

**MARCELO JUN KAWASAKI**

**Estudo sobre tecnologia *Carport* para Veículos Elétricos do Tipo BEV  
(*Battery Electric Vehicle*)**

**Marcelo Jun Kawasaki**

**Estudo sobre tecnologia *Carport* para Veículos Elétricos do Tipo BEV  
(*Battery Electric Vehicle*)**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza

K22e      Kawasaki, Marcelo Jun  
            Estudo sobre tecnologia *Carport* para veículos elétricos do tipo BEV (*Battery electric Vehicle*) / Marcelo Jun Kawasaki - Guaratinguetá, 2021.  
            43 f : il.  
            Bibliografia: f. 42-43

            Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2022.  
            Orientador: Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza

            1. Sistemas de energia fotovoltaica. 2. Veículos a motor. 3. Energia solar térmica. I. Título.

CDU 697.329

Luciana Máximo  
Bibliotecária CRB-8/3595


**MARCELO JUN KAWASAKI**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO  
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE  
“GRADUADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA”

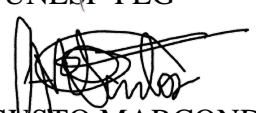
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA ELÉTRICA

  
Prof. Dr. Daniel Julien Barros da Silva Sampaio  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Prof. Dr. TEÓFILO MIGUEL DE SOUZA  
Orientador/UNESP-FEG

  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. THAIS SANTOS CASTRO  
UNESP-FEG

  
Prof. Me. CARLOS AUGUSTO MARCONDES DOS SANTOS  
Membro Externo

Julho de 2022

## **DADOS CURRICULARES**

### **MARCELO JUN KAWASAKI**

<b>NASCIMENTO</b>	19.09.1998 – São Paulo / SP
<b>FILIAÇÃO</b>	Justino Tai Kawasaki Denise Keiko Tokuué Kawasaki
<b>2013/2014</b>	Ensino Médio Colégio Palas, Rio de Janeiro
<b>2015</b>	Ensino Médio Colégio ETAPA, São Paulo
<b>2016/2022</b>	Curso de Graduação em Engenharia Elétrica Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Dedico este trabalho  
à Deus e à minha família

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus. Agradeço pela minha vida, minha família, meus amigos e pela força constante que ele me dá, sem a qual, nada conseguiria;

ao meu orientador, *Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza* que sempre me deu o seu apoio e me ajudou a entender e resolver os problemas que surgiram;

aos meus pais, *Tai e Denise Kawasaki*, que sempre me apoiaram e incentivaram os meus estudos;

aos meus amigos e companheiros de república, *Teófilo Odaira e Fernando Balestieri*, que me apoiaram bastante, principalmente no tempo que estive em Guaratinguetá;

a minha namorada e grande incentivadora, *Sara Kissimoto*, que me apoiou também em todas as diferentes fases e desafios;

à minha família em geral, por sempre estar lá por mim;

aos meus amigos, por sempre tornarem a vida mais leve;

à UNESP, por me ajudar no meu desenvolvimento profissional.

“Tudo posso naquele que me fortalece.”

Filipenses 4:13

## RESUMO

A dependência da humanidade por energia elétrica tem aumentado com o tempo, e em um mundo crescentemente digitalizado essa demanda será cada vez maior, portanto, a necessidade de se obter novas fontes de energia é fundamental. Uma importante fonte geradora que tem sido muito explorada, devido a sua proposta de ser limpa e renovável, é a tecnologia fotovoltaica, dispondo-se de uma das matérias primas mais abundantes, o Sol. Com o mesmo propósito de sustentabilidade, tem-se a crescente dos veículos elétricos, que substituem os carros a combustão predominantes atualmente, estes que contribuem para a poluição do ar. Dito isso, este trabalho visa o melhor entendimento a respeito da tecnologia fotovoltaica e na sua aplicação para o carregamento de veículos elétricos, por meio de um dimensionamento de uma estrutura de estacionamento *Carport*.

**PALAVRAS-CHAVES:** Tecnologia fotovoltaica. Veículo elétrico. Estrutura *Carport*. Energia renovável. Energia elétrica.

## **ABSTRACT**

Humanity's dependence on electrical energy has increased over time, and in an increasingly digitized world this demand will be increasing, therefore, the need to obtain new energy sources is fundamental. An important generating source that has been much explored, due to its proposal of being clean and renewable, is the photovoltaic technology, using one of the most abundant raw materials, the Sun. With the same purpose of sustainability, there is a growing number of electrical vehicles, which replace the currently predominant combustion cars, those that contribute to air pollution. That said, this work aims to better understand photovoltaic technology and its applications for charging electric cars, through dimensioning a Carport parking structure.

**KEYWORDS:** Photovoltaic technology. Electrical vehicle. Carportstructure. Renewable energy. Electrical energy.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Capacidade Solar Fotovoltaica será a maior capacidade instalada em 2050 .....	17
Figura 2 – Parque Solar <i>Desert Tengger</i> . .....	17
Figura 3 – Vila Solar <i>Schlierberg</i> na Alemanha.....	18
Figura 4 – <i>Stella Vita</i> , primeiro <i>motorhome</i> autossustentável movido a energia solar do mundo. ....	19
Figura 5 – Participação das Fontes na Capacidade Instalada no Brasil.....	20
Figura 6 – Evolução esperada da expansão (centralizada) da solar PV no Cenário Desafio da Expansão no Brasil até 2050 .....	21
Figura 7 – Programa para Levar Acesso à Energia com Fonte Renováveis em Regiões Remotas do Brasil da WWF .....	22
Figura 8 – Célula Fotovoltaica .....	23
Figura 9 – Pannel Fotovoltaico no Telhado de uma Residência .....	24
Figura 10 – Diminuição do Preço dos Módulos Solares .....	26
Figura 11 – Bateria Íon de Lítio em Veículo do tipo BEV.....	27
Figura 12 – Componentes do Veículo do tipo BEV .....	28
Figura 13 – Estrutura <i>Carport</i> .....	29
Figura 14 – Estrutura <i>Carport</i> instalado em Ribeirão Preto - SP.....	30
Figura 15 – Gráfico de Irradiação Solar no Plano Inclinado Mensal em São Paulo .....	32
Figura 16 – Arrizo 5e da CAO A Chery.....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variação da Capacidade Instalada das Fontes por Parque Gerador no Brasil.....	20
Tabela 2 – Escolha do Ângulo de Inclinação do Módulo.....	25
Tabela 3 – Latitude e Longitude de Localizações Próximas .....	31
Tabela 4 – Latitude e Longitude de Localizações Próximas .....	32
Tabela 5 – Especificações Técnicas do Arrizo 5e .....	33
Tabela 6 – Quilometragem Diária Percorrida por Motoristas Parceiros de Aplicativos .....	34
Tabela 7 – Especificações do Kit Fas Escolhido para o Primeiro Cenário .....	36
Tabela 8 – Especificações do Kit Fas Escolhido para o Segundo Cenário. ....	37
Tabela 9 – Especificações do Kit Fas Escolhido para o Terceiro Cenário.....	39
Tabela 10 – Custo Inicial Necessário para Cada Quilometragem .....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEV	Battery Electric Vehicle
BNE	Balanco Energético Nacional
COP	Conferência das Partes
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EV	Electric Vehicle
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
FV	Fotovoltaico
HVE	Hybrid Electric Vehicle
IRENA	International Renewable Energy Agency
LpT	Luz para Todos
MME	Ministério de Minas e Energia
PDE	Plano Decenal de Energia
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
PNE	Plano Nacional de Energia
PV	Photovoltaic
WWF	World Wildlife Fund

## LISTA DE SÍMBOLOS

$P_{FV}$	potência do sistema fotovoltaico
E	consumo médio diário durante o ano
G	irradiação nas condições padrão de teste
$H_{TOT}$	irradiação solar incidente no plano dos módulos FV
PR	taxa de desempenho do SFCR

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1	OBJETIVO GERAL.....	15
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	15
<b>2</b>	<b>SITUAÇÃO GERAL DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ATÉ 2021</b> .....	16
2.1	CONTEXTO MUNDIAL.....	16
2.2	CONTEXTO NACIONAL.....	19
2.3	DESAFIOS .....	22
<b>3</b>	<b>COMPONENTES ELÉTRICOS E MECÂNICOS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS DO TIPO BEV</b> .....	23
3.1	PAINÉIS FOTOVOLTAICOS .....	23
3.2	CARROS ELÉTRICOS DO TIPO BEV .....	26
3.3	TECNOLOGIA CARPORT .....	29
<b>4</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS DO TIPO BEV</b> .....	31
4.1	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA .....	31
4.2	VEÍCULO ESCOLHIDO .....	32
4.3	PESQUISA DE CENÁRIOS .....	34
4.4	CÁLCULOS PARA CADA CENÁRIO PESQUISADO.....	34
<b>4.4.1</b>	<b>Primeiro Cenário</b> .....	35
<b>4.4.2</b>	<b>Segundo Cenário</b> .....	36
<b>4.4.3</b>	<b>Terceiro Cenário</b> .....	38
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	40
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	41
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	42

## 1 INTRODUÇÃO

Com o crescente avanço da tecnologia e a demanda cada vez maior do homem por energia, a importância de novas fontes de energia tem sido cada vez mais debatida e buscado pelos governos e grandes corporações. Aliada com a crescente preocupação com a sustentabilidade e aquecimento global, torna-se ainda mais necessário a busca por fontes de energias renováveis e limpas (KABIR, 2018). A aceitação na perspectiva global tem se mostrado promissora, e no Brasil, apesar de lento, também têm ocorrido avanços no desenvolvimento dessas novas fontes de energia.

Dentre diferentes tecnologias, o Brasil vem experimentando aumento no número de sistemas de geração de energia fotovoltaica, devido a seu amplo espaço territorial e boa posição geográfica com alta incidência solar que promovem grande potencial de utilização. O uso de painéis fotovoltaicos vem ocorrendo desde a aprovação do uso de sistemas de geração conectados às redes de distribuição pela Aneel através da resolução nº 482 de 2021 (ANEEL, 2012), e posteriormente impulsionada pelo leilão para a compra de eletricidade de fonte solar que começaram a ser realizados a partir dos anos de 2014 e 2015 (VILLALVA, 2020).

O crescimento de carros elétricos está atrelado a essa crescente expansão dos painéis solares no Brasil, e conseqüente a demanda por estações de carregamento dos mesmos vêm crescendo. Disso, surge a oportunidade e necessidade de criar e fazer a instalação de estacionamentos com estações de carregamento por meio de painéis fotovoltaicos, denominados *Carport*.

*Carport* é uma tecnologia trazida no Brasil, e seu principal objetivo é aproveitar os espaços de garagens para trazer uma cobertura constituída de painel fotovoltaico, e assim fornecer energia gerada de maneira limpa para carregar um automóvel elétrico.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Diante de um cenário conturbado para o futuro energético, tem-se a necessidade de se investir em novas ideias e meios de carregamentos para suprir o futuro dos carros elétricos no país, desse modo, o objetivo geral deste trabalho é entender o funcionamento da tecnologia *Carport* para carregamento de veículos elétricos do tipo BEV.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- Fundamentar técnica e cientificamente o estudo por meio de revisão bibliográfica;
- Diagnosticar a situação da tecnologia fotovoltaica no contexto nacional e mundial;
- Compreender os veículos elétricos do tipo BEV;
- Dimensionar um estacionamento conectado à rede (*on grid*) com a tecnologia *Carport*.

## 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em seis capítulos, dentre esses o capítulo dois apresenta a situação geral dos sistemas fotovoltaicos, no contexto mundial e nacional, abordando um pouco de como está a sua representatividade na matriz energética e os desafios ainda existentes para maior disseminação dessa tecnologia.

No terceiro capítulo é apresentado os componentes elétricos e mecânicos para carregamento de veículos do tipo BEV, abordando o funcionamento por trás dos painéis fotovoltaicos, dos veículos do tipo BEV e dos kits *Carport* vendidos direto para montagem.

O quarto capítulo traz a parte do dimensionamento de um *Carport*, levando em consideração a localização geográfica e veículo escolhido para a realização dos cálculos para o projeto. Já o quinto capítulo traz os resultados obtidos no dimensionamento calculado no quarto capítulo e responde aos objetivos estipulados no trabalho. Por fim, o sexto capítulo traz as considerações finais do estudo realizado e apresenta trabalhos futuros possíveis.

## 2 SITUAÇÃO GERAL DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ATÉ 2021

A descarbonização tem sido palco de discussões relevantes nos últimos anos, com grande destaque em 2021 devido a COP 26, conferência que reuniu mais de 190 líderes mundiais para discutir como combater as mudanças climáticas a partir de ações conjuntas entre países, sendo um dos tópicos as energias renováveis. O planejamento de estratégias para esse fim são complexas e devem ser levadas em consideração muitos aspectos, como as políticas energéticas, impactos ambientais, trajetórias econômicas e avanço de tecnologias.

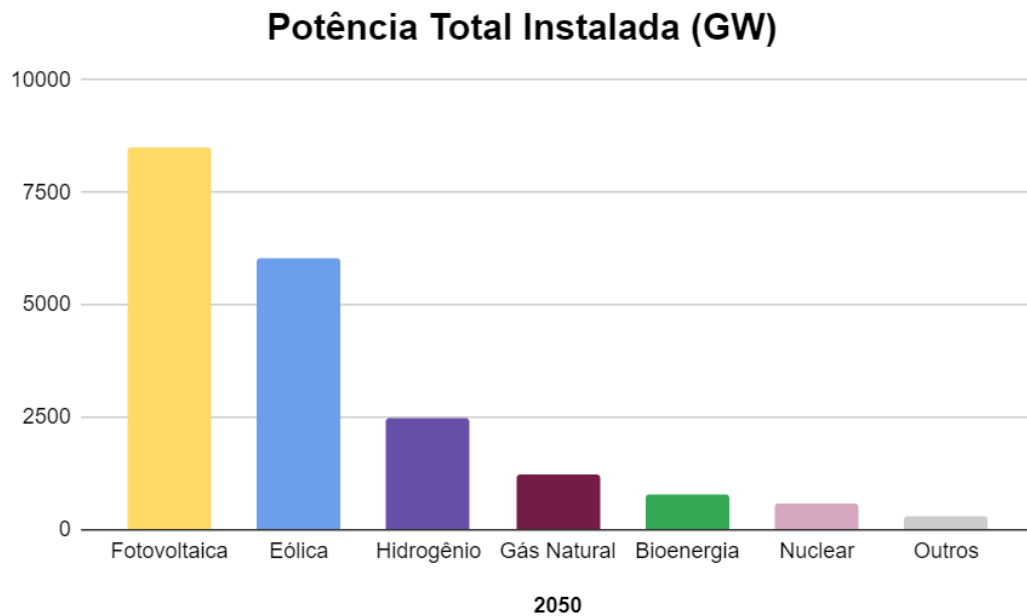
A redução de emissão do gás carbono está no coração da transformação da energia (IRENA, 2019), pois a crescente preocupação com essa temática tem acelerado o processo do desenvolvimento de tecnologias relacionadas a energias renováveis. Nesse panorama, a tecnologia solar fotovoltaica tem e terá uma grande relevância na matriz energética do futuro.

### 2.1 CONTEXTO MUNDIAL

A energia solar fotovoltaica vai liderar o caminho para transformação no setor elétrico global, com expectativas de aumentar a capacidade total instalada no mundo para 8519 GW até 2050 (IRENA, 2019) visto na Figura 1. Os sistemas fotovoltaicos têm apresentado um grande aumento de instalação por ser uma energia limpa e renovável, pelo declínio do preço de fabricação dos componentes e conseqüentemente de venda, a robustez tecnológica que visa projetos duradouros e que exigem baixa manutenção, e o amplo potencial de desenvolvimento da tecnologia e suas aplicações.

Atualmente já existem grandes parques solares em diferentes territórios que fazem parte da matriz energética de seus respectivos países, tendo como destaque a China, Estados Unidos e Índia, que juntas representam grande parte da capacidade total instalada de energia solar no mundo. O maior parque solar até o presente ano é o *Desert Tengger* localizado em Zhongwei na China visto na Figura 2, ocupando uma área de  $1200 \text{ km}^2$ , com capacidade de produção de 1500 MW (BBC, 2018).

Figura 1 - Capacidade Solar Fotovoltaica será a maior capacidade instalada em 2050



Fonte: Adaptado de Irena (2019).

Figura 2 - Parque Solar *Desert Tengger*.



Fonte: BBC (2018).

Na Europa, as políticas de estímulo à propagação dos painéis fotovoltaicos estão bem avançadas, tendo em alguns países incentivo por parte dos governos aos cidadãos a instalarem sistemas solares conectadas à rede elétrica em suas próprias residências, em que estes, além de economizar, ainda recebem pagamento das companhias de energia por todo o excedente produzido. Na Alemanha, um projeto muito notável é a vila solar *Schlierberg*, localizada em

Friburgo visto na Figura 3. Esta vila foi projetada para ter painéis fotovoltaicos nos telhados de boa parte das residências, dessa forma, sendo capaz de produzir cerca de quatro vezes mais energia dos que os moradores consomem, ou seja, além de estar contribuindo para a preservação do meio ambiente, gera economia e lucro (Portal Solar, 2019).

Figura 3 - Vila Solar *Schlierberg* na Alemanha.



Fonte: Portal Solar (2019).

A construção de novos parques solares e avanço das políticas de incentivo tem se desenvolvido, e as tecnologias envolvendo painéis fotovoltaicos também têm sido bastante aprimoradas, com novas soluções a cada ano que passa, seja no tamanho dos módulos, novas variações de células de silício, mudança na estrutura dos contatos, entre outros. Um exemplo disso é a criação da *Stella Vita* fornecida na Figura 4, o primeiro *motorhome* autossustentável movido a energia solar do mundo. Este veículo foi desenvolvido por alunos de uma universidade de tecnologia da Holanda, e já foi capaz de viajar 3000 km apenas com a energia gerada pelos painéis solares que cobrem uma área de  $17,5 m^2$  do seu teto (Razões para acreditar, 2021).

Figura 4 - *Stella Vita*, primeiro *motorhome* autossustentável movido a energia solar do mundo.



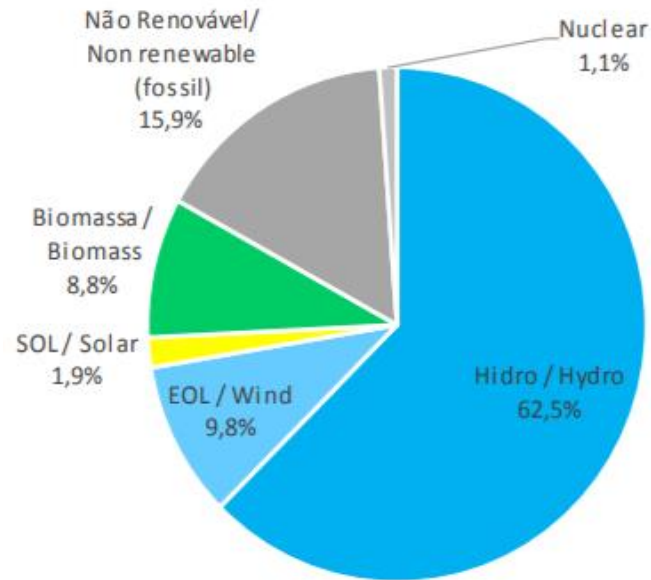
Fonte: Razões para Acreditar (2021).

## 2.2. CONTEXTO NACIONAL

O ano de 2021 foi um ano alarmante para algumas regiões do Brasil em relação ao nível de água dos reservatórios, levantando tarifas vermelhas na conta de energia dos usuários. Um dos fatores que levam a essa preocupação, é a alta dependência do país em relação a geração de energia através das usinas hidrelétricas, que são dependentes de um bom regime de chuvas. Ainda complementando o sistema atual, tem-se as usinas termelétricas, que embora supram a demanda da população em casos de níveis emergenciais das hidrelétricas, infelizmente poluem o ar atmosférico (FERREIRA, 2018). Diante desse cenário, a busca por fontes renováveis alternativas, como a tecnologia solar fotovoltaica, é extremamente necessária.

O Brasil é um país de grande potencial para a utilização da tecnologia fotovoltaica para geração de energia elétrica, sendo muito privilegiado para a exploração dessa fonte comparada a outros países. Isto ocorre por uma série de características naturais favoráveis, tais como elevadas taxas de irradiação solar, condições climáticas e amplo espaço territorial disponível (PEREIRA, 2012). Tais fatores potencializam a atração de investidores e o desenvolvimento da tecnologia, permitindo que se vislumbre um papel importante na matriz elétrica para esta fonte. Atualmente, a matriz solar faz parte de 1,9% da carga instalada no Brasil, comparada a outras fontes conforme visto na Figura 5 (BNE, 2021).

Figura 5 - Participação das Fontes na Capacidade Instalada no Brasil.



Fonte: BNE (2021).

Porém, embora a representatividade energética seja pequena perante o restante do mundo na atualidade, segundo o balanço energético de 2021 realizado pela EPE (2021) em 2019 a capacidade instalada de fonte solar no parque gerador era de 2473 GW, e em 2020 esse número subiu para 3287 GW, com um aumento de 32,9%, conforme Tabela 1. Ou seja, embora a quantidade instalada no país ainda não seja tão expressiva, vê-se um cenário positivo de crescimento da tecnologia.

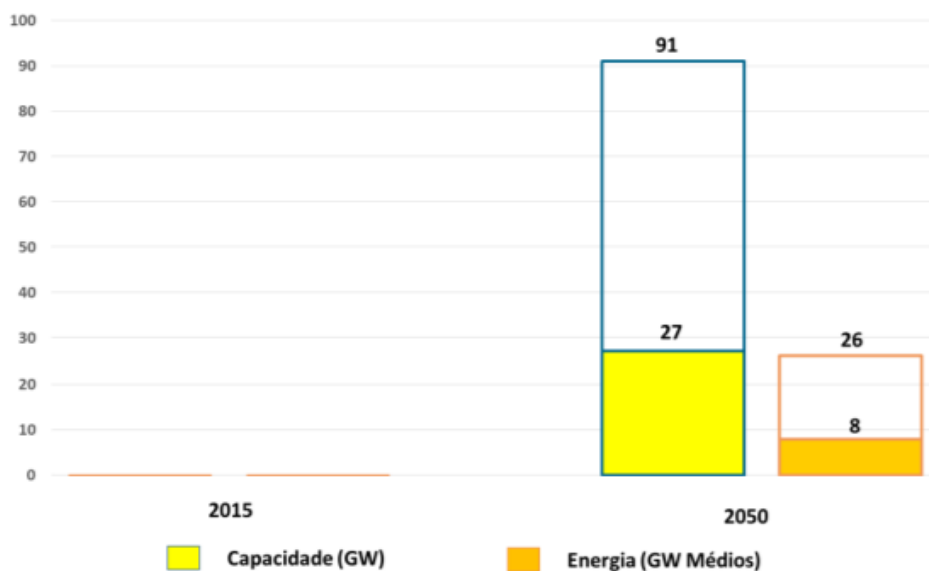
Tabela 1 - Variação da Capacidade Instalada das Fontes por Parque Gerador no Brasil.

Fonte	2019	2020	Δ 20/19
Hidrelétrica	109.058	109.271	0,20%
Térmica	41.219	43.057	4,50%
Eólica	15.378	17.131	11,40%
Solar	2.473	3.287	32,90%
Nuclear	1.990	1.990	0,00%
Capacidade disponível	170.118	174.737	2,70%

Fonte: Adaptado de BNE (2021).

A EPE (2021) também realiza pesquisas para entender e tentar prever a situação energética futura, elaborando um planejamento para se preparar para o crescimento vigente. Presentemente a empresa realiza dois tipos de estudos, o PDE (2021) que contempla um cenário de 10 anos, com atualizações anuais, e o PNE (2020), que contém estudos e pesquisas mais aprofundadas acerca do futuro da matriz energética brasileira até 2050. O PNE 2050 traz um cenário otimista em relação a expansão centralizada no Brasil de energia fotovoltaica, como uma expectativa de atingir aproximadamente entre 27 e 90 GW em termos de capacidade instalada e entre 8 a 26 GW médios em termos de energia fornecido na Figura 6. Essa perspectiva denota um aumento da importância da tecnologia solar fotovoltaica na matriz elétrica, representando em torno de 5 a 16% da capacidade instalada total (PNE, 2050).

Figura 6 - Evolução esperada da expansão (centralizada) da solar PV no Cenário Desafio da Expansão no Brasil até 2050.



Fonte: PNE (2050).

Vê-se uma perspectiva positiva no país para a tecnologia fotovoltaica, principalmente ao sistema acoplado a rede, porém o Brasil também tem muito espaço para instalação de sistemas de mini e microgeração isolado (*off grid*), ou seja, desconectados da rede. Considerando a extensão territorial do país, o programa LpT do MME, já conseguiu alcançar boa parte da população, mas em 2021 ainda existem regiões onde a energia elétrica ainda não chegou (MME, 2017). Para solucionar esse problema de inacessibilidade, e dar acesso à energia para essas comunidades isoladas, a WWF Brasil em parceria com a fundação *Mott* tem realizado pesquisas e projetos em regiões remotas, levando energia através de painéis

fotovoltaicos, melhorando a qualidade de vida da população local conforme visto na Figura 7 (WWF, 2020).

Figura 7 - Programa para Levar Acesso à Energia com Fonte Renováveis em Regiões Remotas do Brasil da WWF.



Fonte: WWF (2020).

### 2.3 DESAFIOS

A tecnologia solar fotovoltaica como discutido neste capítulo tem muito espaço para crescimento, tanto no contexto mundial quanto no contexto nacional, mas para se tornar uma das principais fontes de geração de energia ainda precisará enfrentar alguns obstáculos, sendo um dos principais desafios da tecnologia fotovoltaica é lidar com a sua dependência direta de um bom clima.

Especialmente no Brasil, tem-se muitos aspectos a serem levados em consideração, como: ainda faltam incentivos governamentais, que poderiam surgir com a concessão de subsídios ou de linhas de crédito para pequenos e médios sistemas fotovoltaicos, o planejamento para a reciclagem e descarte correta dos equipamentos, que exige o desenvolvimento de uma cadeia regulamentada, assim como o desafio de integrar a geração e transmissão da energia solar na matriz energética brasileira.

### 3 COMPONENTES ELÉTRICOS E MECÂNICOS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS DO TIPO BEV

#### 3.1 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

A energia do Sol é transmitida ao nosso planeta através do espaço na forma de radiação eletromagnética, chegando em diferentes espectros, visíveis ou não pelos olhos humanos. A transformação dessa energia eletromagnética solar em energia elétrica é o que se chama efeito fotovoltaico, quando o material recebe a radiação, começa-se um movimento que gera uma diferença de potencial sobre uma célula formada por um sanduíche de materiais semicondutores. Se esta célula for conectada a dois eletrodos, haverá tensão elétrica sobre eles, formando um caminho elétrico, surgindo uma corrente elétrica (VILLALVA, 2020).

A célula fotovoltaica fornecida na Figura 8 é o coração da tecnologia solar, é composta por duas camadas de material semicondutor P e N, uma grade de coletores metálicos superior, uma base metálica inferior, e ainda possui uma camada de material antirreflexivo que aumenta a absorção de luz. Existem diversos tipos diferentes de células que são classificadas pelo material e refinamento utilizado, os mais comuns são: silício monocristalino, silício policristalino e filme fino de silício, levando em consideração na escolha de qual das tecnologias utilizar o custo e eficiência.

Figura 8 - Célula Fotovoltaica.



Fonte: Portal Solar (2019).

Os painéis fotovoltaicos, módulos ou placas, são o componente mais popularmente conhecido do sistema visto na Figura 9, que são o produto final visto nos telhados de residências. Um módulo é formado por várias células agrupadas sobre uma estrutura rígida, tradicionalmente composta por 36, 60 ou 72 células fotovoltaicas interligadas em série para produzir tensões maiores (VILLALVA, 2020). O conjunto ou arranjos fotovoltaicos, é o resultado da conexão de múltiplos painéis, podendo ser ligados em série (*string*) e/ou em paralelo, dependendo dos valores de tensão e corrente a serem alcançados.

Figura 9 - Painel Fotovoltaico no Telhado de uma Residência.



Fonte: Pexels (2021).

Para a instalação de um sistema fotovoltaico, deve ser levado em consideração alguns aspectos além dos módulos fotovoltaicos que serão brevemente discutidos neste tópico.

Irradiância é a medida de potência por metro quadrado, ou seja, uma densidade de potência expressa em  $Wh/m^2$  (VILLALVA, 2020).

Insolação é uma das grandezas fundamentais utilizadas no dimensionamento do sistema fotovoltaico, é a medida de energia por metro quadrado, normalmente expressa em insolação diária por  $Wh/m^2/dia$  (VILLALVA, 2020).

A instalação correta de um painel fotovoltaico deve levar em consideração o movimento diário do Sol. Portanto, a maneira mais eficiente de se instalar um módulo fixo para melhor

aproveitamento ao longo do dia, é orientá-lo com sua face voltada para o norte geográfico (VILLALVA, 2020).

O maior aproveitamento da energia solar é quando os raios incidem perpendicularmente à superfície do painel, assim, para instalações de painéis fotovoltaicos com ângulo fixo de inclinação, tem-se a Tabela 2 com referências recomendadas para diversas faixas de latitudes geográficas (VILLALVA, 2020).

Tabela 2 - Escolha do Ângulo de Inclinação do Módulo.

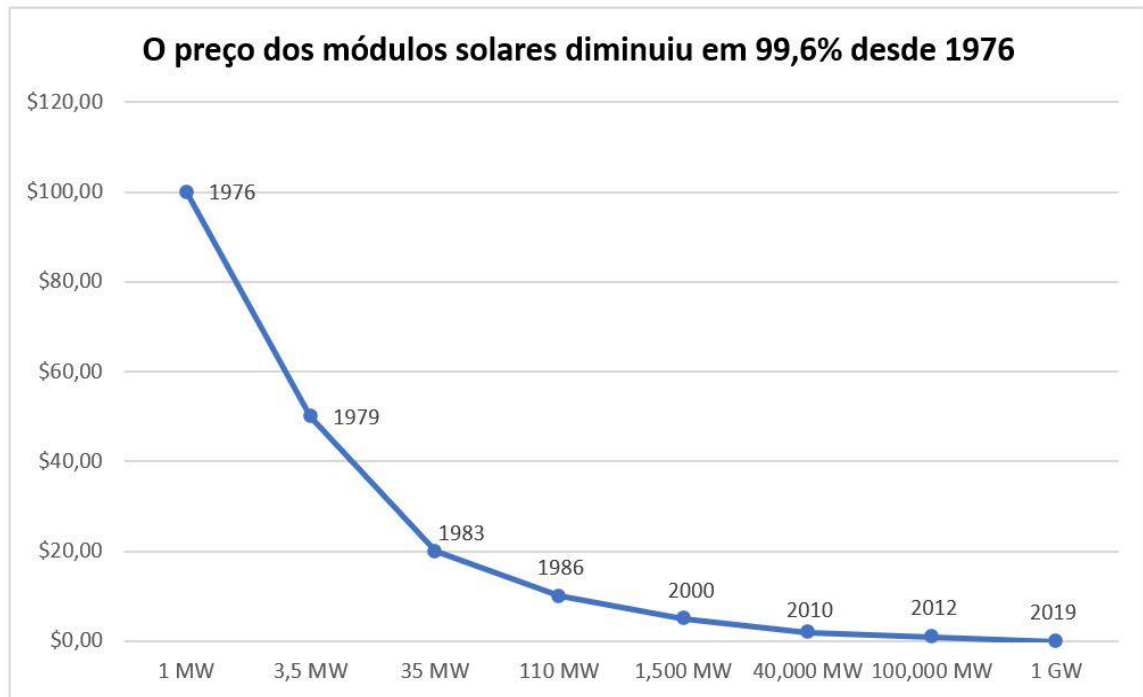
Latitude geográfica do Local	Ângulo de inclinação recomendado
0° a 10°	$\alpha = 10^\circ$
11° a 20°	$\alpha = \text{latitude}$
21° a 30°	$\alpha = \text{latitude} + 5^\circ$
31° a 40°	$\alpha = \text{latitude} + 10^\circ$
41° ou mais	$\alpha = \text{latitude} + 15^\circ$

Fonte: Adaptado de Villalva (2020).

Um grande obstáculo do sistema fotovoltaico é o efeito de sombreamento, pois uma vez que alguns dos módulos conectados em série do arranjo recebem pouca ou nenhuma luz, a corrente elétrica de todo o conjunto é reduzida e conseqüentemente o sistema produz menos energia. Portanto, a localização da instalação dos painéis deve ser cuidadosamente escolhida para se evitar ao máximo o efeito de sombreamento, mas também é possível minimizar as perdas adicionando diodos de desvio (*bypass*) ligados em paralelo com as células, o que permite o desvio de corrente em casos de sombreamento de uma célula (VILLALVA, 2020).

Por fim, vale comentar sobre a constante diminuição de preço dos módulos fotovoltaicos devido a constante evolução e maior interesse na tecnologia, que contribuem para maior popularização dos painéis. A Figura 10 mostra um estudo que mostra a diminuição de preço de \$106 por watt em 1976 até \$0,38 em 2020 (*Our World in Data*, 2020).

Figura 10 - Diminuição do Preço dos Módulos Solares.



Fonte: Adaptado de *Our World in Data* (2020).

### 3.2 CARROS ELÉTRICOS DO TIPO BEV

A busca por redução de emissão de gases poluentes tem aumentado a procura por novas fontes de energia renováveis pelo mundo, e essa demanda também tem alcançado os carros elétricos (de CASTRO, 2010). A venda de veículos elétricos está em alta em grandes países como China, América do Norte e Europa, com cerca de 3 milhões de unidades compradas em 2020. Ainda segundo dados da Comissão Econômica da ONU para a Europa, revela que as vendas de carros elétricos no continente europeu já representam 10% da fatia do mercado automobilístico (ONU News, 2021).

O foco deste trabalho será abordar os carros elétricos do tipo BEV, porém existem outras tecnologias do tipo EV que valem a pena serem mencionada: HEV, PHEV e FCEV (MAŁEK, 2019).

Sobre os veículos do tipo BEV, essencialmente como o próprio nome já diz, é um carro elétrico a bateria, ou seja, dispensa totalmente o uso de combustíveis fósseis que são prejudiciais ao ar atmosférico. Dentre todos os componentes do automóvel, a bateria fornecida na Figura 11 que alimenta o motor elétrico é um dos elementos mais caros, e tem que ser composta de materiais (normalmente íons de lítio) que apresentem uma boa densidade

magnética, de tal forma que otimize o armazenamento e aproveitamento da energia elétrica (CAVALI, 2019).

Figura 11 - Bateria Íon de Lítio em Veículo do tipo BEV.

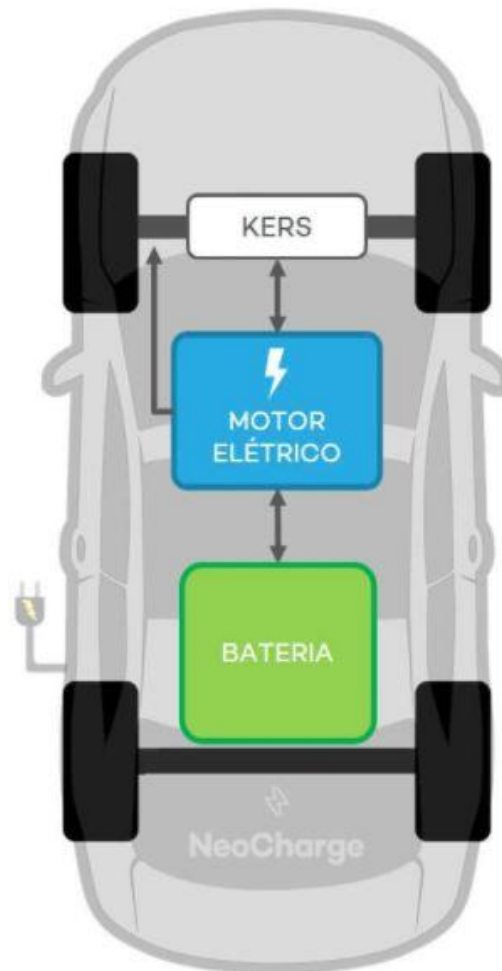


Fonte: NEOCHARGE (2021).

Uma inovação interessante dos veículos tipo BEV, é a capacidade de usar o motor elétrico na desaceleração como gerador elétrico, conhecido como frenagem regenerativa ou *kers* visto na Figura 12, esse efeito recupera parte da energia que seria perdida em forma de calor nas pastilhas de freio (NEOCHARGE, 2021). Também para minimizar a perda de energia e otimizar ainda mais a autonomia do carro, o motor é desligado quando o carro está parado no trânsito ou semáforo.

O carregamento da bateria pode ser feito conectado a uma simples tomada 220V, sendo mais econômica comparada aos carros que usam combustíveis fósseis, além de ter-se o conforto de fazer o carregamento durante a noite na própria residência. Outra característica de grande vantagem do veículo tipo BEV em relação a veículos com motores a combustão, é no torque de aceleração, pois os carros elétricos geram um torque instantâneo, tendo uma aceleração muito mais rápida e suave (CAVALI, 2019).

Figura 12 - Componentes do Veículo do tipo BEV.



Fonte: NEOCHARGE (2021).

Existem alguns desafios ainda a serem solucionados para que os veículos elétricos venham se tornar a melhor opção do mercado, sendo um dos principais a baixa autonomia da bateria. Alguns dos carros vendidos no Brasil hoje já alcançam autonomia de cerca de 450 km com uma carga, porém possuem preços muito elevados e ainda são inviáveis para viagens de longas distâncias, uma vez que o tempo de carregamento ainda leva em torno de 1 hora para 100 quilômetros de autonomia.

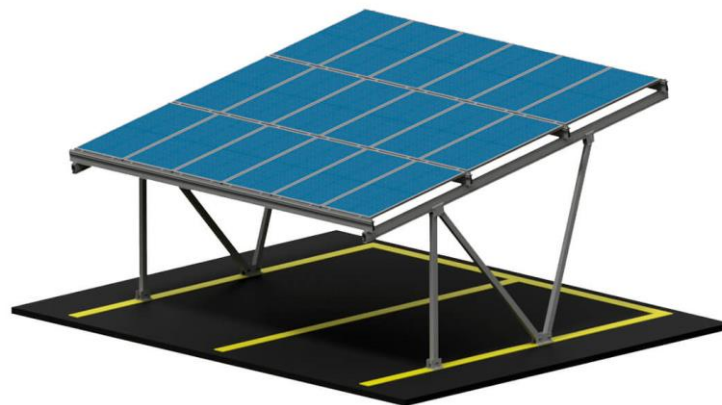
No país, aos poucos os carros elétricos têm ganhado espaço no mercado automobilístico, ganhando maior aceitação, principalmente por conta da transição com os carros híbridos. Infelizmente o valor ainda não é acessível a grande parte da população e tem-se uma grande necessidade de mais pontos de carregamento, mas a tecnologia de veículos elétricos mostra-se uma tendência promissora.

### 3.3 TECNOLOGIA CARPORT

O uso do carro elétrico tem muito para acrescentar para a sociedade e meio ambiente, mas infelizmente no Brasil, a energia que realiza o carregamento pela rede elétrica pode ser proveniente de usinas geradoras não renováveis, não tornando um ciclo 100% sustentável. Esse problema pode ser solucionado usando fontes de energias renováveis, sendo possível abastecer um veículo elétrico apenas com energia proveniente de painéis fotovoltaicos instalados nas residências.

Um novo conceito que tem ganhado espaço no Brasil, por ser um país que muitas pessoas utilizam o carro particular, é a tecnologia *Carport* visto na Figura 13, em que se aproveita a estrutura de um estacionamento, podendo ser na própria residência ou em locais públicos, no qual a cobertura passa a ser um painel fotovoltaico que gera a energia limpa para abastecimento total ou parcial enquanto o automóvel está estacionado.

Figura 13 - Estrutura *Carport*.



Fonte: PHB SOLAR (2019).

Atualmente no Brasil já existem locais instalados com a tecnologia, como é o caso visto na Figura 14, e também são vendidos por diferentes empresas em kits prontos para instalação, contendo desde o painel fotovoltaico até a estrutura metálica.

Figura 14 - Estrutura *Carport* instalado em Ribeirão Preto - SP.



Fonte: Blue Solar (2020).

## 4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS DO TIPO BEV

Compreendido os conceitos envolvendo os componentes de um sistema para carregamento de um veículo elétrico do tipo BEV, neste capítulo será calculado um projeto para melhor entendimento da estrutura *Carport*. Assim sendo, para realizar o dimensionamento do projeto da estação de carregamento de carros elétricos através de painéis fotovoltaicos, será necessário primeiramente definir a localização geográfica e o modelo do carro, para posteriormente fazer os devidos cálculos com base nessas informações e fazer a escolha das peças a serem utilizadas.

### 4.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A localização escolhida para este projeto foi a cidade de São Paulo, devido a sua grande população. Será considerado um espaço que possua ampla área física, possibilitando a instalação desta estação carregadora. Sua localização em coordenadas latitude 23,550446° sul e longitude 46,633336° oeste.

Definido o local, é possível fazer a consulta do ângulo  $\alpha$  e o índice de radiação solar na região escolhida, através do aplicativo *SunData* (CRESESB, 2019), conforme visto na Tabela 3.

Tabela 3 - Latitude e Longitude de Localizações Próximas.

Estação	Município	Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia]															
		Latitude [°]	Longitude [°]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
São Paulo	São Paulo	23,5 ° S	46,649° O	5,2	5,48	4,7	4,14	3,42	3,17	3,24	4,2	4,24	4,76	5,14	5,69	4,45	2,52
São Paulo	São Paulo	23,601° S	46,649° O	5,2	5,46	4,68	4,13	3,42	3,15	3,26	4,18	4,2	4,7	5,16	5,67	4,43	2,52
São Paulo	Guarulhos	23,5° S	46,549° O	5,2	5,51	4,69	4,14	3,4	3,17	3,26	4,2	4,2	4,72	5,08	5,65	4,44	2,47

Fonte: Adaptado de CRESESB (2019).

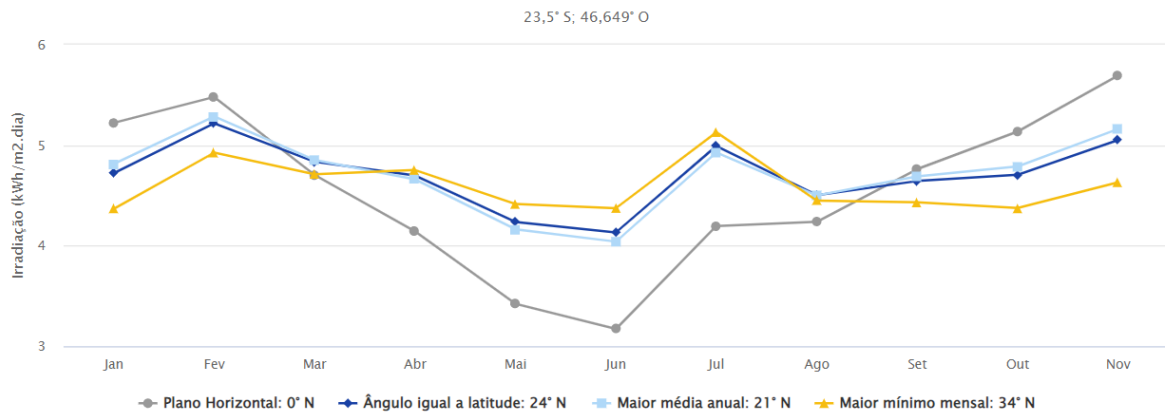
Da Tabela 3, tem-se três localizações registradas no aplicativo que são próximas a coordenada desejada, assim sendo, a coordenada escolhida foi a segunda de São Paulo. Disso, obtém-se os valores para a localização em questão, visto na Tabela 4 e Figura 15 (CRESESB, 2019).

Tabela 4 - Latitude e Longitude de Localizações Próximas.

Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
Ângulo igual a latitude	24° N	4,72	5,22	4,83	4,70	4,24	4,13	4,12	4,99	4,50	4,64	4,70	5,05	4,65	1,09
Maior média anual	21° N	4,81	5,28	4,85	4,66	4,16	4,04	4,04	4,93	4,50	4,69	4,79	5,16	4,66	1,24
Maior mínimo mensal	34° N	4,37	4,93	4,71	4,75	4,41	4,37	4,33	5,13	4,45	4,43	4,38	4,63	4,57	,80

Fonte: Adaptado de CRESESB (2019).

Figura 15 - Gráfico de Irradiação Solar no Plano Inclinado Mensal em São Paulo.



Fonte: CRESESB (2019).

Para o projeto será considerado o ângulo de inclinação de 34°, aquele no qual a irradiação média durante o ano é a que detém o menor valor, dimensionando assim um sistema fotovoltaico que irá cumprir o seu papel com maior segurança.

## 4.2 VEÍCULO ESCOLHIDO

Este trabalho contempla os veículos do tipo BEV, assim sendo, a escolha do carro para realizar o projeto é o modelo Arrizo 5e da CAO A Chery visto na Figura 16, possuindo em janeiro de 2022 um dos melhores custo-benefício da categoria, com preços a partir de **R\$159,9 mil** (CAOA CHERY, 2022).

Figura 16 - Arrizo 5e da CAO A Chery.



Fonte: CAO A CHERY (2022).

As especificações técnicas do carro são apresentadas na Tabela 5, de onde pode-se obter a informação necessária para os cálculos, que é a capacidade da bateria de 53,5 kWh, o que permite uma autonomia de cerca de 322 km (CAOA CHERY, 2022).

Tabela 5 - Especificações Técnicas do Arrizo 5e.

Motor e Câmbio	
Potência (kW/cv)	90/122
Torque (Nm/mkgf)	276/28,1
Bateria	
Tipo	Lítio-Íon
Capacidade	53,5 kWh
Característica Técnicas	
Comprimento (mm)	4542
Largura (mm)	1814
Altura (mm)	1487

Fonte: Adaptado de CAO A CHERY (2022).

### 4.3 PESQUISA DE CENÁRIOS

Para o dimensionamento em questão, foi feita uma pesquisa com motoristas parceiros de aplicativos para entender qual é a média da quilometragem rodada diária na grande São Paulo por esses profissionais, uma vez que estes seriam um público que poderão se beneficiar do uso de carros elétricos futuramente. A pesquisa foi feita com 17 profissionais, e o resultado da pesquisa pode ser visto na Tabela 6 em que se tem a média percorrida em quilômetros pelos motoristas.

Tabela 6 - Quilometragem Diária Percorrida por Motoristas Parceiros de Aplicativos.

Distância Diária (km)	Quantidade
50	1
100	1
150	3
200	6
250	2
300	3
350	1

Fonte: Autoria Própria.

### 4.4 CÁLCULOS PARA CADA CENÁRIO PESQUISADO

Determinada a localização geográfica e o modelo do veículo escolhido para este estudo de caso, parte-se para os cálculos que ajudarão no dimensionamento da tecnologia *Carport*. Para este projeto será dimensionado um sistema *on grid*, pois um sistema não conectado à rede é dependente de uma boa bateria para armazenar a energia, o que elevaria o custo do sistema.

Com base na pesquisa feita com os motoristas parceiros de aplicativos, será feita cálculos para três diferentes cenários, um para uma corrida diária de 100 km, uma segunda de 200 km e uma terceira de 322 km, que é a capacidade máxima da bateria. A partir dessas distâncias, será feito um dimensionamento da tecnologia *Carport* baseada na potência que será necessária em kWh para atender cada cenário.

#### 4.4.1 Primeiro Cenário

O primeiro cenário contempla uma distância diária percorrida de 100 km. Considerando a bateria do Arrizo 5e com capacidade de 53,5 kWh, faz-se uma simples regra de três para entender qual é a carga de bateria necessária para o dimensionamento em questão.

$$\begin{array}{r} 53,5 \text{ kWh} - 322 \text{ km} \\ x - 100 \text{ km} \end{array}$$

Resolvendo a manipulação matemática, tem-se que para o carro conseguir percorrer 100 km diariamente, é necessária uma recarga diária da bateria de 16,6 kWh. Disso, tendo a insolação média diária de 4,57 kWh/m<sup>2</sup> e a potência em kWh por dia, calcula-se a potência necessária para atender aos requisitos do sistema, por meio da equação 4.1 (VILLALVA, 2020).

$$P_{FV} = \frac{E \cdot G}{H_{TOT} \cdot PR} \quad (4.1)$$

sendo:

- $P_{FV}$ : potência do sistema fotovoltaico (kWp);
- E: consumo médio diário durante o ano (kWh/dia);
- G: irradiação nas condições padrão de teste (kWh/m<sup>2</sup>);
- $H_{TOT}$ : irradiação solar incidente no plano dos módulos FV (kWh/m<sup>2</sup>);
- PR: taxa de desempenho do SFCR, tipicamente 75%.

Fazendo, as substituições dos valores:

$$\begin{aligned} P_{FV} &= \frac{16,6 \cdot 1}{4,57 \cdot 0,75} \\ P_{FV} &= 4,843 \text{ kWp} \end{aligned}$$

Obtido o valor de potência, faz-se a escolha do kit *Carport* que atende aos requisitos do projeto. Na Tabela 7 tem-se as especificações do kit escolhido de 5,46 kWp.

Tabela 7 - Especificações do Kit Fas Escolhido para o Primeiro Cenário.

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
Módulo FV Mono 455W – Trina – TSM-DE17M	PC	12
Microinversor MI-1500 – 2MPPT – 1500W – Monofásico (220v)	PC	3
Cabo fotovoltaico VM 4mm – Cobrebom	MT	12
Cabo Multipolar HEPR 3×4,00mm 0,6/1KV Multinax Flex – Cobrebom	MT	15
Par Conector PV4 (Macho + Fêmea) 6mm 1500V – TE Conectivy	CJ	12
Endcap Macho – Hoymiles	PC	1
Conector CA IP68 Fêmea – Hoymiles	PC	1
Monitoramento Microinversor – DTU-W100 – Hoymiles	PC	1
DPS CA Unipolar Classe 2 – Citel	PC	2
Disjuntor CA – 2P-25A – Weg	PC	1
Suporte telha cerâmica – Spin	PC	20
Trilho 4,20m – Spin	PC	4
Trilho 3,15m – Spin	PC	4
Junção perfil – Spin	PC	4
Grampo intermediário 35mm – Spin	PC	20
Grampo terminal 35mm – Spin	PC	8
Kit presilha microinversor – Spin	PC	6

Fonte: Adaptado de FAS ENERGIA SOLAR (2022).

Da tabela tem-se as especificações, que incluem 12 módulos solares de 455 W, 3 micros inversores de 1500 W, e todos os cabos e dispositivos de proteção necessários para o dimensionamento do mesmo. O kit pronto em janeiro de 2022 está em torno de R\$19.857,20 (FAS ENERGIA SOLAR, 2022).

#### 4.4.2 Segundo Cenário

O segundo cenário contempla uma distância diária percorrida de 200 km. Considerando a bateria do Arrizo 5e com capacidade de 53,5 kWh, faz-se uma simples regra de três para entender qual é a carga de bateria necessária para o dimensionamento em questão.

$$\begin{array}{r} 53,5 \text{ kWh} \quad - \quad 322 \text{ km} \\ x \quad \quad \quad - \quad 200 \text{ km} \end{array}$$

Resolvendo a manipulação matemática, tem-se que para o carro conseguir percorrer 100 km diariamente, é necessária uma recarga diária da bateria de 33,2 kWh. Disso, tendo a insolação média diária de 4,57 kWh/m<sup>2</sup> e a potência em kWh por dia, calcula-se a potência necessária para atender aos requisitos do sistema, por meio da equação 4.1 (VILLALVA, 2020).

$$P_{FV} = \frac{33,2 \cdot 1}{4,57 \cdot 0,75}$$

$$P_{FV} = 9,686 \text{ kWp}$$

Obtido o valor de potência, faz-se a escolha do kit *Carport* que atende aos requisitos do projeto. Na Tabela 8 tem-se as especificações do kit de 13,2 kWp escolhido.

Tabela 8 - Especificações do Kit Fas Escolhido para o Segundo Cenário.

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
AE SOLAR 400Wp Mono MODULO AE SOLAR A E400M6-72 400Wp MONOCRISTALINO	PC	33
INVERSOR SOLIS 9kW MONOFÁSICO 220Vac – 3 MPPT – 1 ENTRADA POR MPPT	PC	1
SSM Kit CM – MD 4 KIT INSTALAÇÃO 4 PAINÉIS – TELHA CERÂMICA – TERÇA MADEIRA	PC	9
Plugin WIFI Stick GERENCIADOR WIFI STICK SOLIS	PC	1
Par Conector MC4 KIT CONECTOR FEMEA PV-KBT4/6II-UR + MACHO PV- KST4/6II-UR	PC	9
Proauto SB 3E/3S STRING BOX PROAUTO 3E/3S 600Vcc CLASSE II	PC	1
Cabo Solar Fotovoltaico 6MM <sup>2</sup> 1.8kVcc VM CABO SOLAR FOTOVOLTAICO 6MM 1.8kVcc VERMELHO	MT	66
Cabo Solar Fotovoltaico 6MM <sup>2</sup> 1.8kVcc PT CABO SOLAR FOTOVOLTAICO 6MM <sup>2</sup> 1.8kVcc PRETO	MT	66

Fonte: Adaptado de FAS ENERGIA SOLAR (2022).

Da tabela tem-se as especificações, que incluem 33 módulos solares de 400 Wp, 1 inversor de 9 kW, e todos os cabos e dispositivos de proteção necessários para o dimensionamento do mesmo. O kit pronto em janeiro de 2022 está em torno de R\$40.870,74 (FAS ENERGIA SOLAR, 2022).

#### 4.4.3 Terceiro Cenário

O terceiro cenário contempla a distância máxima de autonomia da bateria para um único carregamento de 322 km. Portanto, considerando a bateria do Arrizo 5e com capacidade de 53,5 kWh, tem-se a recarga diária da bateria. Disso, tendo a insolação média diária de 4,57 kWh/m<sup>2</sup> e a potência em kWh por dia, calcula-se a potência necessária para atender aos requisitos do sistema, por meio da equação 4.1 (VILLALVA, 2020).

$$P_{FV} = \frac{53,5 \cdot 1}{4,57 \cdot 0,75}$$

$$P_{FV} = 15,609 \text{ kWp}$$

Obtido o valor de potência, faz-se a escolha de um kit *Carport* encontrado que atende aos requisitos do projeto. Na Tabela 9 tem-se as especificações do kit de 22,5 kWp escolhido.

Tabela 9 - Especificações do Kit Fas Escolhido para o Terceiro Cenário.

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
Longi 450Wp Mono MODULO LONGI LR4-72HPH 450Wp MONOCRISTALINO – 1500Vcc	PC	50
INVERSOR SOLIS 15kW TRIFÁSICO 220Vac – 3 MPPT – 2 ENTRADAS POR MPPT	PC	1
SSM Kit CM – MD 4 KIT INSTALAÇÃO 4 PAINÉIS – TELHA CERÂMICA – TERÇA MADEIRA	PC	13
Plugin WIFI Stick GERENCIADOR WIFI STICK SOLIS	PC	1
Par Conector MC4 KIT CONECTOR FEMEA PV-KBT4/6II-UR + MACHO PV- KST4/6II-UR	PC	18
Proauto SB 6E/6S STRING BOX PROAUTO 6E/6S 1100Vcc CLASSE II	PC	1
Cabo Solar Fotovoltaico 6MM <sup>2</sup> 1.8kVcc VM CABO SOLAR FOTOVOLTAICO 6MM 1.8kVcc VERMELHO	MT	100
Cabo Solar Fotovoltaico 6MM <sup>2</sup> 1.8kVcc PT CABO SOLAR FOTOVOLTAICO 6MM <sup>2</sup> 1.8kVcc PRETO	MT	100

Fonte: Adaptado de FAS ENERGIA SOLAR (2022).

Da tabela tem-se as especificações, que incluem 50 módulos solares de 450 Wp, 1 inversor de 15 kW, e todos os cabos e dispositivos de proteção necessários para o dimensionamento do mesmo. O kit pronto em janeiro de 2022 está em torno de R\$71.658,07 (FAZ ENERGIA SOLAR, 2022).

## 5 RESULTADOS

Através dos cálculos feitos para diferentes quilometragens diárias rodadas por motoristas parceiros de aplicativos em São Paulo, foi possível concluir que é possível atualmente fazer o uso da tecnologia fotovoltaica para carregamento de um veículo elétrico do tipo BEV.

Para o cenário analisado de 100 km e para uma produção diária média necessária de 4,843 kWp, é viável a instalação de uma estrutura *Carport*, pois são apenas necessários 12 painéis solares, sendo razoavelmente possível. Porém, para as quilometragens de 200 km e 322 km, para carregamento de 9,686 e 15,609 kWp respectivos, acaba se tornando um projeto inviável devido a grande quantidade de módulos solares necessários para atender a demanda.

Em relação ao investimento inicial necessário, pode ser comparada para as três diferentes quilometragens o custo final na Tabela 10 (valores para janeiro de 2022).

Tabela 10 - Custo Inicial Necessário para Cada Quilometragem.

	Investimento Inicial		
	100 km	200 km	322 km
Arrizo 5e	R\$ 159.900,00	R\$ 159.900,00	R\$ 159.900,00
Kit Solar	R\$ 19.857,20	R\$ 40.870,74	R\$ 71.658,07
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 179.757,20</b>	<b>R\$ 200.770,74</b>	<b>R\$ 231.558,07</b>

Fonte: Autoria Própria.

Portanto, com relação ao investimento necessário, tanto do carro elétrico, quanto dos kits solares, nota-se que mesmo para a menor quilometragem, o custo inicial que um motorista teria que investir é alto, e na maioria dos casos não são acessíveis ao público.

## 6 CONCLUSÃO

Com base nos estudos e revisões bibliográficas realizadas para produzir este trabalho, foi possível um melhor entendimento da tecnologia fotovoltaica, os carros elétricos e sobre a tecnologia *Carport*.

A realização de um breve diagnóstico do contexto nacional e mundial dos módulos fotovoltaicos, ajudou a ampliar o conhecimento do quão vasto são as aplicações do mesmo para geração de energia elétrica. Desde projetos menores, como o desenvolvimento de um carro elétrico autônomo com painel solar instalado no teto, até a participação em sistemas de fornecimento energético de grandes países, como China e Estados Unidos.

Os carros elétricos possuem um futuro promissor, devido a sua proposta de substituir os movidos a combustão, eliminando a emissão de gases poluentes ao ar atmosférico. O entendimento mais aprofundado dos veículos elétricos do tipo BEV, permitiu o conhecimento das suas inovações, como o aproveitamento do sistema de frenagem, assim como os desafios a serem superados para que se tornem mais acessíveis futuramente.

O dimensionamento de um estacionamento com a tecnologia *Carport* para diferentes cenários, ajudou a entender o panorama atual do uso da tecnologia fotovoltaica para carregamento de carros elétricos do tipo BEV. Através dos cálculos, compreendeu-se que para determinadas distâncias percorridas diariamente, a tecnologia atual demandaria muitos módulos solares, dificultando a viabilidade do projeto. Desse modo, foi diagnosticado que já é possível a utilização dessa relação, porém ainda impraticável no Brasil devido ao alto custo de investimento inicial e demora no tempo de carregamento da bateria do veículo. Mesmo assim, vê-se promissora o aproveitamento de espaços para acomodar painéis solares para carregar os carros elétricos futuramente.

A realização deste trabalho abre horizontes para mais pesquisas e estudos a respeito da aplicação de painéis solares para carregamento de veículos elétricos, como por exemplo o dimensionamento de um sistema *off grid*, que demandaria baterias para armazenar a energia elétrica.

Por fim, conclui-se que a tecnologia fotovoltaica e os veículos elétricos ainda têm muito espaço para crescimento, principalmente em um horizonte mundial que busca fontes de energia limpas e renováveis.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **REN 482**: informação e documentação: referências: elaboração. Brasília: ANEEL, 2012.

BRITISH BROADCASTING CORPORATION (BBC). **As impressionantes fazendas solares da China que estão transformando a geração de energia mundial**. São Paulo: BBC, 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/vert-fut-45766319>. Acesso em: 10 nov. 2021.

de CASTRO, B. H. R.; FERREIRA, T. T. Veículos elétricos: aspectos básicos, perspectivas e oportunidades. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 32, 2010. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1764>. Acesso em: 15 out. 2021.

CAOA CHERY. **Arrizo 5e**. São Paulo: CAOACHERY, [2020]. Disponível em: <https://caoachery.com.br/arrizo5e>. Acesso em: 10 jan. 2022.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO (CRESESB). **Potencial solar**. Rio de Janeiro: CRESESB, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acesso em: 21 out. 2021.

CAVALI F. V.; de SOUZA T. M. Estudo sobre tecnologias em veículos elétricos: um review. **Revista Sodebras**, Maceió, v. 15, n. 169, p.155 - 162, 2019. Disponível em: <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N169.pdf>. Acesso em: 15 out. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2021**. Brasília: EPE, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanco Energético Nacional 2021 - Relatório Síntese**. Brasília: EPE, 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2021\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_S%C3%ADntese_2021_PT.pdf). Acesso em: 15 nov. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano Decenal de Energia 2021**. Brasília: EPE, 2012. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-50/topico-87/Relat%C3%B3rio%20Final%20do%20PDE%202021.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília: EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-563/Relatorio%20Final%20do%20PNE%202050.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

FERREIRA A. *et. al.* Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Palotina, v. 81, p. 181–191, 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117310389?via%3Dihub>. Acesso em: 15 out. 2021.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Future of Solar Photovoltaic**. Abu Dhabi: IRENA, 2019. Disponível em: [https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA\\_Future\\_of\\_Solar\\_PV\\_2019.pdf](https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Nov/IRENA_Future_of_Solar_PV_2019.pdf). Acesso em: 28 set. 2021.

KABIR E. *et al.* Solar energy: Potential and future prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Bangladesh, v. 82, p. 894-900, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117313485>. Acesso em: 15 out. 2021.

MALEK, A.; TACCANI, R. Long-term test of an electric vehicle charged from a photovoltaic carport. **The Archives of Automotive Engineering**, Lublin, v. 86, n. 4, p. 55-63, 2019. Disponível em: <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-cf3acc2e-53c3-478f-ba6d-2b252e9c096e>. Acesso em: 15 out. 2021.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Programa Nacional de universalização do acesso e uso da energia elétrica**. Brasília: MME, 2017. Disponível em: [https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Manual\\_PLPT\\_Revisao\\_1\\_Portaria\\_209.pdf](https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Manual_PLPT_Revisao_1_Portaria_209.pdf). Acesso em: 24 nov. 2021.

NEOCHARGE. **Conheça os tipos de carros elétricos**. São Paulo: NEOCHARGE, [2021]. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/tipos-veiculos-eletricos>. Acesso em: 25 nov. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NEWS (ONU News). **Vendas de carros elétricos na Europa já representam 10% da cota de mercado**. São Paulo: ONU News, 2021. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2021/11/1770352>. Acesso em: 25 nov. 2021.

PEREIRA, M. G. *et al.* The renewable energy market in Brazil: current status and potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 6, p. 3786-3802, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032112002079?via%3Dihub>. Acesso em: 15 out. 2021.

VILLALVA, M. G. **Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2020.

WORLD WILDLIFE FUND (WWF). **Acesso à Energia com Fontes Renováveis em Regiões Remotas do Brasil**. Amazonas: WWF, 2020. Disponível em: [https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/21abr20\\_avaliacao\\_de\\_impactos\\_pt\\_1.pdf](https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/21abr20_avaliacao_de_impactos_pt_1.pdf). Acesso em: 29 nov. 2021.