

Carros Elétricos e Uso Eficiente de Baterias.¹

MAGALHÃES, Jéssica de Lourdes Almeida Magalhães²
Centro Universitário Academia - UniAcademia
NOGUEIRA, Fernando José³
Centro Universitário Academia - UniAcademia

RESUMO

Este trabalho tem como objeto principal a revisão bibliográfica dos carros elétricos e baterias. O estudo apresenta inicialmente uma breve história dos carros elétricos e os impasses para se manter no mercado ao longo do tempo. Em seguida, é falado dos carros híbridos, dos carros movidos a célula de combustível e dos carros puramente elétricos, é explorado os principais arranjos desses três tipos de carros. São mostrados os motores de corrente contínua (CC) e motores de corrente alternada (CA) mais aplicáveis a veículos elétricos. Posteriormente analisa algumas das baterias mais usuais para carros elétricos e cita a nova tecnologia promissora das células de lítio-enxofre da Oxis Energy no qual o Brasil sediará sua fábrica piloto. Além do segmento de mobilidade, a fábrica atenderá indústrias de defesa e aeroespacial - tripulados e não tripulados - drones, transporte público, entre várias outras. As baterias de lítio-enxofre são leves, seguras e com alta densidade energética.

Palavras-chave: Carros Elétricos. Veículos Elétricos. Carros Híbridos. Baterias. Baterias de Lítio-Enxofre

¹ Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Academia - UniAcademia, como requisito parcial para a conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica.

² Graduando em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia - UniAcademia.

³ Professor do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia - UniAcademia.

1 INTRODUÇÃO

Na década de 1970 em decorrência da crise mundial do petróleo à humanidade vivenciou um aumento brusco nos preços do petróleo tornando necessária a adaptação. O Brasil foi amplamente afetado com os três principais choques do petróleo de 1973, de 1979 e de 1990 pois dependia em larga escala de importação (DE MELO, 2008).

Desde então a procura por fontes alternativas se intensificaram. Durante essa crise o Brasil aproveitou sua estrutura canavieira que era utilizada para produção de açúcar e lançou o programa Pró Álcool que tinha objetivo de incentivar ainda mais a produção alcooleira e diminuir a importação de petróleo (SHIKIDA, 1997).

Conforme são descobertas e aplicadas, as novas energias vão sendo substituídas na maior parte, não por motivos de esgotamento, mas sim por razões de carácter social, econômico, político e por experimentação de novas fontes que sejam mais eficientes, renováveis e de menor poluição.

O petróleo é um combustível fóssil portanto é uma fonte de energia não renovável, pesquisadores já falam sobre a “Idade do Petróleo” como um tempo não muito distante. Diante desses fatos haverá a necessidade de um substituto para o petróleo no que diz respeito a eficiência, renovação e que polua menos o planeta.

Os combustíveis fósseis deverão ser substituídos por fontes energéticas que tenham menor força de degradação e não acelere o aquecimento global. É importante enfatizar um substituto que se contrapõe com as ideias sustentáveis tende a não permanecer no mercado por muito tempo.

Sustentabilidade é uma forma de gerir os recursos presentes buscando não comprometer o futuro. O mesmo conceito é aplicado para eletricidade e tem mesmo cunho: satisfazer as necessidades energéticas atuais sem comprometer a demanda por energia no futuro.

Atualmente o conceito de eficiência energética tem se tornado tendência. As empresas de uma forma geral têm notado o quão importante é projetar os investimentos em meio a isso se adaptando as novas políticas e tecnologias de sustentabilidade e meio ambiente. Ter uma empresa eficiente energeticamente abre portas. Hoje em dia as marcas lucram com a imagem sustentável através da adesão do Marketing Verde cumprindo leis ambientais, trazendo uma imagem positiva e aceitação no mercado.

Segundo a 24^a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP 24), em Katowice na Polônia. O setor de transporte é responsável por 25% das emissões globais de gases de efeito estufa e é a área em que as emissões de carbono mais aumentam desde 2000 (AGENCIA BRASIL, 2018).

A Union of Concerned Scientists fez um estudo com os carros elétricos, analisando a emissão de poluentes desde a fabricação até o descarte. Descobriram que carros elétricos a bateria, quando comparados aos movidos a gasolina, geram metade dessas emissões, mesmo quando a poluição da fabricação de baterias é contabilizada. Fabricar um veículo elétrico de médio porte resulta em cerca de 15% a mais de emissões do que fabricar um veículo a gasolina equivalente, porém os carros elétricos a bateria compensam suas maiores emissões de fabricação dentro de dezoito meses de condução — modelos de menor alcance podem compensar as emissões extras dentro de 6 meses — e continuam a superar os carros a gasolina até o fim de suas vidas (UCSUSA, 2015).

A transição de veículos convencionais à combustão para veículos elétricos (VEs) é um caminho natural de desenvolvimento da tecnologia veicular. Quando os carros elétricos atingirem paridade de custo com os veículos a combustão interna, naturalmente as pessoas irão optar em VEs, fundamentando essa escolha em benefícios para saúde e meio ambiente que os carros elétricos trazem. (Delgado, 2017).

No decorrer do trabalho será descrito o surgimento dos carros elétricos e os impasses de mantê-los no mercado ao longo dos anos devido à forte concorrência dos carros movidos a combustão interna. Será exemplificado os carros híbridos que consiste nos veículos elétricos mais utilizados atualmente, os carros unicamente a bateria relevantes por não emitirem poluentes e os carros movidos a célula de combustível que possui uma tecnologia favorável devido sua grande autonomia.

Os veículos elétricos possuem uma máquina elétrica que opera como motor e uma máquina elétrica que opera como gerador. Os motores convertem a energia elétrica em energia mecânica para propulsão do veículo. Os geradores usam o processo de frenagem para transformar energia cinética em elétrica que pode ser usada instantaneamente ou armazenada nas baterias. Será indicado alguns tipos de motores e geradores mais usuais.

As baterias são dispositivos que armazenam energia elétrica sob a forma de compostos eletroquímicos, é um dos componentes mais importantes e mais caros que compõe o arranjo dos veículos elétricos. Serão mencionadas as baterias mais eficientes usadas na indústria automotiva, em destaque a bateria de Lítio-Enxofre com grandes vantagens para essa categoria.

2 HISTÓRIA DOS CARROS ELÉTRICOS

A história do carro elétrico começa no século XIX, sendo idealizado antes dos carros a gasolina. Foi arquitetado pelo escocês Robert Davidson com velocidade superior a 6 km/h, era alimentado por baterias não recarregáveis de zinco-ácido pesando aproximadamente 5 toneladas (CORTEZZI, 2017).

O desenvolvimento do carro elétrico está associado a evolução das baterias, também no século XIX, Gaston Planté desenvolveu a tecnologia para baterias recarregáveis, apresentando a bateria de chumbo e ácido que foi usada em alguns carros elétricos na Europa (BARAN; LEGEY, 2011).

No começo do século XX, Thomas Edson, visando a potencialidade dessa área, criou a bateria níquel-ferro com rendimento 40% maior que a de chumbo, no entanto, com preço para produzir bem maior que as anteriores. Posteriormente ainda no século XIX foram criadas as baterias de níquel-zinco e zinco-ar (BARAN; LEGEY, 2011).

Alguns carros elétricos se destacaram como “Las Jamais Contente” construído na França, foi o primeiro que chegou a ultrapassar 100km/h, a figura 1, mostra a comemoração do recorde (SHERMAN, 2011).

Na virada do século XX, carros elétricos silenciosos, suaves e livres de poluição eram uma visão comum nas ruas das principais cidades americanas, Baker Electric, Detroit Electric, Rausch & Langs e outros carros elétricos similares eram relativamente confiáveis e fáceis de dirigir (FORD, 2007).

Figura 1 – Veículo elétrico La Jamais



Fonte: SHERMAN, 2011

A história dos veículos elétricos pode ser dividida em três eras. A primeira começa no século XIX, no ano de 1851, quando os veículos entraram no mercado e tiveram grande aceitação. No ano de 1897 começaram os primeiros VEs comerciais utilizados como taxi na cidade de Nova York. No entanto, em 1908 o Ford Model T movido a gasolina entrou no mercado (DENTON, 2018).

Nessa mesma época empresas petrolíferas visualizaram o grande mercado automobilístico e passaram a investir no motor movido a combustível derivado do petróleo, a partir desse momento começou a ascensão dos carros movidos a combustíveis fósseis e o declínio dos carros elétricos.

A segunda era dos VEs foi no período da crise do petróleo. Durante a década de 70 voltaram a repensar sobre os VEs devido ao alto preço do combustível, foi quando a França lançou o “PREDIT” um programa para acelerar as pesquisas e o desenvolvimento dos VEs (DENTON, 2018).

Todavia, após o término da crise do petróleo os consumidores não encontraram razão para comprar veículos elétricos pois eram mais lentos e mais caros, nessa época os carros a combustíveis fósseis tiveram grandes avanços devido a muitas pesquisas, enquanto os elétricos permaneceram relativamente estacionados. Logo, o mercado para esses carros voltou a se dissolver.

Atualmente estamos na terceira era dos veículos elétricos e o que tudo indica será uma era durável. O declínio dos carros movidos a combustíveis fósseis já está começando, além de ser não renovável, a questão da poluição produzida nas áreas urbanas por automóveis a gasolina tornou-se uma grande preocupação. Estamos em

uma era mais sustentável em que a humanidade começou a valorizar o meio ambiente e a diminuir os impactos ambientais.

A indústria automobilística do mundo todo está focada nesse mercado, há muitos investimentos para pesquisas em técnicas de conservação de energia na tentativa de aumentar a autonomia e velocidade dos carros elétricos.

3 CARROS ELÉTRICOS

Atualmente, o termo carro elétrico pode englobar vários tipos de veículos com tecnologias diferentes, como os híbridos, os carros unicamente a bateria e os movidos a células de combustível.

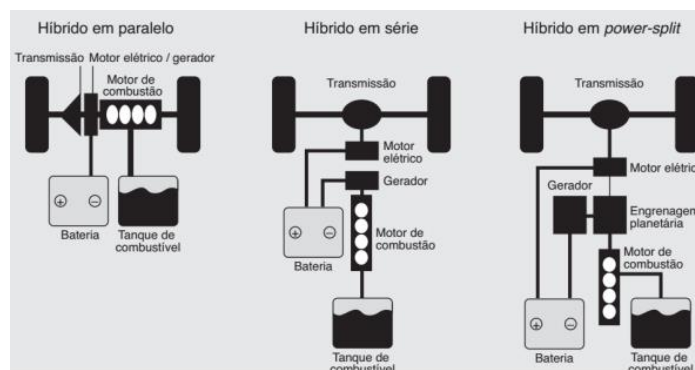
3.1 CARROS HÍBRIDOS

Nos veículos híbridos há no mínimo um motor de tração elétrica além do motor de combustão interna. Têm o benefício de emitir menos poluentes e ter a flexibilidade dos dois meios, dispensando assim a total necessidade dos postos de recarga elétricos.

Os motores elétricos dos carros híbridos são alimentados por um gerador e uma bateria. É um sistema acumulador de energia. Para recarregar a bateria, usam o motor a combustão e a energia restituída durante a frenagem.

Existem 3 tipos de carros híbridos tradicionais: O híbrido série, híbrido paralelo e o híbrido power-split como mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Três tipos de veículos híbridos (paralelo, série, power-split).



Fonte: TOM, 2018

Os Híbrido de Série usam o motor elétrico para condução do veículo, o motor a combustão não tem ligação mecânica com as rodas, logo seu objetivo é apenas gerar eletricidade, ele recarrega a bateria até que esteja completa. A tração é sempre fornecida pelo motor elétrico.

No tipo Híbrido Paralelo ambos os motores são usados ao mesmo tempo para alimentar as rodas. O motor a combustão é responsável por conduzir o veículo enquanto o motor elétrico dá suporte quando necessário, nesse tipo há uma interdependência e o carro nunca vai ser conduzido totalmente pelo motor elétrico.

O terceiro e último tipo é o Híbrido Power Split em que ambos os motores têm conexão mecânica com as rodas e podem conduzir o carro. Nesse modelo o carro reconhece automaticamente se apenas um ou se ambos movem o veículo, varia de acordo com as condições de direção.

Os modelos citados acima descrevem os veículos híbridos tradicionais nos quais a bateria é recarregada através do motor a combustão e no processo de frenagem. Entretanto recentemente lançaram os híbrido plug-in que possuem todas tecnologias do anterior e mais um plug-in para carregamento da bateria em tomadas domésticas ou postos elétricos. Alguns exemplos dessa tecnologia são os modelos XC90 , S90 e o XC60 da marca Volvo.

3.2 CARROS ELÉTRICOS MOVIDOS A CÉLULA DE COMBUSTÍVEL

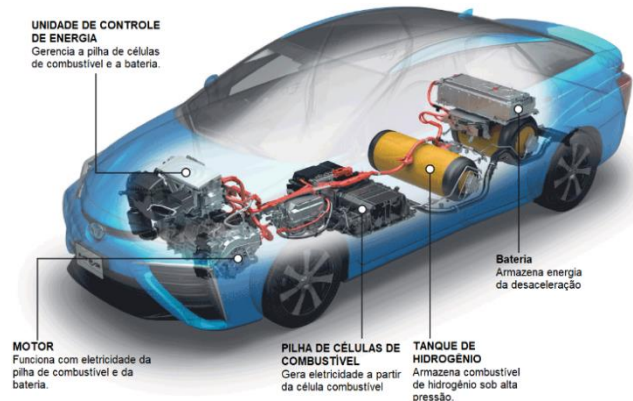
Célula de Combustível é um dispositivo eletroquímico que converte constantemente energia química em elétrica através de um combustível e um oxidante. Nas células tradicionais o combustível é o hidrogênio e o oxidante o oxigênio. Veículos elétricos de célula de combustível estão sendo introduzidos no mercado, o primeiro foi Toyota Mirai lançado em 2015.

Existe também células do tipo Óxido Sólido (SOFC), Membrana de Troca de Prótons (PEMFC) e Células de Etanol (CE), que é uma célula de combustível alimentada por etanol, propícia para o cenário brasileiro, no entanto ainda é pouco usada (LEME; DE MELO, 2018).

O tanque de combustível varia de acordo com o combustível a ser empregado que pode ser líquido ou gasoso. O hidrogênio em gás comprimido é o mais aplicado e

é armazenado em cilindros de alumínio cobertos por fibra de carbono (LEME; DE MELO, 2018).

Figura 3- Toyota Mirai



Fonte: THE NEW YORK TIMES, 2014

Segundo a Toyota, o Mirai exibido na figura 3, é movido a hidrogênio e tem autonomia de mais de 500 km. Primeiro a ser produzido em escala comercial mundial, é movido por energia elétrica, usando hidrogênio de sua célula e oxigênio capturado da atmosfera. Para o seu funcionamento, dentro da célula acontece a divisão do hidrogênio em duas moléculas, gerando uma carga elétrica. Ao mesmo tempo, o oxigênio se une às células de hidrogênio, formando vapor d'água, que é eliminado pela válvula de escape sem emitir gases poluentes (TOYOTA, 2020).

3.3 VEÍCULOS PURAMENTE ELÉTRICOS

Veículos puramente elétricos são os carros alimentados somente por baterias como fonte de energia elétrica. São veículos mais sustentáveis e famosos por não emitirem gases poluentes na atmosfera.

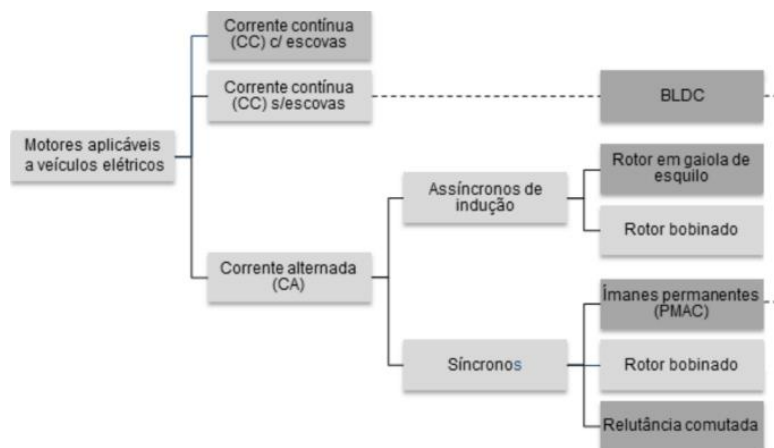
A arquitetura de um carro elétrico consiste basicamente em uma máquina elétrica, sistema de armazenamento de energia e eletrônica de potência. Geralmente o sistema de tração é feito nas rodas traseiras, podendo também ter combinações diferentes como tração dianteira ou tração nas quatro rodas. Existe diversas localizações para o motor e acionamento das rodas variando de acordo com a finalidade do carro.

4 MÁQUINA ELÉTRICA

A máquina elétrica é o mecanismo de transformação de energia, podendo ser tanto o motor quanto o gerador como é o caso da frenagem. Primeiramente será descrito seu funcionamento como motor. O motor elétrico é responsável pela conversão de energia elétrica em mecânica com a finalidade de produzir torque e potência que são transmitidos as rodas para a movimentação do veículo.

Os fabricantes de motores elétricos têm se dedicado a desenvolver diferentes tipos de motores direcionados a carros elétricos. Na figura 4 estão exemplificados os motores mais comuns.

Figura 4 - Diagrama em árvore dos motores mais aplicáveis a veículos elétricos



Fonte: FREITAS, 2012

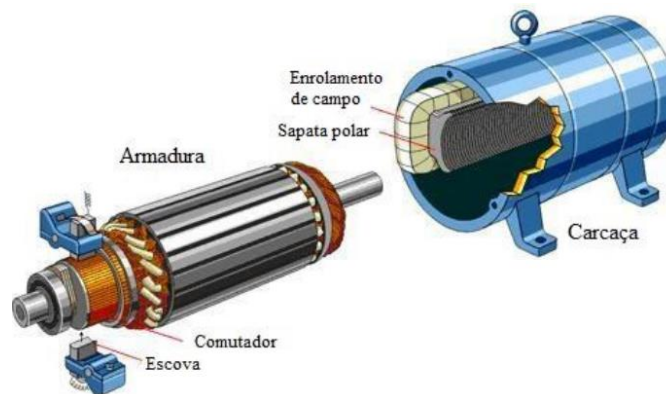
4.1 MOTORES DE CORRENTE CONTÍNUA COM ESCOVAS

O motor de corrente contínua com escovas é um motor mantido por corrente contínua fornecida por uma bateria ou alguma outra fonte de alimentação CC. Na figura 5 mostra seu arranjo composto por um estator, que é a parte fixa onde estão os ímãs, o rotor, também chamado de armadura, que consiste na parte que faz a movimentação do motor e possui uma bobina elétrica em seu interior. As escovas em sua maioria são fabricadas de carvão com o objetivo de conduzir energia elétrica para o circuito do rotor.

Ele possui um alto torque de partida, podendo ser usado em diversas finalidades sendo útil como motor de arranque. Tem controle de velocidade fino usando o nível de tensão para controlar.

As inúmeras possibilidades de Torque x Velocidade são obtidas através de algumas associações de enrolamentos de campo série e paralelo e por outros modelos de excitação dos enrolamentos podendo ser: série, paralelo, composto e por excitação independente.

Figura 5 - Partes principais do motor CC



Fonte: RIBEIRO; PRADO, 2015

4.2 MOTORES ASSÍNCRONOS DE INDUÇÃO

O motor de indução é uma máquina com funcionamento simples baseado na Lei de Indução, com uma construção robusta, pequena manutenção e baixo custo (GUEDES, 1994). É basicamente composta por rotor, estator e entreferro.

É um tipo de motor elétrico que se movimenta a partir de dois campos magnéticos girantes. Usa uma corrente induzida em seu rotor para gerar a atividade de rotação. Nesse motor o campo criado nos enrolamentos do estator cria correntes alternadas no circuito do rotor.

Sua vantagem é que não precisa de escova e nem mecanismo de partida pois tem controle fácil de velocidade, sua desvantagem é que consiste em um motor grande e pesado e há mais perda de corrente devido ser corrente induzida.

Os motores de indução podem ser de dois tipos: Rotor Bobinado e Rotor Gaiola de Esquilo. No tipo bobinado seu núcleo ferromagnético é envolto por bobinas que se

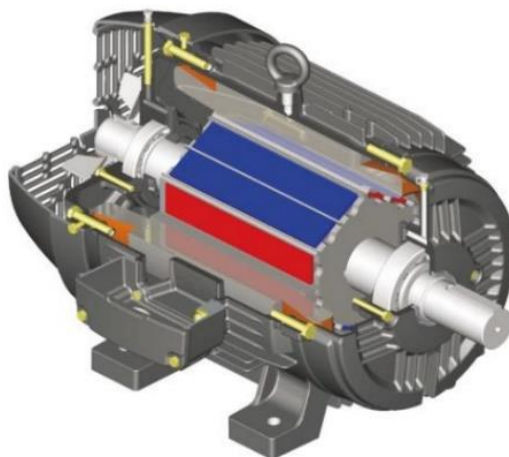
conectam a terminais externos da máquina por meio de anéis condutores, logo, pode-se alterar a resistência do circuito do rotor. O rotor do tipo gaiola de esquilo não tem conexões externas, ao contrário do rotor tipo bobinado, pois o material condutor está fundido internamente ao núcleo. O rotor pode ser dividido em quatro partes principais: o eixo, o núcleo ferromagnético, as barras de material condutor e os anéis de curto-circuito (GUERRA, 2015).

4.3 MOTOR SÍNCRONO DE IMÃ PERMANENTE

Os motores de síncronos são caracterizados por o rotor movimentar na mesma velocidade que o campo magnético rotativo do estator. Ele é construído com enrolamentos no estator e ímãs permanentes no rotor, o campo magnético é gerado pelos ímãs com um fluxo constante.

Sua principal vantagem é a eficiência energética, pelo fato de não apresentar quase nenhuma perda Joule no rotor assegurando um rendimento muito maior que os outros motores. Um aspecto promissor também é que ele oferece alta potência, trabalhando em menor espaço, com dimensões reduzidas e menor custo. Uma desvantagem é em relação a velocidade de aplicação desse motor, caso sua velocidade seja excessiva, seus ímãs podem sofrer danos, componente conhecido por ter custo elevado (RIBEIRO; PRADO, 2015).

Figura 6 - Modelo motor de ímã permanente.



Fonte: RIBEIRO; PRADO, 2015

4.4 MOTOR CA DE RELUTÂNCIA COMUTADA

Trata-se de uma máquina de relutância variável que opera com malha de posição do eixo para permitir a sincronização das correntes de fases com a posição do rotor. É relevante enfatizar que o termo “comutado de relutância” não indica que a relutância esteja, ela mesma, sendo comutada. Esse termo condiz ao chaveamento das correntes de fases, que é primordial para sua operação dinâmica. Na sua construção têm-se os números de pólos salientes do estator diferente do número de pólos salientes do rotor, sendo o motor excitado através dos enrolamentos do estator. Seu rotor não possui enrolamentos, ímãs permanentes ou gaiolas para partida. O conjugado é produzido unicamente pela oscilação da relutância e é independente da polaridade da corrente de excitação (FERRAZ, 2002).

É um motor simples e compacto com alta potência e baixo custo de fabricação, indicado para equipamentos que precisam de acionamento de velocidade variável como o carro elétrico.

4.5 COMPARAÇÃO DOS PRINCIPAIS TIPOS DE MOTORES CA

Na tabela 1 abaixo temos a comparação dos motores detalhados acima, exceto o motor CC que tem uma eficiência menor comparado aos outros motores aqui citados (FREITAS, 2012). Nela os motores são classificados em relação a eficiência que é a quantidade de potência que o motor transforma em trabalho, peso e custo. A classificação é de 1 a 5 em que quanto mais próximo de 5 melhor eficiência, menor peso e menor custo.

Tabela 1: Tabela comparativa entre os principais tipo de motores CA aplicados a tração elétrica

	Motor de Indução	Motor Ímã Permanente	Motor Relutância Comutada
Eficiência	4	5	4,5
Peso	4	4,5	5
Custo	4	3	4
Total	12	12,5	13,5

Fonte: SOARES, 2013

4.6 FRENAGEM REGENERATIVA

A frenagem regenerativa é quando a máquina elétrica atua como gerador. Os veículos se movimentam por meio de um sistema de propulsão, chamado de trem de força. Os freios são mecanismos desenvolvidos para permitir o controle do movimento de rotação da roda de um veículo, de maneira a retardar o movimento.

A frenagem regenerativa é o grande diferencial dos carros elétricos, os VEs são capazes de recuperar energias significativas durante esse processo. Pesquisadores estão buscando cada vez mais meios de conversão de energia. Em todos os tipos de VEs, durante a frenagem, o motor elétrico opera como um gerador, e a energia que seria desperdiçada em calor é aproveitada.

Durante a frenagem há uma formação de energia cinética que é perdida em forma de calor nos discos e pastilhas de freio. A travagem regenerativa converte a energia que antes era perdida em energia elétrica de modo que possa ser usada como força motriz. A energia pode ser usada instantaneamente ou ser armazenada para uso posterior.

Figura 7- Cilindro mestre de freio controlado eletronicamente



Fonte: TOM, 2018

O cilindro mestre de freio controlado eletronicamente apresentado na figura 7, é usado na maior parte dos VEs. O cilindro consegue detectar a pressão no pedal feita pelo motorista, ele possui sensores que enviam o sinal a um sistema de controle eletrônico colocando o motor em modo de regeneração, recarregando as baterias. Caso precise de uma frenagem adicional, que pode ser identificada pela pressão feita no

pedal, o freio hidráulico tradicional é acionado, com assistência elétrica se necessário (TOM, 2018).

5 ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

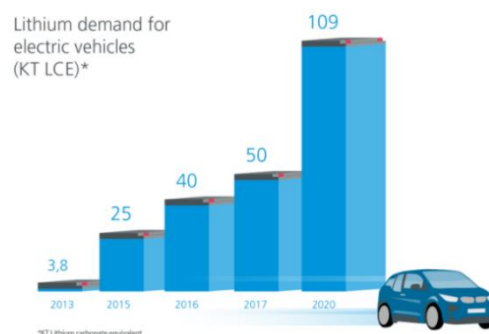
As baterias são equipamentos capazes de gerar e armazenar energia elétrica. São associações de duas ou mais células em série ou paralelo, elas convertem energia química em energia elétrica por meio de reações eletroquímicas.

No momento da descarga, a energia química armazenada nos eletrodos transforma espontaneamente em energia elétrica por meio das reações de oxidação/redução dos materiais ativos das placas. Já no processo de carga é preciso prover energia elétrica para transformar os materiais gerados na descarga nos produtos eletroquimicamente ativos originais (ARANHA, 2018).

5.1 BATERIA DE LÍTIO

O lítio é o metal mais leve descoberto até hoje, baterias de lítio estão sendo usadas para armazenar energia produzida por plataformas eólicas e solares, todavia, seu emprego mais promissor é em veículos elétricos. Não é surpresa que esse metal branco prateado e reativo seja frequentemente chamado de “petróleo branco”. O carbonato de lítio e o hidróxido de lítio são usados para produzir os materiais de diferentes tipos de bateria de íon-lítio. Cada ano sua demanda vem aumentando como especificado na figura 8 (GEA GROUP, 2017).

Figura 8 - Demanda de lítio para veículos elétricos (em KT LCE = Carbonato de lítio em quilotesla)

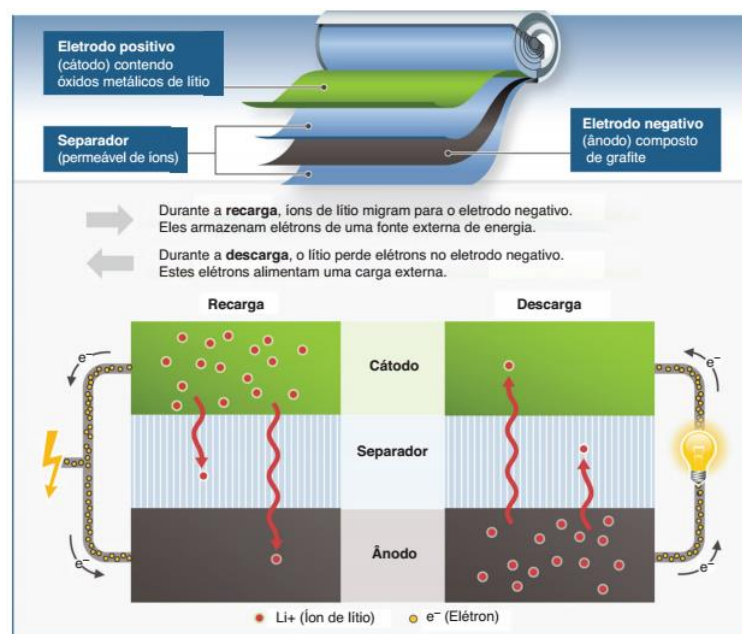


FONTE: Gea Group, 2017

As células da bateria de Lítio possuem um polo negativo que é o ânodo e um positivo que é o cátodo, um conjunto de eletrólito e um separador como mostrado na Figura 9. O ânodo é formado por uma composição de grafite e o cátodo são camadas de óxido metálico com íons de lítio entre suas camadas. No momento da recarga da bateria, os íons de lítio seguem do ânodo para o cátodo e absorvem elétrons, logo a quantidade de íons estabelece a densidade de energia. No momento da descarga da bateria, os íons cedem elétrons para o ânodo e retornam para o cátodo.

O lítio é um dos mais atrativos materiais anódicos. Ele une um potencial termodinâmico de eletrodo favorável com uma capacidade específica muito alta, 3,86 A h g⁻¹ ou 7,23 A h cm⁻³. Como resultado da sua natureza eletropositiva, o lítio reage com a água, e células com ânodo de lítio geralmente utilizam eletrólitos não aquosos, como carbonato de propileno¹² e metil-propil carbonato¹³, entre outros¹⁴⁻¹⁶ (VARELA, 2002).

Figura 9 - Operação simplificada de uma bateria de íons de lítio.



Fonte: TOM, 2018

Existem diversas formas de melhorar o desempenho das baterias de lítio para aumentar a densidade e capacidade de carga, como por exemplo, a alteração do

material usado como ânodo e cátodo. Do mesmo modo a possibilidade de eletrodos de inserção trocar eficientemente grandes frações de íons lítio com cinética proporcionalmente pequena, têm incentivado a criação de várias derivações da bateria de lítio com diferentes variações como a de lítio-enxofre

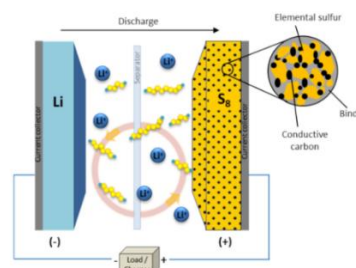
5.2 BATERIA DE LÍTIO-ENXOFRE

A sucessora mais promissora das baterias de íon de lítio são as baterias à base de lítio e enxofre (Li-S). Segundo a Codemge (2020)

[...] Algumas vantagens das baterias de lítio-enxofre em relação às baterias de íon lítio mais empregadas no mercado atualmente, são observadas nas aplicações em que o peso é um fator crítico ou a densidade energética elevada é requisitada. As baterias de lítio-enxofre são mais leves e ambientalmente amigáveis, já que não possuem metais pesados em sua formulação. Têm alto valor agregado, embora sejam econômicas, e garantem maior segurança em comparação a outras baterias (CODEMGE, 2020).

As baterias de lítio-enxofre são formadas por lítio, enxofre, eletrólitos e outros elementos. Elas possuem um eletrodo positivo constituído de enxofre numa grade de carbono e um polo negativo de lítio metálico puro. As reações químicas demonstram alta capacidade específica teórica de 1.672 mAh/g, valor dez vezes superior ao das baterias de íons de lítio. O lítio metálico, como eletrodo, tem uma capacidade teórica igual a 3.862 mAh/g (VOGT, 2018).

Figura 10 - Célula Lítio-Enxofre



Fonte: OXIS ENERGY, 2020

A Oxis Energy é pioneira no desenvolvimento de uma química de bateria de enxofre de lítio (Li-S). É uma das poucas empresas no mundo a desenvolver todos os

3 componentes de célula: o cátodo, o ânodo e o eletrólito, e isso constitui uma grande vantagem tecnológica no mercado. Oxis colabora com clientes nas forças armadas, na indústria de veículos elétricos e armazenamento de energia em diversos setores (OXIS ENERGY, 2018).

A bateria patenteada da Oxis é mais leve, mais segura e sem manutenção graças aos seus dois mecanismos principais, uma camada de passivação de sulfeto de lítio de cerâmica e um eletrólito não inflamável. As células podem suportar situações extremas de abuso, como penetrações sem nenhuma reação adversa. Foram feitos testes quando perfurado por um prego de ferro, a célula de Li-S da Oxis continuou a operar com uma variação temporária de temperatura de apenas + 1,4°C. E outro teste com uma bala de 5,56 mm foi disparada a uma distância de 10 metros em uma célula totalmente carregada. A célula continuou a operar com capacidade reduzida e nenhum incêndio ou qualquer variação de temperatura perceptível foi observada (OXIS ENERGY, 2018).

Bateria automotiva projetada e liderada pela Oxis Energy e financiada pela Innovate UK ajudará a transformar a tecnologia de veículos elétricos para uso comercial. Será desenvolvida uma próxima geração de célula e módulo que é adequado para grandes veículos elétricos como caminhões e ônibus, vão entregar uma célula de Li-S de 400 Wh / kg que terá maior potência e ciclo de vida necessários para grandes aplicações automotivas. A cada 1000 ônibus com motor de combustão interna fora da estrada são economizados 500 barris de petróleo por dia (OXIS ENERGY, 2018).

A produção de células em maior escala está planejada para as fábricas piloto no Brasil e no Reino Unido. O plano para a fábrica no Brasil é que até 2025 ela seja capaz de uma produção anual de 5.000.000 de células (OXIS ENERGY, 2018).

A fábrica será construída no parque industrial da Mercedes-Benz em Juiz de Fora no estado de Minas Gerais, em uma parceria entre a Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (Codemge) e a Oxis Energy. O planejamento é que a produção se inicie em 2023 com uma fabricação inicial de 300 mil células por ano. Além do segmento de mobilidade, a fábrica atenderá indústrias de defesa e aeroespacial - tripulados e não tripulados - drones, transporte público, entre várias outras (COMDEMGE, 2020).

5.3 BATERIA CHUMBO-ÁCIDO

A bateria de chumbo-ácido é a bateria mais produzida no mundo. São utilizadas nos veículos com motor a combustão interna para o acionamento das partes elétricas. Foi inventada pelo francês Gastón Planté, em 1859 (BOCCHI; FERRACIN; BIAGGIO, 2000). Tem os benefícios de possuir baixo custo, simples fabricação e cinética ágil da reação eletroquímica, porém possui baixa densidade de energia, materiais tóxicos na sua fabricação, elevada manutenção e pequena vida útil variando de acordo com a aplicação.

A bateria de chumbo-ácido (Pb-ácido) é formada de dois eletrodos. Um eletrodo de chumbo esponjoso e outro de dióxido de chumbo em pó, os dois mergulhados em uma solução de ácido sulfúrico no interior de uma malha de liga chumbo-antimônio.

Um ponto positivo é a reciclagem, como possui componentes tóxicos, há normas ambientais para seu recolhimento, descarte e reutilização. Segundo o Cempre (2010), “em 2008, o Brasil atingiu 99,5% de reciclagem das baterias de chumbo-ácido. Como o Brasil não é autossuficiente em chumbo, é preciso importar cerca de 40% dele, o que faz com que a procura pelo reciclado seja muito grande”. Em função disso, grande parte dos fabricantes exigem a devolução da bateria usada, quando efetuam uma venda (CASTRO; FERREIRA, 2010).

5.4 BATERIA DE NÍQUEL-CÁDMO

A bateria Níquel-Cádmio também é uma bateria mais antiga, formada por um ânodo que é constituído por uma liga de ferro e cádmio e um cátodo formado por hidróxido de níquel III. Ambos os eletrodos ficam dentro de uma solução com água e hidróxido de potássio, que é o eletrólito.

É uma bateria de baixo custo ficando atrás apenas da chumbo-ácido, porém tem menor efeito memória que Pb-ácido, possui alta densidade de energia. Seu pior malefício é a toxicidade do cádmio, se descartado de forma incorreta pode contaminar os lenções freáticos e por conseguinte a água consumida pela população.

5.5 BATERIA DE NÍQUEL-METAL-HIDRETO

A bateria de níquel-metal-hidreto(Ni-MH) foi um aprimoramento da níquel-cádmio. Foi a primeira bateria utilizada em larga escala por sua alta capacidade de armazenamento de energia (NOCE, 2009).

Baterias de níquel-metal são usuais em veículos híbridos devido a seus custos, confiabilidade e alta durabilidade. Existem baterias da primeira geração do Prius que ainda estão rodando com mais de 320 mil km. Por isso a bateria de NiMH ainda é a escolha da Toyota para sua linha de híbridos (TOM, 2018) .

As principais vantagens são a confiabilidade e a vida útil, estimada em uma década, já suas desvantagens são o peso relativamente alto, a eficiência ainda não ideal, pois há bastante perda de energia na forma de calor, e o fato de não poderem descarregar completamente, detalhe esse imprescindível em veículos elétricos puros, mas podendo ser usados em veículos híbridos já que há fontes alternativas de energia. Há dois fabricantes relevantes de baterias desse tipo para veículos, ambos de origem japonesa: a Panasonic e a Sanyo (CASTRO; FERREIRA, 2010).

5.6 BATERIAS DE SÓDIO-METAL-CLORETO

Baterias de sal fundido incluindo baterias de metal líquido são baterias que usam sais fundido como eletrólitos que apresentam boas densidades de energia e potência. Baterias recarregáveis de metal líquido são usadas em veículos elétricos e para armazenar energia para a rede elétrica, podendo balancear a ausência de energia fornecida por fontes intermitentes renováveis, como painéis solares e turbinas eólicas (TOM, 2018).

As mais usuais são a sódio-enxofre (NaS) e a Zebra (Ni-NaCl₂). A Zebra foi usada no protótipo de caminhão leve Daily Elétrico, fabricado no âmbito da parceria entre as empresas Iveco e Itaipu Binacional, e do Palio Weekend Elétrico, da parceria entre a Fiat e a Itaipu. As baterias são fornecidas pela empresa suíça FZ Sonick que possui sua patente (CASTRO; FERREIRA, 2010).

As baterias de metal-cloreto possuem a desvantagem de precisar de altas temperatura para operar, normalmente acima de 270°C, o que faz necessário que ela

seja ligada a uma fonte de carregamento para que no momento de não utilização, impeça que o eletrólito se solidifique. Se isso ocorrer deve realizar o reaquecimento da bateria que pode demandar até dois dias. Apesar desses fatos ela é uma bateria altamente segura usadas em veículos de tração puramente elétrica (NOCE, 2009).

As baterias sódio-enxofre são compostas de um cátodo de sódio líquido onde é introduzido um coletor de corrente que consiste em um eletrodo sólido óxido de alumínio. Assim como a Zebra são baterias que precisam de altas temperatura para funcionar, a NaS opera na faixa de 300°C a 350°C e a temperatura influencia proporcionalmente na eficiência variando na faixa de 70% a 90%. São baterias que possuem tanto uma alta densidade de potência quanto uma alta densidade de energia, com vida útil variando de uma a duas décadas.

5.7 ESPECIFICAÇÕES DAS BATERIAS

Na tabela 2 estão especificadas as tensões de cada célula, energia específica e densidade energética. A energia específica corresponde a quantidade de energia por unidade de peso, possui dependência com o processo químico e na forma em que os componentes são acomodados. A densidade de energética é a quantidade de energia por unidade de volume, assim como a energia específica, possui dependência intrínseca com o processo químico e na forma em que os componentes são acomodados (ORRICO, 2013).

Comparando as baterias mais usadas nos veículos elétricos, destaca-se a bateria de Lítio-enxofre da Oxis Energy, com elevada densidade energética e energia específica.

Tabela 2 - Especificações das Baterias

	Tensão (V)	Energia Específica (Wh/kg)	Densidade de Energia (Wh/l)
Chumbo-Ácido Moderna	2,0 - 2,2	40	116
Íons de Lítio Química LFP	3,2	90 -130	300
Lítio-enxofre Sion Power	2,1	350	320
Lítio-enxofre Fraunhofer	2,1	330	Não determinado
Lítio-enxofre Oxis Energy	2,1	400	500
Zebra	2,58	60 - 120	200 - 350
Sódio-Enxofre	2,1	100 - 250	150 - 300
Níquel-Metal-Hidreto	1,2	60 - 120	200 - 350
Níquel-Cádmio	1,2	35 - 80	100 - 150

Fonte: SILVA 2019 , ORRICO 2013 , VOGT 2018, OXIS 2020

6 CONCLUSÃO

Este trabalho, realizou um estudo bibliográfico sobre o uso de carros elétricos e a aplicação de baterias eficientes. Pode-se concluir que a baixa poluição, autonomia e longa vida útil dos carros elétricos já os tornam um investimento valioso hoje.

O desenvolvimento econômico tem sido historicamente associado com um aumento na demanda por transporte e particularmente no número de veículos rodoviários. Essa relação é evidente nas economias em desenvolvimento atualmente.

O crescimento na quantidade de veículos no Brasil irá claramente demandar uma parcela significativa de energia nos próximos anos, o que torna o uso da eletricidade no setor de transportes uma interessante alternativa aos combustíveis usados atualmente, tanto sob o ponto de vista estratégico quanto ambiental.

Atualmente os carros elétricos são a melhores alternativas de transporte. A maior barreira para que se consolide no mercado ainda é o preço. Certamente diante da produção em larga escala e das inúmeras pesquisas para simplificar a tecnologia dos VEs isso será brevemente alcançado.

ABSTRACT

This work has as main object the bibliographic review of electric cars and batteries. The study initially presents a brief history of electric cars and the impasses to remain in the market over time. Then, we talk about hybrid cars, fuel cell cars and purely electric cars, exploring the main arrangements of these three types of cars. The DC motors and AC motors most applicable to electric vehicles are shown. Subsequently, it analyzes some of the most common batteries for electric cars and cites the promising new technology of Oxis Energy's lithium-sulfur cells in which Brazil will host its pilot plant. In addition to the mobility segment, the factory will serve the defense and aerospace industries - manned and unmanned - drones, public transport, among several others. Lithium-sulfur batteries are light, safe and have a high energy density.

Keywords: Electric Cars, Battery, Lithium-Sulfur Battery.

REFERÊNCIAS

BARAN, Renato; LEGEY, Luiz Fernando Loureiro. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 33, p. 207-224, mar. 2011., 2011.

BOCCHI, Nerilso; FERRACIN, Luiz Carlos; BIAGGIO, Sonia Regina. **Pilhas e Baterias: funcionamento e impacto ambiental**. Química Nova na Escola, [São Paulo], v. 11, n. 11, p.3- 9, maio 2000. Disponível em: . Acesso em: 18 set. 2019.

BRITO, Débora. **Efeito estufa: transporte responde por 25% das emissões globais**. 2018. Disponível em: < <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-12/efeito-estufa-transporte-responde-por-25-das-emissoes-globais> >. Acesso em: 5 dez. 2020.

CARVALHO, Joaquim Francisco de. **O Declínio da era do petróleo e a transição da matriz energética brasileira para um modelo sustentável**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CASTRO, Bernardo Hauch Ribeiro de; FERREIRA, Tiago Toledo. **Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades**. BNDES Setorial, n. 32, set. 2010, p. 267-310, 2010.

CHANG Kenneth. **A Road Test of Alternative Fuel Visions**. 2014. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2014/11/18/science/earth/hydrogen-cars-join-electric-models-in-showrooms.html>>. Acesso em: 5 dez. 2020.

CODEMGE. **OXIS**. Disponível em: <<http://www.codemge.com.br/atuacao/industria-de-alta-tecnologia/oxis/>>. Acesso em: 5 dez. 2020.

CODEMGE. **Primeira fábrica de células de bateria de lítio-enxofre do mundo será instalada em Juiz de Fora**. 2020. Disponível em:<<http://www.codemge.com.br/primeira-fabrica-de-celulas-de-bateria-de-litio-enxofredomundoserainstaladaemjuizdefora/#:~:text=Desempenho%20e%20aplica%C3%A7%C3%B5es&text=Algumas%20vantagens%20das%20baterias%20de,densidade%20energ%C3%A9tica%20elevada%20%C3%A9%20requisitada.>>. Acesso em: 5 dez. 2020.

CORTEZZI, Fernanda Cristina Martins. **O veículo elétrico e o impacto na curva de carga de consumidores: estudo de caso do fiat 500e**. 2017. Dissertação de mestrado. CEFET-MG

DE MELO, Isabela Esterminio. **As Crises do Petróleo e Seus Impactos Sobre a Inflação do Brasil**. 2008.

DELGADO, Fernanda et al. **Carros elétricos**. 2017.

DENTON, Tom. **Veículos elétricos e híbridos**. Editora Blucher, 2018.

FERRAZ, Carlos Alberto Medon Dias et al. **Contribuição ao estudo do motor síncrono de relutância com gaiola**. 2002.

FORD, Dexter. **Back to the Future in a 98-Year-Old Electric Car**. 2007. Disponível em: <www.nytimes.com/2007/08/05/automobiles/05BAKER.html>. Acesso em: 5 dez. 2020.

FREITAS, Joaquim Carlos Novais de. **Projeto e análise ao funcionamento de carros elétricos**. 2012. Tese de Doutorado.

GEA GROUP. **Lithium batteries**. 2017. Disponível em:<www.gea.com/pt/technology-talks/lithium-batteries-promise-new-era-ingreen-transport.jsp>. Acesso em: 5 dez. 2020.

GUEDES, Manuel Vaz. **O motor de indução trifásico**. DEEC, FEUP, 1994.

GUERRA, Thiago Koh. **Estudo da máquina de indução do tipo “gaiola de esquilo” na geração eólica com frequência de alimentação variável**. 2015.

HELMERS, Eckard; MARX, Patrick. **Electric cars: technical characteristics and environmental impacts**. Environmental Sciences Europe, v. 24, n. 1, p. 14, 2012.

LEME, Joao Vitor; DE MELLO, Flavia Luciane Consoni. **Tecnologias para os veículos a célula a combustível**. Revista dos Trabalhos de Iniciação Científica da UNICAMP, n. 26, 2018.

MORAES, Marcelo Lopes de; BACCHI, Mirian Rumenos Piedade. **Etanol: do início às fases atuais de produção**. Revista de Política Agrícola, v. 23, n. 4, p. 5-22, 2015.

NOCE, Toshizaemom. **Estudo de funcionamento de veículos elétricos e contribuições ao seu aperfeiçoamento**. Pontifícia Universidade Católica De Minas Gerais, 2009.

ORECCHINI, Fabio; SANTIANGELI, Adriano; ZUCCARI, Fabrizio. **Hybrid-electric system truth test: Energy analysis of Toyota Prius IV in real urban drive conditions**. Sustainable Energy Technologies and Assessments, v. 37, p. 100573, 2020.

ORRICO, Marcos Vinícius de Melo. **Procedimento para seleção de motor e bateria para veículo elétrico**. 2013.

OXIS ENERGY. 2018. **Lithium-sulfur battery**. Disponível em: <<https://oxisenergy.com> >. Acesso em: 5 dez. 2020.

RIBEIRO, Dhiego dos Santos. PRADO, Claudio Castro. 2015. **Motores de imãs Permanente**.

SANT'ANNA, André Albuquerque. **Indústria de petróleo e gás: desempenho recente e desafios futuros**. 2011.

SANTOS, Max Mauro Dias. **Veículos elétricos e Híbridos: Fundamentos, Características e Aplicações**. Saraiva Educação SA, 2020.

SERRA, E. T. et al. **Armazenamento De Energia: Situação Atual, Perspectivas e Recomendações**. Comitê De Energia Da Academia Nacional De Engenharia, p. 1-46, 2016.

SHERMAN, Don. **First to Sixty: La Jamais Contente**. 2011. Disponível em: <http://www.automobilemag.com/features/news/1102_la_jamais_contente/viewall.html>. Acesso 12 nov. 2020.

SHIKIDA, Pery Francisco Assis. **A evolução diferenciada da agroindústria canavieira no Brasil de 1975 a 1995**. 1997. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SILVA, Marcelo Henrique Carvalho. **Estado da arte da utilização de baterias em veículos elétricos**. 2019.

SOARES, Álvaro Pedro Pimenta. **Controlo de Tração em Veículos Elétricos**. 2013.

TOYOTA. **Toyota Mirai, maior distância com zero emissão poluentes**. 2015. Disponível em: <<https://www.toyota.com.br/mundo-toyota/noticias/toyota-mirai-maior-distancia-com-zero-emissao-poluentes/>>. Acesso em: 5 dez. 2020.

UCSUSA. **Cleaner Cars from Cradle to Grave**. 2015. Disponível em: <<https://www.ucsusa.org/resources/cleaner-cars-cradle-grave>>. Acesso em: 5 dez. 2020.

VARELA, Hamilton et al. **Materiais para cátodos de baterias secundárias de lítio**. Química Nova, v. 25, n. 2, p. 287-299, 2002.

VOGT, René. **Baterias de submarinos**. Revista Marítima Brasileira, v. 138, n. 07/09, p. 105-105, 2018.