

CENTRO UNIVERSITÁRIO SAGRADO CORAÇÃO

PEDRO ORESTE DIAS

VIABILIDADE DA AMPLIAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTÁICO EM VEÍCULOS
ELÉTRICOS

BAURU
2022

PEDRO ORESTE DIAS

VIABILIDADE DA AMPLIAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTÁICO EM VEÍCULOS
ELÉTRICOS

Monografia do curso de Engenharia
Mecânica apresentado ao programa de
Iniciação Científica do Centro Universitário
Sagrado Coração, sob orientação do prof.
Dr. Gill Bukvic.

BAURU
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

D541v	Dias, Pedro Oreste Viabilidade da ampliação do sistema fotovoltaico em veículos elétricos / Pedro Oreste Dias. -- 2022. 36f. : il. Orientador: Prof. Dr. Gill Bukvic Monografia (Iniciação Científica em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP 1. Veículos elétricos. 2. Energia solar. 3. Tecnologias. 4. Sustentabilidade. I. Bukvic, Gill. II. Título.
-------	--

Elaborado por Lidiane Silva Lima - CRB-8/9602

Dedico a minha família, que me auxiliaram durante todo o processo de construção deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo incentivo e por toda forma de apoio durante todo meu ensino e projeto.

Ao Prof. Dr. Gill Bukvic, por todo apoio ao me acompanhar desde o início deste projeto e atenção em todos os momentos que precisei

RESUMO

O desenvolvimento tecnológico está sempre acontecendo para garantir formas mais rápidas, sustentáveis e úteis para a sociedade atual. Diversos países estão adotando ideologias de preservação ambiental para assim reduzir as chances dos impactos à natureza. Estes, por conta disto, inovam as suas tecnologias misturando formas que podem levar a uma autossuficiência de veículos, diminuindo a necessidade de carregamentos ou até mesmo o uso de combustíveis. Nos mais variados benefícios que estas tecnologias trazem, encontra-se como principais a durabilidade e seu custo que, a longo prazo, iria se pagar. Dessa forma, foi abordado neste trabalho, um protótipo em pequena escala de um veículo elétrico a energia solar, que é uma forma de energia renovável que vem ganhando presença a cada dia. Com isso, comparado a bateria inicial, nota-se um aumento de 33,20% quando há a presença da placa fotovoltaica alimentando o motor e a bateria. Por outro lado, foi visto também a questão da sustentabilidade, já que esta resulta em menos emissões de gases que prejudicam o planeta sendo assim, deveras necessária.

Palavras-chave: Veículos elétricos. Energia solar. Tecnologias. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Technological development is always happening to ensure faster, more sustainable and useful ways for today's society. Several countries are adopting ideologies of environmental preservation in order to reduce the chances of impacts to nature. These, because of this, innovate their technologies mixing ways that can lead to a self-sufficiency of vehicles, reducing the need for loading or even the use of fuels. Among the most varied benefits that these technologies bring, the main ones are durability and its cost, which, in the long run, would pay for itself. In this way, a small-scale prototype of a solar-powered electric vehicle was approached in this work, which is a form of renewable energy that has been gaining presence every day. Thus, compared to the initial battery, there is an increase of 33.20% when there is the presence of the photovoltaic plate feeding the motor and the battery. On the other hand, the issue of sustainability was also seen, since it results in fewer emissions of gases that harm the planet and, therefore, very necessary.

Keywords: Electric vehicles. Solar energy. Technologies. Sustainability.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
1.1 VEÍCULOS ELÉTRICOS.....	12
1.1.1 BATERIA.....	13
1.1.2 MÓDULO DE CONTROLE.....	14
1.1.3 MOTOR ELÉTRICO.....	15
1.1.4 TRANSMISSÃO.....	16
1.1.5 FREIO REGENERATIVO.....	16
1.1.6 INVERSORES.....	18
1.2 AUTONOMIA DE UM VEÍCULO ELÉTRICO	19
1.3 ENERGIA FOTOVOLTAICA	20
2. OBJETIVOS	22
2.1 OBJETIVO GERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS.....	36

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao longo da história, é visto uma grande ambição para aprimorar a ciência, partindo desde descobertas precisas de átomos a grandes tecnologias. Desses grandes tópicos que englobam tanto conhecimento, pode-se colocar a eletricidade como um dos fenômenos que possui maior característica intrigante, a qual despertou muita dúvida e atenção ao mundo (ERDINÇ e TASCIKARAOGLU, 2019).

Para a eletricidade se destacar como uma grande matéria necessária para o estudo, foi preciso que diversos cientistas se dedicassem ao tema, como o diplomata e estudioso *Benjamin Franklin* (1706 – 1790), o químico e físico *Alessandro Volta* (1745 – 1827) e o físico *Michael Faraday* (1791 – 1867), considerados como pioneiros nos trabalhos que promoveram a criação da base para a fabricação da eletricidade como fonte de energia, que vem sendo usado até os dias de hoje (SUMPER, FERREIRA, 2020).

E foi a partir desse ponto que começa a surgir pesquisas relacionadas a este tema e todo o seu potencial, principalmente para ser algo alternativo aos modelos energéticos. Segundo Magalhães et al. (2017), cientistas e profissionais estão adquirindo atenção global, visto que estes estudam formas de adoção dessas formas alternativas para reduzir a dependência de formas primárias de fontes de energia.

Com o avanço da ciência ocorreu diversas evoluções tecnológicas que desenvolveram novos métodos de se obter energia, de maneira que facilitasse o trabalho e o modo de vida, como as pilhas e baterias por reações, energia eólica, energia de biocombustíveis, energia de biomassa, energia hidrelétrica, energia geotérmica, energia solar e outras (ZENG et al, 2017).

Junto com esta amplificação da ciência começa a surgir a preocupação com o meio ambiente em sua totalidade, visto que os modos utilizados para a obtenção de energia como a combustão e outros, estavam prejudicando muitas áreas. Com isso, um meio adotado para a redução de riscos ambientais e facilidade de transporte foi a criação dos veículos elétricos, modelo alternativo para a não emissão dos gases de efeitos estufa (CASTRO E FERREIRA, 2010).

Além de ser uma alternativa para os veículos à combustão, pode-se destacar nos veículos elétricos algumas vantagens que os tornam ainda mais viáveis para utilização global, como sua simplicidade de peças, não necessitando de caixas de câmbio, injetores, alternadores e outros, e seu baixo custo de manutenção comparado

a outros veículos. Por outro lado, o maior desafio para uma alta no setor dos veículos elétricos é a redução do valor do produto, visto que boa parte do alto custo é em relação as baterias, a qual continua sendo um grande obstáculo tecnológico a ser superado (MASIERO et al, 2017).

Agregado ao ideal de sustentabilidade e facilidade energética, apresentando vantagens e desvantagens de custo, coloca-se a Energia Fotovoltaica. Tal forma de energia, como conhecida no presente momento, foi aprimorada em 1954, por *Calvin Souther Fuller* (1902-1994), que realizou o processo de dopagem do silício, promovendo assim a geração eficiente de eletricidade pela luz solar (BASU, 2020). Com isso, o uso da energia fotovoltaica se torna, atualmente, um dos mais viáveis devido a sua exacerbada disponibilidade, visto que é originado do maior fornecedor de “energia inesgotável” que possuímos.

Com tais modos de obtenção de energia, se torna necessário o estudo para a redução de gastos da produção ou para prolongar a duração destas. A partir disso, a junção de modelos energéticos corresponde a variados resultados que podem ser benéficos para a humanidade, como por exemplo a mobilidade sustentável solar. Tal tipo pode ser considerado como a tomada ideal para diversos transportes, sendo a chave para a durabilidade energética (MINAK et al, 2019).

Com tais modelos em crescente presença no interesse do consumidor, é visto ainda preços elevados diante de tantas tecnologias “novas”, porém pode-se observar uma tendência de queda para estes. Para Delmas, Kahn e Locke (2016) é visto que, para Placas Solares e Veículos Elétricos de alta qualidade, há uma certa redução de preço ao longo do tempo, junto com isso, existe a melhoria de componentes que determinam a eficiência e durabilidade sem afetar o custo do produto. Com isso pode-se afirmar que caso tal tendência continue, é possível que muitas pessoas possam adquirir estas tecnologias, apresentando alta ou média renda.

Ainda com o conceito de veículos elétricos com carregamento por energia solar, pode-se colocar como exemplo o veículo Sion, realizado pela empresa alemã Sono Motors, a qual foi fundada no ano de 2016 por três amigos que compartilhavam a uma mesma visão de sustentabilidade. O carro Sion possui, integrado com sua carroceria, diversas células solares que recarregam suas baterias conforme for necessitando. De acordo com a ficha técnica do veículo, é visto que tal método pode adicionar mais de 200 Km na autonomia total do carro, ou seja, possui uma autossuficiência para

percursos que apresentam curtas distâncias. Para comprovar parte do contexto citado acima, pode-se afirmar que:

A mitigação das mudanças climáticas requer a eliminação das emissões de combustíveis fósseis do setor de energia. A energia solar fotovoltaica (PV) não é apenas uma das opções de tecnologia mais promissoras para desempenhar um papel importante em um sistema de energia limpa, mas também abre a possibilidade de um fornecimento de eletricidade muito mais descentralizado. Isso levou à ideia de autossuficiência energética ou autarquia energética [...] (GSTOHL, PFNNINGER, 2020).

Como muitas pessoas visam a durabilidade energética, de carregar uma única vez em um longo período, há diversos estudos para aumentar a duração das baterias, a qual é o maior desafio para a autossuficiência destes veículos. Contudo, com o carregamento solar, a necessidade do carregamento via tomada, se tornará menos necessária. De acordo com Masuda et al (2017), para um veículo que tem percorre 30 km diariamente, não há a necessidade de recarga por eletricidade, já que pode contar com o próprio carregamento por energia solar. Claramente, para possuir tal eficiência, é necessário percorrer em momentos que tenha haja a disponibilidade da luz solar para o carregamento.

Como estratégia para obter ótimos carregamentos pela energia solar, é preciso planejar corretamente os locais de instalação das células de carregamento. Em uma pesquisa realizada pelo Instituto Tecnológico da Toyota, grande empresa de origem japonesa no ramo de automóveis, de um total de 4,2 kW h/dia, a incidência de raios solares no plano horizontal é cerca de 1,3 kW h/dia, 38% maior que o plano vertical. Tais informações dados são referentes a um veículo que percorre 30 km diariamente, em períodos determinados (MASUDA et al, 2017).

Ainda nesta pesquisa citada acima, foi realizado no período de um ano, testes para saber a incidência solar nas estações anuais, diferenciando principalmente o verão do inverno. No local onde foi realizado os testes há a inversão das estações comparada ao Brasil. Nesse estudo mostrou-se que no Japão, país localizado no Hemisfério Norte, há a queda de 60% da radiação solar no período de julho a dezembro, o qual é a transição do verão para o inverno, resultando numa queda de geração de energia do veículo de 40%.

Sendo assim, há como foco neste presente trabalho propor um estudo de aprimoramento desta tecnologia, em destaque no híbrido dos veículos elétricos com alternativa solar para carregamento. Para ser efetuada com sucesso, será utilizado um protótipo de pequena escala que tenta corresponder ao modelo já realizado pela

Sono Motors. Para a possível melhoria, será feita uma pesquisa baseada em novas formas de obtenção da energia solar, como a célula CIGS (Cobre, Índio, Gálio e Selênio) ou células de Cádmiio, com isso, será possível demonstrar, com base em alguns métodos já realizados, estudo sobre a eficiência e aplicação da energia fotovoltaica nos veículos elétricos.

1.1 VEÍCULOS ELÉTRICOS

Ao contrário do que muitos pensam, os veículos elétricos não possuem um início recente. Segundo Paiva (2021) “(...) a história de tais veículos é tão antiga quanto a própria inovação de carros – e remonta ao final do século XIX e aos primeiros anos do século XX.” Porém seu consumo durante esse período acabou diminuindo drasticamente, devido ao barateamento dos combustíveis com as descobertas de novos poços de petróleo e os avanços dos veículos a combustão, entretanto, voltou a ser investido o avanço das tecnologias deste modo de transporte, devido as questões de sustentabilidade.

Partindo da história e contextos dos veículos elétricos dita anteriormente na introdução, partiremos agora para o funcionamento e componentes destes. Tem-se a definição de veículos elétricos aqueles que utilizam ao menos um motor elétrico para dar o acionamento a roda, fazendo com que o carro se locomova. Como características principais, pode-se destacar a alta viabilidade energética e um baixo ou nulo nível de emissão de gases poluentes. (ABVE, 2017)

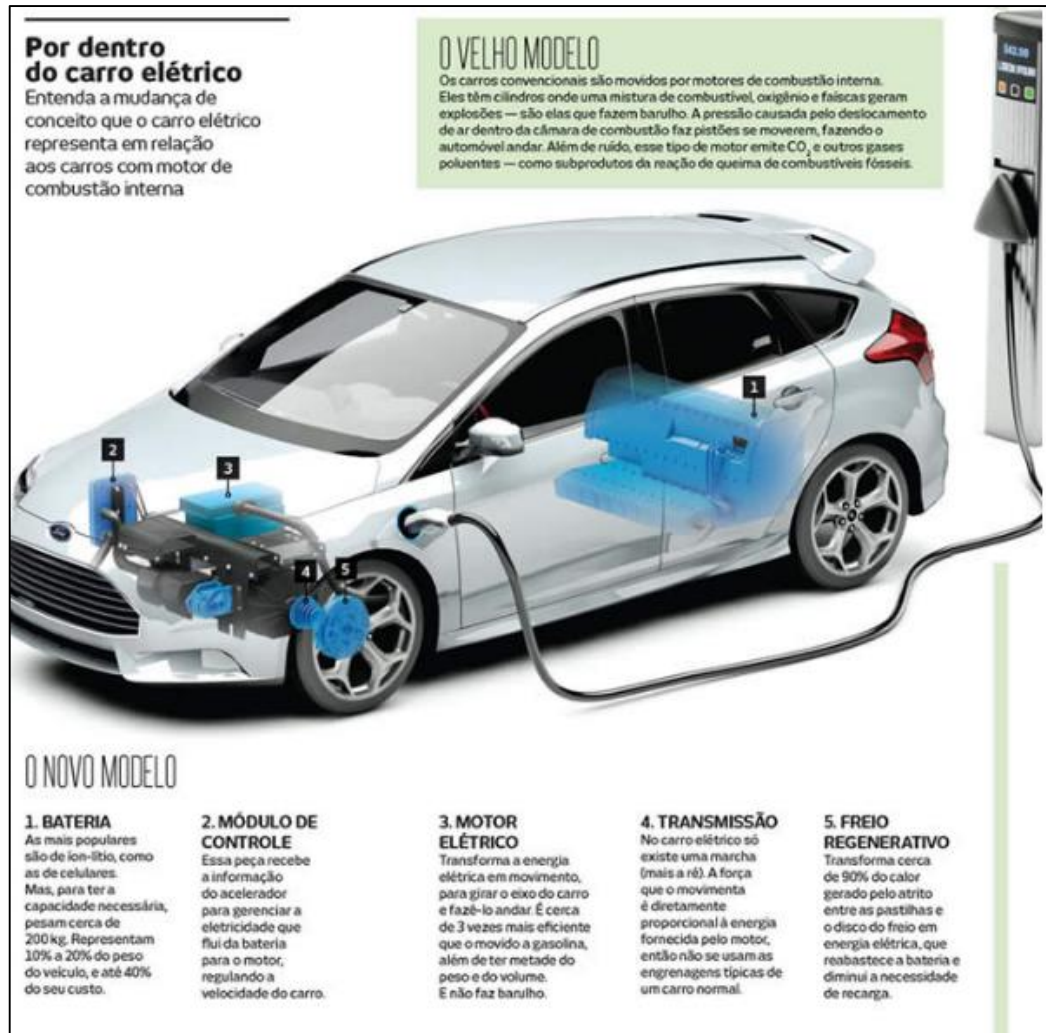
Diferente dos veículos a combustão, os carros elétricos não necessitam de um sistema de marchas, tendo assim apenas a necessidade de um câmbio para “acelerar” e “dar ré”. Ademais, como o carro não precisa do sistema de ignição, é preciso apenas colocar a chave na posição de “ligar”.

Segundo Santos (2017):

A configuração mecânica proposta pelos veículos elétricos difere substancialmente dos veículos movidos por um motor a combustão interna. Os veículos elétricos diminuem a pressão sobre a demanda por combustíveis fósseis, já que utilizam a eletricidade para gerar movimento e reduzem a emissão dos gases de efeito estufa pelos automóveis, pois não há queima de combustíveis no processo (...)

Para resumir, tem-se a figura 1, postada no site Industria Hoje (2014) que explica brevemente os componentes principais de um veículo elétrico.

Figura 1: Componentes de Carro Elétrico.



Fonte: Santos (2019).

A partir desta imagem, leva-se em consideração 5 componentes principais de qualquer carro elétrico. Com isso, será realizado um breve resumo destes nos seguintes tópicos.

1.1.1 BATERIA

Apesar de compor boa parte do peso destes carros, as baterias que o alimenta não é muito diferente das pilhas comuns que possuímos em controles remotos ou em

outros aparelhos. Assim como baterias maiores, elas são compostas milhares destas pilhas, unidas de forma paralela ou em série, transferindo assim a energia gerada das células (Lâminas de pilhas) para o rotor do carro.

A seguir, uma breve explicação das pilhas modernas que também passam pela mesma reação química das baterias destes carros, explicada pela KBB (2019) na explicação do novo veículo elétrico Nissan Leaf.

Uma pilha comum é basicamente um conjunto químico que contém três elementos: ânodo (polo negativo), cátodo (polo positivo) e um eletrólito. Como não é possível estocar eletricidade, a função da pilha é transformar esta solução química em eletricidade, por meio de um processo de transição de elétrons entre os dois polos (do negativo ao positivo, para ser mais exato) e a condução de íons gerados por essa troca através do eletrólito (que é o que resulta na eletricidade). No caso de uma pilha recarregável, o processo de regeneração é simplesmente o inverso (os elétrons retornam do polo positivo ao negativo).

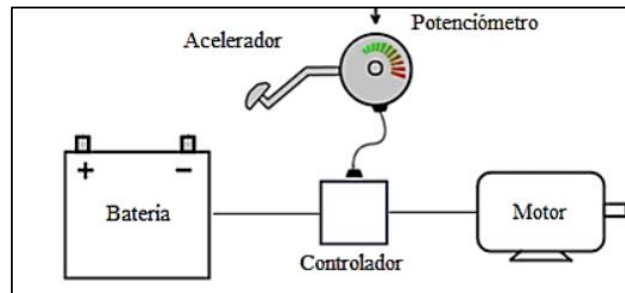
Tem-se como principal diferença o polo positivo, que no caso destas baterias é formado por Lítio.

Tendo como base o mesmo veículo dito anteriormente, pode-se dizer que cada célula de energia possui 3,65V (Volts) com capacidade de 56,3Ah (Amperes por hora), o que resulta num total de 700V e cerca de 10.800Ah. Tendo um pack de bateria que produz 40kWh, que quanto maior esta medida de potência, mais eficiente a bateria. (KBB, 2019)

1.1.2 MÓDULO DE CONTROLE

De acordo com Santos (2017), o módulo de controle tem a função de receber a informação do acelerador do automóvel, gerenciando assim a eletricidade que flui da bateria para o motor, controlando a velocidade do veículo. Junior (2019, *apud* Freitas, 2012) complementa que o controlador do motor é o aparelho responsável por controlar parâmetros como a velocidade, a aceleração e em alguns casos pela travagem regenerativa dos veículos elétricos. Como forma exemplificada, tem-se a figura 2:

Figura 2: Esquema módulo de controle.



Fonte: Freitas (2012).

1.1.3 MOTOR ELÉTRICO

Segundo Santos (2017) o motor elétrico tem a função de transformar a energia elétrica armazenada em movimento, resultando no giro do eixo principal do carro, fazendo com que este faça o carro se locomova, ou seja, convertendo energia elétrica em energia mecânica (Figura 3).

Figura 3: Motor de carro elétrico.



Fonte: Oficina da Net (2016).

Sua eficiência é cerca de 3 vezes maior que um veículo movido a combustível fóssil, além de possuir metade do volume e peso de um motor a combustão convencional, sem contar que não emite gás e não faz barulho.

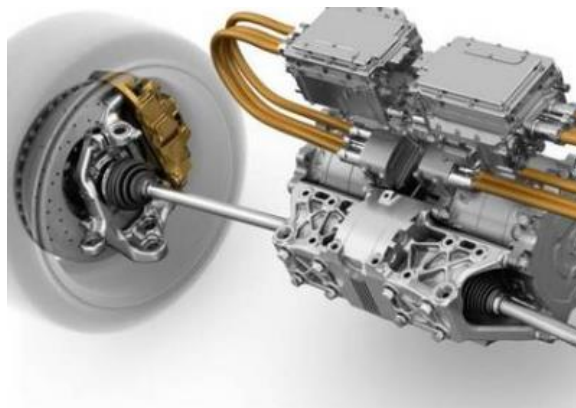
1.1.4 TRANSMISSÃO

Como dito anteriormente, este modelo de carro não usa um sistema de marcha, com isso a força que movimenta o veículo é diretamente proporcional a energia gerada pelo motor, não tendo a necessidade do uso de engrenagens dos modelos convencionais de carros.

1.1.5 FREIO REGENERATIVO

Além dos métodos de carregamento padrão dos carros elétricos, tem-se a frenagem regenerativa, como o próprio nome diz, regenera a bateria, carregando-a. Isto é um método que consiste em transformar a energia cinética do veículo em energia elétrica durante a frenagem (Figura 4).

Figura 4: Freio regenerativo.

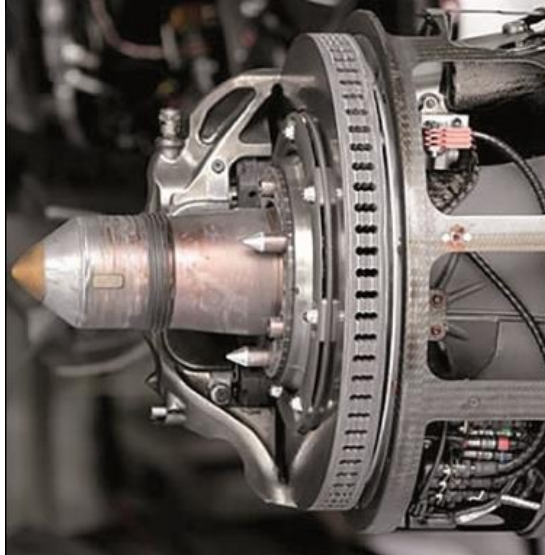


Fonte: Autos Cultura Mix (2013).

Porém, tal capacidade de geração é limitada por alguns fatores, como a potência do motor, capacidade do inversor e refrigeração da bateria. O mais crítico, porém, é a capacidade do acumulador. Se o veículo já estiver com a bateria carregada, não é mais possível usar o freio regenerativo. Isso porque a bateria é como

um tanque de combustível, e não pode armazenar energia além de sua capacidade (Figura 5). (RIBEIRO, 2021)

Figura 5: Freio de carros da Fórmula 1.



Fonte: Grupo Oficina Brasil (2018).

Por outro lado, este é um dos métodos mais eficientes para recuperação da energia, sendo utilizada até em automobilismo. Na modalidade mais popular de automobilismo do mundo, a Fórmula 1, a categoria mais avançada do esporte e motor; desde o início da era híbrida em 2014, houve a implementação deste modelo de frenagem, o qual é usado para recuperar a bateria durante a corrida, fazendo com que os carros tenham energia para compensar a combustão e para facilitar nas ultrapassagens (Figura 6).

Figura 6: Carro Mercedes W13.



Fonte: Motorsport (2022).

1.1.6 INVERSORES

Por fim, tem-se os inversores, que são utilizados em sistemas de propulsão elétrica, sendo responsáveis pelo controle do fluxo de energia, que se dá, no geral, da fonte em corrente contínua para os motores alimentados em corrente alternada. Quando ocorre o fluxo no sentido inverso, chamado de frenagem regenerativa, onde a energia dissipada na frenagem é armazenada nas baterias, também é possível em algumas topologias de inversores. (FERNANDES, 2015)

Segundo Junior (2019) “o desenvolvimento dessa tecnologia eletrônica de potência permitiu considerável incremento na eficiência de conversão CC/CA, significando num aumento da confiabilidade e conseqüentemente na redução de custos (...)”, tendo em vista que o uso do inversor a possibilidade de danos a equipamentos como baterias, são considerados mínimos.

1.2 AUTONOMIA DE UM VEÍCULO ELÉTRICO

Apesar de todas as vantagens apresentadas por um automóvel elétricos, muitas pessoas ainda têm a preocupação em relação a sua autonomia, ou seja, a sua capacidade de percorrer uma distância com uma recarga de bateria. Com o avanço da tecnologia, muitas empresas estão conseguindo aprimorar os rendimentos dos motores e aumento da capacidade de armazenar energia nas baterias, além de incluir novos sistemas de conversão de energia.

Atualmente, para a maioria dos motoristas, o grande atrativo dos VE's são a ausência de ruído de motor e a economia em relação a gasolina, principalmente por possuírem um rendimento de 90%, muito maior que o motor de combustão interna, que possui cerca de 50% de rendimento. (MCVEÍCULOS, 2020)

Nas frotas de carros elétricos atuais é visto uma grande diferença de autonomia de um veículo para outro, tornando assim os carros que possuem maior capacidade mais caros, inviabilizando o preço para diversas pessoas. No Brasil, segundo pesquisa realizada pela página UOL (Tabela 1) sobre veículos no mercado em 2022, tem-se as seguintes informações:

Tabela 1: Preços carros elétricos no Brasil

Modelo	Autonomia	Preço
Chery Arrizo 5e	322 km	R\$ 159.900
Fiat 500 elétrico	320 km	R\$ 255.990
JAC e-JS4	420 km	R\$ 264.900
JAC iEV330p	320 km	R\$ 369.990
Volvo XC40 Recharge	418 km	R\$ 409.950
Porsche Taycan	354 km	R\$ 583.063
Audi e-tron Performance	436 km	R\$ 609.990
Jaguar i-Pace Black	470 km	R\$ 628.950
BMW iX xDrive40	476 km	R\$ 654.950
Porsche Taycan 4S	333 km	R\$ 659.000
Porsche Taycan Cross Turismo 4	389 km	R\$ 685.000
BMW iX xDrive50	630 km	R\$ 799.950
Porsche Taycan Turbo S	381 km	R\$ 1.079.000

Fonte: UOL (2022), adaptado.

Baseado nisso, pode-se dizer que no mercado brasileiro, é visto uma faixa de VE's de luxo, os quais possuem uma autonomia limitada e não muito grande comparado aos acessíveis de menor preço. Dentre os 13 veículos acima, pode-se destacar o veículo 100% elétrico *BMW iX xDrive50*, de origem alemã, o qual possui uma autonomia de 630Km com uma recarga (Figura 7).

Figura 7: BMW iX xDrive50



Fonte: InsideEVs (2021).

Ainda tendo base na pesquisa, é visto também a presença de famosas e grandes fabricantes de carros na produção de veículos elétricos, expondo que este mercado ainda tende a crescer. No Brasil, por ser um segmento ainda pequeno e caro, ainda não é visto a grande presença destes carros, exibindo que ainda levará tempo para fazer parte do mercado. Comparado ao mercado externo, pode-se dizer que estamos atrasados, pois grande parte das empresas localizadas na Europa, por exemplo, já estão parando a produção de veículos a combustão interna, focando assim na questão sustentável e barateamento dos VE's.

1.3 ENERGIA FOTOVOLTAICA

De acordo com Junior (2019) “o efeito fotovoltaico acontece quando a luz solar, através de seus fótons, é absorvida pela célula fotovoltaica que contém um material semicondutor como o silício ou platina.” Porém, recentemente, foi incluso na captação solar as células CIGS, que diferente das placas cristalinas de silício são filmes finos

resultados de deposição de pequenas partículas de semicondutores. (VILLALVA, 2020)

Esse método de captação é aquele que conta como o mais sustentável até o presente momento, devido a não realizar liberação de gases que prejudicam o meio ambiente e por ser, tecnicamente, inesgotável devido a usar o sol.

Seu custo para residências se torna variável devido ao dimensionamento, segundo a página Solar Prime, uma pesquisa realizada em 2018 (Tabela 2) mostra que os valores médios para instalar tal geração, incluindo equipamentos, projetos, homologação e instalação são:

Tabela 1: Custos Instalação solar

Tipo de Residência	Qtd Pessoas	Custo	Potência Gerada
Casa Pequena	2	R\$ 10.673	1,32 kWp
Casa Média	3 a 4	R\$ 17.570 a R\$ 20.320	3,3 kWp
Casa Grande	4 a 5	R\$ 25.695 a R\$ 32.410	4,62 kWp
Mansão	5 ou mais	R\$ 32.410 a R\$ 52.240	6,6 kWp a 10,56 kWp

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Considerando que consiga diminuir o custo da energia consumida em 90%, pode-se analisar que em média de 5 anos, o projeto já se pagaria, tendo assim o Payback, o qual o capital investido retorna.

Trazendo isto para o propósito do projeto, obviamente não teríamos o custo tão elevado como os de residência, pois assim tornaria o projeto inviável.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Fazer a construção de um projeto que comprove o benefício da utilização de veículos híbridos na parte de carregamento por energia solar para a redução de custos a longo prazo, além de impactar de forma positiva na sustentabilidade. Além disso, mostrar saídas eficientes para evitar o alto custo dos veículos ditos anteriormente, a fim de facilitar a compra e investimentos desses tipos de veículos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar um projeto em pequena escala de um veículo elétrico com carregamento solar.
- Comprovar a eficiência deste veículo.
- Comparar dados a fim de mostrar redução de gastos futuros.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do projeto, foi realizado um levantamento bibliográfico com o uso de livros, artigos, pesquisas e trabalhos acadêmicos. Junto com isso, foi uma pesquisa de modelos para servirem como base para a criação do protótipo, o qual resultará nas informações principais deste trabalho.

A partir da listagem de dados, foi dado início ao desenvolvimento do projeto e construção, sendo realizado um protótipo de pequena escala de um veículo elétrico, neste caso, o qual possui uma pequena placa solar colado no teto de sua carroceria para assim realizar a ideia principal desta pesquisa, que é o carregamento por energia solar.

Para efetivar o projeto, foi pesquisado miniaturas de veículos reais com grande área de superfície para ser colocado a placa. A partir disso, foi escolhido o modelo alemão Volkswagen Samba do ano de 1967 (Figura 8).

Figura 8: Volkswagen Samba 1967.



Fonte: Mecum Auctions (2016).

A montagem do protótipo foi realizada de forma semelhante aos veículos elétricos, priorizando suas formas principais. Como estrutura, foi comprado e utilizado o veículo Maisto Tech Volkswagen Van Samba, em escala 1:10, por controle remoto, já sendo o veículo elétrico do projeto (Figura 9).

Figura 4: Volkswagen Samba Maisto Tech.

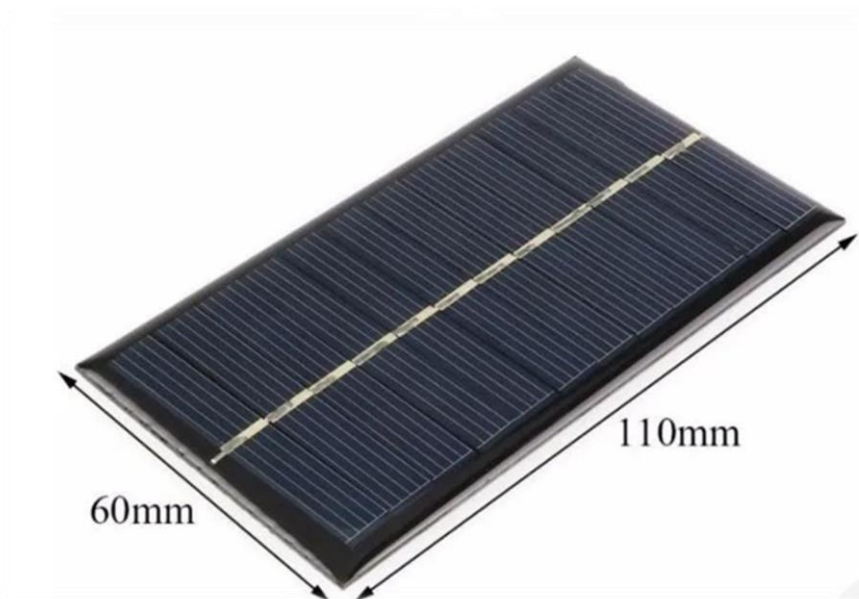


Fonte: RiHappy (2022)

Com o protótipo de pequena escala controlado por controle remoto, será realizado a instalação de um sistema de carregamento solar no mesmo, acoplando a placa no teto do veículo. Como este será comprado via internet e já sendo elétrico, será necessário conectar o sistema de geração da placa a bateria.

A partir disso, foi necessário comprar a placa solar de silício, com energia compatível a bateria do carro, de forma que pudesse gerar a corrente necessária para carregamento da bateria, a qual é de 6V (Figura 10).

Figura 5: Placa Solar 60x110.

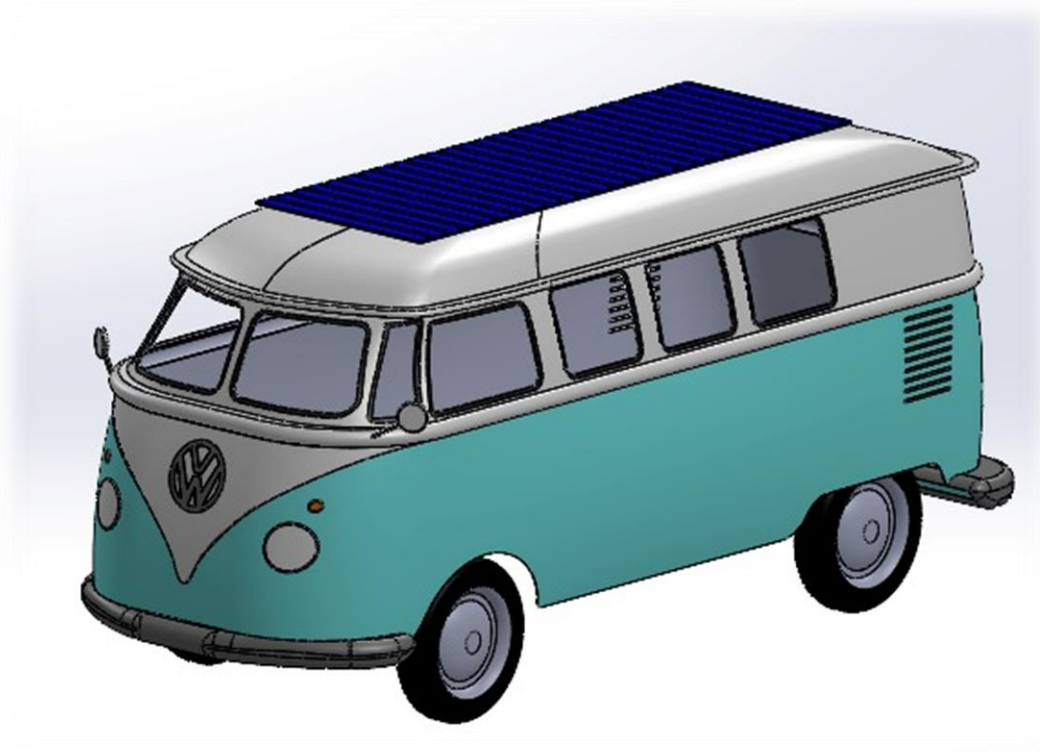


Fonte: Mercado Livre (2022).

Apesar de já ter tudo encaminhado, é necessário ter uma ideia de como ficaria o projeto final, dessa forma, com o auxílio do software *SolidWorks 2020* foi realizado o acoplamento da placa solar no teto deste veículo. Desta forma, pode-se analisar o que poderia ser mudado ou ajustado para uma melhor captação.

A parte elétrica do projeto será realizada de forma física devido a necessidade de componentes que são difíceis de serem projetados nesse software. Abaixo, tem-se a imagem do possível protótipo final do veículo com a placa já acoplada, de forma que seja possível obter os dados necessários (Figura 11).

Figura 11: Projeto SolidWorks Volkswagen Samba 1967 com acoplamento solar.



Fonte: Autor (2022).

Após a compra da placa solar e do veículo, foi realizada a desmontagem do veículo e feito um furo no teto, com o auxílio de uma furadeira e broca. Após isso, os fios do polo positivo e negativo da placa foram passados para a parte interna do veículo. Para estes não ficarem soltos foi usado cola quente para garantir a fixação (Figura 12).

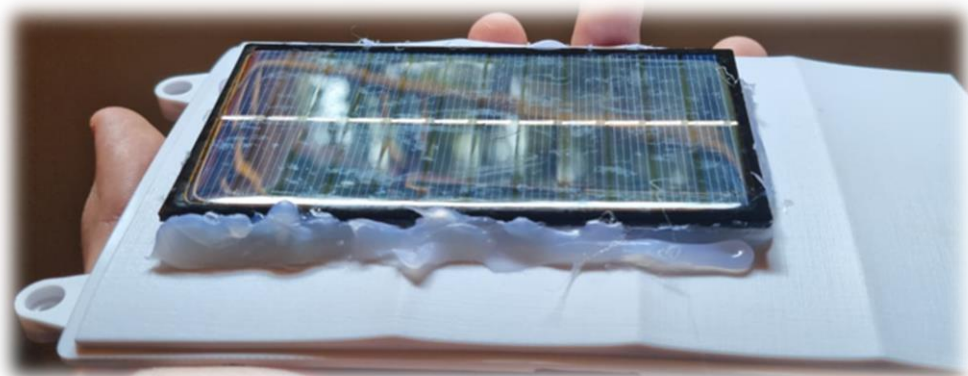
Figura 12: Adaptação Placa x Veículo.



Fonte: Autor (2022).

Para fixar a placa solar no teto, usou-se cola quente, pois a placa não apresenta furação e qualquer dano nesta poderia quebrar (Figura 13).

Figura 13: Fixação Placa x Veículo.

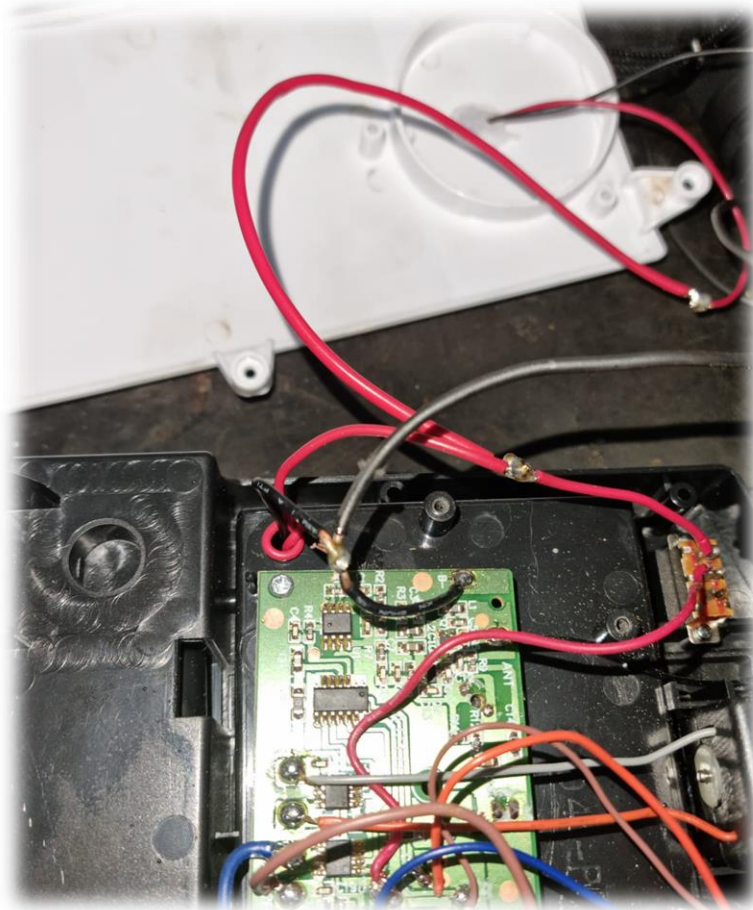


Fonte: Autor (2022).

Depois de toda fixação da parte superior do veículo, partiu-se para as ligações elétricas na parte interna do veículo. A princípio, foi pensado em adicionar dois

interruptores no sistema de alimentação de bateria e da placa fotovoltaica, porém, após alguns estudos, decidiu-se fazer ligação direta da placa com a alimentação. Desta forma, quando o veículo não estiver consumindo energia da bateria, ele estará sendo carregado pela placa (Figura 14).

Figura 14: Ligação elétrica Placa x Veículo.



Fonte: Autor (2022).

Para isto ser realizado, foi utilizado uma estação de solda de estanho, a qual é devidamente usada para soldagem de cabos e fios. Além disso, para verificar se as ligações estavam corretas foi utilizado um Alicates Amperímetro da marca Minipa, modelo ET-3200 (Figura 15 e 16).

Figura 6: Alicate Amperímetro.



Fonte: Autor (2022).

Figura 16: Itens de solda.



Fonte: Autor (2022).

Por fim, após finalizado toda construção do protótipo, partiu-se para os testes, a fim de saber se realmente é viável o uso da placa solar em veículos elétricos (Figura 17).

Figura 17: Projeto Final.



Fonte: Autor (2022).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como o protótipo já pronto, foi possível dar início a pesquisa principal do projeto. Para início dos estudos, foi desacoplado toda e qualquer alteração feita no modelo inicial, para assim nenhuma desta afetar o primeiro teste.

Para termos os dados de comparações, foi feito o teste do veículo somente com sua bateria inicial, carregada em 100%. Para termos ideia da metragem percorrida, seria necessário fazer uma esteira e saber a distância percorrida através do ponto de circunferência da roda, porém devido a aumentar o custo do projeto, iremos calcular apenas pelo tempo e fazer uma equivalência de hora/metragem.

Para termos total acionamento de potência, foi preciso prender o botão de velocidade do veículo, como na imagem (Figura 18).

Figura 18: Controle Remoto.



Fonte: Autor (2022).

Com isso, o veículo ficará sempre acionado na sua potência máxima, até consumir a bateria de 500mAh. A partir disso, foi necessário apenas deixar sincronizado a frequência entre o controle e o veículo para assim darmos início.

Após dar acionamento ao controle, foi dado início ao cronômetro de um aparelho celular, para assim termos em horas quanto a bateria original iria durar totalmente acionada (Figura 19).

Figura 19: Temporizador teste sem placa.

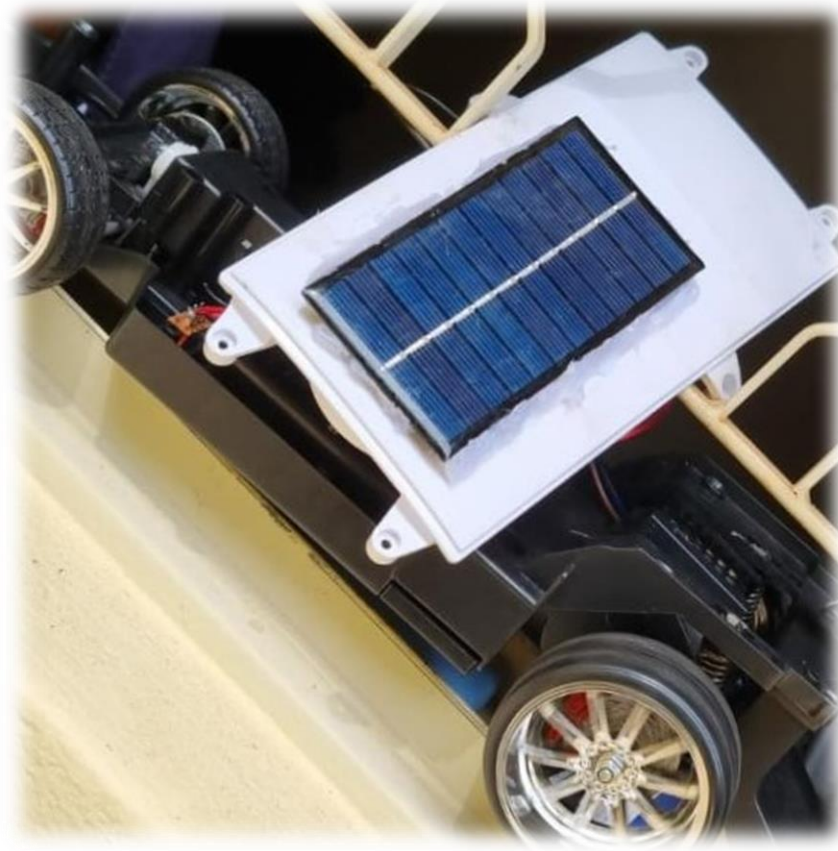


Fonte: Autor (2022).

A partir disso, por conta do veículo estar suspenso, pode-se dizer que seu consumo de bateria foi o real, devido a este não estar locomovendo todo o peso da carcaça e baterias, a qual provocaria um aumento do consumo devido as forças aplicadas no conjunto.

Após a realização do teste inicial foi feito a montagem do conjunto com a placa solar e ligações elétricas, para assim dar sequência no teste com a energia solar. Para o teste final, devido as condições climáticas no início, observou-se uma baixa incidência dos raios ultravioletas, com isso, a placa solar não trabalhou com 100% de sua captação (Figura 20).

Figura 20: Teste com placa solar.



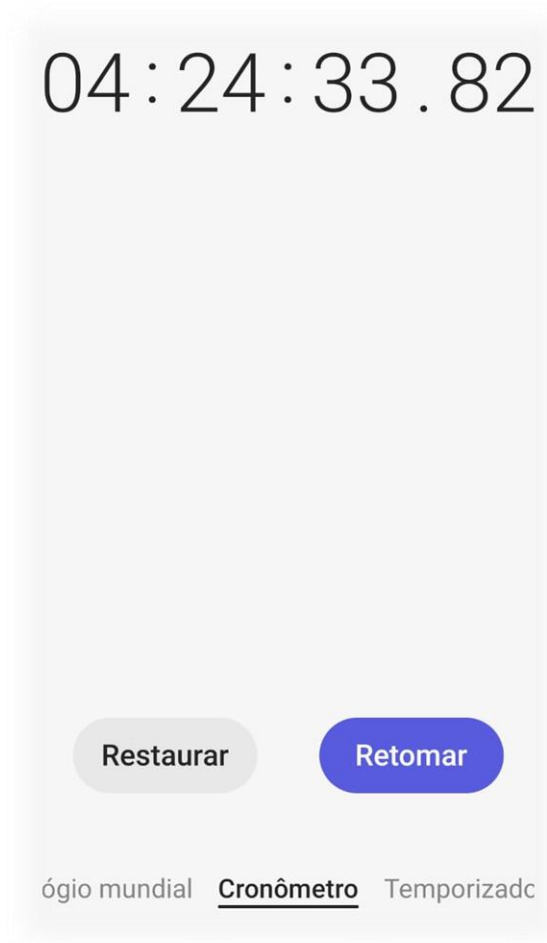
Fonte: Autor (2022).

Juntamente ao ligar o veículo foi iniciado o cronômetro do aparelho celular, para poder comparar os resultados da pesquisa e verificar se há uma eficiência. Como toda base de estudos consideram um valor mínimo de sucesso, para esta pesquisa, considera-se que um aumento de 30% na duração do veículo em acionamento já é o suficiente para dizer que tal pesquisa deu certo.

Após algum tempo depois de ligar o veículo, notou-se que havia momentos em que a potência do motor aumentava e momentos que diminuía, o que causou isto não foi investigado devido a retornar à normalidade após 3 horas de movimento.

Como resultado final, tem-se a duração total (Figura 21.:

Figura 21: Temporizador teste com placa.



Fonte: Autor (2022).

A partir disso, pode-se comparar os dados a partir da tabela 3:

Tabela 2: Comparação Resultados.

	<i>Duração Bateria</i>
<i>Sem Placa Solar</i>	03 horas, 18 minutos 36 segundos
<i>Com Placa Solar</i>	04 horas, 24 minutos e 33 segundos
<i>Diferença</i>	01 hora, 05 minutos e 57 segundos

Fonte: Autor (2022).

A partir da tabela acima, pode-se observar que a duração da bateria com a placa solar foi superior a sem placa, resultando num acréscimo de 04 horas, 24 minutos e 33 segundos. Em ambos os testes, as baterias foram carregadas em 6 horas, para assim não haver diferença neste, ademais, junto com o manual, não foi informado a durabilidade da bateria deste.

Para checarmos se a porcentagem de rendimento foi superior ao valor mínimo, deve ser realizado uma simples regra de 3. Para facilitar o resultado, todos os números serão convertidos para segundos.

$$\frac{03h\ 18min\ 36s}{1h5\ min\ 57s} \begin{matrix} \nearrow \\ \searrow \end{matrix} \frac{100\%}{x\ \%} \quad \text{ou} \quad \frac{11916}{3957} \begin{matrix} \nearrow \\ \searrow \end{matrix} \frac{100\%}{x\ \%}$$

$$11916 \cdot x = 3957 \cdot 100$$

$$11916 \cdot x = 395700$$

$$x = \frac{395700}{11916} = 33,20\ \%$$

Com isso, comparado a bateria inicial, nota-se um aumento de 33,20% quando há a presença da placa fotovoltaica alimentando o motor e a bateria.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de toda pesquisa feita, pode-se considerar que a energia solar aplicada a um veículo elétrico tem suas vantagens e desvantagens, mas que poderia sim ser colocada junto aos carros para prolongar a bateria destes, aumentando assim a distância percorrida em cada viagem destes. Como vantagens pode-se colocar sua durabilidade e modo sustentável comparado a outras energias. Já suas desvantagens coloca-se o aumento do peso e ainda seu alto custo de compra.

No trabalho realizado pode-se analisar que a presença da placa fotovoltaica representou um aumento na eficiência do veículo, tornando seu uso mais prolongado, porém, caso fossemos realizar em grande escala, iríamos notar que seu desenvolvimento seria muito caro, devido a necessidade de placas de ótima qualidade e de inversores para converter a energia gerada numa alta potência para carregar a bateria de qualquer carro elétrico.

Além deste ponto, pode-se analisar que há alguns fatores que devem ser considerados na mecânica do veículo, como por exemplo o peso de todas as baterias, placas e o escoamento do veículo, gerando assim a necessidade de um estudo mais a fundo destes componentes, para não geramos problemas a longo prazo.

Neste projeto, pode-se analisar que a base de informações é a junção entre os veículos elétricos e o modo sustentável de gerar energia, visto que ainda é muito discutido uma forma de aumentar a durabilidade da energia destes. A energia fotovoltaica junto com carros já existe, porém ainda é um mercado muito desconhecido e pouco valorizado, o que acaba tornando todo e qualquer projeto de grande escala caro demais.

Nesta pesquisa, obteve-se sucesso em aumentar o fornecimento de energia para a bateria do veículo, porém, devido a algumas dificuldades não foi possível realizar o projeto com grande qualidade, fazendo assim de forma mais simples e acessível. Apesar de todos os desafios, pode-se concluir que os ensaios demonstraram êxito, concluindo assim a proposta do projeto e obtendo um resultado satisfatório.

REFERÊNCIAS

ERENOGLU, A, E., ERDINÇ, O. TASCIKARAOGLU, A. - **History of Eletricity –** Turquia, 2019. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081025925000016>> Acesso em: 13 mar 2021.

MAGALHAES, R, O. et al. **Review on applications of electric vehicles in the countryside.** Minas Gerais, Brasil, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782017000700353&lng=en&nrm=iso> Acesso em: 13 mar 2021.

FRENCH, D. **Review of When They Hid the Fire: A History of Electricity and Invisible Energy in America.** Toronto, Canada 2019. Disponível em <muse.jhu.edu/article/733580> Acesso em: 13 mar 2021

ZENG, S. et al. **A review of renewable energy investment in the BRICS countries: History, models, problems and solutions.** Beijing, China, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117303325?via%3DiHub>> Acesso em: 13 mar 2021

SUMPER, A.; FERREIRA, P. **Electricity: A New Open Access Journal.** 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/electricity1010004>> Acesso em: 13 mar 2021

CASTRO, B. H. R, FERREIRA, T. T. **Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades.** BNDS. Brasil, 2010. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>> Acesso em: 13 mar 2021

SION. Sono Motors, 2021. Disponível em: <<https://sonomotors.com/en/sion/>> Acesso em: 13 mar 2021

ZHANG, T. et al. **Applied Energy: Real-time renewable energy incentive system for electric vehicles using prioritization and cryptocurrency,** 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261918308912?via%3DiHub>> Acesso em: 13 mar 2021

MASIERO, G. et al. **The global value chain of electric vehicles: A review of the Japanese, South Korean and Brazilian cases.** São Paulo, Brasil, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117307980?via%3DiHub>> Acesso em: 13 mar 2021

KABIR, E. et al. **Solar energy: Potential and future prospects solar energy: Potential and future prospects.** 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117313485?via%3DiHub>> Acesso em: 14 mar 2021

BASU, A. K. **The Solar Explosion,** Estados Unidos da America 2020. Disponível em: <<http://asmedigitalcollection.asme.org/memagazineselect/article->

pdf/142/10/38/6574

719/me-2020-oct3.pdf> Acesso em: 14 mar 2021

MINAK, G. et al. **Structural Design and Manufacturing of a Cruiser Class Solar Vehicle**, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/330760394_Structural_Design_and_Manufacturing_of_a_Cruiser_Class_Solar_Vehicle> Acesso em: 14 mar 2021

MAGALI, A. D, MATTHEW E. K, STEPHEN L. L. **The Private and Social Consequences of Purchasing an Electric Vehicle and Solar Panels: Evidence from California**, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S109094431630254X?via%3Dihub>> Acesso em: 14 mar 2021

GSTOHL, U. PFENNINGER, S. **Energy self-sufficient households with photovoltaics and electric vehicles are feasible in temperate climate**. Singapura, 2020. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0227368>> Acesso em: 14 mar 2021

MASUDA, T. et al. **Static concentrator photovoltaics for automotive applications**. Japão, 2017. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X17301871?via%3Dihub>> Acesso em: 14 mar 2021

PAIVA, V. **Os carros elétricos são o futuro, mas essa história começou há mais de 200 anos**. 2021. Disponível em: <<https://www.hypeness.com.br/2021/10/os-carros-eletricos-sao-o-futuro-mas-essa-historia-comecou-ha-quase-200-anos/#:~:text=Segundo%20consta%2C%20as%20pesquisas%20pelo,inteiramente%20el%C3%A9tricas%20em%20Nova%20York%2C>> Acesso em: 20 nov 2021

KBB. **Carros Elétricos: Como eles funcionam?** 2019. Disponível em:

<<https://www.kbb.com.br/detalhes-noticia/como-funciona-carro-eletrico/?ID=2000#:~:text=Primeiramente%2C%20todo%20carro%20el%C3%A9trico%20precisa,motor%20de%20indu%C3%A7%C3%A3o%2C%20se%20mover>> Acesso em: 21 nov 2021

JUNIOR, A, C, V, F. **ESTUDO DE VIABILIDADE DO USO DA ENERGIA SOLAR EM VEÍCULOS ELÉTRICOS**. 2019. Disponível em: <<http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1210/1/TCC%20Antonio%20Carlos%20Vieira%20da%20Fonseca%20Junior.pdf>> Acesso em: 21 nov 2021

HENRIQUE, F. **Como funciona um carro elétrico?** 2014. Disponível em:

<<https://industria hoje.com.br/como-funciona-um-carro-eletrico>> Acesso em: 12 fev 2022

RIBEIRO, R. , 2021. **O freio regenerativo dos carros híbridos e elétrico funciona com a bateria carregada?** Disponível em: <<https://autoesporte.globo.com/servicos/noticia/2021/02/o-freio-regenerativo-dos-carros-hibridos-e-eletricos-funciona-com-a-bateria-carregada.ghtml>> Acesso em: 12 fev 2022

FERNANDES, C. B. **INVERSORES PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS: APLICAÇÃO DO CONTROLE VETORIAL SEM SENSOR PARA UM MOTOR DE INDUÇÃO**. 2015. Disponível em:

<<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014368.pdf>> Acesso em 12 fev 2022

INSIDEEVs **Avaliação BMW IX SUV Elétrico**. 2021. Disponível em: <<https://insideevs.uol.com.br/reviews/519743/avaliacao-bmw-ix-suv-eletrico/>> Acesso em: 12 fev 2022

INSIDEEVs. **Preços de todos os carros elétricos à venda no Brasil em 2022**. 2022. Disponível em: <<https://insideevs.uol.com.br/news/566179/preco-carros-eletricos-brasil-2022/>> Acesso em: 28 fev 2022

MCVEÍCULOS. **Tudo sobre carro elétrico: preço, tecnologia, vantagens e desvantagens**. 2020. Disponível em: <<https://mcveiculos.com.br/tudo-sobre-carro-eletrico-preco-tecnologia-vantagens-e-desvantagens/#:~:text=De%20acordo%20com%20alguns%20especialistas,cerca%20de%2050%25%20de%20rendimento>> Acesso em: 19 mar 2022

VILLALVA, M. **Filmes Finos CIGS: uma alternativa ao silício cristalino**. 2020. Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/filmes-finos-cigs-uma-alternativa-ao-silicio-cristalino/>> Acesso em> 20 mar 2022

SANTOS, A. C. F. R. **Análise da viabilidade técnica e econômica de um veículo elétrico versus veículo a combustão**. 2017. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/12590>> Acesso em: 20 mar 2022

SOLAR PRIME. **Entenda a relação custo-benefício da energia solar**, 2018. Disponível em: <<https://solarprime.com.br/entenda-a-relacao-custo-beneficio-da-energia-solar/>> Acesso em: 07 set 2022