estudo sobre os principais motores utilizados em carros elétricos;
- Apresentar um estudo sobre as baterias;
- Comparação entre os motores a combustão e elétricos;

1.2 JUSTIFICATIVA

As emissões de gases de efeito estufa de carros e motos aumentaram no Brasil nas últimas duas décadas em um crescimento de 192% entre 1994 e 2014. Os números são de um relatório elaborado pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente (Iema), com base nos dados do Sistema de Emissão de Gases de Efeito Estufa (Seeg). Com base nesses dados e na questão de dependência dos carros a combustão pela utilização de

combustível não renovável, levantamos a importância dos carros elétricos para um futuro mais limpo e eficiente, e a relevância do estudo de novas maneiras de reduzir e acabar com a emissão de gases poluentes na atmosfera, algo que prejudica o meio ambiente e a saúde de quem vive nos grandes centros urbanos.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia desse trabalho será pesquisa qualitativa e estudo bibliográfico para realizar uma revisão do tema levantando dados e informações para agregação de conhecimento.

No primeiro capítulo será feito um levantamento bibliográfico mostrando a história dos veículos elétricos, dos primeiros veículos até os mais modernos fabricados.

Nos capítulos adiante será mostrado os principais tipos de veículos elétricos. Falaremos também sobre os motores utilizados em veículos elétricos. Nesse capítulo será feito um levantamento de qual o melhor motor para ser utilizado, esse levantamento foi feito utilizando alguns estudos sobre motores.

Como no capítulo anterior, usando a mesma metodologia será aplicado com as baterias, procurando como resultado a melhor bateria a ser utilizada.

Por último será feita uma comparação entre os motores elétricos, levando em conta, potência e economia dos automóveis a combustão e elétricos. Nesse capítulo também abordaremos o mercado nacional de carros elétricos.

2 HISTÓRICO DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS

2.1 INTRODUÇÃO

Os carros elétricos não são uma invenção recente. Eles foram introduzidos no mercado automobilístico a mais de 100 anos atrás. No início do século, inventores e inovadores começaram a utilizar com o conceito de veículos movidos a bateria e criaram alguns dos primeiros carros elétricos de pequena escala. No mesmo período, Robert Anderson, um inventor britânico, desenvolveu a primeira carruagem elétrica, sendo que nos meados do século XIX foram os inventores franceses e ingleses que começaram a construir alguns dos primeiros carros elétricos práticos (HOYER, 2008).

Nos EUA, o primeiro carro elétrico de sucesso fez sua estreia por volta de 1890, graças a William Morrison, um químico que morava em Des Moines, Iowa. Seu veículo de seis passageiros capaz de atingir uma velocidade máxima de 14 quilômetros por hora não era muito veloz, mas acabou despertando interesse em veículos elétricos (MATULKA, 2014).

Ao passar dos anos, veículos elétricos de diferentes montadoras começaram a surgir em toda a cidade de Nova York, nos Estados Unidos, e até possuía uma frota com mais de 60 táxis elétricos. Em 1900, os carros elétricos estavam em seu auge, respondendo por cerca de um terço de todos os veículos na estrada. Durante 10 anos eles continuaram tomando espaço nas vendas de automóveis (BARAN, 2018).

Para entender a popularidade dos veículos elétricos para essa época temos que ver o panorama, pois no início do século, o cavalo ainda era o principal meio de transporte, porém com a grande prosperidade nos EUA as pessoas queriam os veículos recém-inventados como os veículos a vapor, gasolina e os elétricos (MATULKA 2014).

Um dos carros desenvolvido nessa época foi o P1, criado por Ferdinand Porsche mostrado na Figura 1.

Figura 1-Automóvel elétrico P1.



Fonte: (MATULKA 2014)

Portanto em 1908 foi introduzido no mercado o modelo T um automóvel a gasolina produzido por Henry Ford, esse foi o golpe fatal para os carros elétricos, pois o modelo T custava na época US \$ 650, enquanto um carro elétrico custava US \$ 1.750, outra inovação do modelo T foi a partida elétrica, pois antes dele para dar a partida era usado uma manivela. Com cada vez mais estradas e a necessidade de locomoção em lugares com maior distancia e também o preço do combustível relativamente barato, os carros elétricos caíram no esquecimento (MATULKA, 2014).

Com a preocupação com o meio ambiente e leis mais rigorosas de emissão de gases como CO₂, os carros elétricos voltaram a tomar destaque novamente. Em 1997 foi lançado o Prius que se tornou o primeiro carro Híbrido produzido em massa (MATULKA, 2014).

Outro evento que ajudou para que a popularidade dos carros elétricos aumentasse foi o anúncio em 2006 de que uma pequena empresa do Vale do silício, a Tesla motors, iria começar a produzir um carro esportivo elétrico de luxo que poderia percorrer mais de 320 quilômetros com uma única carga. Em 2010, a Tesla recebeu um empréstimo de US \$ 465 milhões do departamento de programas de empréstimo de energia. A Tesla se tornou a maior empresa automobilística da Califórnia e tem produzido carros cada vez mais tecnológicos e mais eficientes (MATULKA, 2014).

Veículos elétricos (VEs ou EVs, da sigla em inglês Electric Vehicles) são aqueles que utilizam um ou mais motores elétricos, em parte ou completamente, para propulsão. O combustível dos veículos elétricos é a eletricidade, que pode ser obtida de diferentes maneiras: conectando diretamente à fonte externa de eletricidade, por meio de plugs ou utilizando cabos aéreos; recorrendo ao sistema de indução eletromagnética; a partir da reação do hidrogênio e oxigênio com água em uma célula de combustíveis ou por meio da energia mecânica de frenagem (frenagem regenerativa, ao se frear o veículo). Essa eletricidade, em seguida, é armazenada em baterias químicas que alimentam o motor elétrico (COSTA, 2013).

Embora a família de VEs seja diversificada, este estudo focará em veículos elétricos rodoviários leves (veículos de passeio), para o transporte de passageiros. Os VEs fazem parte do grupo de veículos denominados “emissões zero”, pois quase não emitem poluentes (atmosférico e sonoro) na sua utilização. Além disso, a eficiência (capacidade do motor de gerar trabalho) de seus motores pode chegar a 80%, o que os torna muito mais eficientes do que os veículos equipados com motores à combustão interna, cuja eficiência energética situa-se entre 12% e 18% (DELGADO, COSTA et al. 2017).

2.2 TIPOS DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

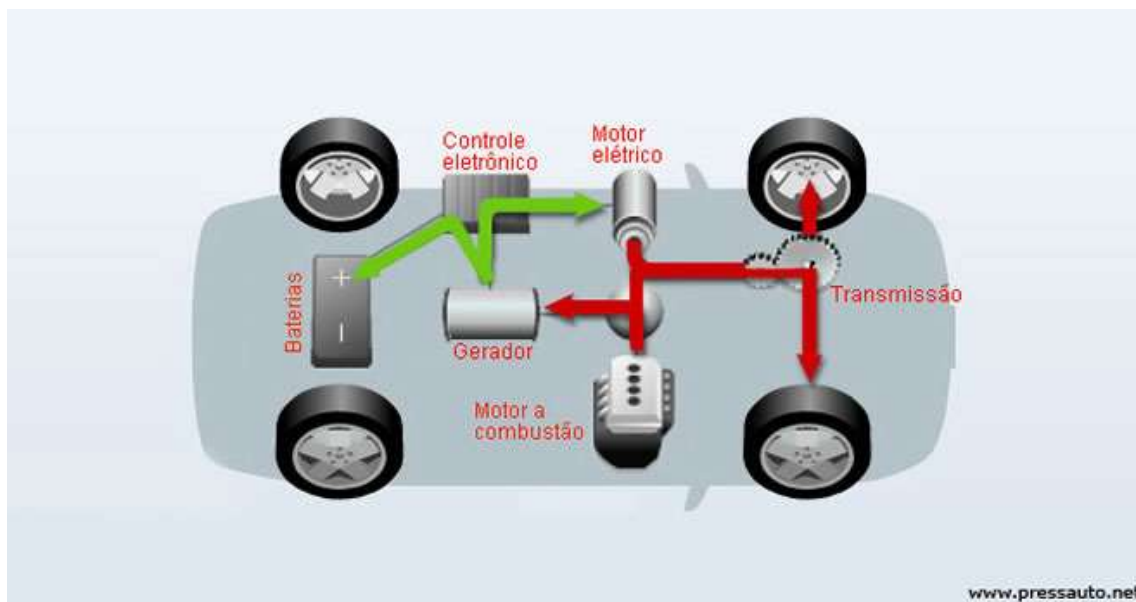
Veículos elétricos (VE) são automóveis movidos por um ou mais motores elétricos, podem ser classificados em algumas categorias. Os principais tipos de veículos elétricos são:

- Veículos elétricos híbridos (HEVs)

HEVs possuem dois tipos de motor, são eles o motor a combustão e o elétrico, a energia elétrica usada para carregar as baterias do carro é gerada pelo próprio carro, usando a frenagem regenerativa, esse processo ocorre quando é acionado o freio.

HEVs no início do funcionamento do carro utiliza o motor elétrico, e quando é preciso de uma alta potência, aciona o motor a combustão, esse processo é todo automatizado controlado pelo computador interno do carro, na Figura 2 podemos ver um modelo de carro híbrido (INEE, 2010).

Figura 2-Funcionamento carro híbrido.

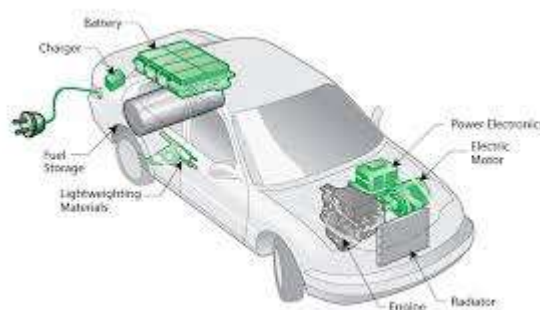


Fonte: (<https://industria hoje.com.br/o-que-e-e-como-funcionam-os-carros-hibridos>)

- Veículos elétrico híbridos plug-in (PHEVs).

Também como os HEVs, os PHEVs utilizam dois tipos de motores, um motor a combustão e outro elétrico, o diferencial dos PHEVs é a possibilidade de carregar as baterias em tomadas ou em postos de carregamento de carros elétricos. Na Figura 3 temos um PHEVs (INEE, 2010).

Figura 3-Veículo híbrido plug-in (PHEV).



Fonte: (<http://www.verdesobrerodas.com.br/2016/03/entenda-as-diferencas-entre-um-veiculo.html>)

- Veículos elétricos a bateria (VEBs).

Os VEBs são veículos que usam apenas motor elétrico, e por esse motivo não há nos VEBs tanque de combustível nem cano de descarga. São também conhecidos como veículos plug-in, pois para carregarem suas baterias utilizam a tomada ou postos de carregamento, esses modelos também usam o freio regenerativo para otimizar sua autonomia (INEE, 2010).

Na Figura 4 podemos ver um chassi de um automóvel inteiramente elétrico, nessa figura mostra um VEB do modelo da Tesla.

Figura 4-Chassi Carro tesla modelo 3 (VEB).



Fonte: (<https://veiculoelétrico.blog.br/2014/12/tesla-iniciara-programa-piloto-de-troca.html>)

- VE ligado a rede ou troleibus.

Esse tipo de veículo geralmente é usado no transporte urbano, a energia provém da própria rede de distribuição e para conexão entre a rede e o VE utiliza-se hastes. No Brasil temos esse tipo de VE no estado de São Paulo. Na Figura 5 vemos um exemplo desse tipo de (VE INEE, 2010).

Figura 5-Troleibus para transporte público.



Fonte:<http://www.abcdoabc.com.br/caderno/troleibus-considerado-modelo-novos-projetos-51316>

Ainda temos os veículos de carga movidos a energia elétrica, um exemplo desse tipo de veículo é o modelo semi da montadora tesla motors, que tem como capacidade de carga 36,3 toneladas e uma autonomia de 805km, esse caminhão será equipado com quatro motores elétricos gerando mais de 1000cv (TESLA, 2018).

Esse modelo de caminhão ainda não está rodando, mas a montadora divulgou que sua produção começará em 2019. A empresa já permite fazer a reserva para este, o preço de partida para o modelo mais simples será de US\$ 150 mil. Na Figura 6 podemos ver o caminhão Semi (TESLA, 2018).

Figura 6-Caminhão modelo Semi da Tesla motors.



Fonte: (<https://www.investireoggi.it/motori/tesla-semi-truck-sound-da-formula-1-per-il-nuovo-camion-elettrico-ecco-il-video/>)

2.3 QUESTÕES AMBIENTAIS

Os veículos elétricos são chamados de Z.E que significa “Zero Emission”, ou seja, as energias usadas para carregar suas baterias derivam de fontes que não emitem CO₂, ou outros gases poluentes (VASCONCELOS, 2015).

O carro elétrico é uma alternativa para um dos maiores problemas ambientais que estamos vivendo, o aquecimento global, pois os carros a combustão são um dos principais responsáveis pela poluição, que além de afetar a camada de ozônio provoca muitos problemas de saúde nas grandes metrópoles. Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde) a poluição do ar causa a morte de mais de 50mil pessoas por ano no Brasil, se elevarmos isso para a questão mundial os fatos ficam assustadores, segundo o OMS nove entre dez pessoas respiram ar com altos níveis de poluentes. Em cálculos feitos por essa organização deu-se que 7 milhões de pessoas morrem todos os anos em função da poluição do ar (VASCONCELOS, 2015).

Automóveis com motor a combustão interna dependem de combustíveis como gasolina e diesel, que são derivados do petróleo que é uma matéria prima limitada, isso significa que um dia esses combustíveis vão acabar e que os motores a combustão terão data de validade.

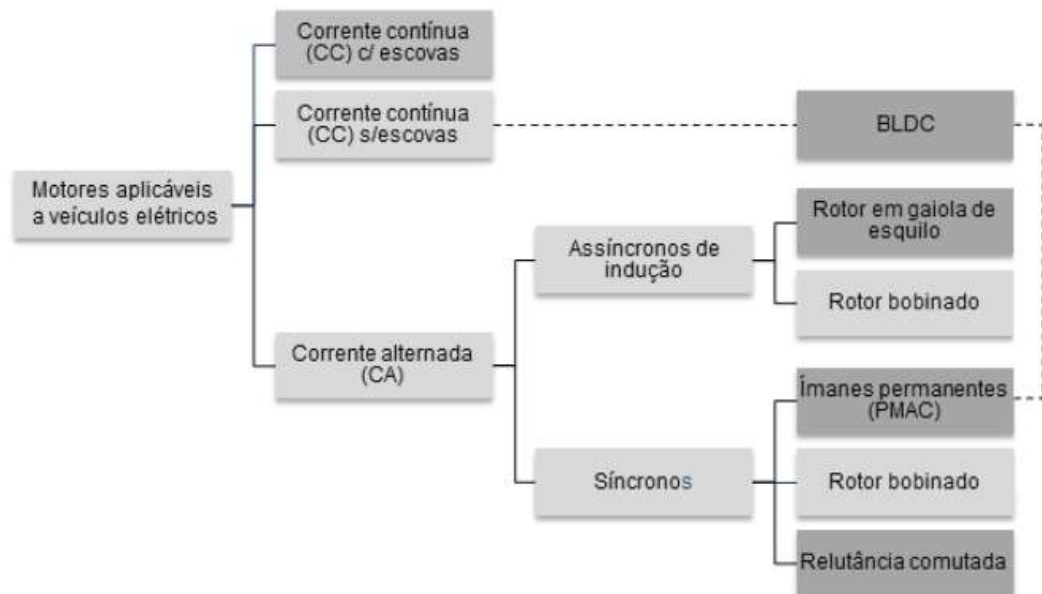
3 MOTORES ELÉTRICOS

3.1 INTRODUÇÃO

Motor elétrico é uma máquina destinada a converter energia elétrica em energia mecânica. É o mais utilizado de todos os motores elétricos, pois combina a facilidade de transporte, economia, baixo custo, limpeza e simplicidade de comando. São máquinas de fácil construção e fácil adaptação com qualquer tipo de carga (BRASIL ESCOLA).

Os motores elétricos podem ser encontrados em diversos equipamentos, como: Eletrodomésticos, ventiladores industriais, sopradores e bombas. Os motores são alimentados através de uma fonte de corrente contínua, como bateria, veículos motorizados ou retificadores, ou por fontes de corrente alternada, como a parte da rede elétrica, inversores ou geradores. Na Figura 7 vemos um diagrama de blocos com motores elétricos. A cor em destaque representa os principais tipos de motores utilizados em carros elétricos (FILHO, 2017).

Figura 7-Diagrama de blocos com motores utilizados em automóveis.



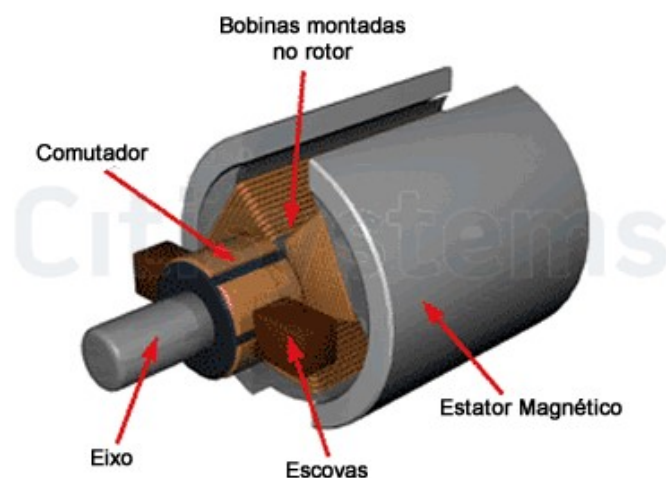
Fonte: Projeto e análise ao funcionamento de carros elétricos por Joaquim Carlos Novais de Freita.

3.2 MOTOR CC (COM ESCOVA)

Motores CC são motores que utilizam a corrente contínua para gerar a seu trabalho, essa corrente contínua pode ser gerada por uma fonte de corrente contínua ou uma bateria (FILHO, 2017).

Um motor CC é composto por um eixo acoplado ao rotor que é a parte girante do motor. O estator é composto por um ímã e o comutador tem a função de transferir a energia da fonte de alimentação ao rotor. Na Figura 8 podemos ver as partes que compõe o motor CC com escovas (FILHO, 2017).

Figura 8-Motor cc e suas partes.



Fonte:(<https://www.citisystems.com.br/motor-cc/>)

O princípio de funcionamento do motor CC é o seguinte: Sempre que um condutor conduzindo uma corrente elétrica é colocado em um campo magnético, este condutor experimenta uma força mecânica, gerando o torque e o giro do eixo do motor.

Ao alimentar o comutador com tensão CC, é gerado uma corrente contínua que é transferida para a bobina através do contato das escovas do comutador com esta bobina. Assim, a função do comutador é ser o elo entre a fonte de alimentação e o rotor do motor CC e ele é composto por escovas condutoras que fazem o contato com o eixo girante do motor CC.

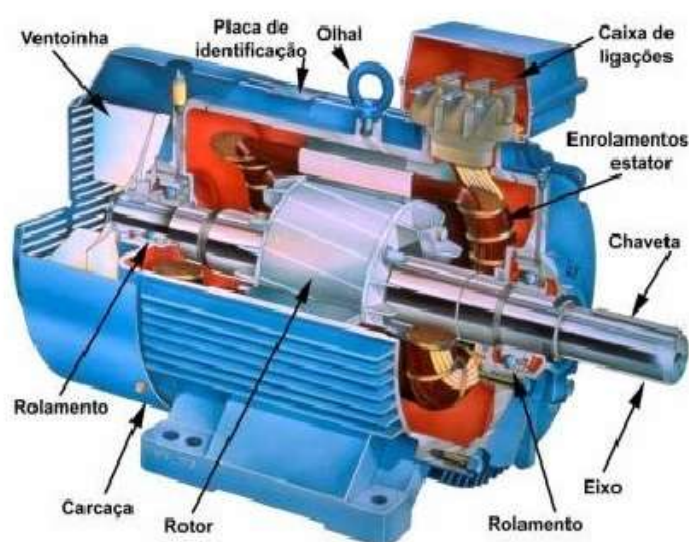
3.3 MOTORES ASSÍNCRONOS DE INDUÇÃO

O motor de indução é o motor CA mais usado, por causa de sua simplicidade, construção robusta, baixo custo de fabricação e boas características de funcionamento. Estas características do motor de indução resultam do rotor ser uma unidade autossuficiente que não necessita de conexões externas. O nome do motor de indução é

derivado do fato de serem induzidas correntes alternadas no circuito do rotor, pelo campo magnético girante produzido nas bobinas do estator (FILHO, 2017).

A construção do estator do motor de indução é praticamente igual à do estator do motor síncrono, mas os seus rotores são completamente diferentes. O rotor do motor de indução é um cilindro laminado, com ranhuras na superfície. Os enrolamentos colocados nessas ranhuras podem ser de dois tipos. O tipo mais comum é o de rotor de gaiola de esquilo: consiste de barras de cobre, de grande seção, unidas em cada extremidade por um anel de cobre ou de bronze. Não há necessidade de isolamento entre o núcleo do rotor e as barras, porque as tensões induzidas nas barras do rotor são muito baixas. O entreferro entre o rotor e o estator é muito pequeno, para se obter a máxima intensidade de campo. O outro tipo de rotor apresenta bobinas colocadas nas ranhuras e é conhecido como rotor bobinado (ou rotor enrolado). Na Figura 9 vemos um motor Motores assíncronos de indução com rotor tipo gaiola de esquilo (FILHO, 2017).

Figura 9-Motor assíncrono de indução.



Fonte:<http://www.portaleletricista.com.br/wp-content/uploads/2014/01/Rotor-em-gaiola-de-esquilo.jpg>

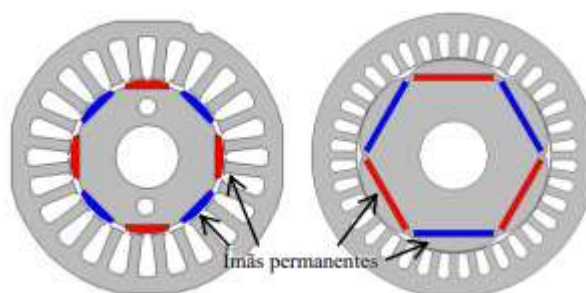
3.4 MOTORES CA SÍNCRONOS DE IMÃS PERMANENTES (PMAC)

Esses motores estão sendo inseridos no mercado com grandes vantagens ao consumidor, principalmente em eficiência energética. Por não apresentar quase nenhuma perda joule no rotor, assegura um rendimento muito maior (RIBEIRO, 2018).

Sua característica promissora é oferecer maior potência, trabalho em menor espaço, com dimensões reduzidas e menor custo (RIBEIRO, 2018).

Os rotores dos motores de ímã permanente possuem em sua maioria seus ímãs fixados em sua superfície, podendo ainda ser instalados no seu interior, conforme a Figura 10 (RIBEIRO, 2018).

Figura 10-Motores de ímãs permanente.



Fonte: Projeto e análise ao funcionamento de carros elétricos por Joaquim Carlos Novais de Freitas.

O motor com ímãs superficiais apresenta capacidade limitada de operar em velocidades acima da nominal (RIBEIRO, 2018).

Os motores de ímã permanente são os mais eficientes dentre todos os motores elétricos e pela ausência de comutador, como nos motores CC, não possui perdas mecânicas. Devido sua distinta geometria de seu rotor, o mesmo evidencia indutâncias diferentes em seu funcionamento, assim como saliências. Estes itens resultam em um torque de relutância, que auxilia no elevado torque resultante, quando acrescido do

torque formado pelos ímãs- torque eletromagnético. Por essas vantagens esse é um dos motores mais utilizados em carros elétricos (RIBEIRO, 2018).

3.5 MOTOR CA DE RELUTÂNCIA COMUTADA

Estes motores consistem tipicamente de um rotor, que é basicamente composto de ferro e eletromagnetos. Estes não são eletroímãs com coerência. Em vez disso, ligam e desligam para estabelecer polos no rotor ferromagnético. Quando vários eletroímãs ao redor do rotor estão ligados na sequência correta, o torque é estabelecido e dão mais um impulso. Quando o torque binário de arranque é reduzido por um arranque suave, este método de produção de torque é muitas vezes considerado altamente vantajoso (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2017).

Uma vantagem na definição deste equipamento é a potência relativamente alta produzida dentro de desenhos geralmente compactos. Em comparação com muitos outros, os motores de relutância são, por vezes, considerados muito mais simples, porque há poucas peças móveis a partir do rotor. Outra vantagem para estes motores é a de que a sequência que muitas vezes pode ser invertida, possivelmente criando um torque binário igual em ambas as direções. Na Figura 11 podemos ver um exemplo de motor de relutância comutada (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2017).

Figura 11-Motor CA de relutância comutada.



Fonte: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/350-motor-de-relutancia-comutada/>

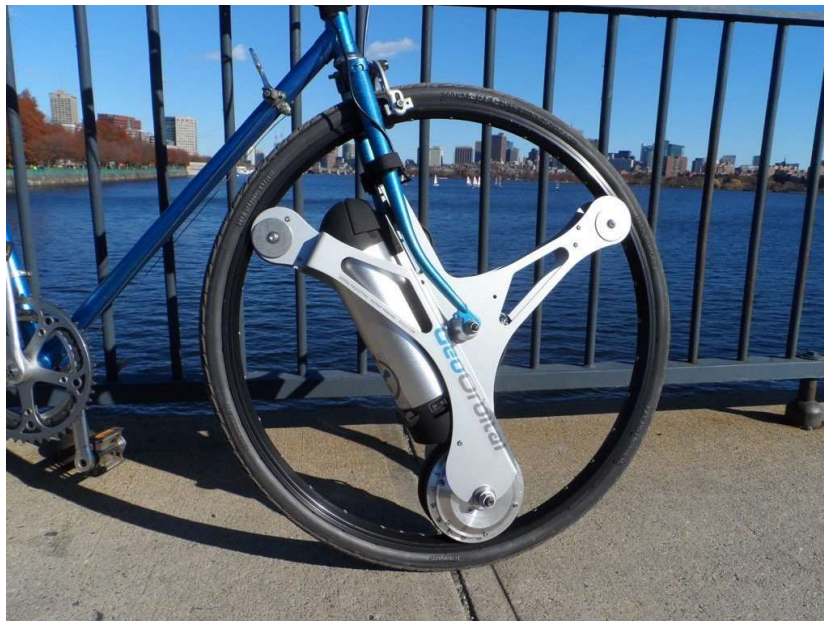
3.6 MOTORES NA RODA

Também chamadas de *e-wheels*, são motores acoplado diretamente na roda do veículo. Um dos pontos prós dela é a não utilização de um sistema de transmissão, além de esse sistema liberar espaço na carroceria do automóvel e consumir menos energia das baterias, aumentando a segurança e a dirigibilidade. Testes feitos por engenheiros na União Europeia constataram um desempenho acima do esperado, segundo Alberto Peña, da Fundação Tecnalia da Espanha e coordenador do projeto "A potência alcançada foi de 50 a 60% maior do que inicialmente previsto (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2016).

O principal incentivo para o estudo e aperfeiçoamento desse sistema pelas indústrias é a liberação de espaço nos compartimentos internos do veículo, pois como citado anteriormente ele não necessita de um sistema conjunto de motor-câmbio, assim tem-se mais liberdade para o design, diminuindo o peso e o tamanho do automóvel. Com veículos menores haverá menos gasto de energia. Toque: 35,7 kgfm por roda em uso contínuo, com picos de 71,3 kgfm (INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2016).

Na Figura 12 e 13 vemos alguns modelos de motores em roda que já são utilizados em bicicletas e em carros.

Figura 12-Motor em roda, usado em uma bicicleta



Fonte: <http://kids.pplware.sapo.pt/curiosidades/bicicleta-com-motor-da-roda-dianteira-nem-vai-acreditar/>

Figura 13-Motor em roda utilizado em um carro.



Fonte: <https://caranddriverbrasil.com.br/especial/tecnologia/motor-eletrico-na-roda-sera-feito-em-2014>

3.7 AVALIAÇÃO DOS MOTORES

Com base nas pesquisas feitas atribuímos um valor de 0 a 5 para os principais parâmetros de cada motor, onde 0 é muito ruim e 5 é muito bom, assim mostrado na Tabela 1. Essa tabela leva em consideração alguns fatores. Como: densidade de potência, rendimento, confiabilidade, maturidade tecnológica e custo, essa tabela é uma adaptação de (ZERAOULIA, 2006)

Tabela 1-Avaliação de motores.

Tipos de motor	CC (c/ escocas)	Indução	Ímãs permanentes	Relutancia comutada
Densidade de potência	2,5	3,5	5	3,5
Rendimento	2,5	3,5	5	3,5
Controlabilidade	5	5	4	3
Fiabilidade	3	5	4	5
Maturidade tecnológica	5	5	4	4
Custo	4	5	3	4
Total	22	27	25	23

Fonte: adaptação (LENZ 2013).

Como resultado da tabela o motor de indução se mostrou mais propenso no uso para veículos elétricos. Essa tabela foi adaptada de (ZERAOULIA, 2006).

3.8 RESFRIAMENTO DO MOTOR

Um dos grandes problemas que temos nos motores elétricos é o aquecimento, que pode ser gerado por alguns fatores, como a variação do fluxo magnético do motor entre o rotor e o estator e pela circulação da corrente em um condutor de resistência diferente de zero, ou pelo próprio atrito nos rolamentos do motor.

Todos os fatores citados geram calor e esse gera muitos problemas no motor desde o desempenho do motor até a queima do mesmo. Para resolvermos esse problema temos os sistemas de resfriamento. Os principais sistemas são: máquinas abertas e máquinas fechadas com o resfriamento a ar ou líquido. Nos motores abertos há o fluxo de ar no interior do motor assim o calor é retirado por convecção.

Nos casos dos motores fechados temos o resfriamento através de ventiladores, geralmente acoplados no próprio eixo do motor, e para uma melhor dissipação do calor

interno dos motores o mesmo é feito de materiais bons condutores e com superfícies em forma de aletas, como na Figura 14.

Figura 14-Modelo de resfriamento de um motor.



fonte <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAA82gAA/motores-eletricos?part=10>

Os motores com resfriamento a líquido podendo ser água ou óleo possuem canais entre a bobina do motor onde há a circulação do líquido e assim o resfriamento do motor.

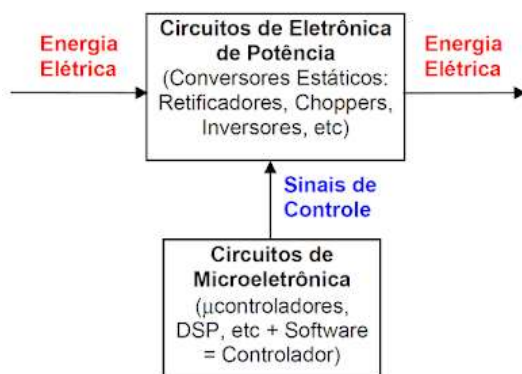
4 ACIONAMENTOS ELÉTRICOS

4.1 INTRODUÇÃO

Para o uso em veículos elétricos temos basicamente 3 tipos de acionamentos elétricos, sendo eles os inversores, conversores e ainda os retificadores. Eles são classificados genericamente como conversores estáticos, que são circuitos de Eletrônica de Potência que controlam o fluxo de energia elétrica entre uma fonte e um consumidor, operando na mudança do valor da tensão elétrica (LENZ, 2013).

Os Inversores e os Conversores são ambos dispositivos (Módulos de Circuito Eletroeletrônicos) distintos e independentes, mas que são adequadamente combinados por meio de interligação de cabos elétricos, a fim de operarem no gerenciamento da energia tanto para a finalidade de realizar a tração das rodas, quanto para realizar a recarga da bateria de Veículos Híbridos e Veículos Elétricos. Na Figura 15 podemos ver os dois blocos que compõe esse sistema, o bloco do circuito principal (eletrônica de potência) e o bloco do circuito de controle (microeletrônica) (LENZ, 2013).

Figura 15-Bloco funcionamento do sistema em blocos.



Fonte: (LENZ 2013).

4.2 INVERSOR

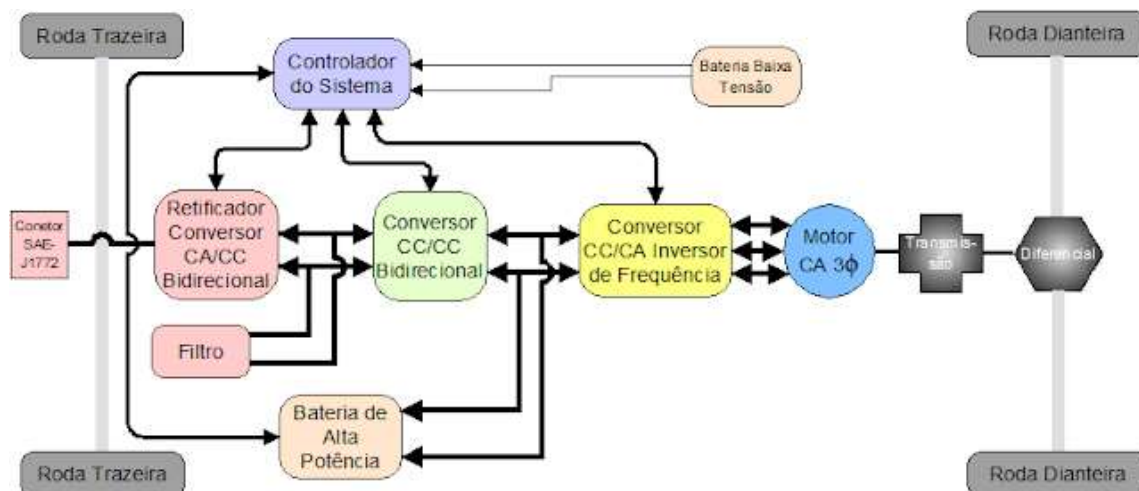
De modo geral, um inversor é um dispositivo que converte a energia elétrica que vem de uma fonte CC para CA, assim podendo ser utilizada tanto em um dispositivo CA, como em um motor elétrico. Ao contrário da energia elétrica CC que se caracteriza por ter uma polaridade definida e, muitas vezes, até mesmo de valor constante, a CA se caracteriza por alternar sucessivamente de polaridade no longo do tempo. A quantidade de vezes que se alterna a polaridade da energia elétrica CA em uma unidade de tempo é denominada de frequência. Por exemplo, a rede elétrica acessível por meio de uma tomada em uma residência é uma CA que alterna de polaridade 60 vezes por segundo, ou seja, com frequência fixa de 60 Hertz (Hz). Deste modo, um motor elétrico alimentado por esse tipo de energia elétrica CA de frequência fixa terá velocidade também fixa. Já, o Inversor de um VE entregará ao motor (de alto rendimento e alto desempenho), uma CA de frequência variável em função do acionamento do pedal de aceleração do VE, de modo que ele possa variar de velocidade (LENZ, 2013).

Assim, por entregar a correta dosagem de energia a uma determinada frequência, o Inversor controla tanto o Torque e quanto a Velocidade do motor elétrico e, por conseguinte, determina o comportamento de condução. Todavia existe ainda uma outra diferença entre a energia elétrica disponível na instalação elétrica de uma residência e a energia elétrica entregue pelo Inversor de um VE: nas residências a CA é do tipo monofásica ou bifásica (em ambos os casos, emprega apenas dois fios para ligação), ao passo que na saída de um Inversor temos CA do tipo trifásica (empregando, no mínimo, três fios para ligação). Independentemente de se o motor empregado no VE é do tipo CA assíncrono, ou CA síncrono ou mesmo CC com escovas, o inversor sempre funcionará de uma forma bastante semelhante: recebendo em sua entrada a alimentação CC a partir de uma bateria e entregando CA Trifásica ao motor (LENZ, 2013).

Todavia, não apenas o Inversor aciona o motor elétrico, mas, quando um VE está freando, o seu motor não deve mais estar tracionando as rodas, assim, o Inversor deixa de entregar energia, deixando de acionar o motor (LENZ, 2013).

Na Figura 16 vemos um esquema de controle, e funcionamento por blocos em um veículo elétrico.

Figura 16-Esquema de controle veículo elétrico.



Fonte: (LENZ 2013).

Neste momento quando ocorre à frenagem, a inércia do movimento força o motor a girar junto e é quando o motor se comporta como um gerador de energia elétrica. O inversor também é responsável por essa captura de energia elétrica e a transfere novamente para a bateria, por esse motivo o inversor se torna um dispositivo bidirecional.

O inversor fica em um invólucro metálico, que protege e refrigera os seus componentes, mas podemos dividir ele em dois blocos:

- Bloco Principal (eletrônica de potência). Contém um arranjo com elementos chaveadores (interruptores estáticos), responsáveis pela conversão de CC em CA e CA em CC, e também pelo transporte de correntes elevadas entre 200 a 300 Ampère (A).

- Bloco do controlador (microeletrônica) montado em uma placa de circuito impresso, possui um microcontrolador dedicado (em geral de 16 ou 32 bits) responsável pelo comando, que é dado por impulsos elétricos, a sequência de chaveamento dos interruptores estáticos da eletrônica de potência, assim minimizando as perdas de comutação e maximizando a eficiência térmica (LENZ 2013).

Outras das funções ao controlador do inversor incluem ainda a função de proteção. Ele protege o próprio inversor contra sobretensão, contra sobrecorrente e contra sobreaquecimento. Protege também o motor contra sobrecarga e sobreaquecimento, e as baterias de sobrecarga de tração, durante a aceleração, e de sobretensão durante a regeneração. Além de sinalizar falhas (LENZ, 2013). Na Figura 17 vemos um inversor usado em veículos elétricos.

Figura 17-Inversor de frequência Bosch.



Fonte: (LENZ 2013).

4.3 CONVERSORES

Mais propriamente chamado um Conversor de Tensão ou Conversor CC/CC, o dispositivo altera o nível da Tensão Elétrica de uma fonte de energia elétrica, seja por elevá-la, ou seja, por reduzi-la, que é entregue em sua saída (LENZ, 2013).

Os conversores CC/CC são aplicáveis onde a fonte de alimentação disponível é em CC, proveniente, por exemplo, de um Retificador sem controle dotado apenas de diodos, ou de um banco de baterias de tensão fixa e a carga a ser alimentada necessita de uma tensão CC regulada diferente daquela da fonte, ou mesmo de uma tensão CC que possa ter o seu valor médio variável. Semelhantemente ao que ocorre no Bloco Principal (de Eletrônica e Potência) do Inversor, a maneira mais eficiente e simples de se manobrar e manipular valores elevados de potência em CC é, também, por meio do emprego de um arranjo de Interruptores Estáticos. Dizemos que os Elementos desses arranjos operam em Comutação (chaveamento). A tensão CC fixa pode ser convertida em uma tensão CC variável ou regulada, através das técnicas de Modulação de Largura de Pulso (PWM), produzindo pulsos que irão comandar Elementos de Chaveamento. É amplamente compreendido que, tal método, provê perdas mínimas de energia no processo e conversão e isso ocorre por um princípio bastante elementar (LENZ, 2013).

Operando em comutação, as Chaves (Interruptores Estáticos), tais como idealmente consideradas, apresentam apenas dois estados estáveis:

- Condução: a corrente elétrica que flui pela chave é grande, porém a tensão sobre ela é nula, implicando em potência dissipada na chave (perda) também nula;
- Bloqueio: a tensão que se apresenta entre os terminais da chave é considerável, porém a corrente por ela é nula, implicando em potência dissipada na chave (perda) também nula.

Isso é uma consideração ideal, mas, na prática do mundo físico real dos Interruptores Estáticos nós não conseguimos atingir tal perfeição e alguma perda sempre existe (LENZ, 2013).

Obviamente este tipo de regulação não é uma regulação contínua, mas sim pulsada (chaveada). No entanto, a frequência dos pulsos utilizados para a comutação das chaves é muito alta, o que resulta em Períodos de Comutação de tempos bastante curtos (pois, aumentando a quantidade de pulsos por unidade de tempo, diminui-se o tempo de duração de cada pulso). Dada à característica de Armazenadores de Energia dos elementos que recebem a energia (elemento que é denominado Carga) vinda do Conversor de Tensão, presentes na maioria dos casos práticos, que são aplicações que alimentam cargas como os motores e as baterias, os quais apresentam Constantes de Tempo grandes, então a própria carga acaba atuando como um filtro, extraíndo da tensão instantânea que lhes é aplicada, o seu valor médio, que é praticamente constante. Tanto motores quanto baterias são ambas as cargas armazenadoras de energia. Os motores armazenam energia no campo magnético que é produzido pelos seus enrolamentos (bobinas) e as baterias, por seu turno, armazenam energia em campo elétrico e, as Constantes de Tempo são inerentes aos processos de carga / descarga dessas energias nas cargas armazenadoras (LENZ, 2013).

Existem alguns diferentes tipos de Conversores de Tensão, dentre eles três são mais comuns:

- Conversor abaixador ou conversor buck (step-down), que diminui a tensão;
- Conversor elevador ou conversor boost (step-up), que aumenta a tensão;
- Conversor abaixador-elevador ou conversor buck-boost combinado;

A utilização mais comum de um Conversor de Tensão é o de tomar uma fonte de tensão relativamente baixa e elevar essa tensão para o trabalho pesado de cargas com um

elevado consumo de energia, mas também podem ser bidirecionais, sendo utilizados no sentido inverso, para reduzir a tensão. Os Conversores CC/CC empregados nos VEs são do tipo Bidirecional. No entanto as experiências das empresas envolvidas na produção dos VEs têm revelado que o nível da tensão nominal adotado para a bateria afeta, também, na performance dos veículos, o que tende a levar, pouco a pouco, à baterias de valores de tensão nominal quase padronizados. Em geral, as células de íons de Lítio que compõem os módulos prismáticos das baterias apresentam tensão de 3,6 Volts a 3,8 Volts e, tentando generalizar, os pacotes de baterias dos VEs apresentam tensão nominal total de 340 Vcc a 400 Vcc (LENZ, 2013).

Também generalizando, os motores CA empregados nos VE operam com tensões nominais maiores, algo na faixa de 400 V a 650 V. Por outro lado, para permitir que os VEs tenham suas baterias recarregadas a partir das instalações elétricas presentes nas residências, é preciso considerar que nestas instalações os maiores níveis de tensão apresentados são de 220 / 240 V nominais, podendo ser ainda, tão somente de 110 / 127 Volts nominais. Assim, é no ajuste e regulação destes diferentes níveis de tensão, que os Conversores CC/CC bidirecionais precisam operar, lembrando, ainda que durante a operação, transitoriamente, as tensões das fontes envolvidas podem, ainda, oscilar de valor, afundando ou elevando o seu valor, por certo intervalo de tempo, enquanto os conversores operam, automática e rapidamente, no sentido de buscar mantê-las em valores estáveis (LENZ, 2013).

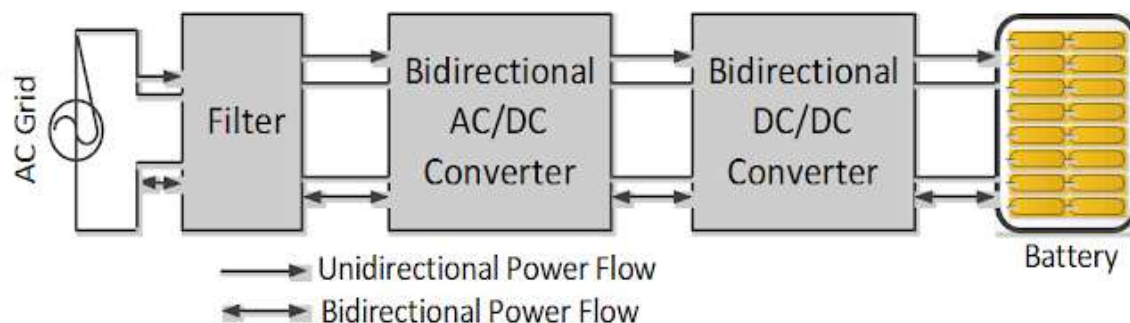
A bidirecionalidade do Conversor em parceria com a bidirecionalidade do Inversor permite a frenagem regenerativa que realimenta corrente de volta para a bateria e, permite inclusive, também, outros atributos interessantes, que é a possibilidade de que a energia contida na bateria do VE (energia em CC) seja devolvida para a rede elétrica de uma residência (energia em CA). Em tese, essa energia reconvertida poderia até ser "vendido de volta" para o sistema elétrico público.

Outro aspecto interessante e muito benéfico, é sobre a operação de carregamento da bateria do VE:

Mesmo considerando o emprego de carregamentos domésticos, tem-se como requerimentos básicos que os Equipamento de Carregamento de Veículo Elétrico, operando em conjunto com os Retificador / Conversor presentes nos Módulos de Carregadores Embarcado dos VEs, devam, sempre, minimizar o seu impacto sobre qualidade de energia, consumindo corrente com um alto Fator de Potência para maximizar a aproveitamento da energia tomada do sistema elétrico (LENZ, 2013).

Isso é atingido, tipicamente, por se empregar topologias de Correção de Fator de Potência Ativa, pelo emprego de Conversores CC-CC Boost (que aumenta a tensão entregue pelo retificador do carregador embarcado), enquanto a topologia de intercalamento (CA/CC + CC/CC) pode reduzir a ondulação e o tamanho dos indutores necessários. Na Figura 18 vemos o como funciona o sistema de carregamento das baterias e onde entram em ação os conversores.

Figura 18-Sistema de conversor.



Fonte: (LENZ, 2013).

Também, em um circuito retificador PWM, como os empregados nos carregadores embarcados dos VEs, os chaveadores de potência são comutados em frequências muito mais elevadas do que a frequência da rede de CA, permitindo a comutação instantânea e a correção do fator de potência. Estes retificadores PWM, são conhecidos como "buck-boost" PWM. Olhando para este aspecto, a operação do carregamento dos VEs se comporta muito bem, como uma carga que garante um Fator

de Potência $\geq 0,95$, sem que haja preocupação com a inserção de componentes adicionais, que teriam a função exclusiva de prover compensações para o fator de potência. Assim, essa arquitetura permite fator de potência elevado, muito próximos daqueles obtidos quando se opera cargas puramente resistivas, lembrando que em circuitos resistivos puros, temos que a potência aparente é igual a potência ativa, ou seja, a corrente consumida pela carga destina-se exclusivamente a gerar trabalho útil. Em todos os casos aplicação de conversores e de Inversores, principalmente aqueles alocados entre a bateria e a máquina elétrica motora, a ventilação ou a refrigeração adequada são fundamentais para manter os componentes operacionais, e, como tal, a instalação de inversor / conversor em VEs têm o seu próprio sistema de arrefecimento dedicado (completo com bombas e radiadores), que são totalmente independentes do sistema de arrefecimento do Máquina Elétrica Motora (LENZ, 2013).

5 ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

5.1 INTRODUÇÃO

Baterias são dispositivos que transformam energia química em energia elétrica por meio de reações eletroquímicas (CHAGAS).

5.2 BATERIA CHUMBO-ÁCIDO

O acumulador de chumbo, também conhecido como bateria chumbo-ácida, foi inventado pelo francês Gastón Plante em 1859. É uma associação de pilhas, chamadas de elementos, na linguagem da indústria de baterias, ligadas em série. A tensão elétrica de cada pilha é de aproximadamente 2 volts. Uma bateria de pilhas, que é a mais comum nos carros modernos, fornece uma tensão elétrica de 12V. Associações ainda menores são usadas em tratores, aviões e em instalações fixas, como centrais telefônicas e aparelhos de PABX. A bateria de chumbo-ácido é constituída de dois eletrodos; um de chumbo esponjoso e o outro de dióxido de chumbo em pó, ambos mergulhados em uma solução de ácido sulfúrico dentro de uma malha de liga chumbo-antimônio. Esta liga é mais resistente à corrosão que o chumbo puro. Quando o circuito externo é fechado, conectando eletricamente os terminais, a bateria entra em funcionamento (descarga), ocorrendo a semi-reação de oxidação no chumbo e a de redução no dióxido de chumbo. No acumulador, o chumbo é o ânodo enquanto que o dióxido de chumbo é o cátodo. Quando está descarregado, o acumulador tem placas de sulfato de chumbo e o eletrólito diluído. Já quando está carregado, possui placas de chumbo e óxido de chumbo, imersas em ácido sulfúrico aquoso. Durante o funcionamento normal de um automóvel, a bateria fornece eletricidade para dar partida; para acender os faróis; ligar o rádio, limpador de para-brisa, luzes de direção, buzina, etc. e recebe energia do gerador para se recarregar (CARNEIRO, 2017).

5.3 BATERIA DE NÍQUEL-CÁDMIO

Segundo (FORGAÇA, 2018) bateria de níquel-cádmio, que, como o próprio nome indica, possui como eletrodo (positivo) ou cátodo o hidróxido (óxido) de níquel (III), NiO(OH) , e como eletrodo negativo ou ânodo o metal cádmio Cd(s) . O eletrodo desse tipo de bateria é uma pasta eletrolítica com 28% de hidróxido de potássio, KOH , em massa (FORGAÇA 2018).

A bateria de níquel-cádmio é uma bateria secundária, ou seja, é recarregável, e pode ser reutilizada várias vezes. Essas pilhas param de funcionar quando os produtos formados na reação global acima (hidróxido de níquel e de cádmio) depositam-se sobre os eletrodos e impedem o seu funcionamento. Este tipo de bateria teve o início de desenvolvimento nos anos 70, no entanto só na década de 80 novos desenvolvimentos possibilitaram um maior avanço (FORGAÇA, 2018).

Nos anos 90 a patente deste tipo de baterias foi comprada por uma empresa petrolífera que limitou o seu uso a baterias de pequena capacidade, pelo que a partir daí apenas têm sido usadas em veículos híbridos. Paralelamente, o desenvolvimento das baterias Li-ion também reduziu o entusiasmo pela NiMH. De qualquer forma, alguns fabricantes de veículos híbridos (HEV- hybrid electric vehicle) ainda apostam nesta tecnologia por esta se encontrar madura, por ser mais barata (para a mesma quantidade de energia acumulada) e ter menores riscos de segurança (incêndio) do que as baterias de Li-ion (com exceção para as LiFePO_4) (FORGAÇA, 2018).

As baterias de NiMH devem ser carregadas de modo relativamente rápido, porque ao carregar de modo lento, dá-se uma formação cristalina que encurta o seu tempo de vida. Os carregadores para este tipo de baterias devem fazer a gestão entre a rapidez de carga e a temperatura máxima atingida, que deverá estar dentro dos valores admitidos pelo fabricante. Estes carregadores também devem interromper automaticamente o fornecimento de energia depois das a baterias estarem carregadas, para que estas baterias não se degradem, pois este tipo de baterias não tolera bem as sobrecargas (FORGAÇA, 2018).

Expõe-se de seguida uma lista de vantagens e desvantagens das baterias de NiMH.

Vantagens:

- Capacidade de 30 a 40 % mais do que as baterias NiCd (para o mesmo peso);
- Menor “efeito memória” que as NiCd;
- Armazenamento e transporte simples, não sujeito a controlo regulamentar;
- Contém apenas materiais levemente tóxicos;
- Teor de níquel torna a reciclagem lucrativa.

Desvantagens:

- Vida útil limitada, uma descarga profunda reduz a vida útil;
- Não tolera bem a sobrecarga;
- Gera calor durante a carga rápida (reduzindo o rendimento);
- Elevada auto descarga;
- Redução do desempenho para altas temperaturas;
- Menor densidade energética que as baterias de tecnologia de Lítio.

5.4 BATERIA NÍQUEL-FERRO

Foram desenvolvidas por Edison no virar do século e chegaram a ser as baterias de eleição para os proprietários de veículos elétricos endinheirados, pois proporcionavam autonomias notáveis para a altura. São conhecidas algumas aplicações, como por exemplo, na sinalização ferroviária, em empilhadores industriais e em casas alimentadas por energia solar. Estas baterias são resistentes à sobrecarga e sobre descarga, e segundo podem ter uma vida útil de mais de 25 anos. No entanto as baterias NiFe não foram muito apreciadas: tinham uma baixa energia específica (de 30 a 50Wh/kg) e um fraco rendimento (de 65 a 85%), para além de que sofrem de elevado auto descarga de 10 a 15% por mês (CASTRO).

5.5 BATERIA DE ÍONS DE LÍTIO

O princípio de funcionamento das baterias de íon de lítio baseia-se no fenômeno da intercalação iônica. Este fenômeno é descrito pela difusão dos íons de lítio através de rede cristalina tanto do cátodo como no ânodo, com a diferença que quando intercala em um, desintercala do outro e vice-versa. A intercalação de um Li num eletrodo requer obrigatoriamente a intercalação de um elétron, de maneira a manter a neutralidade elétrica (CHAGAS, 2012).

Quando este tipo de bateria é confeccionado, o cátodo está repleto de íons de lítio e o ânodo vazio dos mesmos. A primeira reação possível é a desintercalação dos íons Li do cátodo para o eletrólito e a consequente intercalação do Li do eletrólito para o ânodo. Concomitantemente um elétron deve deixar a cátodo e migrar para o ânodo, via circuito externo (CHAGAS, 2012).

As Baterias de Íons de Lítio hoje em dia são utilizadas em larga escala em equipamentos eletrônicos e diversos portáteis, pois elas apresentam grande vantagem quanto a sua densidade de energia, uma vez que o lítio é um elemento altamente reativo. Em outras palavras, é possível armazenar uma grande quantidade de energia em baterias pequenas e leves: se fossemos utilizar outros tipos de bateria, como por exemplo, bateria de hidreto metálico de níquel ou bateria de níquel cádmio, teríamos baterias com o tamanho e peso duas ou até mesmo três vezes maiores que as baterias de íons de lítio precisariam ter (CLEMENTE).

Uma outra grande vantagem desse tipo de bateria é o fato delas não possuírem o efeito memória, conhecido popularmente como o vício da bateria. Graças a isso é possível carregar apenas uma parte da bateria quando se desejar e também não é preciso esperar que ela se descarregue totalmente para então recarregá-la, como acontece nos outros tipos de bateria (CLEMENTE).

Existem basicamente dois estágios para a carga das baterias de íons de lítio, a carga rápida e a carga completa. A carga rápida compreende a fase inicial, cerca de 70% a 80% da carga total da bateria e ela recebe este nome, pois é a fase mais rápida do processo de carga. Já o segundo estágio é o momento em que se finaliza o processo, é a fase mais demorada, mas também é a fase mais importante, pois é neste momento em que ocorre um aumento significativo na autonomia da bateria. Nesta fase se torna mais difícil para os íons se prenderem nos átomos de Lítio, este é um dos motivos responsáveis pela demora da recarga quando esta se encontra em sua fase final e também o motivo de representar o aumento na autonomia da bateria, pois o desprendimento dos íons dos eletrodos é mais lento uma vez que eles se tornam mais estáveis. (CLEMENTE).

5.6 BATERIA DE GRAFENO

Os criadores desta nova bateria de grafeno são espanhóis. É um trabalho conjunto entre a Universidade de Córdoba, a produtora de grafeno Graphenano e a empresa Grabat Energy. O desenvolvimento tem uma densidade energética maior que a tecnologia atual de íon-lítio, de modo que o peso deixa de ser um problema. Isso permitiria a um carro viajar até 1.000 km com uma única carga, uma autonomia muito superior à que têm os carros elétricos do mercado, como o Model S da Tesla, que oferece pouco mais de 400 km (BEJERANO, 2016).

Seguindo a comparação com a tecnologia de íon-lítio, a vida útil da bateria nova será o dobro, enquanto o preço das células com base no polímero de grafeno é 77% menor. Sobre a velocidade de carga, um dos aspectos sensíveis em relação à adoção de carros elétricos-basta pensar quão pouco demoramos para colocar gasolina, os criadores afirmam que a bateria pode estar a 100% em oito minutos. Se bem que para isso seria necessária uma potência da que estamos atualmente muito longe nas estações para recarga do mercado (BEJERANO, 2016).

5.7 AVALIAÇÃO DAS BATERIAS

Com as pesquisas feitas com as principais baterias utilizadas em automóveis elétricos, foi elaborado a Tabela 2, onde classificamos com uma nota de 0 a 5 os aspectos mais importantes.

Tabela 2-Avaliação de Baterias.

Tipos de Bateria	Chumbo Acido	Níquel Cádmio	Níquel Ferro	Íons de Lítio	Grafeno
Tamanho	2	4	3	5	5
Capacidade de Recarga	4	4	1	5	5
Ciclo de vida	2	3	5	4	5
Preço	5	4	4	2	5
Total:	<u>13</u>	<u>15</u>	<u>13</u>	<u>16</u>	<u>20</u>

Fonte: Próprio autos.

Como resultado, nessa Tabela 2 vemos que temos as duas principais baterias para o uso em carros elétricos, a de Íons de Lítio e a bateria de Grafeno. Porém a bateria de grafeno ainda está em estudo e não temos nenhuma fábrica produzindo de forma industrial essas baterias. Assim ficamos com a bateria de Íons de Lítio como nossa melhor escolha atualmente para a produção de automóveis elétricos.

5.8 CARREGAMENTO DE BATERIA

Em automóveis totalmente elétricos precisamos de uma fonte externa para carregar as baterias. Diferentemente dos carros movidos a combustão que são

abastecidos em pouco tempo os carros elétricos precisam de muito tempo para carregar a bateria em sua totalidade, se tornando um dos grandes problemas.

Vamos usar como exemplo a carro produzido pela *Tesla motors*, o *model S*, que é o segundo modelo mais vendido pela montadora, esse automóvel tem duas versões, com bateria de 60 e 85 KWh (TESLA, 2018).

Podemos carregar esse carro em tomadas 110V e 220V. em uma tomada 110v o modelo de bateria 60KWh pode demorar 46horas, já no modelo com bateria de 85Kwh esse tempo é de 52 horas.

Já na tomada 220v esse tempo baixa consideravelmente e já começamos a ter uma esperança, no modelo com bateria 85KWh o tempo de carga total cai para 9.5 horas.

Ainda temos o trunfo da montadora Tesla, que é os *supercharger*, que são as estações de carregamento super-rápidos, onde podemos carregar a bateria do *model S* em apenas 1 hora. Na Figura 19 podemos ver esse posto de carregamento.

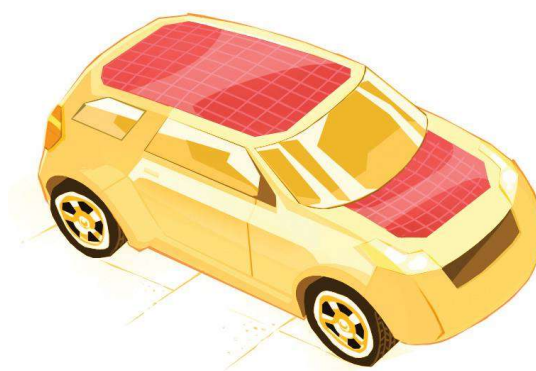
Figura 19-Posto de carregamento tesla *motors*.



fonte(<http://climainfo.org.br/2017/09/25/cresce-infraestrutura-de-carga-para-veiculos-eletricos/>)

Ainda tem outros tipos de carregamento ainda não usuais, mas que há estudos sendo feitos para implementação desses sistemas, como o uso da energia solar usando células fotovoltaicas, transformando a luz do sol em energia elétrica. Mas essas placas solares ainda não conseguem sustentar um carro sozinhas, há empresas que prometem viabilizar essa tecnologia nos próximos 20 anos na Figura 20 vemos um exemplo desse uso (RODRIGUES, 2018).

Figura 20-Carro com célula fotovoltaica.



Fonte: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-sao-abastecidos-os-carros-eletricos/>

Indução eletromagnética. Esse também é um dos métodos para o carregamento de baterias que está sendo implementado e já está em teste em alguns países, basicamente o processo de carregamento se dá pelo campo magnético gerado entre a célula de carregamento e o carro, como podemos ver na Figura 21 a célula de carregamento fica em baixo do veículo, a grande vantagem desse método é a não utilização de fios, e a desvantagem ainda é o alto custo e o tempo de carga que deixa a desejar (RODRIGUES, 2018).

Figura 21-Carro com carregamento através de indução eletromagnética.



Fonte: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-sao-abastecidos-os-carros-eletricos/>

Para o carregamento das baterias de automóveis podemos classificar em 3 níveis são elas:

- Nível 1 que usa 110 ou 220 VCA, tem saída monofásica, são 3 pinos, dois deles para a tensão e um para o aterramento. A carga total pode demorar entre 8 a 14 horas
- Nível 2 que usa 220 ou 230 VCA, tem saída monofásica, carga total entre 4 a 8 horas
- Nível 3 esses são os carregadores super rápidos, nos postos de carga utiliza a entrada de 480 VCA e a saída para o usuário 300 a 400V CC. Nesse tipo de carregamento pode-se carregar 80% da bateria em apenas 15 minutos.

Nos Estados Unidos há mais de 31 mil postos de recarga públicos, a maioria desses postos são de recarga nível 2, que fornecem 240v , 15 A, podendo carregar 100% da bateria em 8h.

A CPFL Energia, um dos maiores grupos privados do setor elétrico brasileiro, estima que o Brasil precisará de 80 mil eletropostos públicos até 2030 para acompanhar o ritmo de crescimento do mercado de veículos elétricos nacional. A estimativa é uma das

principais conclusões do projeto de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) Emotive, que analisou durante cinco anos o impacto da mobilidade elétrica para o setor elétrico brasileiro. Neste cenário de 80 mil eletropostos, a frota de carros elétricos puros e híbridos plug-in no Brasil deve alcançar 2 milhões de unidades em circulação. Neste sentido, o desenvolvimento de um mercado de recarga pública, combinando eletropostos semi-rápidos e rápidos, é um dos principais desafios para a expansão da mobilidade elétrica no Brasil. Para endereçar o tema e estimular o mercado, a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) aprovou a regulamentação, em junho deste ano, para a infraestrutura de recarga para veículos elétricos. Pelas regras definidas pelo regulador, qualquer empresa, seja do setor elétrico ou não, para investir na instalação de eletropostos. A decisão elimina incertezas regulatórias sobre o tema, incentivando investimentos futuros no mercado (CICLO VIVO, 2018).

Para cada nível tempo um tipo de conexão para o carregamento, como cada fabricante utiliza um tipo de conexão ainda não temos uma conexão universal. Mas temos uma tendência como a conexão tipo 1 SAE J1772 e a conexão Tipo 2 IEC 62196 (LUGENERGY, 2018).

Na Figura 22 podemos ver a conexão tipo 1 e na Figura 23 podemos ver a conexão tipo 2.

Figura 22-Tipo de conexão de carregamento modelo SAE J1772 tipo 1.



Fonte: www.lugenergy.pt/tipos-de-conectores-ves/

A conexão tipo 1 SAE J1772 foram fabricados para atender os automóveis americanos e asiáticos, muitos carros fabricados antes de 2017 usam esse tipo de conexão. Conexão IEC 62196 tipo 2 é a mais utilizada na Europa. Apresentada pela empresa alemã Mennekes.

Figura 23-Tipo de conexão de carregamento modelo IEC 62196 tipo 2.



Fonte: www.lugenergy.pt/tipos-de-conectores-ves/

6 COMPARAÇÃO ENTRE MOTOR ELÉTRICO E MOTOR A COMBUSTÃO

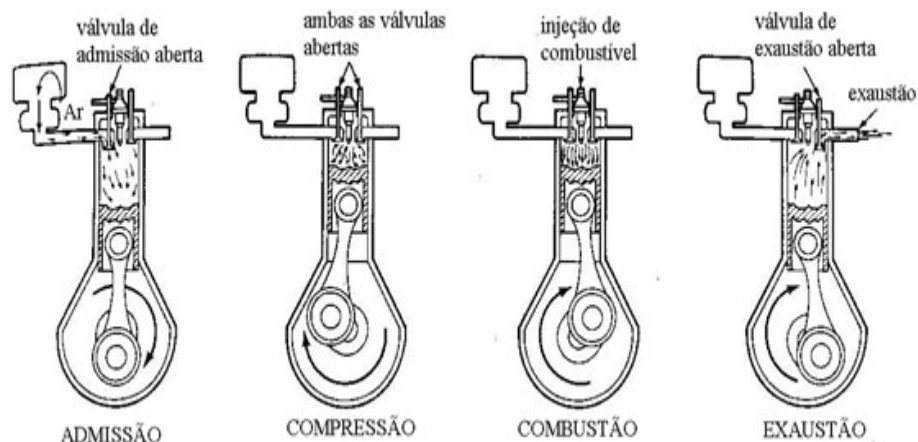
6.1 INTRODUÇÃO

Falando em motor a combustão os mais utilizados são os de combustão interna, temos os dois principais ciclos que são Otto e Diesel, ambos têm basicamente o mesmo princípio a transformação de energia térmica em energia mecânica.

Ciclo de Otto segundo (CARDOSO, 2018), Foi criado pelo alemão Nikolaus August Otto em 1876, os combustíveis utilizados nesse motor são a gasolina e o álcool, trabalha em ciclo de 4 etapas são elas:

1. Admissão: essa é a primeira fase, onde a válvula de admissão se encontra aberta e a válvula de escape fechada. O pistão do motor se move para baixo deixando o volume da câmara maior, nesse momento onde ocorre a mistura entre o combustível e o ar.
2. Compressão: Na compressão as válvulas de entrada e saída estão fechadas, nesse momento o pistão sobe e comprime a mistura do combustível e ar.
3. Expansão: Com as válvulas ainda fechadas, entra outro elemento do motor que é a vela, responsável pela faísca que provoca a ignição da explosão, com essa explosão o pistão é forçado para baixo aumentando o volume do cilindro e transformando a energia térmica em movimento.
4. Exaustão: nessa última etapa do ciclo o pistão chega na posição de maior volume do cilindro, é quando a válvula de escape é aberta, e os resíduos provenientes da explosão são liberados. Na Figura 24 podemos ver o ciclo de Otto.

Figura 24-Ciclo de otto.



Fonte: (<https://alugagera.com.br/noticias/diferencas-entre-motores-do-ciclo-otto-e-ciclo-diesel>)

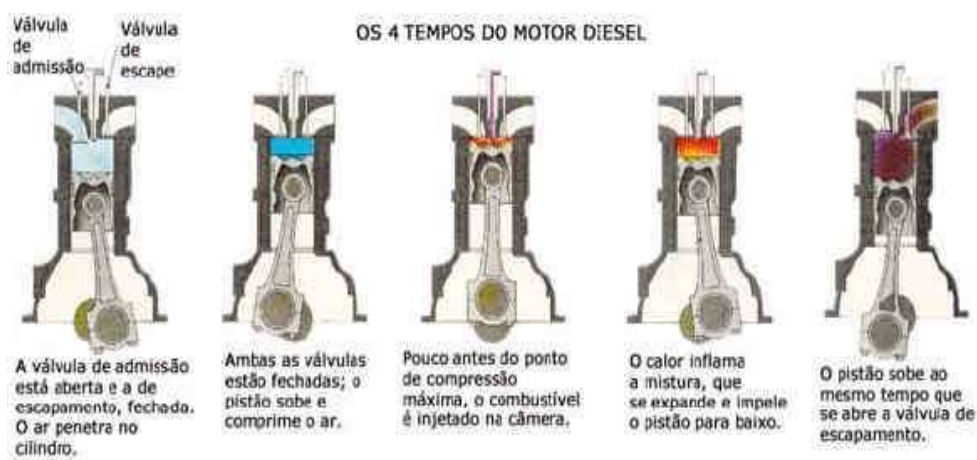
Ciclo diesel.

Seu primeiro protótipo foi apresentado em 1900 por Rudolf Diesel, o primeiro combustível usado nesse projeto de motor foi o óleo de amendoim (TILLMANN, 2013 P11).

1. Admissão: a válvula de entrada se abre e o cilindro recua, nesse momento apenas o ar entra no cilindro.
2. Compressão: a válvula de entrada se fecha e o pistão vai para cima, comprimindo o ar, com essa compressão o ar atinge uma alta temperatura.
3. Combustão: nesse momento uma bomba chamada bomba injetora pulveriza o diesel em alta pressão, é quando ocorre a explosão, aumentando a pressão interna do cilindro e empurrando o pistão para baixo.
4. Escapamento: nessa etapa a válvula de escape se abre e os gases gerados pela explosão são expulsos pelo pistão.

Na Figura 25 podemos ver o ciclo Diesel.

Figura 25-Ciclo de motor Diesel.



Fonte:(<http://autopecastunicar.blogspot.com/2011/04/funcionamento-motor-diesel.html>)

O rendimento de um motor com o ciclo de otto fica entre 22% a 30% (porcentagem de energia transformada em movimento) quando operado com carga leve, quando operado com carga pesada pode chegar ao rendimento de 36%. No caso do motor com ciclo a diesel o rendimento com carga leve fica em torno de 15% e podendo chegar a 42% com carga pesada (TILLMANN, 2013).

Em comparação o rendimento do motor elétrico com o motor a combustão começamos ver uma grande diferença, o motor elétrico passa fácil de 80% de rendimento, podendo chegar a 98% dependendo do tipo da máquina (VASCONCELOS, 2015).

Utilizando as informações de rendimento dos motores, foi elaborado a Tabela 3 com seus respectivos rendimentos.

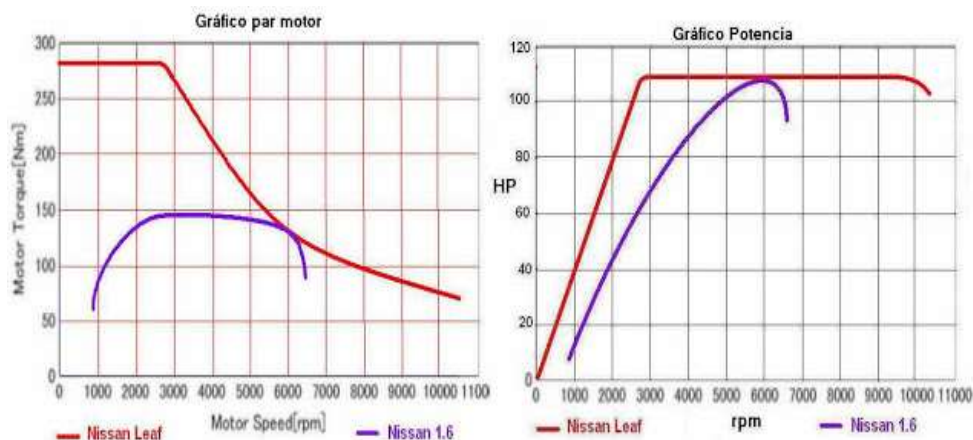
Tabela 3-Comparação de rendimento de motores a combustão e elétrico.

Rendimento	Valor mínimo	Valor máximo
Motor ciclo Otto	22%	36%
Motor ciclo Diesel	15%	42%
Motor Elétrico	80%	98%

Fonte: Próprio autor

Na Figura 26 podemos ver a diferença entre um motor elétrico e um motor a combustão de 1600 cm³, nessa comparação foi utilizado dois motores nissan com 109HP de potência, a potência dos motores é a mesma mas o motor elétrico é mais forte, como podemos ver no gráfico a 1000 rpm, o motor elétrico, sinalizado pela linha vermelha, tem um torque 3 vezes maior que o motor a combustão sinalizado pela linha roxa.

Figura 26 Diferença motor elétrico versus motor a combustão.



Fonte: <http://feelmotor.com/coche-electrico-llega-para-que-darse-parte-1/>

Para se situar o torque é a força que o propulsor tem para acelerar mais rápido, subir uma ladeira, carregar mais peso, é medido em Newton/metro (Nm).

Taxa de rotação é o número de voltas dadas pelo eixo do motor medido em rpm.

Potência do motor permite velocidades mais elevadas é quantidade de trabalho que ele realiza por unidade de tempo que é obtida pela multiplicação do torque pelas voltas. Medido em potência (HP) ou Kilowatts (KW) $1KW = 1,36HP$.

Outra grande vantagem do motor elétrico é a não necessidade de uma rotação mínima, e de alcançar sua rotação máxima em pouquíssimo tempo, assim quando o automóvel para em um sinaleiro, por exemplo, o motor elétrico pode ser desligado, assim diminuído o gasto energético das baterias.

6.2 ECONÔMIA

Como vemos no Brasil os combustíveis como gasolina, álcool e o diesel esta cada vez mais caro, com o automóvel elétrico isso não será mais problema, pois é muito mais barato recarregar as baterias de um carro elétrico do que encher o tanque de um carro a combustão.

Abastecer um carro elétrico custa hoje R\$ 0,06 por quilômetro rodado na cidade de São Paulo. Isso significa que o consumidor gastará, na capital paulista, algo entre R\$ 9 e R\$ 12 para recarregar a bateria dos veículos, que possuem autonomia para rodar entre 160 a 200 quilômetros por carga (BRACIER).

O preço é bem mais baixo do que o desembolsado para encher o tanque de um carro a gasolina ou etanol, que custa cerca de R\$ 0,30 por Km rodado. Em compensação, o veículo elétrico não sai hoje por menos de R\$ 150 mil. As estimativas são da EDP, a controladora das distribuidoras de energia Bandeirante e Escelsa, que inaugura hoje o projeto piloto de um posto de recarga rápida para carros elétricos em São Paulo. O eletroposto fica dentro da Universidade de São Paulo (USP) e faz parte de um estudo encomendado pela EDP para a Fundação Instituto de Administração (FIA), que avaliará o impacto econômico do carro elétrico para os negócios da distribuidora de energia. O levantamento está sendo feito em parceria com o Instituto de Eletrotécnica e

Energia da USP (IEE) e a Sinapsis, que avaliarão aspectos técnicos e efeitos sobre a rede elétrica (BRACIER).

A recarga rápida, no caso dos eletropostos, representa cerca de meia hora, o tempo necessário para abastecer 80% de uma bateria. A tecnologia significa um grande avanço em relação à recarga lenta, que pode levar entre seis ou oito horas, afirma Miguel Setas, vice-presidente de distribuição da EDP no Brasil. A multinacional portuguesa já possui cerca de 100 pontos de recarga em seu país de origem. Segundo Setas, ainda levará alguns anos para que o carro elétrico se transforme em um negócio de peso no Brasil. "Com certeza, o cenário vai mudar em 15 anos", afirma Paulo Feldman, professor da FIA que coordena o estudo feito com a EDP. As estimativas apontam que, em 2030, serão vendidos mais carros elétricos que a combustão no mundo. Segundo Feldmann, não existem hoje mais do que 50 carros elétricos na cidade de São Paulo e a falta de uma massa crítica de veículos é um dos grandes desafios para a realização de pesquisas mais precisas sobre o impacto no mercado brasileiro. A FIA fechou uma parceria com a prefeitura de São Paulo para abastecer, no posto da USP, uma frota experimental de táxis elétricos, com veículos produzidos pela Nissan (BRACIER).

Os países onde os carros elétricos já estão mais consolidados, como a China e Israel, não abrem todos os números, diz Feldmann. O Brasil, acrescenta, terá de conduzir suas próprias pesquisas. Um dos objetos de estudos da FIA será estimar o volume adicional de energia elétrica que o Brasil precisará gerar para atender à demanda dos veículos. A recarga de uma bateria de um carro elétrico requer 24 KWh, ou o equivalente ao consumo por sete horas de um chuveiro elétrico convencional, diz Feldmann. Segundo Setas, também existem muitos aspectos regulatórios que precisam ser definidos, entre eles qual será o papel das distribuidoras, cujas concessões são delimitadas por áreas, nas quais elas detêm o monopólio no abastecimento de energia.

As regras atuais não preveem, por exemplo, o fornecimento de energia elétrica para uso móvel. Ironicamente, a EDP vai vender no posto da USP a energia da concorrente Eletropaulo, responsável pela distribuição em São Paulo (BRACIER).

Outras distribuidoras também já iniciaram projetos para o abastecimento de energia de carros elétricos. A CPFL instalou um eletroposto em 2010 em sua sede, em Campinas, e, neste ano, está se dedicando à montagem da primeira bateria de lítio no Brasil para uso em carro elétrico. (Valor Econômico, 28/09)

Outra vantagem econômica é que com a evolução dos motores temos cada vez motores mais leves e com uma maior potência, como a Siemens que desenvolveu um motor de apenas 50kg que entrega em torno de 353cv, mais que um Mustang 2.3 turbo que utiliza um motor a combustão de 314cv. Podemos ver na Figura 27 o motor desenvolvido pela Siemens que esta sendo implementado para o uso na aviação(VIANA, 2015) .

Figura 27 Motor desenvolvido pela Siemens.



Fonte: VIANA 2015

6.3 MERCADO NACIONAL DE CARROS ELÉTRICOS

Brasil receberá 3 modelos de VEs, que são eles o Nissan Leaf, Renault Zoe e Chevrolet Bolt, nenhum deles será produzido no Brasil inicialmente, mas já estão em pré-venda e a entrega será em 2019.

O Bolt é um carro produzido pela Chevrolet 100% elétrico com uma autonomia de 383km, é possível carregado em uma tomada residencial comum e através de carregador super-rápido. Sua bateria tem capacidade máxima de 60kWh e é composta por 288 células de bateria de lítio, o motor elétrico tem 200cv (150 KW), 36,8 mkgf (360Nm). No Brasil, o custo para obter esse VE será de R\$ 170 mil, modelo da Figura 28 (CHEVROLET, 2018).

Figura 28 Bolt, carro 100% elétrico produzido pela Chevrolet.



Fonte:

https://estadodeminas.vrum.com.br/app/noticia/noticias/2018/11/07/interna_noticias,53464/chevrolet-bolt-nissan-leaf-e-renault-zoe-vendas-e-precos-definidos.shtml

Leaf da montadora Nissan também é um carro 100% elétrico, com uma autonomia de até 389Km no modo mais econômico, com uma bateria de lítio de 40

KWh, com um motor de 149 cv e 32,6 kgfm de torque. Seu preço no Brasil será de R\$ 178,4 Mil. Na Figura 29 podemos ver o Nissan Leaf em exposição.

Figura 29 Nissan Leaf em exposição.



Fonte:

https://estadodeminas.vrum.com.br/app/noticia/noticias/2018/11/07/interna_noticias,53464/chevrolet-bolt-nissan-leaf-e-renault-zoe-vendas-e-precos-definidos.shtml

Zoe é um VE produzido pela Renault, com autonomia de 300km, bateria de íons de lítio com 22kwh, esse carro comporta um motor elétrico síncrono com rotor bobinado com potência de 65kw ou 88cv. Será vendido no Brasil por R\$ 149,9 Mil. Dos 3 modelos apresentado no salão do automóvel de 2018 o mais barato. Na Figura 30 podemos ver o Zoe.

Figura 30 Zoe VE produzido pela Renault.



Fonte: (<https://g1.globo.com/carros/salao-do-automovel-de-sao-paulo/2018/noticia/2018/11/06/brasil-recebera-3-eletricos-populares-apos-anos-em-fila-todos-acima-de-r-140-mil.ghtml>)

Após a análise dos itens apresentados nesse capítulo, a Tabela 4 mostra a comparação direta entre o veículo a combustão e o veículo elétrico. Em relação ao tempo de carga usaremos a recarga super-rápida para os veículos elétricos, e os preços são do veículo para 5 pessoas, mais barato de cada categoria, para efeito de comparação usamos o Chery QQ Smile 1.0 como carro a combustão e o Renault Zoe como carro elétrico.

Tabela 4-Comparação entre veículo a combustão e elétrico.

Comparação de viabilidade entre os veículos à combustão e os veículos elétricos	Veículo a combustão	veículo elétrico
Valor do Km Rodado	R\$ 0,30/km	R\$ 0,06/Km
tempo de recargado total	30 minutos p/ 80%	5 minutos p/ encher o tanque
Valor de mercado no Brasil	Chery QQ Smile R\$ 27.990,00	R\$ 150.000,00
Autonomia	455 Km	200 Km
Potência do motor	75 CV	88 CV

Fonte: própria autoria

6.4 ELETROVIAS NO BRASIL

Eletrovias são vias com suporte de carregamento para carros elétricos, composta por postos de carregamento os eletropostos.

Copel que é a empresa distribuidora de energia elétrica do Paraná com parceria da Itaipu Binacional inaugurou a primeira eletrovia do Brasil, o primeiro eletro posto foi inaugurado na capital paranaense, esse é um dos eletropostos no total de 8, que serão construídos na BR-277. Esses eletro-postos forneceram recargas gratuitas entre o percurso de Paranaguá a Foz do Iguaçu (COPEL, 2018).

Cada eletroposto terá no total 50kVA de potência, para efeito de comparação equivale a dez chuveiros elétricos, cada estão possuirá os 3 tipos principais de conectores, para atender os principais tipos de carregamento (COPEL, 2018).

Inicialmente todos serão de recarga gratuita, com a chamada carga rápida, que carrega em meia hora o equivalente a 80% da bateria na maioria dos modelos de VE.

Segundo o Detran-PR, no ano de 2018 o estado do Paraná possuem 178 VE e 1.350 veículos híbridos, ainda é um número pequeno se comparado com o número de carros a combustão, mas isso deve começar a mudar a partir de 2019 com o lançamento dos 3 novos modelos de VE no Brasil, e com incentivos fiscais para quem possuir os VE (COPEL, 2018).

7 CONCLUSÃO

Com o estudo realizado concluímos que os automóveis elétricos apresentam performance cada vez melhor, e chegando próximo dos carros a combustão, porém apresentam desvantagem se compararmos sua autonomia e seu elevado custo, mas isso é apenas questão de tempo e investimento das fábricas de automóveis.

As partes principais que compõe o automóvel temos em destaque os motores elétricos e as baterias. Em relação aos motores não temos nenhum problema, pois os motores utilizados nos veículos elétricos não apresentam nenhum empecilho, pelo contrário estão cada vez mais eficientes e com menos perdas. O grande problema em relação às baterias estão no seu custo elevado chegando à 30% do custo total para fabricação do veículo, e no carregamento lento, pois esperar meia hora para uma carga de 80% é um tempo longo se compararmos com o tempo de abastecimento de um carro a combustão. Outro problema apresentado nas a baterias é o número de ciclos, que é o número de vezes que ela pode ser carregada e descarregada, a maioria das baterias tem que ser trocadas após 5 anos de uso.

A solução em relação ou custo da bateria pode ser reduzida com o processo de fabricação em larga escala ou o surgimento de novas tecnologias mais eficientes e com menor custo, como por exemplo, o uso do grafeno, que vem tomando espaço na área de pesquisa e na aplicação podendo se tornar uma revolução no mercado automobilístico.

Os automóveis elétricos apresentam-se como uma solução para os problemas ambientais, e também a resposta para uma futura crise energética, pois as reservas de petróleo são finitas.

Portanto a aplicação se dá a conscientização para o uso de combustíveis fósseis e os problemas que o cercam, e que os automóveis elétricos já são realidade em nosso dia-dia.

8 REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

BARAN, Renato. LEGEY, Luiz Fernando. Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil 2011. Disponível no site: https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Galerias/Convivencia/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Complexo_Automotivo/201103_06.html . Acessado em 23 de junho de 2018

BEJERANO, Pablo G. A bateria de grafeno para carros com 1,000 km de autonomia. 14 de janeiro de 2016. Disponível no site: <http://br.blogthinkbig.com/2016/01/14/a-bateria-de-grafeno-para-carros-com-1000-km-de-autonomia/> . Acessado em 10 de novembro de 2018

BRACIER, ABASTECER CARRO ELÉTRICO CUSTARÁ R\$ 10. Disponível no site: <https://www.bracier.org.br/noticias/brasil/3572-abastecer-carro-eletrico-custara-r-10.html> . Acessado em 09 de janeiro de 2019

CARDOSO, Mayara. Ciclo de Otto. Info Escola 2017. Disponível no Site: <https://www.infoescola.com/fisica/ciclo-de-otto/> Acesso em 16 setembro de 2018

CARNEIRO, R. L.; Molina, J. H. A.; Antoniassi, B.; Magdalena, A. G.; Pinto, E. M. Aspectos essenciais das Baterias Chumbo-Ácido e Princípios Físico-Químicos e Termodinâmicos do seu Funcionamento * Rev. Virtual Quim., 2017, 9 (3), 889-911. Data de publicação na Web: 7 de junho de 2017

CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro; BARROS, Daniel, Chiari; VEIGA. Suzana Gonzaga. Baterias Automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformas o mercado global. BNDES , Biblioteca Digital.

CHAGAS, Luciana Gomes. URBANO, Alexandre. SCARMINIO, Jair. Princípios Físicos e Químicos de Baterias de Íon Lítio. Laboratório de Filmes Finos e Materiais. 2012

Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina

Londrina, PR.

CHEVROLET. Bolt o futuro é realidade. 2018. Disponível no site <https://www.chevrolet.com.br/carros/bolt-ev> 2018. Acesso em 05 de novembro de 2018.

CHIPTRONIC. Motor elétrico automotivo: Entenda as diferenças e vantagens, 9 de março de 2017. Disponível no site <https://chiptronic.com.br/blog/motor-eletrico-automotivo-entenda-as-diferencas-e-vantagens> . Acesso em 27 de agosto de 2018

CICLO VIVO. Pesquisa prevê 80 mil eletropostos em 2030 para suprir expansão de veículos elétricos no Brasil, 21 de novembro de 2018. Disponível no site: <https://ciclovivo.com.br/planeta/desenvolvimento/pesquisa-preve-80-mil-eletropostos-em-2030-para-suprir-expansao-de-veiculos-eletricos-no-brasil/>. 09 de janeiro de 2019.

CLEMENTE, Isaac. Bateria de Íons de Lítio. Info Escola. Disponível no site : <https://www.infoescola.com/eletricidade/bateria-de-ions-de-litio/> . acessado em 10 de novembro de 2018

COPEL. Copel lança primeira eletrovia do Brasil. Disponível no site <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2F7988867F48E725D18325825D00749693>> 27 março de 2018. Acesso em 05 de junho de 2018

COSTA, Evaldo. O que são os veículos elétricos? 2013. Disponível no site: <http://www.verdesobrerodas.com.br/p/sobre-o-carro-eletrico.html> . Acessado em 5 de novembro de 2018.

DE CASTRO, B. H. R., FERREIRA, T. T. Veículos elétricos: aspectos básicos, 223 perspectivas e oportunidades. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 32, out. 2010.

DELGADO, Fernanda. COSTA, José Evaldo Geraldo. FEBRARO, Júlia. SILVA, Tatiana Bruce. Carros Elétricos. 2017.

DE REIS, Fábio. PWM- Width Modulation. Boson treinamentos 14 de junho de 2017. Disponível no site: <http://www.bosontreinamentos.com.br/eletronica/curso-de-eletronica/curso-de-eletronica-o-que-e-pwm-pulse-width-modulation/> . Acesso em 20 de agosto de 2018.

FILHO, João Mamede. Instalações Elétricas Industriais. 9 a edição. Editora LTC 2017 consulta em 5 de agosto de 2018

FORGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. Bateria de Níquel-Cadmio. Mundo educação. 2018. Disponível no site: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/bateria-niquel-cadmio.htm> . Acesso em 6 de julho de 2018.

HOYER, K. G. The History of Alternative Fuels in Transportation: The Case of electric and Hybrid Cars. Utilities Policy. S/l: Elsevier, 2008.

I.L. Kosow, “Maquinas Elébricas e Transformadores”. Porto Alegre, Editora Globo 1982.

INEE. Sobre Veículos Elétricos. 2010 Disponível no site: http://www.inee.org.br/veh_sobre.asp?Cat=veh . Acessado em 05 de novembro

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Carros elétrico com motor nas rodas é melhor do que se pensava. 06 de setembro de 2016. Disponível no site: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=carro-eletrico-motor-rodas-melhor-se-pensava&id=010170160906#.W-nCWpNKjIV> . Acesso em 18 de setembro de 2018

Instituto de Energia e Meio Ambiente (Iema), com base nos dados do Sistema de Emissão de Gases de Efeito Estufa (Seeg).

KINGSLEY. De Fitzgerald. Maquinas Elébricas. 7ª edição Porto alegre AMGH 2014

LENZ, André Luis, O Básico sobre o sistema de tração de veículos elétricos, 15 de março de 2013. Disponível no site: <http://automoveiseletricos.blogspot.com/2013/03/o-basico-sobre-sistema-de-tracao-de.html> . Acessado em 23 de setembro de 2018.

LUGENERGY. Tipos de conexões VE's. Disponível no site: <https://www.lugenergy.pt/tipos-de-conectores-ves/> . Acesso em 10 de setembro de 2018.

MATULKA, Rebecca. The History of the Electric Car. ENERGY.GOV. 15 setembro de 2014. Disponível no site: <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car> . acessado em 23 de novembro de 2018

MECÂNICA INDUSTRIAL. Motor de relutância comutada. 2017. Disponível no site: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/350-motor-de-relutancia-comutada/> . Acessado em 29 de Outubro de 2018.

NOVA. Manual de Motores Elétrico. KCEL Motores e Fios LTDA julho de 2008

OMS. Organização mundial da saúde. Poluição Atmosférica. Disponível no site: <https://www.sns.gov.pt/noticias/2018/05/02/oms-poluicao-atmosferica/> . Acessado em 2 de agosto de 2018.

PAIXÃO, Jacqueline Pinho. Controle de velocidade de motores elétricos. 2009. 62 p. Monografia (Especialização em Automação Industrial) - Programa de Pós-graduação em Automação industrial, UTFPR, Curitiba

RIBEIRO, Dhiego dos Santos. PRADO, Claudio Castro. Motores de ímãs Permanente. 10 agosto de 2018.

RODRIGUES, Danilo. Como são abastecidos os carros elétricos. Super interessante. 18 de janeiro de 2018. Disponível no site: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-sao-abastecidos-os-carros-eletricos/> . Acesso em 23 de julho de 2018.

SILVEIRA, Cristiano Bertulucci. O que é PWM e para que serve? Citisystems. Disponível no site: <https://www.citisystems.com.br/pwm/> . Acesso em 3 de setembro de 2018.

TESLA. Site da montadora tesla motors. Disponível no site: https://www.tesla.com/pt_PT/models>. Acessado em 19 de setembro de 2018.

TILLMANN, Carlos Antônio da Costa. Motores de Combustão Interna e Seus Sistemas. Pelotas-RS 2013. 165p. Disponível no site: http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos/ifsul/tecnico_biocombustivel/motores_combustao_interna_e_seus_sistemas.pdf . Acesso em 10 agosto de 2018

VASCONCELOS, Paulo Salim Daher. Estudo de viabilidade e economia de um veículo elétrico urbano de carga/ paulo salim Daher Vasconcelos -2015 82f.: il.

VIANA, Pedro. Siemens cria motor elétrico potente e com apenas 50Kg. 2015. Disponível no site <https://www.aeroflap.com.br/siemens-cria-motor-eletrico-potente-e-com-apenas-50kg/> . Acesso em 20 de setembro de 2018.

ZERAOULIA, M., Mohamed, E. H. B. e Diallo, D. s.l. Electric Motor Drive Selection Issues for HEV Propulsion Systems: A Comparative Study.: IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 55, NO. 6,, 2006.