



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS DE PALMAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**LUIS OTÁVIO OLIVEIRA BARROS**

**APRESENTAÇÃO DE ALGUNS DOS ASPECTOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS  
A CERCA DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS: ANÁLISE DO IMPACTO  
SOCIOAMBIENTAL E VIABILIDADE ECONÔMICA**

Palmas -TO

2021

**LUIS OTÁVIO OLIVEIRA BARROS**

**APRESENTAÇÃO DE ALGUNS DOS ASPECTOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS  
A CERCA DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS: ANÁLISE DO IMPACTO  
SOCIOAMBIENTAL E VIABILIDADE ECONÔMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à UFT – Universidade Federal  
do Tocantins – campus universitário de  
Palmas, curso de engenharia elétrica para  
obtenção do título de bacharel em  
engenharia elétrica.

Palmas -TO

2021

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

B277a Barros, Luis Otávio Oliveira .

APRESENTAÇÃO DE ALGUNS DOS ASPECTOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS A CERCA DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS: ANÁLISE DO IMPACTO SOCIOAMBIENTAL E VIABILIDADE ECONÔMICA. / Luis Otávio Oliveira Barros. – Palmas, TO, 2021.

52 f.

Monografia Graduação - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Engenharia Elétrica, 2021.

Orientador: Jádriel Caparrós da Silva

1. Carro elétrico. 2. Viabilidade econômica. 3. Relação custo- benefício. 4. Análise de mercado. I. Título

**CDD 621.3**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

# FOLHA DE APROVAÇÃO

LUIS OTÁVIO OLIVEIRA BARROS

## APRESENTAÇÃO DE ALGUNS DOS ASPECTOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS A CERCA DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS: ANÁLISE DO IMPACTO SOCIOAMBIENTAL E VIABILIDADE ECONÔMICA

Trabalho de conclusão do curso foi avaliada e apresentada à UFT - Universidade Federal do Tocantins - Campus Universitário de Palmas, Curso de Engenharia Elétrica para obtenção do título de Bacharel e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

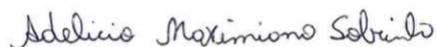
Data de aprovação: 06 / 08 / 2021

Banca Examinadora



---

Prof. Dr. Jadiel Caparrós da Silva, UFT.



---

Prof. Dr. Adelição Maximiano Sobrinho, UFT.



Assinado de forma digital por Gisele Souza Parmezani Marinho  
DN: cn=Gisele Souza Parmezani Marinho, o=Universidade Federal do  
Tocantins -  
UFT, ou=Engenharia Elétrica - Campus de Palmas,  
email=giselemarinho@uft.edu.br, c=B  
Dados: 2021.08.11 08:35:13 -03'00'

---

Prof.ª. Ma. Gisele Souza Parmezani Marinho, UFT.

Palmas-TO, 2021

## RESUMO

Esse trabalho consiste de um estudo bibliográfico para determinar possíveis razões e dificuldades de inserção competitiva dos carros elétricos, analisando aspectos como a influência da infraestrutura e dos preços que envolvem a implementação desse mercado no Brasil. Com a apresentação de alguns conceitos para contextualizar e familiarizar o leitor com o objeto de pesquisa, e questões sobre eficiência energética, impactos ambientais, impactos econômicos, progresso sustentável, e perspectiva para o futuro da tecnologia.

**Palavras-chaves:** Carros. Elétricos. Bateria. Viabilidade.

## **ABSTRACT**

This paper consists of a bibliographical study to determine possible reasons and difficulties for the competitive insertion of electric cars, analyzing aspects such as the influence of infrastructure and prices that involve the implementation of this market in Brazil. With the presentation of some concepts to contextualize and familiarize the reader with the research object, and questions about energy efficiency, environmental impacts, economic impacts, sustainable progress and the perspective for the future of technology.

**Keywords:** Cars. Electrical. Battery. Viability

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura carro elétrico.	15
Figura 2 - Motor à combustão.	15
Figura 3 - Motor elétrico.	15
Figura 4 - Características da bateria chumbo-ácida.	16
Figura 5 - Bateria Íon-Lítio.	17
Figura 6 - Bateria Zinco-ar.	17
Figura 7 - Motor de corrente contínua.	18
Figura 8 - Motor de indução.	19
Figura 9 - Motor síncrono de ímã permanente.	20
Figura 10 - Exemplo de carregador.	21
Figura 11 - Inversor automotivo.	21
Figura 12 - Esquema de funcionamento do freio regenerativo.	23
Figura 13 - Ponto de recarga em Londres.	27
Figura 14 - Eletrovia no Paraná.	29
Figura 15 - Mapa de adesão aos programas de alteração do valor do IPVA.	31
Figura 16 - Tesla Semi.	34
Figura 17 - Gurgel Itaipu.	38
Figura 18 - Gurgel E-400.	39
Figura 19 - Motocicleta TCMax.	39
Figura 20 - Modelo Echo Tech 4.	40
Figura 21 - Simulação de carro elétrico em ponto de recarga. Edifício Orla Sky.	40
Figura 22 - Edifício Orla Sky, em simulação, à direita com luzes acesas.	41
Figura 23 - Modelo e6.	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - <i>Corolla x Leaf BEV.</i>	36
Tabela 2 - <i>Zoe x Sandero.</i>	36
Tabela 3 - Especificações técnicas modelo e6 (2021).	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABVE	Associação Brasileira do Veículo Elétrico
AMB	Anuário Mineral Brasileiro
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANL	<i>Argonne National Laboratories</i>
BEV	<i>Battery Electric Vehicle</i>
BYD	<i>Build Your Dreams</i>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNBC	<i>Consumer News and Business Channel</i>
EUA	Estados Unidos da América
EV	<i>Electric Vehicle</i>
FGV	Fundação Getulio Vargas
GM	<i>General Motors</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
IPVA	Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
PIS/COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
PROCONVE	Programa De Controle Da Poluição Do Ar Por Veículos Automotores

## LISTA DE SÍMBOLOS

€	Euro
km	Quilômetro
%	Por cento
US\$	Dólar americano
kWh	Quilowatt-hora
kg	Quilograma
kVA	Quilovolt-ampere
nº	Número
L	Litro
R\$	Real
cv	Cavalo-vapor
MJ	Megajoule
HP	<i>Horsepower</i>
W	<i>Watt</i>
mi	Milha

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa</b>	<b>12</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b>	<b>12</b>
1.2.1	Objetivo geral	12
1.2.2	Objetivo específico	12
<b>1.3</b>	<b>Metodologia</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>CARRO ELÉTRICO</b>	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Características básicas</b>	<b>14</b>
<b>2.2</b>	<b>Tipos de baterias</b>	<b>16</b>
2.2.1	Bateria chumbo-ácida	16
2.2.2	Bateria íon-lítio	16
2.2.3	Bateria zinco-ar	17
<b>2.3</b>	<b>Motor de corrente contínua, motor de indução e motor síncrono de ímã permanente</b>	<b>18</b>
2.3.1	Motor de corrente contínua	18
2.3.2	Motor de indução	18
2.3.3	Motor síncrono de ímã permanente	19
<b>2.4</b>	<b>Carregadores, inversores, controle, e sistemas de segurança</b>	<b>20</b>
2.4.1	Carregadores	20
2.4.2	Inversores	21
2.4.3	Controle de velocidade	22
2.4.4	Sistemas de segurança	23
<b>3</b>	<b>PANORAMAS</b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Cenário mundial</b>	<b>25</b>
3.1.1	Eficiência das baterias	26
3.1.2	Infraestrutura para recarga das baterias	26
<b>3.2</b>	<b>Cenário nacional</b>	<b>27</b>
<b>3.3</b>	<b>Legislações</b>	<b>29</b>
3.3.1	No mundo	29
3.3.2	No Brasil	30
<b>4</b>	<b>VIABILIDADE ECONÔMICA</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Incentivos governamentais</b>	<b>32</b>

<b>4.2</b>	<b>Realocação de recursos fósseis</b>	<b>32</b>
<b>4.3</b>	<b>Tempo de retorno financeiro</b>	<b>33</b>
<b>4.4</b>	<b>Veículos elétricos x veículos à combustão</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>PRESENÇA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS</b>	<b>38</b>
<b>5.1</b>	<b>No Brasil</b>	<b>38</b>
<b>5.2</b>	<b>Em Palmas</b>	<b>40</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS</b>	<b>43</b>
<b>6.1</b>	<b>Considerações finais</b>	<b>43</b>
<b>6.2</b>	<b>Sugestões de trabalhos futuros</b>	<b>44</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A ideia de um carro movido à eletricidade data desde o século XIX, quando as tecnologias de baterias elétricas começam a avançar, e desde então sempre houve comparações entre carros elétricos e carros movidos à combustão, esses que também surgiam em paralelo. Entretanto a revolucionária linha de produção criada por Henry Ford e aplicada em sua empresa automotiva, aliada à recente descoberta de reservas de petróleo, inviabilizaram o uso de carros elétricos à altura, visto que eram lentos e tinham baixa autonomia. Outros fatores contribuintes, foram tecnologias desenvolvidas que facilitavam o uso de carros à combustão, como o motor de arranque. Durante o século XX, diante de desafios onde houvesse harmonia entre avanços tecnológicos e preservação ambiental, questões como fontes alternativas de energia e eficiência energética foram tomadas de grande importância. Em diversos países protótipos de carros elétricos eram produzidos, porém a tecnologia ainda limitada, não conseguia resultados expressivos o suficiente para ter uma competição com carros à combustão. No Brasil o uso dos biocombustíveis, como o etanol, empurrou ainda mais para o lado a ideia de um mercado de carros elétricos consolidado no país (CHAN, 2012).

Entretanto, rigorosas legislações ambientais, principalmente no que diz respeito à emissão de poluentes, incentivaram o estudo em carros elétricos. A evolução da tecnologia na área da eletrônica permitiu que grandes montadoras pudessem reavaliar a possibilidade de tornar carros elétricos mais acessíveis, oferecendo uma maior confiabilidade para o consumidor e uma melhor relação custo-benefício dos veículos. O fato de serem favoráveis pela questão da poluição ambiental, sendo veículos sem emissão de poluentes, os tornam uma alternativa viável em relação aos carros à combustão (BANSAL, 2005).

## **1.1 Justificativa**

A preocupação com questões ambientais, referentes às consequências do uso em larga escala de veículos à combustão, e com novos programas e leis ambientais, limitando a emissão de gases poluentes, levanta questões de estudo sobre a possibilidade de veículos elétricos serem substitutos viáveis, a longo prazo, de veículos à combustão. Para isso faz-se necessário a análise e observação dos aspectos técnicos, e comparativos entre ambos. Bem como cenários que envolvam questões financeiras e ambientais.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Elaborar um estudo bibliográfico abordando os impactos socioambientais e a viabilidade econômica de um carro elétrico, destacando dados de fabricação e desempenho, bem como um comparativo com carros à combustão. Analisar os dados obtidos e verificar se há viabilidade econômica e se são promissores substitutos.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Observar aspectos de funcionamento de um carro movido a eletricidade;
- Analisar o mercado para este tipo de veículo;
- Analisar o impacto ambiental deste tipo de veículo;
- Analisar a viabilidade econômica;
- Elencar pontos determinam se é um substituto viável.

## **1.3 Metodologia**

O trabalho consistiu em uma pesquisa bibliográfica por meio da coleta de informações, encontradas em teses, dissertações, livros, artigos científicos, periódicos especializados, etc; para haver uma teoria sólida sobre carros e veículos elétricos, bem como dados e informações sobre legislações ambientais, emissão de

poluentes e leituras de mercados nacional e internacional. Então foram feitas análises baseadas nessas informações, para indicar possíveis razões pelas quais ainda não se tem um mercado consolidado de carros elétricos.

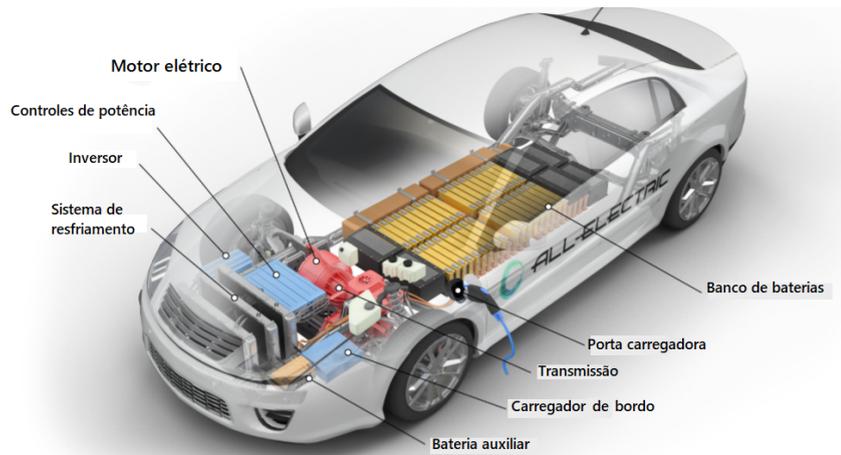
## 2 CARRO ELÉTRICO

Inicialmente é importante entender o básico do princípio de funcionamento de um carro elétrico, para facilitar o entendimento em assuntos seguintes.

### 2.1 Características básicas

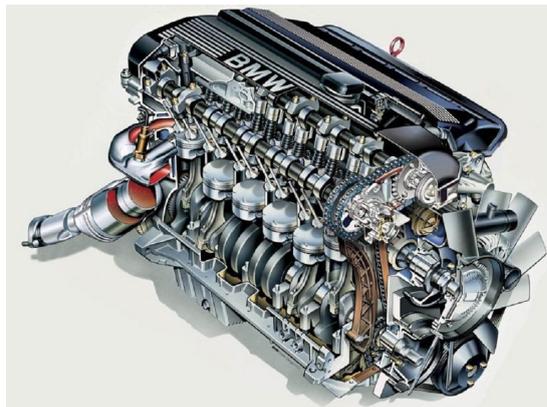
Os componentes básicos que tornam um veículo elétrico são: motor elétrico, inversor, conjunto de baterias, carregador das baterias, controlador, sistema de resfriamento, carregador de bordo, ligado ao sistema de freio regenerativo e uma bateria auxiliar para alimentar sistemas eletrônicos de navegação, por exemplo; conforme mostra a Figura 1. Os motores elétricos convertem energia química armazenada nas baterias em energia mecânica. Em veículos que utilizam motores de corrente contínua, não se utiliza o inversor (HELMERS, 2012). As configurações de montagem de um carro elétrico são relativamente mais simples do que veículos à combustão. Estes necessitam de uma gama de peças e lubrificantes, tornando-os pesados quando comparados aos carros à combustão. Dentre esses: no mínimo, um monobloco do motor que são maiores e mais pesados que um motor elétrico de potência equivalente, a exemplo na Figura 2, motor de partida, sistemas de coleta de ar e escapamento. Carros elétricos, por outro lado, possuem motores muito menores e mais leves, mostrado na Figura 3, não necessitam de sistema de coleta e escape, e a caixa de marcha também é bem menor. Essas características, acrescentam pontos na vantagem em serem mais eficientes, justamente por serem mais leves, pois para um motor de igual potência, se usa menos energia para mover algo mais leve do que algo mais pesado (LARMINIE; LOWRY, 2003).

Figura 1 - Estrutura carro elétrico.



Fonte: Adaptado de: ALTERNATIVE FUELS DATA CENTER, 2021.

Figura 2 - Motor à combustão.



Fonte: ENERGIA INTELIGENTE, 2018.

Figura 3 - Motor elétrico.



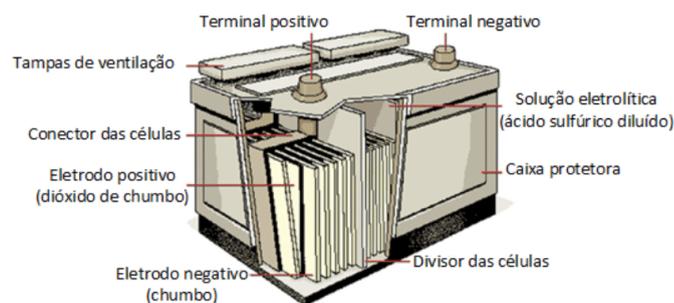
Fonte: SILVA; MACARIO, 2020.

## 2.2 Tipos de baterias

### 2.2.1 Bateria chumbo-ácida

Acumuladores de chumbo, ou baterias chumbo-ácidas consistem de eletrodos de chumbo esponjoso e dióxido de chumbo em pó, mergulhados em ácido sulfúrico. O dióxido de chumbo reage com ácido sulfúrico produzindo sulfato de chumbo e água. Apesar de ser uma tecnologia antiga, ainda é possível equipar veículos elétricos com essas baterias, porém sua autonomia não passa dos 200 km, o que os tornam inviáveis em longos percursos, ainda mais se somado ao tempo de recarga das baterias, que pode chegar até 6 horas. A Figura 4, apresenta características de montagem de uma bateria chumbo-ácida, como a disposição de ambos os terminais de conexão, as tampas de ventilação para troca de temperatura, o conector das células que fazem o contato da corrente com as células via o dióxido de chumbo, e o chumbo. Todos em contato com o ácido sulfúrico diluído (STAMENKOVIC; LOPES, 2020) (AKINYELE, 2014) (MAGALHÃES; NOGUEIRA, 2020).

Figura 4 - Características da bateria chumbo-ácida.



Fonte: ANKINYELE et al., 2014.

### 2.2.2 Bateria íon-lítio

Oferecem bom desempenho e segurança, bem como baixo custo, tamanho e massa. Se comparadas às baterias de chumbo, possuem menor toxicidade - o que as tornam mais amigáveis ao meio ambiente, bem como possui uma energia específica quatro vezes maior. São conhecidas por serem empregadas em

aparelhos eletrônicos. No fechamento do circuito, os íons se movem do material que compõe o ânodo até o material do cátodo, e os elétrons pelo circuito externo. A Figura 5 apresenta um modelo automotivo desse tipo de bateria (XIE, 2020).

Figura 5 - Bateria Íon-Lítio.



Fonte: SOUZA, 2017.

### 2.2.3 Bateria zinco-ar

Armazenam uma quantidade de energia equivalente à anterior, além de serem mais seguras por não incendiarem com tanta facilidade. Apresentam baixo custo, são as menores e as mais leves dos três tipos aqui apresentados. Com aplicações satisfatórias em veículos leves, como bicicletas elétricas. Podem ser até 50% mais baratas do que os sistemas de íons de lítio, bem como superá-las em densidade de energia e de energia específica. A Figura 6 apresenta um modelo (CHOI, 2017).

Figura 6 - Bateria Zinco-ar.



Fonte: PENN, 2018.

## 2.3 Motor de corrente contínua, motor de indução e motor síncrono de ímã permanente

### 2.3.1 Motor de corrente contínua

Alimentado por corrente contínua, sua comutação, ou seja, a transferência de energia entre rotor e estator, pode ser feita por meio de escovas, sendo esses os motores escovados, ou sem escovas, motores *brushless* - palavra em inglês que significa sem escova. Sua velocidade é controlada pela variação da tensão aplicada, diferentemente de um motor de corrente alternada, controlado pela variação da frequência. Motores de corrente contínua podem ser configurados na forma *shunt*, onde os enrolamentos do indutor e do induzido estão ligados em paralelo, permitindo operação em velocidade constante; ou em série, onde a potência é constante. Por permitir uma variação de velocidade e um controle simples, o motor escovado em configuração em série, é o mais utilizado em veículos elétricos. A Figura 7 mostra um motor de corrente contínua (NAKASHIMA, 2021) (RIBA, 2016).

Figura 7 - Motor de corrente contínua.



Fonte: Asten, 2021.

### 2.3.2 Motor de indução

Também chamado de motor assíncrono, é acionado por corrente alternada e seu aspecto construtivo permite a geração de dois campos magnéticos girantes. O campo magnético do rotor tende a se alinhar com o campo do estator, induzindo

uma força eletromotriz, que por sua vez produz o movimento de rotação do rotor. Porém a velocidade de rotação do rotor, é levemente atrasada em relação ao campo magnético girante, devido à carga aplicada ao motor, de onde vem a atribuição “assíncrona”. O modelo “gaiola de esquilo” é o mais utilizado em automóveis por não possuir escovas, tornando-o mais barato e reduzindo assim o custo de manutenção. A Figura 8 apresenta um modelo da brasileira Weg (LEVKIN, 2021).

Figura 8 - Motor de indução.



Fonte: WEG, 2021.

### 2.3.3 Motor síncrono de ímã permanente

Nesse modelo de motor, a corrente de campo produz um campo magnético estacionário, enquanto as correntes circulantes no estator produzirão um campo magnético girante, onde o campo do rotor tende a se alinhar com o campo do estator. Possuem alto torque e são relativamente menores que os motores de indução. Classificam-se em motores sem escova e corrente contínua ou síncronos de ímã permanente. O primeiro, embora o nome implique, não passa de um motor de corrente alternada. A denotação “sem escovas e corrente contínua” é porque foi desenvolvido a partir de um motor de corrente contínua com escovas, e pelas características semelhantes aos motores de corrente contínua com escova. Sua comutação é feita eletronicamente, livrando-o dos problemas associados à comutação por escovas, embora aumente o custo na sua aplicação. Abaixo, a Figura 9 apresenta um modelo desse tipo de motor (RIBEIRO, 2015).

Figura 9 - Motor síncrono de ímã permanente.



Fonte: ABB, 2021.

## **2.4 Carregadores de baterias automotivas, inversores com aplicação em veículos elétricos, controle de velocidade, e sistemas de segurança**

### **2.4.1 Carregadores de baterias automotivas**

Para a recarga das baterias, faz-se o uso de carregadores conectados em uma porta carregadora do veículo, mostrado na Figura 10, semelhante ao modo de abastecimento de um carro movido a combustíveis fósseis. As baterias devem ser carregadas com corrente contínua, e pelo fornecimento das redes públicas, em sua maioria, ser em corrente alternada, o carregador atua como um inversor. Um dos maiores desafios nesse ponto é o tempo de recarga. Uma recarga rápida é desejável, no entanto em um curto tempo, implica em valores altos de corrente, que por sua vez, implica em um aumento de temperatura nas baterias, causadas pelo efeito Joule. Essa exposição à alta temperatura, com o tempo, reduz a vida útil das baterias. Para contrabalancear esse problema alguns carros possuem sistemas de resfriamento, fazendo o uso do próprio ar condicionado do veículo. Buscando reduzir os efeitos negativos das cargas rápidas. Sistema utilizado pela fabricante Toyota no seu modelo Prius. Uma forma alternativa de carregamento, consiste em carregadores sem fio. Esses carregadores são alocados em locais onde veículos ficam parados por um tempo considerável, como por exemplo, estacionamentos. O tempo estimado para uma carga satisfatória das baterias fica entre 80 minutos e 12 horas (DELGADO, 2017).

Figura 10 - Exemplo de carregador.



Fonte: NEOSOLAR, 2021.

#### 2.4.2 Inversores com aplicação em veículos elétricos

Inversores são aparelhos que convertem corrente contínua em alternada. São essenciais em carros elétricos cujos motores são configurados em corrente alternada, pois a energia elétrica armazenada nas baterias é em corrente contínua. Contrário aos inversores que atuam em áreas que não seja de automóveis, inversores projetados para veículos elétricos são capazes de operar em velocidade variável e suportam trepidações e variações de temperatura. A Figura 11 apresenta um modelo automotivo (FERNANDES, 2015).

Figura 11 - Inversor automotivo.



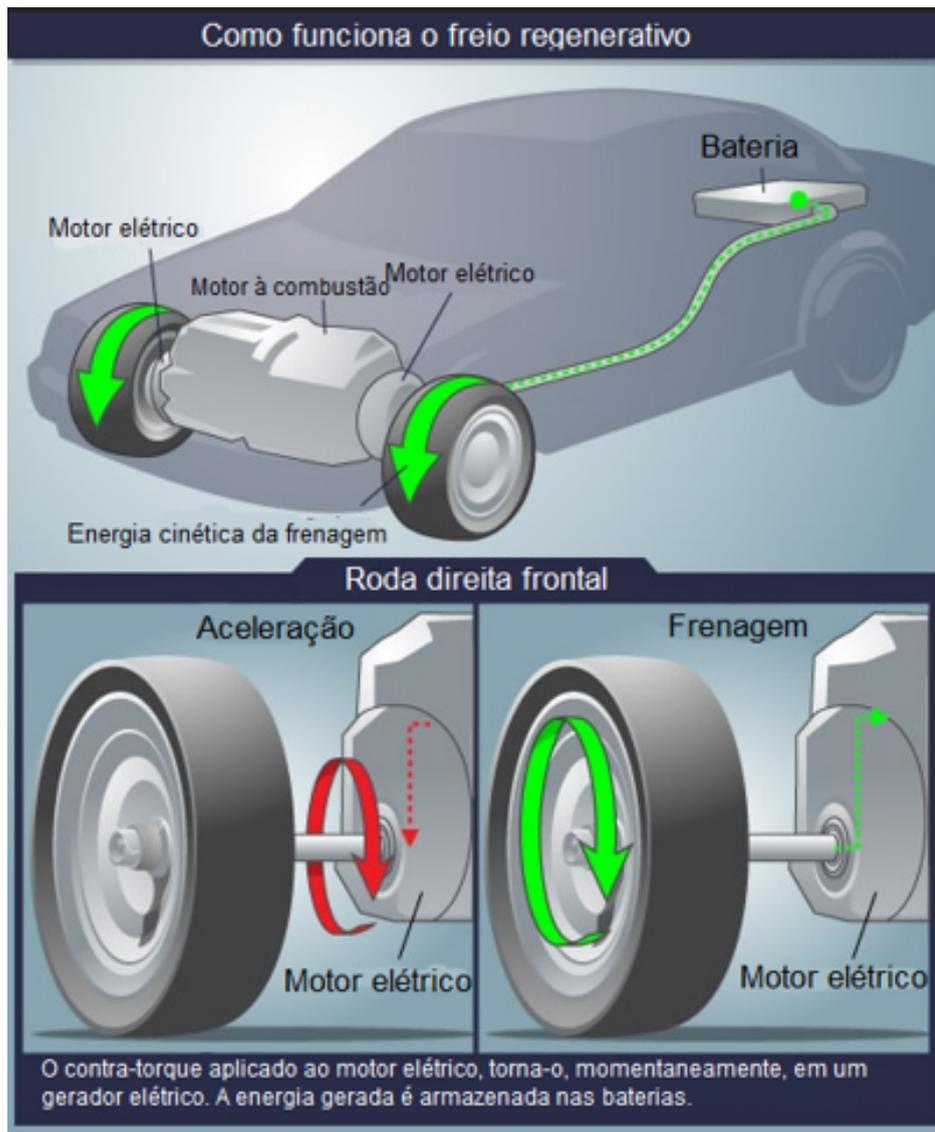
Fonte: NEOCHARGE, 2021.

### 2.4.3 Controle de velocidade

Tal qual carros à combustão, carros elétricos utilizam pedais para controle da velocidade do veículo. No caso do pedal do acelerador, este entrega pulsos de corrente e potência ao motor. Alguns veículos desempenham essa função por meio do *potentiometer box* ou abreviado *pot-box*. Esse aparelho é ligado ao pedal do acelerador e desempenha a função de regular quanto de potência será permitido o motor entregar. Esse aparelho também funciona como medidor de valores, e também atua como item de segurança prevenindo acelerações indesejadas (RUEDA, 2014).

Uma característica dos carros que utilizam motores elétricos é o freio regenerativo, mostrado na Figura 12. Ocorre em qualquer situação que o veículo está em desaceleração sem que o condutor acione o pedal de freio. Por exemplo, em uma situação de desnível ou declive, a energia cinética potencial do carro é convertida em energia elétrica e armazenada nas baterias. Basicamente é o reaproveitamento e a transferência da energia cinética do carro no momento de frenagem, ou desaceleração, em energia elétrica. Partindo da teoria de que se um motor tem o torque gerado em um sentido, se é aplicado um torque no sentido oposto, o motor atua como um gerador - servido também como um freio passivo. Essa energia gerada, que outrora seria perdida em forma de calor e atrito - tanto dos pneus com o asfalto, ou as pastilhas de freio, é armazenada nas baterias (THE BRAKE REPORT, 2020) (JUNIOR, 2014).

Figura 12 - Esquema de funcionamento do freio regenerativo.



Fonte: Adaptado de: THE BRAKE REPORT, 2020.

#### 2.4.4 Sistemas de segurança

Na composição de um sistema de segurança de um carro elétrico, alguns componentes merecem destaque, dentre eles, os primeiros são os relés de segurança. Utilizados no acionamento e desacionamento de aparelhos eletrônicos no carro, como bombas de direção eletro-hidráulica - cargas altamente indutivas, são empregados como interruptores de corrente, sem que haja a formação de arcos elétricos, prevenindo, por exemplo, incêndios (BANSAL, 2005).

Disjuntores também são essenciais, pois, em casos de defeitos encontrados em quaisquer sistemas do veículo, interrompem o fornecimento de energia das

baterias. Da mesma forma que em outras áreas de sua atuação, eles são instalados em locais de fácil acesso, em veículos também devem ser instalados da mesma forma.

### 3 PANORAMAS

Após entendimento dos princípios básicos de funcionamento do carro elétrico, tem-se uma apresentação do cenário mundial e nacional dos veículos elétricos. Desde como o mercado se adapta à inserção dos carros elétricos, ou veículos elétricos, até a questão legislativa encontrada em diferentes países. Esse ponto é importante para fazer a conexão do capítulo anterior, principalmente na questão da eficiência das baterias como matrizes energéticas, à questão ambiental, no que tangem pontos de emissão de poluentes.

#### 3.1 Cenário mundial

Atualmente a Europa, os EUA e a China são responsáveis por, aproximadamente, 90% da produção mundial dos carros elétricos. De acordo com a *International Energy Agency* (IEA) - sigla em inglês para Agência Internacional de Energia - mais de meio milhão de veículos foram vendidos mundialmente no ano de 2016. O número de veículos, mais especificamente, carros elétricos, em 2018 atingiu a marca de mais de cinco milhões de unidades. Um aumento de mais de 50% em relação a 2017 (IEA, 2019). Esses números vêm aumentando devido às ações, influências e incentivos, principalmente fiscais, desses países. Ações como uma melhora da infraestrutura local para atendimento da demanda energética, também estimulam às montadoras a investirem no mercado, e ao consumidor, a ideia de ter um veículo elétrico. O exemplo recente mais expressivo seria a montadora norte-americana, Tesla Motors. Essa popularizou a ideia e o mercado de veículos elétricos, com um diferencial de uma proposta de veículos mais luxuosos e esportivos. A sueca Volvo, também decidiu investir na proposta, anunciando que a partir de 2019, tem a intenção de tornar todos os novos veículos produzidos, híbridos ou elétricos. As montadoras Mini, Honda, e a GM, pretendem fazer o mesmo nas próximas décadas (IEA, 2019).

### 3.1.1 Eficiência das baterias

O maior desafio no mercado mundial dos veículos elétricos são as baterias. Autonomia, velocidade de recarga são os pontos de maior destaque. Avanços que diretamente estão ligados à eficiência das baterias, significam baterias mais leves e menores, que por sua vez, significam veículos mais leves e potentes. Esse último ponto em dobro, porque sendo uma bateria menor e mais potente, ela além de ser mais potente, utiliza essa potência a mais em um veículo de menor massa, otimizando seu uso. Isso implica num aumento de autonomia e um custo de manutenção menor do veículo. A IEA aponta que em 2008 o custo das baterias caíram cerca de 75%, ao passo que a capacidade de armazenamento energético das baterias triplicou (IEA, 2019).

Dados de vários fabricantes de baterias, apontaram que, nos anos 2000, o custo médio para uma bateria automotiva, ficava em torno de dois mil dólares americanos por kiloWatt hora (US\$2000/kWh). De acordo com a *Argonne National Laboratories* (ANL), do Departamento de Energia dos Estados Unidos da América, avanços tecnológicos permitiram uma redução do valor para duzentos e cinquenta dólares americanos por kiloWatt hora (US\$250/kWh) (NOCE, 2009).

Como hoje a bateria mais popular é a de lítio, devido à sua confiabilidade e custo benefício, uma preocupação razoável é sobre as reservas do mineral e a sua capacidade de suprimento, muito embora ele seja passível de reciclagem. Naturalmente que a disponibilidade do mineral tenderá a diminuir conforme é demandada, lembrando que o mineral, apesar de em sua maioria ser empregado na fabricação de baterias, também é aplicada em outras áreas (IEA, 2016).

No Brasil, de acordo com o sumário mineral de 2017, disponibilizado pelo governo federal, o país contribui, com aproximadamente, 1,2% da produção mundial lítio (LIMA, 2019).

### 3.1.2 Infraestrutura para recarga das baterias

Não é surpresa ou coincidência que os países com os maiores números de veículos elétricos, são os países que há mais incentivos e oportunidades governamentais, via isenções fiscais, a implantação de infraestrutura adequada para o uso desses veículos, dizendo respeito principalmente às estações de recarga.

Países citados no início do capítulo, são uns dos que o fazem. Na capital inglesa, Londres, já se observam pontos de recarga espalhados pela cidade, como por exemplo na Figura 13. Os americanos, por exemplo, já passam de trinta mil postos de recarga espalhados por todo o país (MAKEEN, 2021) (DELGADO, 2017).

Figura 13 - Ponto de recarga em Londres.



Fonte: ALLEN, 2018.

### 3.2 Cenário nacional

Embora haja um interesse do governo de estimulá-lo, por meio de incentivos fiscais, como por exemplo o Inova Energia - que fomenta a produção de componentes para veículos elétricos, o mercado brasileiro de veículos elétricos ainda é muito fraco, visto que o número de vendas e de unidades é baixo, principalmente se comparado aos países que foram citados. O porquê disso pode, facilmente, ser dividido em vários fatores, mas os principais são: o poder de compra da moeda, juntamente com uma alta porcentagem de impostos de diferentes tipos; e o difícil acesso, pois como o país ainda não produz veículos em massa, a maioria dos modelos, e mais ainda, modelos mais chamativos, como o modelo Tesla S, tem que ser importados (DELGADO, 2017).

O valor de um veículo importado, como é de se esperar, não é barato devido, não necessariamente, ao valor do veículo, mas às altas taxas no processo e de veiculação. Para um veículo híbrido, que usa um sistema conjunto de motor à combustão e motor elétrico, as taxas de importação podem atingir 20%. De acordo com sua eficiência energética, ainda podem ser adicionados: PIS/COFINS (13%), ICMS (de 12% a 18%), e o IPI, que pode atingir valores correspondentes à metade do valor do veículo (JUSSANI et. al., 2014).

No estado do Paraná, a concessionária local juntamente com a usina hidrelétrica de Itaipu, produziram a primeira eletrovia do país. Iniciando-se na capital, Curitiba, a eletrovia conta com oito eletropostos distribuídos pela BR-277, entre o percurso de Paranaguá e Foz do Iguaçu. Cada posto possui uma capacidade de 50 kVA (COPEL, 2019).

Desde a sua implementação, de acordo com o *site* da empresa, além de ver um aumento significativo no número de abastecimentos, a Companhia vem investindo em pesquisas de mobilidade elétrica que prometem, num futuro próximo, refletir diretamente no consumidor de veículos elétricos. O projeto de pesquisa e desenvolvimento propunha avaliar os resultados para reunir academia e mercado em um objetivo: viabilizar a mobilidade elétrica. No ano de 2019 os eletropostos somaram 330 recargas, totalizando um consumo de 2.914 kWh de energia. Em 2020, o número de abastecimentos atingiu 600 recargas. A maior parte delas concentrada na estação de Curitiba, localizada no polo da Copel da BR-277, com 230 abastecimentos em 2019 e 370 em 2020 (COPEL, 2021).

As recargas, que ficam em torno de 20 kWh, o permite uma autonomia média de 200 km, a aproximadamente R\$ 17,00. Vale o destaque que como ainda é um projeto de pesquisa e desenvolvimento e os custos são subsidiados com recursos do projeto. Porém, de acordo com a Copel, o fator que parece ter impulsionado mais o uso dos eletropostos está relacionado à disponibilidade da recarga rápida. Nos eletropostos, leva-se de meia a uma hora para carregar 80% da bateria do veículo, sendo que em um carregador doméstico, carregador doméstico, a recarga desses veículos poderia durar de 12h até 24h. O trecho da eletrovia é falado anteriormente, é mostrado na Figura 14 (COPEL, 2021).

Figura 14 - Eletrovia no Paraná.



Fonte: COPEL, 2019.

### 3.3 Legislações

#### 3.3.1 No mundo

A partir da década de 1970 surgiram programas governamentais em diversos países para limitar a poluição gerada pelos gases tóxicos emitidos pelos automóveis. A Lei do Ar Limpo, nos EUA, impôs diretrizes que buscavam reduzir as emissões de gases poluentes, tornando-se mais rigorosa no início dos anos 2000. Como consequência, valores mostraram uma redução de 95% em comparação aos padrões de 1970. Na Europa também foi estabelecida uma regulamentação similar. O sistema chamado Euro, que propunha uma redução de até 90% dos gases poluentes dos veículos, reavaliado e reaplicado em um intervalo semelhante de tempo, tinha, e ainda tem, como objetivo a contínua e progressiva redução das taxas de emissão de poluentes. O sistema foi iniciado em 1992 com o nível Euro 1, e nos anos seguintes com outras reavaliações e propostas mais rígidas, tendo o Euro 2 em 1996, o Euro 3 em 2000, o Euro 4 em 2005, o Euro 5 em 2009 e o Euro 6 em 2014, com o Euro 7, sendo o último antes da imposição de um sistema de zero emissões, programado para entrar em vigor em meados de 2025 (RAGON, 2021) (BERGEK; BERGGREN, 2014).

### 3.3.2 No Brasil

Criado pela Lei Federal nº 6.938/81 o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, é um órgão colegiado responsável por estabelecer, por meio de resoluções, normas e critérios para licenciamento ambiental, e por estabelecer padrões de controle da poluição ambiental. Em 1986, foi publicada no Diário Oficial da União a Resolução CONAMA nº18 que instituiu o Programa De Controle Da Poluição Do Ar Por Veículos Automotores - PROCONVE. Alguns dos objetivos: reduzir os níveis de emissão de poluentes por veículos automotores; promover o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automobilística, como também em métodos e equipamentos para ensaios e medições da emissão de poluentes; e promover a conscientização da população com relação à questão da poluição do ar por veículos automotores (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2020) (IBAMA, 2016).

Uma forma de incentivo fiscal a nível nacional presente hoje em dia, é a alteração dos valores do IPVA dos carros elétricos - e híbridos, em metade dos estados brasileiros, conforme mostra a Figura 15. Estados como Paraná e Rio Grande do Sul, já oferecem isenção total do valor, enquanto que São Paulo e Rio de Janeiro oferecem algum desconto do valor. Estados como a Bahia e o Goiás já possuem planos em tramitação para aderirem às reduções; já outros como o Tocantins e o Amazonas, ainda não têm planos de aderirem (BIANCHIN, 2021a).

De acordo com um artigo, de 2019, da revista especializada em automóveis, Quatro Rodas, o território da Ilha de Fernando de Noronha, sob governo do estado de Pernambuco, abolirá a veiculação de quaisquer veículos que não sejam elétricos, incluindo híbridos. A medida tem como objetivo acabar com a emissão de gases por veículos, a partir de 2022 com a proibição da entrada de veículos híbridos e à combustão na ilha, e a retirada desses que lá já circulam até 2030 (QUATRO RODAS, 2019).

Figura 15 - Mapa de adesão aos programas de alteração do valor do IPVA.



Fonte: Adaptado de: BIANCHIN, 2021a.

A cidade de São Paulo é uma das que mais se interessa nessa questão. Recentemente na capital paulista entrou em vigor a lei municipal nº 17.336/2020, regulamentando a previsão de instalação de pontos de recarga em prédios residenciais e comerciais. A obrigatoriedade valerá para novos projetos de condomínios a partir da implementação da lei. Outro incentivo, na mesma cidade, parte do sancionamento do Projeto de Lei 0054/2021, permitindo a utilização dos créditos de IPVA em favor dos proprietários de carros elétricos, híbridos ou movidos a hidrogênio, para pagamento do IPTU (SILVA, 2021) (BIANCHIN, 2021b).

## **4 VIABILIDADE ECONÔMICA**

Esse capítulo abrange o aspecto social do trabalho, ou seja, informações sobre vantagens e desvantagens para um potencial consumidor, fazendo o apanhado das informações dos capítulos anteriores, com o objetivo de sintetizar as informações já dadas, e as presentes nesse trabalho, somá-las, para uma eventual conclusão. Traz consigo valores comparativos monetários entre carros elétricos e à combustão, bem como formas de cooperação de instituições governamentais, para facilitar e aumentar a possibilidade de uma implementação de um mercado de vendas, no mínimo, pareadas com os carros à combustão.

### **4.1 Incentivos governamentais**

Como reforçado nas últimas seções deste trabalho, os incentivos governamentais são um dos pilares que determinam o valor final de um veículo elétrico. Decisões que refletem no preço final, bem como a presença de infraestrutura adequada que permita a implantação em massa, são essenciais (DELGADO, 2017).

### **4.2 Realocação de recursos fósseis**

Analisando todo o cenário da utilização dos veículos elétricos, e, por consequência, das baterias, é esperado que a matriz energética usada para gerar a energia elétrica que recarrega as baterias, não polua tanto quanto ou até mais que um carro à combustão equivalente. Não faz sentido a bateria ser a mais eficiente disponível, sendo a energia que a alimenta é gerada pela queima irregular de carvão. Nesse cenário, tem-se que o consumo de veículos elétricos chega a 0,3 kWh/km, e tende a diminuir, e o de um veículo à combustão é de 0,9 kWh/km, onde, aproximadamente, 15% da energia do é convertida em energia cinética. O uso de uma mesma quantidade de combustível em uma usina termelétrica, possui um rendimento médio de 40%, sendo que essa mesma energia gerada também pode ser usada para recarga de baterias. Portanto, é mais interessante usar esse tipo de combustível para gerar energia elétrica, para quaisquer fins, pois o seu uso dessa

maneira, demonstra-se mais eficiente que o mesmo uso em veículos à combustão (JUSSANI et. al., 2014).

### 4.3 Tempo de retorno financeiro

Primeiramente deve-se compreender a ideia do tempo de retorno financeiro. Basicamente o tempo de retorno financeiro é o tempo mínimo para que um investimento seja pago, é também conhecido como método *payback*. Nesse método, diferentes fluxos de caixa são somados sem considerar o valor do dinheiro no tempo. Há duas formas de calculá-lo: tempo de retorno médio e tempo de retorno efetivo. A primeira utiliza o valor médio aritmético dos fluxos de caixa e o valor do investimento. O valor médio aritmético, como o nome implica, é uma soma dos valores de fluxo de caixa em um determinado período de tempo, dividido por esse período de tempo. Por fim divide-se o valor do investimento inicial pelo valor médio dos fluxos de caixa, obtendo o número de períodos necessários para o retorno. A segunda, somam-se os valores dos fluxos de caixa de cada período, até que o resultado seja maior ou igual ao investimento. Se esse for igual ao investimento em um período, o tempo de retorno efetivo será exato ao período em questão. Se o resultado for maior do que o investimento e a soma no período imediatamente anterior for menor do que o investimento, o tempo de retorno efetivo estará entre esses dois períodos. Essa última forma é mais completa, tecnicamente, uma vez que considera a distribuição dos fluxos de caixa ao longo dos períodos (BARBOSA, 2021) (FILHO, 2009).

De acordo com uma reportagem da CNBC - *Consumer News and Business Channel* - canal de mídia norte-americana, um novo estudo da *Piper Jaffray* - empresa norte-americana de investimentos, adotando custos de fabricação do motor, combustível, eletricidade e manutenção; aponta que o modelo *Tesla Semi*, Figura 16, gera um retorno financeiro após dois anos, comparado à caminhões a diesel. Um ponto em destaque são os custos estimados das peças de ambos os veículos. Em um caminhão a diesel, o preço das peças que não seriam necessárias em um veículo elétrico fica em torno de US\$ 37.000, ao passo que o custo das peças necessárias em um EV, mas não em um a diesel seria muito mais alto, em US\$ 83.000. Esse valor se justifica, principalmente, pelo preço da bateria, estimado em US\$ 54.500. Mas como já foi percebido em outros exemplos nesse trabalho, o

diferencial dos veículos elétricos, fica por conta da manutenção. Os custos de reparo, reabastecimento - no caso recarga - e manutenção de um veículo elétrico são menores. Os gastos anuais com essas despesas para um caminhão a diesel chegam a US\$ 35.000. Para um caminhão elétrico, os valores são menos da metade, em torno de US\$ 14.000, atingindo um tempo de retorno de pouco mais de dois anos (FERRIS, 2021).

Figura 16 - Tesla Semi.



Fonte: KANE, 2020.

No que diz respeito à infraestrutura no Brasil, a ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica - realizou, em 2017, um estudo sobre o retorno financeiro da instalação de um eletroposto público, em dois cenários distintos. O primeiro cenário apresentou as seguintes condições: apenas custo de operação e manutenção; custo equivalente da gasolina em R\$ 2,18, considerando o preço de R\$ 4 o litro, e uma autonomia de 10km/L; custo da energia de R\$ 0,40443/kWh considerando a tarifa B3 de uma grande distribuidora real; e uma taxa de desconto de 12% ao ano. Para o segundo cenário foram considerados: custo da energia considerado *pass-through*; e um valor fixo para recargas, para doze recargas diárias. Os resultados mostraram que no primeiro cenário, seriam necessárias, no mínimo, 16 cargas por dia de 25 kWh, para que houvesse um retorno financeiro em dez anos. Porém o tempo de vida

útil de um eletroposto fica em torno de sete anos. No segundo cenário, para que se tenha um retorno em sete anos, seria necessário 12 cargas por dia, um número elevado de recargas para um eletroposto por dia, a um valor de R\$ 81,19 por carga. Diante disso concluiu-se que para que seja viável, é essencial que se tenha um grande número de veículos elétricos, para que o número de recargas remunere os investimentos de instalação. Isso converge para o ponto em que foi discutido a participação das instituições governamentais na popularização e implementação desse mercado no país (ZANETI, 2018).

#### **4.4 Veículos elétricos x veículos à combustão**

Por ora, é inegável que o preço de um veículo elétrico é mais caro que um veículo a combustão (muito embora valores a seguir indiquem que veículos elétricos podem ser mais vantajosos). Valor que está diretamente ligado com a tecnologia atual das baterias (ressaltando que esse valor tem caído progressivamente ao longo dos anos, o que aponta para um cenário promissor). Um estudo apresentado por Delgado, em seu caderno da FGV, Carros Elétricos, mostra um comparativo entre um Toyota Corolla, modelo 2016, à gasolina, e um *Nissan Leaf BEV* com bateria de 24 kWh, também modelo 2016; com base no *Vehicle Cost Calculator* - Calculadora do Custo de Veículo, do Departamento de Energia dos Estados Unidos. Os resultados, conforme mostra a Tabela 1, apontam que em relação a gastos com combustível e manutenção, e em eficiência energética por distância percorrida, o veículo elétrico é mais vantajoso. Como é de se esperar sobre veículos elétricos, o *Nissan* perde no comparativo, quando custos de aquisição são apresentados. Entretanto, considerando que no estado da Califórnia, subsídios para aquisição podem chegar a dez mil dólares (US\$10.000), tornando, a longo prazo, o custo de propriedade menor (DELGADO, 2017).

Tabela 1 - *Corolla x Leaf BEV*.

Carro	<i>Toyota Corolla</i> à gasolina - 2016	<i>Nissan Leaf BEV</i> (bateria de 24 kWh) - 2016
Uso anual de gasolina	1438 litros (380 galões)	0 litros
Uso anual de eletricidade	0 kWh	3620 kWh
Desempenho (cidade/estrada)	12/16 km/L	27/33 kWh/100m
Custo anual de combustível/eletricidade	US\$ 844,00	US\$ 615,00
Custo de manutenção no primeiro ano	US\$ 3102,00	US\$ 2720,00
Custo por milha	US\$ 0,26	US\$ 0,23
Emissões anuais (libras de gás carbônico)	9129	2602

Fonte: Adaptado de: DELGADO, 2017.

Um outro estudo semelhante feito por (SANTOS, 2018), compara os modelos *Sandero*, a combustão, e *Zoe*, elétrico, ambos da montadora francesa *Renault*, e com aspectos técnicos semelhantes. Conforme a Tabela 2 aponta, os resultados convergem para o caso anterior. Embora o valor de aquisição seja mais alto, o retorno financeiro a longo prazo é maior, destacando que o valor de custo energético do carro elétrico é três vezes menor que o carro à combustão. Para efeito de comparação, se for adotado um valor de 10 mil km rodados, o custo sai para o *Zoe* em 900 reais, enquanto que para o *Sandero*, 2700 reais. Isso é, analisando somente o custo energético do km rodado, desconsiderando valores de manutenção, já falado neste trabalho, que são mais caros que veículos elétricos (SANTOS, 2018).

Tabela 2 - *Zoe x Sandero*.

Carros	<i>Zoe</i>	<i>Sandero</i>
Valor	R\$ 111.560	R\$ 37.160
Motor	Elétrico	Combustão 1.0
Potência	92 cv	79 cv
Consumo	0,65 MJ/km	1,52 MJ/km
Autonomia	300 km	600 km
Custo energético do km rodado	R\$ 0,09	R\$ 0,27

Fonte: Adaptado de: SANTOS, 2018.

Um estudo conduzido pelo *Institute for Automotive Research*, da *Nürtingen–Geislingen University*, constata que a manutenção dos veículos elétricos em geral pode custar 35% a menos em relação à veículos à combustão. Vale a ressalva de que uma análise de viabilidade econômica, a longo prazo, deve adotar fatores como menor custo por quilômetro e menor custo de manutenção, posteriormente o valor de aquisição e o custo de renovação das baterias (DIEZ, 2014).

## 5 PRESENÇA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS

Esse breve capítulo, traz informações complementares, da participação e presença de veículos elétricos no Brasil, e na cidade de Palmas.

### 5.1 No Brasil

Na década de 1970, a extinta Gurgel Motores S/A apresentou ao mercado nacional o Itaipu, Figura 17, um minicarro que foi o primeiro automóvel elétrico desenvolvido na América Latina. Não ganhou produção em série, mas acabou servindo de base para o E-400, Figura 18, um utilitário produzido no início da década de 1980, sendo esse o primeiro carro elétrico produzido em série no Brasil (PEREIRA, 2021).

O E-400 foi fabricado com carrocerias em furgão e picape, com capacidade para 400 kg (E-400) e 500 kg (E-500) de carga. Era equipado com um motor elétrico de 13,6 cv e um câmbio de quatro marchas que o permitia atingir os 80 km/h. Com a tecnologia à altura ainda era precária, tinha problemas comuns aos carros elétricos, como a baixa velocidade máxima, a baixa autonomia de 127 km em uso urbano, e o tempo da recarga das baterias, entre seis e oito horas. Foi pouco vendido, sendo empregado principalmente nas frotas de empresas estatais (PEREIRA, 2021).

Figura 17 - Gurgel Itaipu.



Fonte: PEREIRA, 2021.

Figura 18 - Gurgel E-400.



Fonte: PEREIRA, 2021.

Hoje em dia um destaque é a empresa nacional Hitech Electric. A empresa, fundada em 2010, teve destaque com pesquisas e desenvolvimento no segmento automobilístico, e isso ajudou a torná-la referência nacional em mobilidade urbana. Hoje conta com uma gama de veículos: carros, como um exemplo na Figura 20, caminhonetes e motocicletas, como um exemplo na Figura 19, para terra, asfalto, e até mesmo veículos aquáticos, como pequenos barcos (HITECH ELECTRIC, 2021b).

Figura 19 - Motocicleta TCMax.



Fonte: HITECH ELECTRIC, 2021c.

Figura 20 - Modelo Echo Tech 4.



Fonte: HITECH ELECTRIC, 2021a.

## 5.2 Em Palmas

Na capital tocantinense, a construtora Fama Empreendimentos, em um dos seus mais recentes projetos em andamento, o edifício Orla Sky, conceito na Figura 22, situado à beira do lago de Palmas, Orla 14, disponibilizará em cada garagem de cada imóvel, um ponto de recarga para veículos elétricos, conforme mostra a Figura 21. A empresa não só aposta nesse mercado, como também em energias renováveis, como a aderência do uso de painéis fotovoltaicos nesse mesmo edifício (FAMA EMPREENDIMENTOS, 2021a).

Figura 21 - Simulação de carro elétrico em ponto de recarga. Edifício Orla Sky.



Fonte: FAMA EMPREENDIMENTOS, 2021b.

Figura 22 - Edifício Orla Sky, em simulação, à direita com luzes acesas.



Fonte: FAMA EMPREENDIMENTOS, 2021a.

Em maio do ano de 2017, a cidade recebeu da empresa chinesa *Build Your Dreams* (BYD), especializada em modelos elétricos, um modelo e6, Figura 23. Segundo a empresa, o veículo, que foi produzido para ser um veículo de transporte de pessoas - táxi, possuía, na época, uma autonomia de 300 km, sendo que o carro leva cerca de duas horas para ser totalmente recarregado, a um custo de R\$ 27,00. A ideia à altura era substituir os veículos da frota de táxis, por esses modelos elétricos. Estimativas da Secretaria Municipal Extraordinária de Projetos, apontaram que esse plano, para a frota de 137 taxistas, reduziria o custo diário de operação de R\$ 80,00 para R\$ 27,00 por dia, percorrendo a mesma distância. A falta de dados mais recentes impossibilita afirmar que o projeto tenha dado seguimento, até porque os mesmos documentos afirmavam uma implantação de redes de eletropostos com o fim de recarregar essa frota (COTRIM, 2017).

Como as informações do projeto datam 2017, é esperado que as especificações técnicas do veículo possam ter melhorado com o tempo. A Tabela 3 apresenta dados técnicos do veículo, modelo 2021, baseado em informações disponibilizadas pela própria montadora, por meio de seu endereço eletrônico. Observando a tabela, é possível notar avanços tecnológicos, ao constatar que a autonomia, comparado ao

exemplo anterior, aumentou em 100 km. Esse exemplo não só demonstra que a eficiência desse veículo, em específico, aumentou, mas é uma tendência de todos os veículos elétricos (BYD, 2021).

Figura 23 - Modelo e6.



Fonte: BYD, 2021.

Tabela 3 - Especificações técnicas modelo e6 (2021).

Velocidade Máxima	140 km/h - 87 mi/h
Tipo de motor	Síncrono de corrente alternada sem escova
Potência máxima	121 HP - 90 kW - 122 cv
Torque máximo	332ft/lb - 44,5 kgfm
Tipo de bateria	Bateria BYD fosfato de ferro
Capacidade	80 kWh
Autonomia	até 400 km

Fonte: Adaptado de: BYD, 2021.

## 6 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

### 6.1 Considerações finais

Esse trabalho apresentou as principais causas da dificuldade de crescimento da frota de veículos elétricos, que para muitos ainda não são claras o suficiente para um entendimento mínimo do assunto e verificar as possíveis alternativas energéticas para garantir um futuro sustentável.

Avanços tecnológicos, na área de baterias, motores elétricos e todo o aparato que proporciona um controle adequado, proporcionaram um significativo aumento na autonomia e no melhor desempenho dos veículos elétricos. Dados nesse trabalho mostram a maior eficiência dos veículos elétricos, visto que as perdas energéticas são menores em relação aos veículos à combustão, ainda mais pouca quantidade de peças móveis garante um veículo mais robusto e menor custo de manutenção.

Claro que alguns empecilhos, ainda impedem a distribuição em larga escala dos veículos elétricos, principalmente no Brasil. Pontos como o custo inicial, autonomia e a capacidade de recarga das baterias, são exemplos desses empecilhos. Em Palmas, por exemplo, a instalação de pontos de recargas em edifícios residenciais, se concentra apenas no projeto da Orla Sky. O prédio em questão conta com uma infraestrutura projetada que indica que seus apartamentos, serão de um altíssimo valor aquisitivo. Significando que apenas pessoas com condições financeiras acima da média, poderão ter esse privilégio.

O maior desafio se resume às baterias, que são a principal barreira a ser vencida. Porém como foi dito no parágrafo anterior, as tecnologias nessas áreas têm demonstrado grande avanço, ao ponto que é só questão de tempo até que os custos das baterias diminuam mais, ao ponto de se tornarem baratas o suficiente para serem consideradas mais acessíveis. Junto com a acessibilidade, vem também o avanço no desempenho, com baterias garantindo uma capacidade maior de densidade de carga e um tempo menor de recarga, permitindo ao condutor uma autonomia maior. Somado aos avanços tecnológicos, vêm também as preocupações ambientais. Análises de viabilidade econômica citadas neste trabalho, mostraram que o investimento no mercado dos carros elétricos é rentável a longo prazo comparando-se aos veículos à combustão.

Em um país de ícones como os modelos V8 do Ford Maverick e os modelos V6 do Chevrolet Opala, não é de se surpreender que o Brasil não demonstre interesse nesse tipo de tecnologia. Muito embora possua todo o escopo para um potencial mercado, principalmente em relação às suas fontes energéticas, altas taxas de impostos e o desinteresse de parte de alguns setores da indústria, como por exemplo a petroleira, que seria grandemente afetada, impedem ainda mais uma popularização em massa dos veículos elétricos. Com interesse estatal, no sentido de estimular esse mercado, é possível haver resultados promissores tanto para o meio ambiente quanto para a economia.

Portanto é interessante que haja cooperação entre empresas, que proporcionariam essa infraestrutura para uma implementação dos recursos, como por exemplo postos de recarga, para o mercado dos carros elétricos, e autoridades governamentais. O carro elétrico - e veículos elétricos no geral - é viável a quem consome e tende a cada vez mais se tornar mais viável, bastando acordos entre ambas as partes, antes citadas, como já há em alguns lugares do país, para que o mercado dos EV possa se consolidar e tornar-se cada vez mais forte.

## **6.2 Sugestões de trabalhos futuros**

Este trabalho apresentou diversos fatores que contribuíram para o entendimento do cenário atual dos carros elétricos, em âmbito nacional e internacional. No caso do Brasil, mais especificamente, para maior engajamento da população sobre o assunto, pode ser feito um estudo mais aprofundado sobre as grandes taxas de impostos incidentes, sendo que o valor de compra é o principal fator da baixa popularidade dos carros elétricos no país. Vide que grande parcela da população, não tem condições de adquirir um veículo desse tipo.

Outro fator também é um estudo de como melhorar e aumentar a rede de infraestrutura para manutenção, não somente de consertos, mas de recargas e afins. Uma infraestrutura adequada pode aumentar o interesse das pessoas na possibilidade de adquirirem um carro elétrico em um futuro próximo.

## REFERÊNCIAS

ABB. **Motores de ímã permanente**. 2021. Disponível em: <<https://new.abb.com/motors-generators/pt/motores-e-geradores/motores-de-baixa-tensao-iec/motores-controlados-por-inversor-de-frequencia/ima-permanente>>. Acesso em 12 de agosto de 2021.

AKINYELE, D. O. *et al.*, Review of Energy Storage Technologies for Sustainable Power Networks, **Journal of Sustainable Energy Technologies and Assessments**, Nova Zelândia, Julho, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.seta.2014.07.004>> Acesso em 23 de julho de 2021.

ALLEN, James. **Lamp Post-powered Electric Car Charging Points Arrive In London**. 2018. Disponível em: <<https://www.driving.co.uk/news/lamp-post-powered-electric-car-charging-points-arrive-london/>>. Acesso em 12 de agosto de 2021.

ALTERNATIVE FUELS DATA CENTER. **How do all electric cars work?**. 2021. Disponível em: <<https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>>. Acesso em: 20 de julho de 2021.

BANSAL, Ramesh C. **ELECTRIC VEHICLES**. Pilani, India: Birla Institute of Technology and Science, 2005.

BARBOSA, Lorivaldo Rodrigues et al. Viabilidade para instalação de energia fotovoltaica “on-grid” em residência: Payback estimado em diversos cenários econômicos. **Revista Cubana de Ingeniería**, v. 12, n. 3, p. e289-e289, 2021.

BERGEK, A.; BERGGREN, C. The impact of environmental policy instruments on innovation: a review of energy and automotive industry studies. **ECOLOGICAL ECONOMICS**, v. 106, p. 112-123, 2014.

BIANCHIN, Victor. Carros elétricos e híbridos: quais estados têm isenção ou desconto de IPVA? **Automotive Business**, 2021a. Disponível em: <<https://www.automotivebusiness.com.br/inovacao/674/carros-eletrificados-quais-estados-tem-isencao-ou-desconto-de-ipva>>. Acesso em: 27 de julho de 2021.

BIANCHIN, Victor. Em São Paulo, donos de carros elétricos receberão devolução do IPVA na conta corrente. **Automotive Business**, 2021b. Disponível em: <<https://www.automotivebusiness.com.br/inovacao/781/em-sao-paulo-donos-de-carros-eletricos-receberao-devolucao-do-ipva-na-conta-corrente>>. Acesso em: 27 de julho de 2021.

BYD. **E6 - Electrify Your Fleet**. 2021. Disponível em: <[https://en.byd.com/wp-content/uploads/2017/06/e6\\_cutsheet.pdf](https://en.byd.com/wp-content/uploads/2017/06/e6_cutsheet.pdf)>. Acesso em: 27 de julho de 2021.

CHAN, C. C. The Rise & Fall of Electric Vehicles in 1828–1930: Lessons Learned. **IEEE**, [S.l.], p. 206-212, 24 dez. 2012.

CHOI, Charles Q. Zinc Battery Breakthrough Could Mean Safer, Lighter Cars and Smartphones. **IEEE SPECTRUM**, [S. l.], p. 1-1, 27 abr. 2017.

COPEL. **Copel inaugura maior eletrovia do país**. 2019. Disponível em: <<https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2F66B766F31D7940A58325836200594384>>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

COPEL. **Eletrovia da Copel dobra o número de recargas em 2020**. 2021. [S.l] Disponível em: <<https://www.copel.com/hpcweb/eletrovia-da-copel-dobra-numero-de-recargas-em-2020/>> Acesso em 19 de agosto de 2021.

COTRIM, Maju. Palmas recebe carro elétrico para teste. **Gazeta do Cerrado**, 2017. Disponível em: <<https://gazetadocerrado.com.br/palmas-recebe-carro-eletrico-para-teste/>>. Acesso em: 28 de julho de 2021.

DELGADO, Fernanda *et al.* CARROS ELÉTRICOS. FGV, [S. l.], p. 1-112, 25 maio 2017.

DIEZ, Willi. Mehr Profit durch Kundenbindung. Institut für Automobilwirtschaft, 2014.

ENERGIA INTELIGENTE. **Como funciona - Motores a combustão interna**. 2018. [S.l] Disponível em: <<http://energiainteligenteufff.com.br/como-funciona/como-funciona-motores-a-combustao-interna/>>. Acesso em 12 de agosto de 2021.

FAMA EMPREENDIMENTOS. **Eleve suas expectativas. More no Orla Sky**. 2021a. Disponível em: <<https://famaempreendimentos.com.br/orlasky>> Acesso em 27 de julho de 2021.

FAMA EMPREENDIMENTOS. **Fama aposta no futuro com carros elétricos**. 2021b. Disponível em: <<https://famaempreendimentos.com.br/noticia/33/fama-aposta-no-futuro-com-carros-eletricos>>. Acesso em: 28 de julho de 2021.

FERNANDES, Camila Barreto. **Inversores para veículos elétricos: aplicação do controle vetorial sem sensor para um motor de indução**. 2015. Monografia (Bacharel em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

FERRIS, Robert. Tesla Semi could save money over diesels within 2 years of ownership. **CNBC**, 2021. Disponível em: <<https://www.cnbc.com/2018/01/11/tesla-semi-could-save-money-over-diesels-within-2-years-of-ownership.html>>. Acesso em: 28 de julho de 2021.

FILHO, Marcelo Lisboa Ferreira. **Análise de viabilidade mercadológica de automóveis elétricos híbridos plug-in no Brasil**. Orientador: Prof. Antônio Rafael Namur Muscat. 2009. 123 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em engenharia de produção) -Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

HELMERS, Eckard; MARX, Patrick. **Electric cars: technical characteristics and environmental impacts**. [S. l.]: Environmental Sciences Europe, 2012.

HITECH ELECTRIC. **Echo Tech 4**. 2021a. Disponível em: <https://www.hitech-e.com.br/produtos/on-road/eco-tech-4> >. Acesso em: 30 de julho de 2021.

HITECH ELECTRIC. **Quem somos**. 2021b. Disponível em: <<https://www.hitech-e.com.br/institucional/quem-somos>>. Acesso em 30 de julho de 2021.

HITECH ELECTRIC. **TC Max**. 2021c. Disponível em: <<https://www.hitech-e.com.br/produtos/on-road/tc-max>>. Acesso em 30 de julho de 2021.

IBAMA. **Programa de controle de emissões veiculares (Proncove)**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/emissoes/veiculos-automotores/programa-de-controle-de-emissoes-veiculares-proconve>>. Acesso em 23 de julho de 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. IEA. Global EV Outlook. **OECD**. 2016

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. IEA. Global EV Outlook. **Scaling-up the transition to electric mobility**. 2019.

JUNIOR, Vicente Nunes. **Estudo das principais vantagens do uso da frenagem regenerativa em veículos híbridos**. São Caetano do Sul: [s. n.], 2014.

JUSSANI, Ailton Conde; MASIERO, Gilmar; IBUSUKI, Ugo. Carro-elétrico vs híbrido: Qual alternativa ambientalmente sustentável para o Brasil? **XVII SEMEAD: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO**. 2014.

KANE, Mark. **Tesla Semi: caminhão elétrico com 800 km de autonomia inicia produção em série**. 2020. Disponível em: <<https://insideevs.uol.com.br/news/428223/tesla-semi-caminhao-eletrico/>>. Acesso em 12 de agosto de 2021.

LARMINIE, James; LOWRY, John. **Electric vehicle technology explained**. Chichester: The Atrium, 2003.

LEVKIN, Dmitry. Three phase induction motor. **Engineeringsolutions**. 2021. Disponível em: <<https://en.engineering-solutions.ru/motorcontrol/induction3ph/#vfd>> Acesso em 22 de julho de 2021.

LIMA, Thiers Muniz ; COSTA, Marina Marques Dalla; MEDEIROS, Karina Andrade .Brasil. **Agência Nacional de Mineração**. Sumário Mineral / Coordenação Geral . Brasília: ANM, 2019.

MAGALHÃES, Jéssica de Lourdes Almeida; NOGUEIRA, Fernando José. Carros Elétricos e Uso Eficiente de Baterias. **Centro Universitário Academia - UniAcademia**. 2020. Disponível em: <<https://seer.cesjf.br/index.php/eletrica/article/view/2717>>. Acesso em: 28 de julho de 2021.

MAKEEN, Peter et al. Smart green charging scheme of centralized electric vehicle stations. **International Journal of Green Energy**, p. 1-9, 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 018/1986**. 2020. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=41>>. Acesso em 26 de julho de 2021.

NAKASHIMA, Guilherme Yuji Colmanetti. **Análise do motor cc sem escovas**. 2021. Monografia (Graduação em engenharia elétrica) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, Ilha Solteira, São Paulo, 2021.

NEOCHARGE. **Como melhores conversores CC/CA irão estimular a venda de Carros Elétricos**. [S.I]. 2021. Disponível em: <<https://www.neocharge.com.br/blogs/post/como-melhores-conversores-cc-ca-irao-estimular-a-venda-de-carros-eletricos>>. Acesso em 12 de agosto de 2021.

NEOSOLAR. **Mobilidade Elétrica e Carregadores**. 2021. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/curso-energia-solar-carro-eletrico-e-carregadores.html>>. Acesso em 12 de agosto de 2021.

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

PENN, Ivan. *Cheaper Battery Is Unveiled as a Step to a Carbon-Free Grid*. **The New York Times**, 2018. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2018/09/26/business/energy-environment/zinc-battery-solar-power.html>>. Acesso em 12 de agosto de 2021.

PEREIRA, Fabiano. Gurgel Itaipu: há 46 anos, um brasileiro elétrico desafiava a gasolina. **Quatro Rodas**, 2021. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/carros-classicos/gurgel-itaipu-ha-46-anos-um-brasileiro-eletrico-desafiava-a-gasolina/>>. Acesso em: 30 de julho de 2021.

QUATRO RODAS. **Fernando de Noronha é 1º território no Brasil a banir carro a combustão**. 2019. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/fernando-de-noronha-e-1o-territorio-no-brasil-a-banir-carro-a-combustao/>>. Acesso em 12 de agosto de 2021.

RAGON, Pierre-Louis; RODRÍGUEZ, Felipe. **Estimated cost of diesel emissions control technology to meet future Euro VII standards**. 2021.

RIBA, Jordi Roger *et al.* **Rare-earth-free propulsion motors for electric vehicles: a technology review**. Catalunha: Universitat Politècnica de Catalunya, Electrical Engineering Department. 2016.

RIBEIRO, Dhiego dos Santos; PRADO, Claudio. **Motores de Imãs Permanentes - TCC Inatel - Dhiego dos Santos Ribeiro**. 2015.

RUEDA, Oscar Antônio Solano. **Controle do motor de indução para veículos elétricos mediante o uso de duplo conversor**. 2014. Monografia (Pós-graduação e pesquisa em engenharia elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2014.

SANTOS, Ana Carolina Fabricio da Rocha. **Análise da viabilidade técnica e econômica de um veículo elétrico versus veículo a combustão**. 2018. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Federal de Santa Maria. Santana do Livramento, RS. 2018.

SILVA, Guilherme. Prédios de SP terão recargas para carros elétricos. **WM1**. 2021. Disponível em: <<https://www.webmotors.com.br/wm1/noticias/predios-de-sp-terao-recarga-para-carros-eletricos>>. Acesso em 26 de julho de 2021.

SILVA, Thiago; MACARIO, Igor. Kit para carros antigos substitui grandes V8 por motor elétrico da Tesla. **Quatro Rodas**. 2020. Disponível em: <<https://quatrorodas.abril.com.br/noticias/kit-para-carros-antigos-substitui-grandes-v8-por-motor-eletrico-da-tesla/>>. Acesso em 12 de agosto de 2021.

SOUZA, Gustavo. Bateria de Lítio: saiba mais sobre essa tecnologia cotidiana. **Carro Elétrico**. 2017. Disponível em: <<https://carroeletrico.com.br/blog/bateria-litio/>>. Acesso em 12 de agosto de 2021.

STAMENKOVIC, Vojislav R.; LOPES, Pietro P. Past, present, and future of lead-acid batteries. **Materials Science Division**. Argonne National Laboratory. Lemont, Illinois. 21 dez. 2020.

THE BRAKE REPORT. **Regenerative Braking: What is It?**. 2020. Disponível em: <<https://thebrakereport.com/regenerative-braking-what-is-it/>>. Acesso em 27 de julho de 2021.

WEG. **W50 - TEFC Uso Geral (Ferro Fundido)**. 2021. Disponível em: <[https://www.weg.net/catalog/weg/ES/pt/Motores-EI%C3%A9tricos/Motores-de-Indu%C3%A7%C3%A3o---M%C3%A9dia-Alta-Tens%C3%A3o/Motores-de-Indu%C3%A7%C3%A3o-Trif%C3%A1sico/Motores-IEC/W50---TEFC-Uso-Geral-%28Ferro-Fundido%29/W50---TEFC-Uso-Geral-%28Ferro-Fundido%29/p/MKT\\_WMO\\_TEXT\\_IMAGE\\_HV\\_NEMA\\_3PHASE\\_TEFC\\_W50\\_IEC](https://www.weg.net/catalog/weg/ES/pt/Motores-EI%C3%A9tricos/Motores-de-Indu%C3%A7%C3%A3o---M%C3%A9dia-Alta-Tens%C3%A3o/Motores-de-Indu%C3%A7%C3%A3o-Trif%C3%A1sico/Motores-IEC/W50---TEFC-Uso-Geral-%28Ferro-Fundido%29/W50---TEFC-Uso-Geral-%28Ferro-Fundido%29/p/MKT_WMO_TEXT_IMAGE_HV_NEMA_3PHASE_TEFC_W50_IEC)>. Acesso em 12 de agosto de 2021.

XIE, J., LU, YC. A retrospective on lithium-ion batteries. **Nat Commun** 11, 2499 (2020). Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41467-020-16259-9>>. Acesso em 25 de julho de 2021.

ZANETI, Letícia Alves Lima. **Diagnóstico dos produtos e serviços complementares para a adoção dos carros elétricos e híbridos no Brasil**. [S. l.: s. n.], 2018.