

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**ANA PAULA TIEMI COSTA HAMASAKI**

**LEONARDO KEITI SAKAGUCHI**

**MATHEUS DE TOFFOL DA LUZ**

**MODAL DE TRANSPORTE VERDE INTERSEDES DA UTFPR-CT**

**CURITIBA  
2022**

**ANA PAULA TIEMI COSTA HAMASAKI  
LEONARDO KEITI SAKAGUCHI  
MATHEUS DE TOFFOL DA LUZ**

**MODAL DE TRANSPORTE VERDE INTERSEDES DA UTFPR-CT**

**Green Transport Modal Between UTFPR-CT Headquarters**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Eloi Rufato Junior

Coorientador: Profa. Dra. Andréa Lúcia Costa

**CURITIBA  
2022**



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**ANA PAULA TIEMI COSTA HAMASAKI  
LEONARDO KEITI SAKAGUCHI  
MATHEUS DE TOFFOL DA LUZ**

**MODAL DE TRANSPORTE VERDE INTERSEDES DA UTFPR-CT**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 14 de Junho de 2022

---

Andréa Lúcia Costa  
Professora Doutora  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Jair Urbanetz Junior  
Professor Doutor  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Ubirajara Zoccoli  
Professor Mestre  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**CURITIBA  
2022**

## **AGRADECIMENTOS**

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de nossas vidas. Portanto, desde já pedimos desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte de nosso pensamento e de nossa gratidão.

Agradecemos ao nosso orientador Prof. Dr. Eloi Rufato Junior, e a nossa coorientadora Profa. Dra. Andrea Lúcia Costa, pela sabedoria com que nos guiou nesta trajetória. Também agradecemos ao professor Ubirajara Zoccoli, professor do curso de extensão sobre Energia Solar Fotovoltaica, e ao professor Jair Urbanetz Júnior, doutor na área de Fotovoltaica, pelas contribuições ao texto.

Agradecemos aos nossos colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaríamos de deixar registrado também, o nosso reconhecimento à família, pois acreditamos que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

## RESUMO

Tendo em vista a preocupação com emissão de gases poluentes, este trabalho apresenta o estudo de viabilidade para a substituição do ônibus movido a diesel, atualmente utilizado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Curitiba, por um ônibus 100% elétrico, para fazer o transporte intersedes de alunos e servidores. Além da substituição do veículo atualmente utilizado, o estudo abrange a alocação de um sistema fotovoltaico para carregamento das baterias do ônibus elétrico de forma autossuficiente e limpa, de modo a reduzir o consumo de energia não renovável. O trabalho é dividido em duas partes: estudo de viabilidade técnica, no qual apresentam-se os dados e especificações do sistema composto pelo ônibus, estação de recarga e sistema de geração fotovoltaica, e o estudo de viabilidade econômica, mostrando os resultados econômico-financeiros para a execução deste projeto. Levando em consideração o cenário no ano de 2022, o estudo de viabilidade econômica apresentou-se mais satisfatório do que o esperado no início do desenvolvimento do projeto em 2020. Os resultados demonstraram que o projeto é viável e o retorno do investimento ocorrerá em um tempo inferior à 10 anos, além de propiciar os benefícios ao meio ambiente descritos no trabalho.

Palavras chave: Ônibus elétrico. Sistema fotovoltaico. Sustentabilidade. Viabilidade econômica.

## **ABSTRACT**

In view of the concern with the emission of polluting gases, this work presents the feasibility study for the replacement of the diesel-powered bus, currently used by the Federal Technological University of Paraná, Curitiba campus, for a 100% electric bus, to make the student and staff transport intersessions. In addition to replacing the vehicle currently used, the study covers the allocation of a photovoltaic system to charge the electric bus batteries in a self-sufficient and clean way, in order to reduce the consumption of non-renewable energy. The work is divided into two parts: a technical feasibility study, in which the data and specifications of the system consisting of the bus, charging station and photovoltaic generation system are presented, and the economic feasibility study, showing the economic and financial results for the execution of this project. Considering the scenario in 2022, the economic feasibility study was more satisfactory than expected at the beginning of the project development in 2021. The results showed that the project is viable, the return on investment will occur in a time less than 10 years, in addition to providing the benefits to the environment described in the work.

**Key Words:** Electric bus. Photovoltaic system. Sustainability. Economic viability

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Energia Solar Térmica .....	18
Figura 2 - Energia Solar Heliotérmica .....	19
Figura 3 - Crescimento Global da Energia Fotovoltaica .....	20
Figura 4 - Mapa de Radiação Solar no Brasil .....	22
Figura 5 - Composição de um Módulo Fotovoltaico .....	24
Figura 6 – Módulo Fotovoltaico de Silício Monocristalino .....	25
Figura 7 - Módulo Fotovoltaico de Silício Policristalino .....	25
Figura 8 - Configuração do Sistema Off Grid .....	27
Figura 9 - Configuração do Sistema On Grid .....	28
Figura 10 - Configuração do Sistema Híbrido .....	29
Figura 11 - Conectores para Carro Elétrico.....	32
Figura 12 - Módulos Solares Fotovoltaicos 450W - OSDA - ODA450-36-MH .....	35
Figura 13 - Inversor Solar Fotovoltaico On Grid inversor Mid 20kW trifásico 220V 4mppt .....	36
Figura 14 - Estação de Recarga WEG Wemob Parking G2.....	38
Figura 15 - Ônibus Volare Access-e 100% Elétrico.....	40
Figura 16 - Rota Intersedes.....	41
Figura 17 - Produtividade UTFPR-CT .....	44
Figura 18 - Módulos Fotovoltaicos Bloco C e D – UTFPR-CT.....	45
Gráfico 1 - Cálculo do <i>payback</i> simples .....	49
Figura 19 -Etapas do PEE.....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros elétricos Painel OSDA ODA450-36-MH.....	35
Tabela 2 - Parâmetros elétricos do Inversor Growatt.....	37
Tabela 3 - Quantidade de poluentes produzido por ônibus movido a diesel .....	42
Tabela 4 - Investimento inicial para implementação do modal de transporte verde ..	47
Tabela 5 - Gastos com o ônibus a combustão .....	48
Tabela 6 - Cálculo do payback simples.....	49
Tabela 7 - TIR, TMA, VPL .....	50
Tabela 8 - Payback descontado .....	50



## LISTA DE SIGLAS

A	Ampère
AH	Ampère Hora
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
<i>BEV</i>	<i>Battery Electric Vehicle</i>
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CDI	Certificado de Depósito Interbancário
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
<i>EV</i>	<i>Electric Vehicle</i>
GEE	Gases do Efeito Estufa
<i>HEV</i>	<i>Hybrid Electric Vehicle</i>
<i>IEA</i>	<i>International Energy Agency</i>
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
KG	Quilograma
KM	Quilômetro
KW	Quilowatt
KWH	Quilowatt-Hora
<i>LCD</i>	<i>Liquid Cristal Display</i>
M <sup>2</sup>	Metro Quadrado
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NM	Newton Metro
NTC	Norma Técnica Copel
<i>ON GRID</i>	Na Rede

<i>OFF GRID</i>	Fora da Rede
<i>PHEV</i>	<i>Plug-in Hybrid Electric Vehicle</i>
PEE	Programa de Eficiência Energética
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TIR	Taxa Interna de Retorno
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
V	Volt
VPL	Valor Presente Líquido
W	Watt

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1 Tema</b> .....	<b>12</b>
1.1.1 <i>Delimitação do Tema</i> .....	12
<b>1.2 Problemas e Premissas</b> .....	<b>13</b>
<b>1.3 Objetivos</b> .....	<b>14</b>
1.3.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	14
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	14
<b>1.4 Justificativa</b> .....	<b>14</b>
1.4.1 <i>Procedimentos Metodológicos</i> .....	15
<b>1.5 Estrutura do Trabalho</b> .....	<b>16</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 Energia Solar</b> .....	<b>17</b>
2.1.1 <i>Energia Solar Térmica</i> .....	18
2.1.2 <i>Energia Solar Heliotérmica</i> .....	18
2.1.3 <i>Energia Solar Fotovoltaica</i> .....	19
<b>2.2 Captação de Energia Solar</b> .....	<b>21</b>
<b>2.3 Células Fotovoltaicas</b> .....	<b>23</b>
<b>2.4 Módulos Fotovoltaicos</b> .....	<b>23</b>
<b>2.5 Sistema Fotovoltaico</b> .....	<b>26</b>
<b>2.6 Veículo Elétrico</b> .....	<b>29</b>
<b>2.7 Estações de Recarga para Veículos Elétricos</b> .....	<b>31</b>
<b>3 - ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO, DAS ESTAÇÕES DE CARREGAMENTO, DO VEÍCULO ELÉTRICO E ESTUDO DA DIMINUIÇÃO DA EMISSÃO DE GASES</b> .....	<b>34</b>
<b>3.1 Introdução</b> .....	<b>34</b>
<b>3.2 Especificação do Sistema Fotovoltaico</b> .....	<b>34</b>
<b>3.3 Especificação das Estações de Carregamento</b> .....	<b>37</b>
<b>3.4 Especificação do Veículo Elétrico</b> .....	<b>39</b>
<b>3.5 Estudo da diminuição da emissão de gases e resíduos</b> .....	<b>40</b>
<b>3.6 Considerações</b> .....	<b>42</b>
<b>4 - VIABILIDADES TÉCNICAS E ECONÔMICAS</b> .....	<b>43</b>
<b>4.1 Introdução</b> .....	<b>43</b>
<b>4.2. Viabilidade Técnica</b> .....	<b>43</b>
<b>4.3. Viabilidade Econômica</b> .....	<b>47</b>
<b>4.4 Considerações</b> .....	<b>51</b>
<b>5 - ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b> .....	<b>52</b>
<b>6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>55</b>
<b>6.1 Conclusões</b> .....	<b>55</b>
<b>6.2 Recomendações para Trabalhos Futuros</b> .....	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>57</b>

<b>ANEXO A – DATASHEET MÓDULO .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO B – DATASHEET INVERSOR .....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO C – DATASHEET ESTAÇÃO DE RECARGA.....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE A – PROJETO INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA.....</b>	<b>73</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Tema

O transporte utilizando ônibus surgiu em 1826, na França. Após a Primeira Guerra Mundial, no início da década de 1920, surgiram novas tecnologias, como por exemplo os motores a diesel (AUTOMOTIVE BUSINESS, 2014). Ao longo dos anos, este meio de transporte passou por diversas alterações e aperfeiçoamentos, assegurando sua consolidação como modal de transporte público vigente.

Com a popularização dos ônibus para o transporte público, uma nova reflexão começou a ter peso: a interferência do tipo de combustível utilizado. A maioria dos ônibus atuais são movidos a diesel, indicado para veículos mais pesados, porém a utilização desse combustível gera emissões de gases poluentes maiores quando comparados a outras fontes de energia.

Com a atual preocupação em relação ao meio ambiente, surgiram diversos estudos visando encontrar formas de reduzir a utilização de mecanismos que contribuem significativamente para a poluição da atmosfera terrestre.

Muitos estudos têm sido realizados a respeito de alternativas ecológicas para minimizar a poluição ambiental mantendo a mobilidade urbana. Segundo eles, modelos de ônibus movidos a biodiesel, eletricidade ou hidrogênio são capazes de reduzir drasticamente a emissão de gases poluentes na atmosfera, reduzindo também o consumo de combustíveis fósseis e diminuindo a emissão de ruídos.

### 1.1.1 Delimitação do Tema

Esse trabalho irá realizar o estudo da viabilidade técnica e econômica da instalação de módulos fotovoltaicos que possam ser a fonte de energia para uma estação de recarga autossuficiente.

O estudo é direcionado para a possível e futura implantação de um veículo elétrico do tipo micro-ônibus “verde” para transporte intersedes dos estudantes e servidores da UTFPR-CT, visando fazer uma previsão da redução da emissão de gases poluentes e resíduos, além de estimar o tempo de retorno do investimento, desenvolvendo uma alternativa de transporte ecológico.

## 1.2 Problemas e Premissas

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) considera que qualquer tipo de meio de transporte automobilístico gera impacto. A poluição causada não é somente dos combustíveis em contato com a atmosfera, mas também os resíduos deixados nos locais de concentração como rodovias, portos e aeroportos por utilitários dos meios de transporte (IGUI ECOLOGIA, 2019).

O iGUi mostra um estudo realizado pelo Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir), no qual os principais resíduos e os que mais oferecem riscos ao meio ambiente são causados pelo transporte, manuseio e uso inadequado de produtos considerados perigosos e nocivos ao meio ambiente e à saúde humana.

Em relação ao serviço de transporte terrestre, a emissão de poluentes atmosféricos pelos veículos é um dos principais resíduos gerados, ainda mais pelo fato de existir uma grande quantidade de veículos antigos, sem filtros ou catalisadores, causando assim uma emissão ainda mais expressiva de gases poluentes na atmosfera. Além disso, um estudo realizado pelo MMA e pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), alerta sobre a existência de cerca de 9 milhões de carros e 400 mil caminhões sucateados pelo país (IGUI ECOLOGIA, 2019). Todo este material em deterioração pode contaminar o solo e o lençol freático, contribuindo com a proliferação de doenças. Sem contar o descarte de resíduos feitos pelas pessoas de maneira inadequada ao longo dos seus deslocamentos.

Para minimizar esses impactos ambientais, torna-se necessário um gerenciamento efetivo dos resíduos, tanto por parte de órgãos governamentais, como por parte da população. O objetivo é buscar sensibilizar as pessoas que utilizam veículos de transporte alimentados à combustíveis poluentes, como é o caso dos carros, ônibus, caminhões e motos, comumente movidos à diesel e gasolina.

Uma maneira de diminuir esse impacto é se espelhar em cidades de diversos países que estão buscando a aplicação e o desenvolvimento de novas formas de transporte para a população, investindo em formas de planejamento urbano eficientes e modelos de transportes verdes, não poluentes, meios de transporte coletivos de baixa ou nenhuma emissão, calçadas regulares e seguras que promovam a

locomoção a pé, dentre muitas outras soluções que não emitem poluentes ou reduzem sua emissão.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica da implementação de um sistema de transporte elétrico intersedes para a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Curitiba, incluindo sua estação de carregamento e a fonte de geração de energia fotovoltaica.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- a) Estudar sobre a geração de energia solar fotovoltaica de modo a ter embasamento teórico para o projeto do sistema fotovoltaico;
- b) Pesquisar sobre os veículos elétricos e estações de carregamento;
- c) Especificar o ônibus elétrico que poderia ser utilizado;
- d) Realizar o estudo, especificação e projeto da implantação de módulos fotovoltaicos para as estações de recargas, a fim de torná-las autossuficientes;
- e) Calcular uma previsão da redução da emissão de gases poluentes e resíduos, com a implantação da linha de transporte elétrico entre as sedes do campus Curitiba;
- f) Fazer um estudo da viabilidade técnica e viabilidade econômica para a implantação do projeto, assim como o tempo de retorno do investimento;
- g) Analisar e apresentar as conclusões do trabalho.

### **1.4 Justificativa**

A emissão de gases poluentes devido ao aumento da utilização de combustíveis fósseis, como carvão, gás natural e derivados do petróleo, cresceu significativamente desde a Primeira Revolução Industrial, iniciada na Inglaterra do século XVIII. A queima de combustíveis fósseis, como carvão mineral, petróleo e gás natural, é a principal

geradora do dióxido de carbono, também conhecido por CO<sub>2</sub> ou gás carbônico, responsável por contribuir com cerca de 60% do aquecimento global (CETESB, 2021). Desde então, a utilização de meios que possam reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera torna-se mais que necessária.

Os veículos elétricos têm ganhado cada vez mais espaço no mercado mundial, as vendas cresceram 140% no primeiro trimestre de 2021 (EXAME, 2021). A criação de postos de recarga para estes veículos já é uma realidade em muitos lugares, inclusive no Brasil. O Paraná é um exemplo, com suas 12 estações de recarga instaladas pela Copel na BR-277, entre Paranaguá e Foz do Iguaçu, sendo a maior eletrovia do país (COPEL, 2019).

Diante das possibilidades que surgem para a utilização dos veículos elétricos, faz-se necessário elaborar projetos que possam inserir essas novas tecnologias nas instituições públicas, como é o caso das universidades federais.

A introdução de uma linha de transporte elétrica com posto de carregamento autossuficiente, além de promover os cuidados do meio ambiente, diminuindo a emissão de gases poluentes com o veículo elétrico, apresenta também um aumento na eficiência energética por meio dos painéis fotovoltaicos no posto de carregamento.

#### 1.4.1 Procedimentos Metodológicos

Inicialmente foram realizados estudos bibliográficos sobre tecnologias “verdes”, como a fotovoltaica, em livros, artigos, teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso (TCC) e demais fontes que puderam contribuir com o estudo a fim de desenvolver um projeto que atendesse os objetivos do TCC.

Foram estudadas as possibilidades de geração de energia fotovoltaica dentro do ambiente da UTFPR analisando as instalações já existentes e as possibilidades para ampliações e para futuras instalações.

Foi realizada análise de mercado em todos os modelos disponíveis para a implementação do ônibus elétrico e seus pontos de recarga e captação de energia.

Após a especificação do ônibus elétrico, da estação de recarga e da instalação fotovoltaica para alimentar a estação de recarga, foi feita uma análise da viabilidade econômica deste projeto.



## 1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho de conclusão de curso deverá seguir a seguinte estrutura:

O capítulo 1 aborda o tema de forma ampla visando contextualizar o projeto e justificar sua necessidade para aplicações comerciais e educacionais.

No capítulo 2 é apresentado o referencial teórico do veículo elétrico, o estudo, pesquisa e embasamento teórico sobre o veículo elétrico, estações de carregamento e do sistema fotovoltaico como um todo.

O capítulo 3 apresenta a especificação de veículo elétrico, considerando os modelos disponíveis a serem utilizados na implementação do projeto, bem como suas características e especificações técnicas.

No capítulo 3 também é analisada a especificação dos modelos disponíveis no mercado assim como a viabilidade de painéis fotovoltaicos para o fornecimento de energia afim de atender a estação de recarga.

Ainda no capítulo 3 é mostrado o estudo e pesquisa a respeito da diminuição da emissão de gases poluentes e resíduos produzidos com a utilização do ônibus elétrico em substituição do ônibus à diesel atualmente disponível na UTFPR-CT.

No capítulo 4 são descritas a teoria e os conceitos pesquisados e estudados em relação a viabilidade técnica e econômica da implantação do projeto, assim como o cálculo dos indicadores de: *Payback*, Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

O capítulo 5 é destinado a especificação do sistema e modelo de eficiência energética conforme as normativas da ANEEL de eficiência energética e aos procedimentos da concessionária local do Paraná, a COPEL, com o objetivo da proposição do projeto para o programa de eficiência energética da concessionária de energia.

Por fim, o capítulo 6 é destinado para a apresentação do desfecho do projeto, bem como a análise e conclusão após o fim de todo o ciclo de desenvolvimento e feedbacks para trabalhos futuros.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Existe a necessidade crescente da utilização de fontes de energia renováveis, há cada vez mais estudos e implementações de tecnologias neste sentido, sendo este um dos assuntos mais relevantes da atualidade, pois visa a proteção ambiental (MORITA, 2018).

Com o objetivo de aumentar o aproveitamento da energia solar, pesquisadores como Geoff Macy, astrônomo da Universidade da Califórnia, se dedicam a estudos relacionados ao tema, visto que o Sol é uma fonte de energia que poderia servir às civilizações futuras por ser uma fonte inesgotável (GALAN, 2016).

Deve-se lembrar que a demanda energética do mundo está sempre aumentando, e que os combustíveis fósseis, ou seja, a principal matriz energética utilizada atualmente, é finita e poluente (GALAN, 2016).

Uma alternativa que se expande a cada dia, e que visa minimizar os impactos ambientais é o transporte verde. Para a implementação de um transporte renovável, movido a energia elétrica, é importante compreender os princípios da geração da energia. Além disso, deve-se compreender sua eficácia e, conseqüentemente, analisar os aspectos positivos e negativos, em comparação ao meio de transporte utilizado normalmente.

### **2.1 Energia Solar**

A energia solar é uma forma de energia renovável, sustentável e limpa, transformada a partir de luz solar ou calor do sol. Essa energia é considerada uma das melhores alternativas no Brasil, já que o desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos é viável em praticamente todo o território nacional (MORITA, 2018).

A captação ocorre quando a energia do sol é convertida em eletricidade ou utilizada para aquecer o ar, água ou outros líquidos. O potencial da energia solar é tão grande que se estima que se toda a energia solar fosse aproveitada seria suficiente para gerar mais de 1800 vezes a quantidade de energia consumida no mundo (UDOP, 2021).

Os principais tipos de energia solar são listados a seguir.

### 2.1.1 Energia Solar Térmica

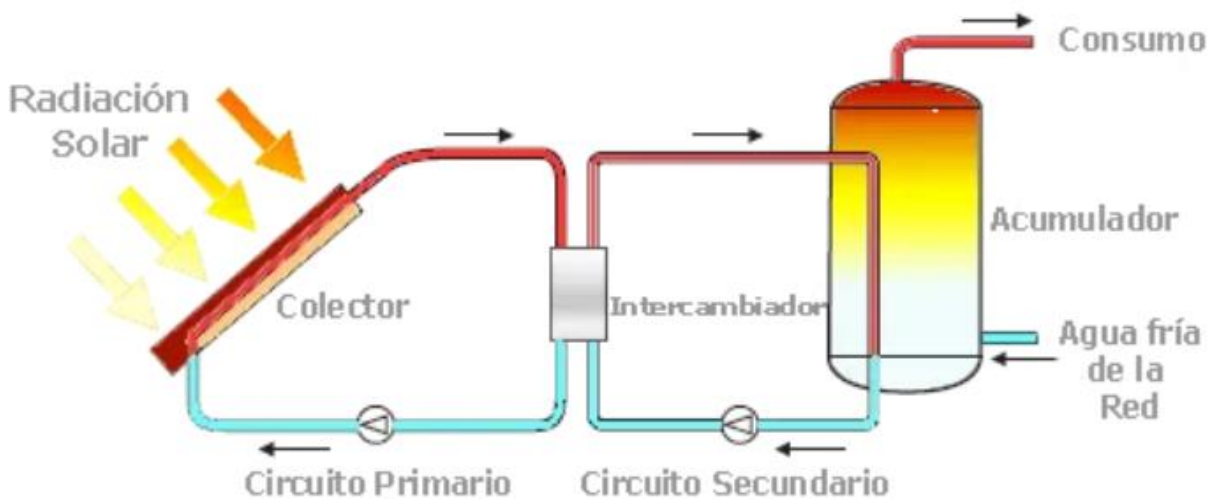
A energia solar térmica é uma forma de energia alternativa e uma tecnologia de aproveitamento da energia solar para gerar energia térmica, que pode ser utilizada para o aquecimento de água ou secagem de produtos, ou utilizada na geração de energia elétrica que pode ser utilizada na indústria e nas residências.

A primeira instalação de equipamentos de energia solar térmica ocorreu no deserto do Saara, aproximadamente no ano de 1910, quando um motor foi alimentado pelo vapor gerado através do aquecimento de água por meio da luz solar (PORTAL SOLAR, 2016).

Para realizar a captação de energia solar térmica, são utilizados painéis que concentram a irradiação solar incidente, fazendo com que a mesma aqueça um fluido específico, como ar, água ou óleo térmico. A energia acumulada nos painéis pode ser utilizada na forma de calor, ou utilizar este calor pode ser utilizado para gerar energia elétrica (PEREIRA, 2010).

A Figura 1 apresenta um sistema que utiliza a energia solar térmica.

**Figura 1 - Energia Solar Térmica**



Fonte: Solar Energia (2011)

### 2.1.2 Energia Solar Heliotérmica

A energia solar heliotérmica é uma outra forma de utilizar o calor da energia solar para gerar energia elétrica. Na maioria das vezes são utilizados concentradores para focar a energia em um ponto específico. A captação pode ocorrer através de espelhos,

por exemplo, que concentram a radiação no topo de uma torre e aquece um líquido armazenado dentro de um recipiente, conforme mostrado na Figura 2. A geração de energia elétrica ocorre quando o vapor gerado é utilizado para alimentar uma turbina elétrica (PORTAL SOLAR, 2016).

**Figura 2 - Energia Solar Heliotérmica**



Fonte: *Planet smart city* (2019)

A principal diferença entre a energia solar heliotérmica e a energia solar fotovoltaica, apresentada no tópico 2.1.3, é a forma de utilização. A utilização indireta (heliotérmica) consiste na captação da irradiação solar para gerar calor e produzir vapor d'água, para que este gire uma turbina e produza energia. Enquanto a utilização direta (fotovoltaica) a irradiação solar é utilizada diretamente para produção de energia elétrica através dos painéis fotovoltaicos (CARVALHO, 2016).

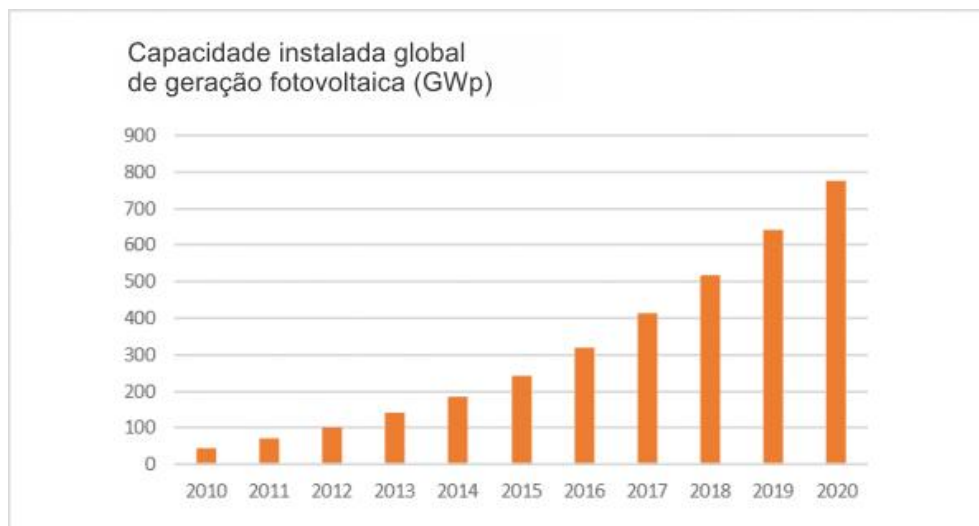
### 2.1.3 Energia Solar Fotovoltaica

A energia fotovoltaica é a fonte de energia limpa que mais cresce mundialmente. A luz solar pode ser diretamente convertida em energia elétrica com o auxílio de materiais semicondutores que transformam a energia solar em corrente elétrica CC e de inversores que convertem a corrente CC em corrente CA. Esta fonte de energia existe há mais de 100 anos e é utilizada atualmente para gerar energia elétrica para milhares de residências e indústrias (PORTAL SOLAR, 2016).

O Brasil foi o nono maior produtor de energia solar fotovoltaica no ano de 2020, com aproximadamente 3.153 MW de potência adicionada ao sistema. China, Estados Unidos, Vietnã, Japão e Alemanha foram os países que mais geraram energia neste período. O Brasil já esteve em décimo lugar, em 2017, e em décimo segundo lugar, em 2019, com relação aos maiores geradores da energia fotovoltaica (G1, 2021).

A capacidade instalada de geração de energia é obtida pelo somatório das potências instaladas, concedidas ou autorizadas, das usinas de energia elétrica operantes (ANEEL, 2000). A Figura 3 mostra o constante crescimento da capacidade instalada, acompanhado da projeção dessa capacidade.

**Figura 3 - Crescimento Global da Energia Fotovoltaica**



**Fonte: IHS Markit (2019)**

Para a utilização da radiação e geração de energia elétrica, as células fotovoltaicas precisam ser montadas dentro de um módulo fotovoltaico, que proporciona proteção e durabilidade. O painel fica conectado a outros semelhantes, formando um sistema solar fotovoltaico composto por: painéis solares, inversor solar, sistema de fixação dos módulos, cabeamentos, conectores e outros materiais elétricos padrões (ENERGY TRUE, 2021). A eficiência das células depende de fatores externos, como temperatura, irradiação e outras características da luz solar, podendo chegar a uma eficiência de até 23% (PORTAL ENERGIA, 2020).

## 2.2 Captação de Energia Solar

A captação de energia solar ocorre através da utilização dos painéis solares que recebem a luz do sol. A luz é convertida em energia através dos painéis fotovoltaicos, o inversor solar transforma a energia para o formato adequado, e a mesma é utilizada (PORTAL SOLAR, 2016).

A energia produzida é considerada uma fonte de energia alternativa, renovável, limpa e sustentável e a captação pode ser feita mesmo em dias nublados ou chuvosos. Porém quanto maior for a radiação solar nos módulos instaladas, maior será a quantidade de energia elétrica produzida (PORTAL SOLAR, 2016).

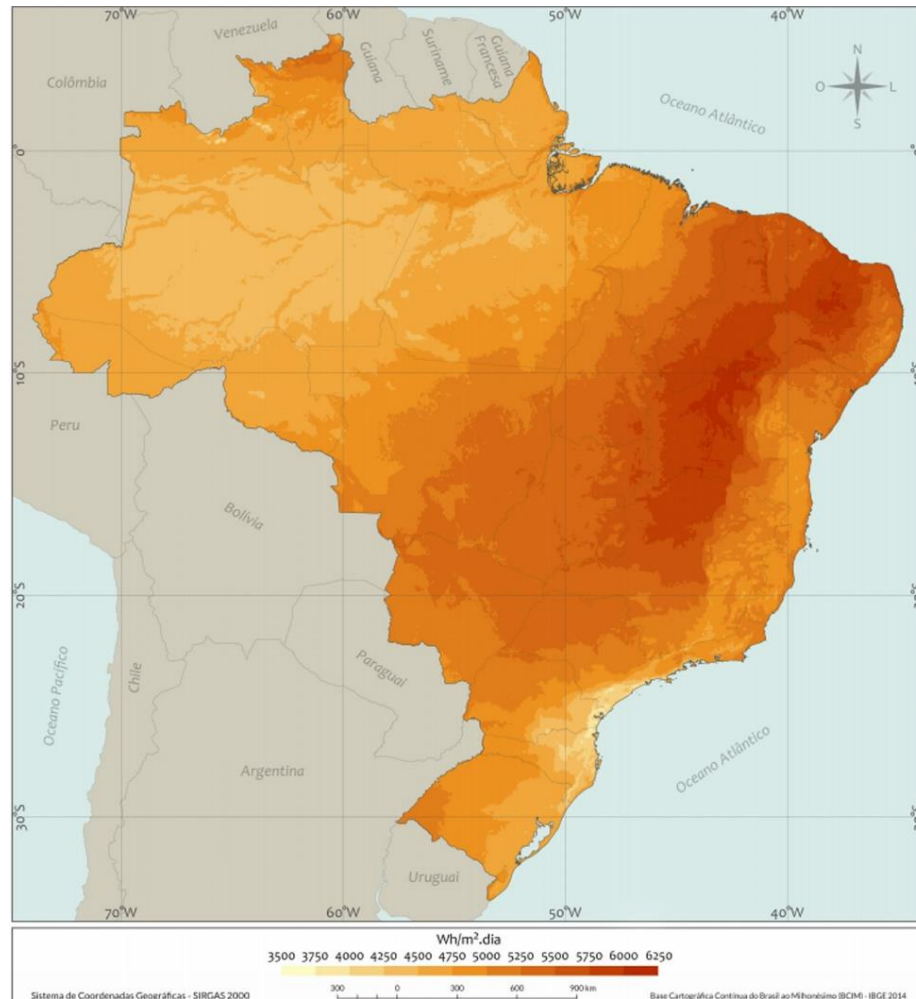
A luz solar, ao entrar em contato com a atmosfera, é irradiada em várias direções pelo espaço, atingindo a terra em uma velocidade muito rápida. A radiação solar possui derivadas, chamadas de irradiância solar, medida em  $W/m^2$ , e irradiação solar, medida em  $Wh/m^2$  (MORITA, 2018). A irradiância solar é usada como referência na avaliação do potencial de geração de um sistema de captação de energia e determina qual a quantidade de energia disponível em determinada localidade da Terra (PORTAL SOLAR, 2016).

A radiação solar pode ser dividida em direta, difusa e global, sendo a primeira a radiação que não sofre nenhum desvio ao entrar na atmosfera, a segunda aquela que sofre dispersão por moléculas, partículas, nuvens e objetos materiais, e a terceira a soma da radiação direta e difusa, sendo o total das radiações presentes na atmosfera (MORITA, 2018).

A quantidade de radiação que pode ser captada pelos módulos depende da irradiância solar do local, da área da superfície de captação, do tempo de exposição e da inclinação (PORTAL SOLAR, 2016). O INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, criou uma ferramenta que mostra informações sobre o potencial solar, contidas no Atlas Brasileiro de Energia Solar. As consultas se dão através de um mapa interativo, sendo disponibilizadas tabelas com os níveis de irradiação mensais para as 5.570 cidades brasileiras (INPE, 2019).

A Figura 4 representa o mapa de radiação solar no Brasil, que mostra na escala  $KWh/m^2/ano$ , quais regiões tendem a produzir maior quantidade de energia gerada através da luz do sol.

**Figura 4 - Mapa de Radiação Solar no Brasil**



**Fonte: Atlas Solar (2017)**

Existem também alguns instrumentos analógicos para medir a radiação solar em determinado local. Um exemplo é o piranômetro, que mede a radiação solar global sobre o plano horizontal, e pode ser fotovoltaico ou termoeletrico. O fotovoltaico fornece dados sobre a irradiação e irradiância solar usando um sensor fotovoltaico que converte a radiação solar em energia elétrica. O termoeletrico é composto por duas esferas de vidro que englobam uma termopilha e capturam a incidência de radiação através da diferença de temperatura criada entre as extremidades. As medições do piranômetro termoeletrico são mais precisas do que as do fotovoltaico, devido a maior sensibilidade espectral do primeiro (PENICHE; MELLO; PASS, 2016).

Outro instrumento de medição utilizado é o pireliômetro, que mede a irradiância direta com incidência normal à superfície na qual o instrumento está posicionado. Ele é composto por um sensor termoeletrico revestido por um tubo enegrecido,

responsável por bloquear a irradiância difusa, e um rastreador solar, que torna o sistema mais custoso.

### **2.3 Células Fotovoltaicas**

A célula solar converte a energia dos fótons em energia elétrica usando o silício que é o segundo material mais encontrado na crosta terrestre depois do oxigênio. Elas são compostas por silício purificado, selênio e outros componentes que são responsáveis pela absorção da radiação solar em uma faixa do espectro da radiação, uma parcela dessa energia é calor e a outra é energia elétrica (PORTAL SOLAR, 2016).

As células fotovoltaicas são formadas por pelo menos duas camadas de materiais semicondutores, um com carga positiva e o outro com carga negativa. Os materiais exibem propriedades que os fazem absorver fótons e liberar elétrons. Quando a camada negativa da célula tiver absorvido fótons suficientes, os elétrons são liberados, migrando para a camada positiva. Assim é criada uma diferença de potência entre as duas camadas como acontece em uma célula comum (PORTAL SOLAR, 2016).

As primeiras células fotovoltaicas comerciais foram fabricadas com semicondutores cristalinos, ou policristalinos de silício (Si) ou Arseneto de Gálio (GaAs) (primeira geração). Posteriormente foram desenvolvidas as células de matérias como silício amorfo hidrogenado (a-Si:H), telureto de cádmio (CdTe) e cobre-índio-gálio-selênio (CIS) (segunda geração), as quais tem a particularidade de serem flexíveis devido possuírem uma micro espessura, chamadas de células de filmes finos (UNICAMP, 2014).

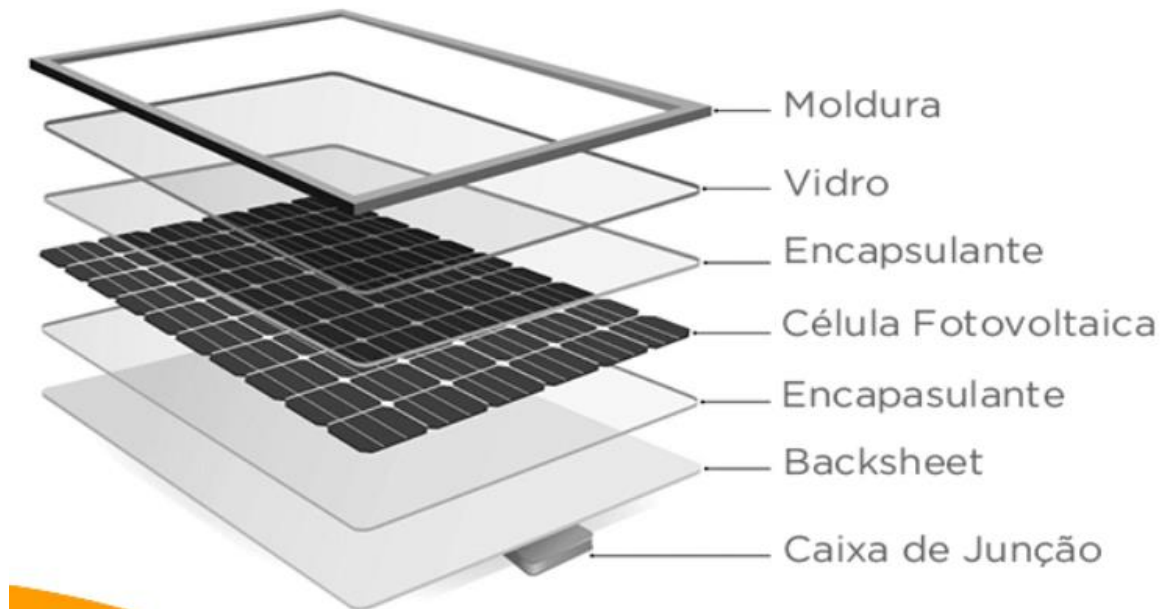
### **2.4 Módulos Fotovoltaicos**

Módulo fotovoltaico é composto por células fotovoltaicas que são fabricadas com materiais semicondutores como o silício. A concepção mais comum de painéis fotovoltaicos utiliza dois tipos diferentes de silício para a criação de cargas negativas e positivas. Para criar uma carga negativa, o silício é combinado com boro, e para carga positiva, o silício é combinado com o fósforo (PORTAL SOLAR, 2016).



A Figura 5 mostra a composição de um módulo, dividida em: moldura, vidro, encapsulante, célula fotovoltaica, caixa preta e caixa de junção.

**Figura 5 - Composição de um Módulo Fotovoltaico**



Fonte: Portal Solar (2016)

A geração da energia ocorre através dos fótons, ou seja, luz solar. Quando os fótons atingem as células fotovoltaicas, fazem com que alguns dos elétrons que circundam os átomos se desprendam, os elétrons livres migram através da corrente elétrica para a parte da célula de silício que está com ausência de elétrons, permanecendo um movimento constante (PORTAL SOLAR, 2016).

Existem vários tipos de painéis fotovoltaicos. Os módulos com melhor custo benefício são os que possuem alguma variação de silício, tais como o módulo fotovoltaico de silício monocristalino e silício policristalino, os quais se diferenciam pela pureza do silício, ou seja, quanto maior a pureza, maior a eficiência apresentada (MORITA, 2018).

O painel de silício monocristalino (mono-Si), demonstrado na Figura 6, é o que possui maior eficiência, variando de 15 a 22%, e ocupa menos espaço gerando a mesma energia, quando comparado aos outros dois tipos de módulos. A desvantagem se dá no preço do painel, já que cada célula possui apenas um cristal de silício, o que requer cuidados especiais na produção (MORITA, 2018).

**Figura 6 – Módulo Fotovoltaico de Silício Monocristalino**



**Fonte: Sistel Engenharia (2016)**

O painel de silício policristalino (p-Si), presente na Figura 7, possui eficiência intermediária, variando de 14 a 20% e possui vários cristais de silício em suas células (MORITA, 2018).

**Figura 7 - Módulo Fotovoltaico de Silício Policristalino**



**Fonte: Research Gate (2021)**

As universidades de Uppsala na Suécia, Newcastle na Inglaterra e Nápoles Federico II na Itália, em conjunto estão desenvolvendo um estudo para produção de módulos fotovoltaicos mais eficientes, com menos perdas e com melhor custo benefício do que os módulos comuns de silício (NEWCASTLE UNIVERSITY, 2021). O grupo de pesquisadores está desenvolvendo módulos de cobre dimérico, através de ligantes tetra dentados, substâncias que ligam quatro átomos doadores simultaneamente, isso ocasiona um transporte rápido de carga elétrica, e com uma perda calculada menor que 0,27 volts.

## 2.5 Sistema Fotovoltaico

O sistema fotovoltaico é um sistema de geração de energia alternativa que capta a radiação solar usando módulos fotovoltaicos. A radiação captada é transformada em energia elétrica através dos módulos.

Para que a energia seja consumida é necessário adequá-la ao padrão de uso de tensão e frequência, sendo utilizados para este fim os inversores. Segundo a NTC 905200 (Acesso de Micro e Minigeração Distribuída, 2021), o inversor é um componente que converte em corrente alternada a energia produzida em corrente contínua pela geração solar.

Quanto à conexão com a rede elétrica da concessionária, o sistema fotovoltaico pode ser classificado como *on grid*, *off grid* ou híbrido.

O sistema *off grid*, é o sistema isolado da rede elétrica ou autônomo, tendo sido mais comum no início da implantação dos sistemas fotovoltaicos pois não é conectado com a rede elétrica da concessionária. Apesar dos sistemas isolados serem uma importante alternativa em locais que não possuem acesso à rede, a maioria dos sistemas fotovoltaicos atualmente adere ao sistema *on grid* ou conectado à rede (GÜNTZEL, 2018). Atualmente, o sistema *off grid* é uma boa opção para instalações elétricas residenciais em áreas rurais ou locais de difícil acesso.

O funcionamento do sistema *off grid* utiliza um controlador de carga de bateria, responsável por carregar corretamente a bateria que armazena a energia elétrica para os momentos de ausência de luz solar, e fornecer energia ao inversor.

A Figura 8 mostra que até o ponto de entrada do inversor, a tensão é em corrente contínua (CC). O inversor é responsável por transformar em corrente alternada (CA),

para que a energia possa ser utilizada assim como a energia elétrica que vem da concessionária (PORTAL SOLAR, 2016). O controlador de carga é o dispositivo que conecta o módulo fotovoltaico e a bateria, evitando que a bateria seja sobrecarregada ou descarregada excessivamente (GÜNTZEL, 2018).

**Figura 8 - Configuração do Sistema Off Grid**



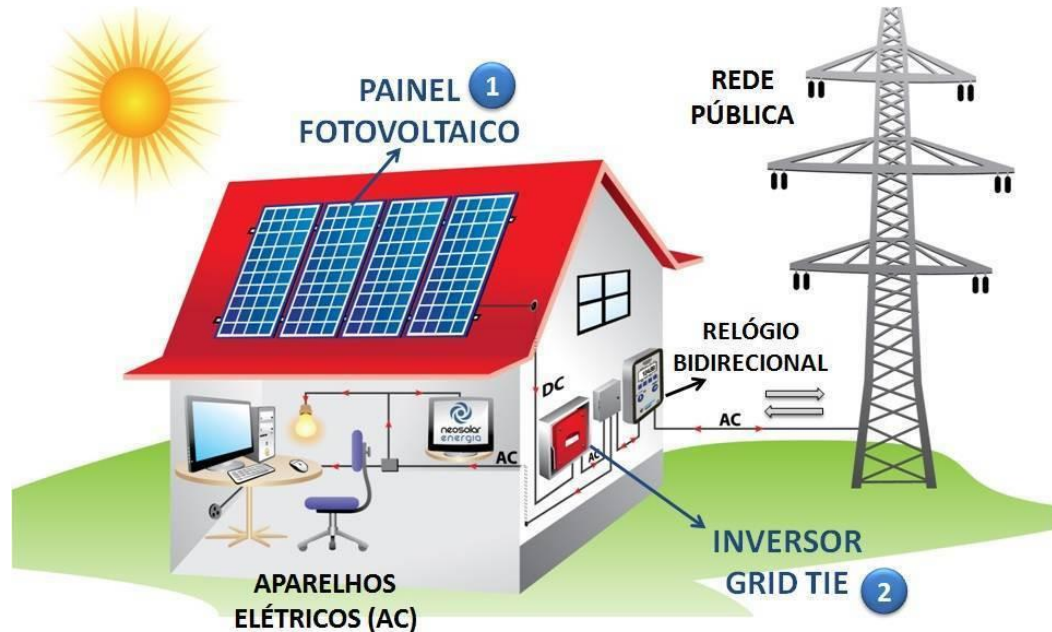
Fonte: Energy Solver (2017)

O sistema *on grid*, ou seja, em rede, é um sistema no qual a geração de energia solar e a rede elétrica trabalham interligadas. Esse sistema tem como principal característica a redução do consumo de energia da concessionária ou até de energia para esta, pois caso haja uma geração acima da solicitada pela carga, a energia excedente é injetada na rede de distribuição, fornecendo energia ao sistema elétrico conectado (GÜNTZEL, 2018).

Esse sistema começou a ser utilizado no Brasil a partir de 17 de abril de 2012, quando foi aprovada a resolução 482 da ANEEL, responsável por estabelecer as condições gerais para o acesso à distribuição de energia elétrica da microgeração e minigeração distribuída, além de falar sobre a compensação da energia elétrica (ANEEL, 2020). A Figura 9 mostra o esquemático do sistema *on grid* em uma residência, possuindo os seguintes componentes básicos: concessionária de energia

elétrica, medidor de energia bidirecional, quadro elétrico, inversor *on grid* e módulo fotovoltaico.

**Figura 9 - Configuração do Sistema On Grid**



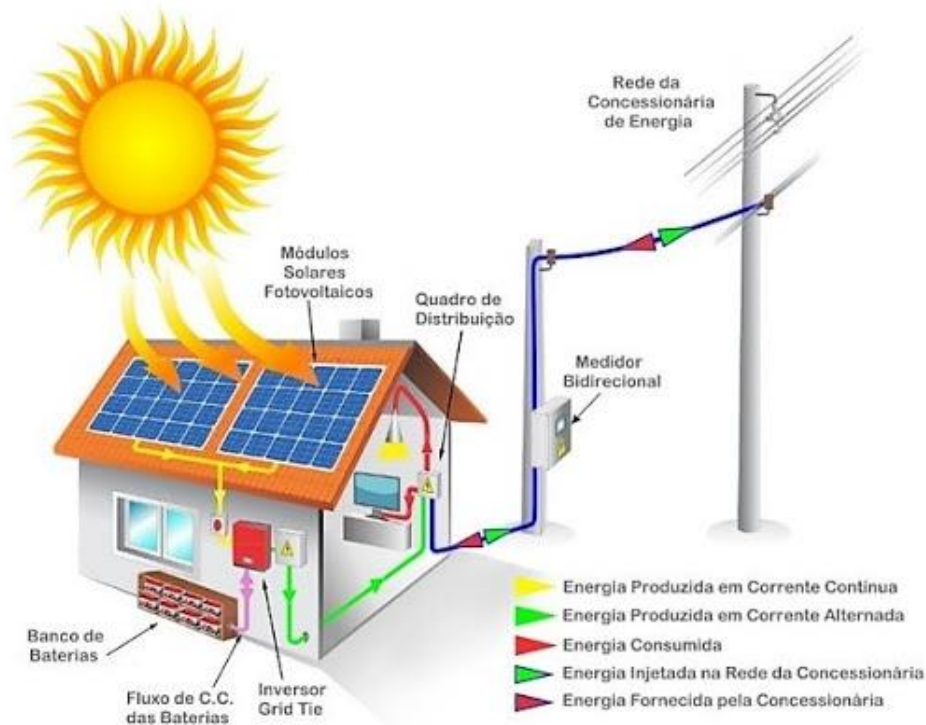
Fonte: Energy Solver (2017)

Como mostrado na Figura 9, o sistema *on grid* não necessita de uma forma de armazenamento da energia excedente, já que esta pode ser injetada na rede e servir como crédito em temporadas de baixa geração. Dessa forma, ocorre uma grande economia na conta de luz, que pode chegar a 85% de economia do valor total (MORITA, 2018).

A Figura 9 mostra que o módulo fotovoltaico é ligado diretamente ao inversor junto com a rede elétrica, ou seja, a energia gerada pode ser consumida diretamente pela carga, dispensando o uso das baterias, porém no caso de falta de energia elétrica todo o estabelecimento ficará sem energia.

O sistema fotovoltaico híbrido trabalha com a rede elétrica da concessionária em conjunto com a geração de energia elétrica fotovoltaica auxiliada pelas baterias. Nos momentos em que faltar a energia, as baterias podem manter a energia do estabelecimento ou parte dela. A Figura 10 mostra a conexão da módulo fotovoltaica juntamente às baterias.

**Figura 10 - Configuração do Sistema Híbrido**



Fonte: Oca energia (2021)

## 2.6 Veículo Elétrico

Com o aumento das tecnologias e necessidade de sistemas mais sustentáveis, os veículos elétricos vêm ganhando força, sendo amplamente utilizados em países da Ásia e Europa. No Brasil, fevereiro de 2022 marcou aumento de 147% na relação de vendas de veículos elétricos, comparado com o mesmo mês do ano anterior (CONJUR, 2022).

Neste cenário, os ônibus elétricos vêm sendo desenvolvidos cada vez mais pelas maiores companhias do mundo, visando estudos e a implementação em grandes cidades para que se consiga reduzir ainda mais a poluição.

Além da redução de gases do efeito estufa (GEE), a eletrificação dos ônibus impacta na emissão de poluentes locais e ruídos sonoros com repercussões importantes para a saúde pública dos habitantes da cidade.

No Brasil, a quantidade de ônibus elétricos vem aumentando após a instalação de uma filial da empresa Chinesa BYD, uma referência mundial em *powertrain* de ônibus elétrico. Empresas como Marcopolo, Caio, vem realizando parcerias com a BYD para produção de veículos elétricos para o território brasileiro.

A introdução de veículos elétricos no transporte público brasileiro já é uma realidade e tem-se inúmeros exemplos de cidades que estão adotando o mecanismo para teste, ou até mesmo já estão com planos para migração total da frota para veículos elétricos, como por exemplo: Campinas (SP), Bauru (SP), São Paulo (SP), Brasília (DF), Volta Redonda (RJ), Santos (SP).

Segundo a Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), a quantidade de carros elétricos e Híbridos circulantes no Brasil deve atingir as marcas de 300 a 500% de aumento dentre os próximos 5 anos. Segundo *Bloomberg New Energy Finance* estima que, até 2040, a quantidade de veículos elétricos estará na casa dos 56 milhões, ultrapassando os veículos convencionais (OMS ENGENHARIA, 2021).

Em termos técnicos, os veículos elétricos podem ser classificados em: híbridos (HEVs), que possuem motor elétrico e mecânico; híbridos *plug-in* (PHEVs), que permitem a recarga da bateria de forma externa; e elétricos a bateria (BEVs), nos quais toda a alimentação do veículo é realizada por meio do motor elétrico e um conjunto de baterias (BRAJTERMAN, 2016).

Um exemplo de veículo híbrido é o que vem sendo desenvolvido pela Itaipu Binacional, o qual entrou em fase de testes em maio de 2021 após a montagem da carroceria da empresa Mascarello (MOBILIZE ITAIPU BINACIONAL, 2021). O ônibus conta com dois motores, um a combustão movido a etanol, e outro elétrico alimentado por seis baterias de sódio.

A empresa Auto Locação Inga que faz parte do consórcio Transit que opera o transporte público em Niterói, começou a fazer testes no Millenium BRT da empresa Caio com chassi da BYD D9W, ônibus 100% elétrico. Com autonomia de 300km, baixo custo de manutenção, freios a disco regenerativo, e suspensão pneumática começou a operar no mês de setembro de 2021 (ÔNIBUS E TRANSPORTE, 2021).

No estado do Espírito Santo, uma parceria entre as empresas EDP, VIX Logística, WEG e CERTI, desenvolveram um projeto piloto do primeiro ônibus elétrico para uso rodoviário no Brasil (WEG, 2020). O projeto terá duração de 12 meses, com um total investido de 6,6 milhões de reais, composto por um ônibus elétrico e 4 estações de carregamento, operando de forma integrada. A WEG atua no fornecimento das estações de recarga rápida, a CERTI com os estudos específicos

de mercado, questões regulatórias e viabilidade econômica, a EDP é responsável pela gestão completa do projeto, e a VIX logística será a operadora do ônibus.

Olhando para o futuro, a Volkswagen está desenvolvendo um protótipo de um micro-ônibus elétrico autônomo, o ID Buzz, onde além de não gerar resíduos na atmosfera, conta com o sistema de carro autônomo nível 4 (VALDEMAR MEDEIROS, 2021). A nova tecnologia entrará em teste ainda este ano em Monique e na Pensilvânia, mas sua expectativa de lançamento está para 2025.

## **2.7 Estações de Recarga para Veículos Elétricos**

Os veículos elétricos, diferentemente dos veículos convencionais, devem ser abastecidos com energia elétrica, o que possibilita a redução nas emissões de gases poluentes na atmosfera, além de não emitirem ruído. Porém, nem sempre há a ausência da emissão de gases, pois conforme pesquisa realizada pela montadora Volvo (VOLVO, 2020) a baixa ou nula emissão de gases só ocorre quando o veículo é abastecido por um sistema de recarga conectado a fontes de energias renováveis, quando isto não ocorre, e o mesmo é recarregado por fontes conectadas as redes normais, onde há uma emissão de gases significativa, levando em consideração que o sistema de produção energético mundial ainda em sua maioria são de fontes não renováveis.

O carregador de carro elétrico é um equipamento que conecta o veículo à uma fonte de energia elétrica para recarregar a bateria. Também conhecido por outros nomes como estação de recarga, ponto de recarga, posto de abastecimento, estação de carregamento ou ponto de carregamento, ele pode ser encontrado na versão residencial, comercial ou para locais públicos. O principal ponto quando o assunto é recarga de veículos elétricos é a potência a qual a rede entrega às baterias, algo que depende da tensão e corrente da rede na qual o veículo está conectado (TOSIN e KURODA, 2019).

Dentre os diversos tipos de carregadores de veículos elétricos, tem-se, carregador de emergência, que acompanha o veículo para que possa realizar uma recarga de emergência em tomadas convencionais de 10A. Carregador portátil, semelhante ao carregador de emergência, mas com uma potência de carregamento 2 ou 3 vezes maior, diminuindo drasticamente o tempo de carregamento. Carregador



*Wallbox*, ou carregador residência, é o mais utilizado, chega a 80% das recargas, pois é o carregador localizado onde o veículo passa maior parte do tempo, normalmente situado nas garagens e possuem potencial maior que os carregadores de emergência e portáteis, realizando um carregamento entre 2 a 12h dependendo do tamanho da bateria e o potencial do carregador. Carregador comercial ou *parking*, são semelhantes aos carregadores residências, mas encontrados em lugares como shoppings, postos, pontos comerciais, apresentam potências semelhantes aos carregadores residenciais, mas muitas vezes com mais de uma saída, para que possa carregar mais de um veículo por vez (NEOCHARGE, 2014).

Existem diferentes tipos de plugs no que tange carregadores de veículos elétricos. Comercialmente existem 7 diferentes tipos de plugs que variam devido a nacionalidade dos veículos Estados Unidos, Europa ou Ásia, conforme Figura 11.

**Figura 11 - Conectores para Carro Elétrico**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Plug-in SAE tipo 1 conector de cinco pinos padrão nos Estados Unidos e no Canadá, se trata de uma versão mais antiga, utilizada nos primeiros carros elétricos.

Conector SAE tipo 2 e composto por 7 pinos, sendo o mais comum na Europa e por consequência no Brasil. Conector CCS tipo 1 (*combined charged system*) é uma evolução do SAE tipo 1, e muito conhecido para recargas rápidas. Conector CCS tipo 2 é uma evolução do SAE tipo 2 com também 7 pinos, e com duas entradas de corrente contínua. Conector GB/T se trata de o padrão chinês de conectores. Apresenta duas versões, uma em corrente contínua e outra em corrente alternada. Conector ChaDeMo (charge de move) se trata do padrão japonês, e foi um dos primeiros a apresentar carregamento rápido em corrente contínua. Conector Tesla SuperCharger, conector da empresa Tesla, apresenta um carregamento rápido, e pode ser em corrente contínua ou alternada (WEBMOTORS, 2021).

No dia 6 de julho de 2018, entrou em vigor a Resolução Normativa nº 819/2018, da Agência Nacional de Energia Elétrica. A partir desse feito, ficou permitida a comercialização de serviço de recarga por qualquer instituição interessada, como shoppings e postos de combustível. A norma possibilita que os veículos elétricos se popularizem de forma cada vez mais rápida, uma vez que, uma das maiores preocupações gerais ligadas aos veículos elétricos é justamente a forma de abastecimento.

### **3 - ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO, DAS ESTAÇÕES DE CARREGAMENTO, DO VEÍCULO ELÉTRICO E ESTUDO DA DIMINUIÇÃO DA EMISSÃO DE GASES**

#### **3.1 Introdução**

Neste capítulo são apresentadas as especificações dos principais componentes do projeto para a implementação de um sistema de transporte verde para que alunos e funcionários da UTFPR se desloquem entre as sedes do campus Curitiba.

Os equipamentos descritos foram escolhidos baseados em pesquisas em livros, artigos, trabalhos acadêmicos, cursos de extensão realizados pelos autores e pesquisa em catálogos de fabricantes.

Além das especificações do sistema fotovoltaico, da estação de carregamento e do ônibus elétrico, a Seção 3.5 apresenta um estudo da quantidade de gases emitidos por um veículo movido a diesel, como o utilizado atualmente na UTFPR, de modo a demonstrar qual seria a redução na emissão de gases e resíduos com a implantação do ônibus elétrico para o transporte intersedes.

#### **3.2 Especificação do Sistema Fotovoltaico**

O sistema fotovoltaico é composto por módulos fotovoltaicos que fazem a produção de energia elétrica e inversores que fazem a conversão de CC para CA. Existem vários tipos de módulos fotovoltaicos, como de silício monocristalino; silício policristalino; filme fino, no qual podem ser usados materiais como cobre, índio e gálio seleneto; e híbrido, sendo fabricado de maneira semelhante aos painéis monocristalinos, porém com uma camada de silício amorfo. (SOLAR PRIME, 2019). Para a escolha dos módulos levou-se em consideração principalmente a eficiência do mesmo, pois quanto maior a eficiência maior a produção de energia.

O módulo fotovoltaico selecionado para o projeto foi o da marca OSDA, modelo ODA450-36-MH, que possui potência de 450Wp para uso em geração de energia. Ele é composto por 144 células monocristalinas protegidas por vidro temperado e uma estrutura de alumínio anodizado que já vem com furos para fixação e cabo conector MC4 incluso. O módulo fotovoltaico possui 2115 x 1050 x 60 mm de dimensão, pesa

23,5 kg e vem com certificação do INMETRO assegurando alta eficiência, confiabilidade e segurança para instalação.

**Tabela 1 - Parâmetros elétricos Painel OSDA ODA450-36-MH**

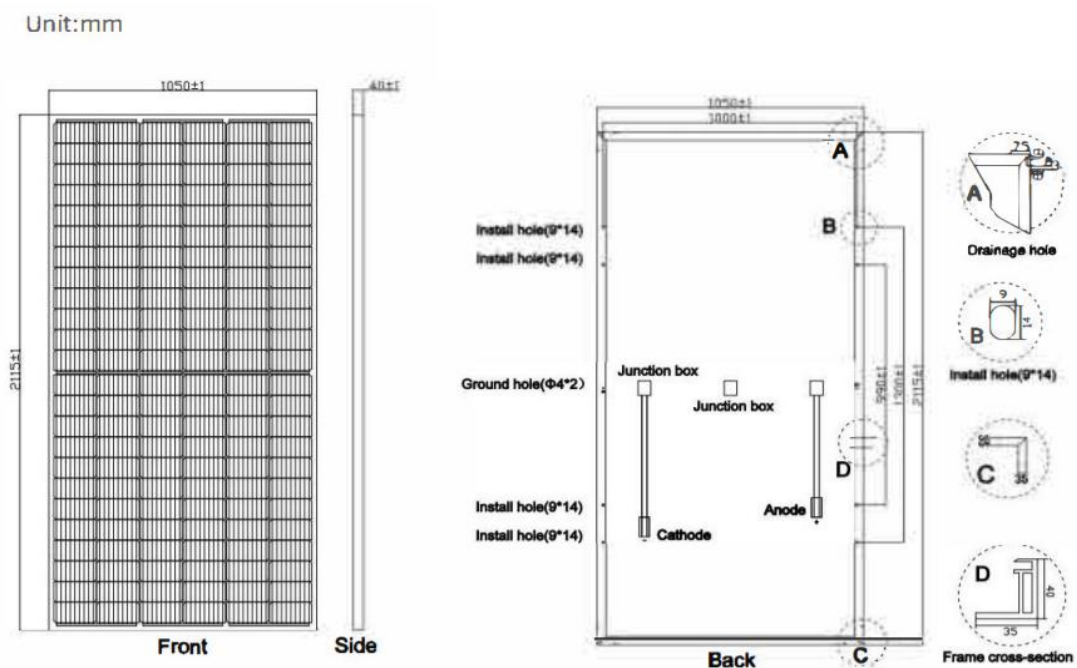
	Parâmetros
Potência	450 Wp
Tensão de Máxima Potência	41,40 V
Tensão em Aberto	50,22V
Corrente de Máxima Potencia	10,87 A
Corrente de Curito Circuito	11,48A
Eficiência do Módulo	20,26%
N° de Células	144
Material	Silício Monocristalino

**Fonte: Autoria própria (2022)**

A escolha do modelo ODA450-36-MH da marca OSDA foi devido à alta eficiência e um dos melhores custo-benefício do mercado. Os módulos solares nessa faixa de potência geram maior quantidade de energia e podem economizar dinheiro e espaço na instalação, se comparado aos modelos com menor quantidade de células. Eles são amplamente utilizados em sistemas de energia solar conectados à rede (*On Grid*) e usinas solares. Em comparação com os modelos de módulos de 550W, os mesmos são em torno de 50% mais caros, e apenas 22% mais produtivos.

A Figura 12 mostra as medidas e os locais de cada item do módulo.

**Figura 12 - Módulos Solares Fotovoltaicos 450W - OSDA - ODA450-36-MH**



**Fonte: NeoSolar (2021)**

Para o funcionamento do sistema fotovoltaico é imprescindível a utilização de um inversor. O inversor tem a função de converter a energia elétrica gerada pelos módulos, de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA), para que possa ser utilizada no local, ou para que possa ser injetada na rede. Além disso, o inversor tem a função de proteger o sistema e medir a quantidade de energia produzida pelos módulos fotovoltaicos (PORTAL SOLAR, 2016).

Dessa forma, foi escolhido para a implementação do sistema o Inversor Solar Fotovoltaico *On Grid* inversor Mid 20kW trifásico 220V com 4 Mppt, para suprir a demanda completa do sistema, no que tange tensão, corrente e potência, mostrado na Figura 13. Como o mesmo é conectado à rede, ele injeta a energia excedente dos módulos solares na rede elétrica quando o mesmo não está realizando a carga do veículo elétrico, gerando assim crédito com a concessionária.

**Figura 13 - Inversor Solar Fotovoltaico On Grid inversor Mid 20kW trifásico 220V 4mppt**



**Fonte: SoSolar (2021)**

A Tabela 1 mostra os parâmetros elétricos do inversor selecionado para o projeto.

**Tabela 2 - Parâmetros elétricos do Inversor Growatt**

	<b>Parâmetros</b>
MPPT	4
Corrente Máxima de Entrada do MPPT CC	26 A
Tensão Máxima de Entrada CC	1100 V
Faixa de Tensão MPPT	200 - 850 V
Potência de Saída Nominal CA	20 kW
Corrente de Saída Máxima CA	58,3 A
Tensão de rede de conexão CA	3 - NPE 127/220 V
Frequencia de Rede	50/60 Hz

**Fonte: A autoria própria (2022)**

Vale salientar que os inversores tem a vida útil entre 10 e 15 anos, sendo assim, sempre necessário, para cálculo de *payback*, considerar 2 unidades, visto que o sistema solar fotovoltaico tem 25 anos médios de vida útil.

Toda a estrutura fotovoltaica (módulos, inversor e demais componentes) será instalada no Bloco B, pois neste local são obtidos as melhores condições de captação e produção de energia solar conforme especificados no tópico 4.2 (capítulo 4).

### **3.3 Especificação das Estações de Carregamento**

O funcionamento da estação de carregamento é muito simples, porém apresentam algumas diferenças como tipo de carregador, que varia de acordo com o local de instalação, quantidade de cabos e entradas do veículo, tempo de recarga, potência dos carregadores, e isso tudo dependendo da necessidade do veículo e do usuário (WEG, 2021).

A recarga pode ser classificada como condutiva, ou seja, feita por meio de conexão física entre a rede e a bateria do veículo, ou indutiva, quando há transferência de energia por indução eletromagnética, porém esta apresenta-se em fase de pesquisa. A classificação abrange também a velocidade de recarga, que pode ser lenta, rápida e ultrarrápida. A recarga lenta é monofásica e feita por meio de tomadas residenciais padrão; a recarga rápida é trifásica e necessita de tomadas com maior tensão do que as tomadas residenciais convencionais, sendo preferível a instalação em locais comerciais; e a recarga ultrarrápida pode ser feita de forma trifásica ou em corrente contínua e necessita da utilização de carregadores externos em função de seu tamanho (BRAJTERMAN, 2016).

Para o sistema, a estação de carregamento escolhida foi a WEG *Wemob Parking G2*, uma estação com 2 cabos carregadores, 32A de corrente máxima e 22 kW de potência cada, exclusiva para recarga de veículos elétricos, mostrado na Figura 14. Ela possui recarga condutiva velocidade rápida e trifásica. A estação possui display em LCD para facilitar o acompanhamento do status de recarga do veículo, além de poder ser instalada em área interna ou externa.

A escolha se fez mediante ao seu custo benefício juntamente com a potência entregue, além da disponibilidade de dois cabos, o que possibilita uma recarga mais rápida devido a injeção dobrada de potência, visto que o veículo escolhido, mostrado no tópico 3.4, apresenta duas entradas de carregamento, realizando assim uma recarga mais rápida, ou também pode ser realizada a recarga de um segundo veículo, caso o projeto se expanda. Foi levado em consideração também a recarga trifásica e rápida, considerada a solução ideal por ser superior à opção lenta e não tão custosa quanto a opção ultrarrápida, visto que o veículo ficará sendo recarregado no período da noite, em que não se encontra em operação.

A estação de carregamento será alocada no Bloco X, da sede Centro, localizado na Av. Silva Jardim 589, onde permanecem durante a noite o veículo de transporte intersedes do campus Curitiba.

**Figura 14 - Estação de Recarga WEG Wemob Parking G2**



Fonte: WEG (2021)

### 3.4 Especificação do Veículo Elétrico

Os veículos elétricos têm ampliado sua importância significativamente, porém, tratando-se de ônibus elétrico, ainda não há uma grande diversidade disponível no mercado. No Brasil destacam-se duas grandes marcas de *powertrain*: a BYD e a Higer, que chegou no Brasil apenas em 2021. O que vem ocorrendo também, é a associação de grandes marcas, como por exemplo a Marcopolo e a Caio, a estas empresas de *powertrain* supracitadas para o desenvolvimento de veículos elétricos.

Conforme apresentado no tópico 2.6, os veículos elétricos podem ser classificados em: híbridos (HEVs), híbridos plug-in (PHEVs), e elétricos a bateria (BEVs).

A escolha do veículo a ser utilizado para a implementação do sistema foi feita mediante a avaliação de autonomia, confiabilidade, quantidade de lugares, tamanho, valor e principalmente, a classificação dele como BEV, ou seja, 100% elétrico.

O veículo selecionado é confeccionado pela associação das empresas Marcopolo, referência em termos de transporte coletivo e a BYD, referência em *powertrain* para veículos elétricos. O micro-ônibus Volare Access-e 100% Elétrico é silencioso e não lança nenhum tipo de poluente no ar. Possui capacidade para 22 pessoas sentadas e 15 em pé, distribuição excelente para o veículo que deve transportar alunos entre as sedes da universidade. Com um comprimento de 9,15m, tamanho médio, apresenta menos dificuldades de locomoção pelas avenidas de Curitiba em períodos de trânsito intenso.

Além disso, o micro-ônibus possui dois motores síncronos de ímãs permanentes com 90 kW de potência cada um, localizados nas rodas traseiras, somando um torque máximo de 450 Nm. Sua bateria tem uma capacidade de 162 kWh, apresentando uma autonomia de 250 km com um sistema de regeneração de energia quando realizada a frenagem, o que ajuda na autonomia. O veículo tem um peso total de 14.500 kg. A Figura 15 mostra a imagem do micro-ônibus.



**Figura 15 - Ônibus Volare Access-e 100% Elétrico**



Fonte: Volare (2018)

### **3.5 Estudo da diminuição da emissão de gases e resíduos**

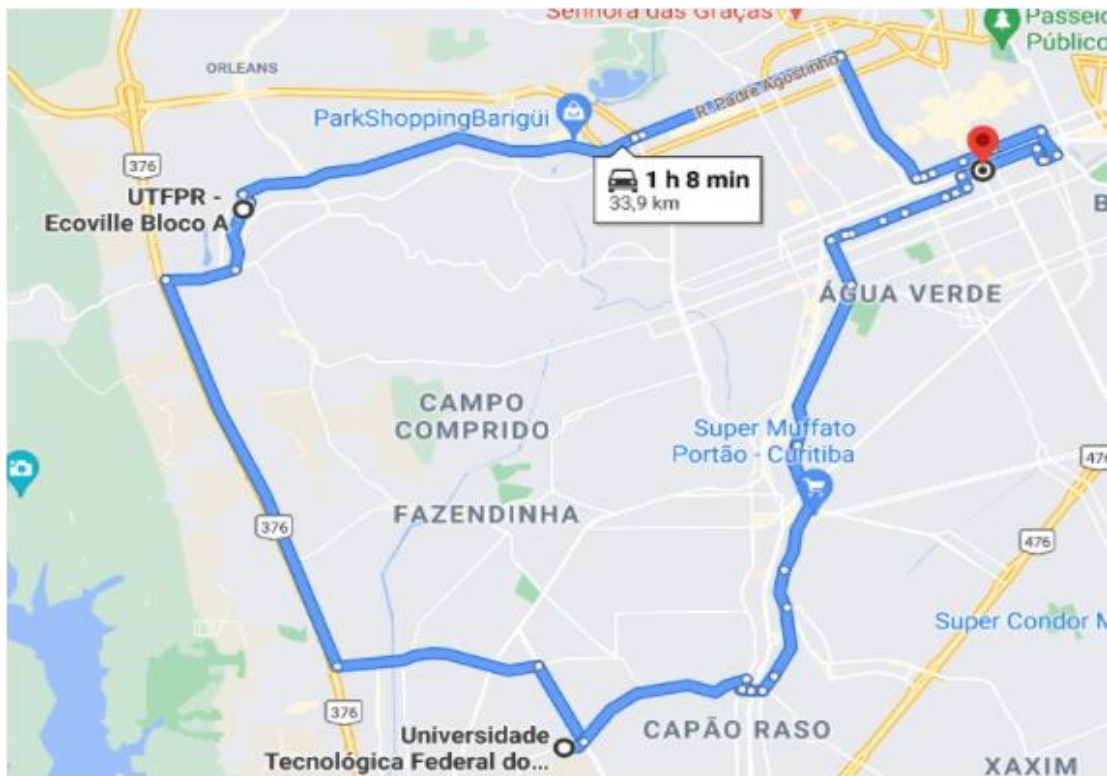
O setor de transportes é um dos grandes responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE) que contribuem para as mudanças climáticas, representando cerca de 47% do total das emissões de energia em 2019 no Brasil (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2020). Dentre os esforços para a descarbonização do setor, a eletromobilidade vem ganhando relevância pela sua maior eficiência energética, por reduzir emissões de GEE no ciclo de vida e por não emitir poluentes atmosféricos no escapamento dos veículos.

Segundo o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviário (2011), a quantidade de emissão de poluentes por ônibus urbano que utilizam motores a óleo diesel é de:

- Monóxido de Carbono (CO): 0,440g poluente/km
- Óxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>): 2,103g poluente/km
- Hidrocarbonetos Não Metano (NMHC): 0,033g poluente/km
- Material Particulado (MP): 0,020g poluente/km
- Metano (CH<sub>4</sub>): 0,060g poluente/km

Utilizando a ferramenta do Google Maps, foi simulada a rota UTFPR/Reitoria – UTFPR/Ecoville – UTFPR/Neoville - UTFPR/Reitoria (rota que o ônibus realiza diariamente) e obteve-se um deslocamento de aproximadamente 35km por deslocamento, conforme Figura 16.

**Figura 16 - Rota Intersedes**



Fonte: Google Maps (2021)

Considerando que sejam realizadas cinco viagens por dia, nos dias úteis, conforme informado pela Universidade a partir do dia 22 de março de 2022, serão percorridos aproximadamente um total de 175km por dia, obtêm-se então um total percorrido de 875km semanais.

Com o intuito de realizar viagens durante aproximadamente 22 dias úteis por mês, será obtido um saldo de 3.850km percorridos pelo ônibus.

Somando-se os 12 meses do ano, obtêm-se um total de quilômetros rodados de 46.200km. Abrangendo um período ainda mais longo, um total de 20 anos, totalizam-se 924.000km.

Levando em consideração a quantidades de poluentes emitidos por quilômetro por um ônibus movido a diesel, conforme o Inventário Nacional de Emissões

Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (citado acima), obtêm-se uma quantidade de poluentes mostrada na Tabela 3.

**Tabela 3 - Quantidade de poluentes produzido por ônibus movido a diesel**

		1 SEMANA	1 MÊS	1 ANO	10 ANOS	20 ANOS
POLUENTE		875 km	3850 km	46200 km	462000 km	924000 km
Monóxido de Carbono (CO)	0,44 g/km	385,00 g	1694,00 g	20328,00 g	203280,00 g	406560,00 g
Óxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	2,103 g/km	1840,13 g	8096,55 g	97158,60 g	971586,00 g	1943172,00 g
Hidrocarbonetos Não Metano (NMHC)	0,033 g/km	28,88 g	127,05 g	1524,60 g	15246,00 g	30492,00 g
Material Particulado (MP)	0,02 g/km	17,50 g	77,00 g	924,00 g	9240,00 g	18480,00 g
Metano (CH <sub>4</sub> )	0,06 g/km	52,50 g	231,00 g	2772,00 g	27720,00 g	55440,00 g
		2324 g	10225,60g	122707,20 g	1227072,00 g	2454144,00 g

**Fonte: Autoria própria (2022)**

A soma de todos os poluentes que serão emitidos ao longo de um ano pelo veículo movido a diesel é aproximadamente 122kg, e somando o período de 20 anos ultrapassa 2.454kg de poluentes gerados.

### 3.6 Considerações

Neste capítulo foram descritas as especificações dos principais equipamentos necessários ao modelo de transporte verde proposto neste TCC, que são o sistema fotovoltaico, a estação de carregamento e o ônibus elétrico. Também foi apresentado o estudo de poluição causado pelo uso do veículo a combustão, ou seja, o ônibus urbano Volvo B58 convencional, atualmente utilizado pela universidade. Ônibus o qual foi fabricado pela Volvo Buses entre os anos de 1966 e 1998 (VIA CIRCULAR, 2022).

Em meio a grande variedade de opções relacionadas aos itens pertencentes ao projeto, buscou-se para seleção dos mesmos um equilíbrio entre qualidade, disponibilidade, durabilidade e preço.

O sistema fotovoltaico implementado no *Carport*, presente na sede Neville da UTFPR-CT, é um exemplo também da utilização tecnologias sustentáveis, porém com dimensões muito menores em comparação a deste projeto, visto que o mesmo tem como foco a utilização para carros, que apresentam uma necessidade energética inferior em comparação a um ônibus (CAMARGO, L. H.).

## 4 - VIABILIDADES TÉCNICAS E ECONÔMICAS

### 4.1 Introdução

Neste capítulo são apresentados cálculos e análises de viabilidade técnica e econômica em relação ao estudo da implementação de um modal de transporte verde entre as sedes do Campus Curitiba da UTFPR. A viabilidade técnica considerou o cálculo do dimensionamento do sistema fotovoltaico de acordo com a necessidade de carga do ônibus elétrico durante o período de um mês. A viabilidade econômica apresenta o estudo referente ao valor do projeto e o tempo de *payback*.

### 4.2. Viabilidade Técnica

Como descrito na Seção 3.4 (capítulo 3), o ônibus elétrico selecionado neste TCC foi o micro-ônibus *Volare Acess-e 100% elétrico* da empresa Marcopolo. A capacidade máxima da bateria de 162kWh do veículo elétrico é capaz de rodar 250km ininterruptos até o esgotamento total. De acordo com a estação de carregamento escolhida, WEG *Wemob Parking G2*, cada conector tem uma potência de 22kW, sendo assim o tempo utilizado para a recarga completa da bateria do ônibus será de 7 horas e 22 minutos.

$$\frac{162kWh}{22kW} = 7,36h$$

Com base nos cálculos realizados, mostrados na Seção 3.5 (capítulo 3), o veículo irá percorrer 3850km por mês, sendo assim necessárias 15,4 recargas da bateria do ônibus durante este período.

$$\frac{3850km}{250km} = 15,4 \text{ recargas}$$

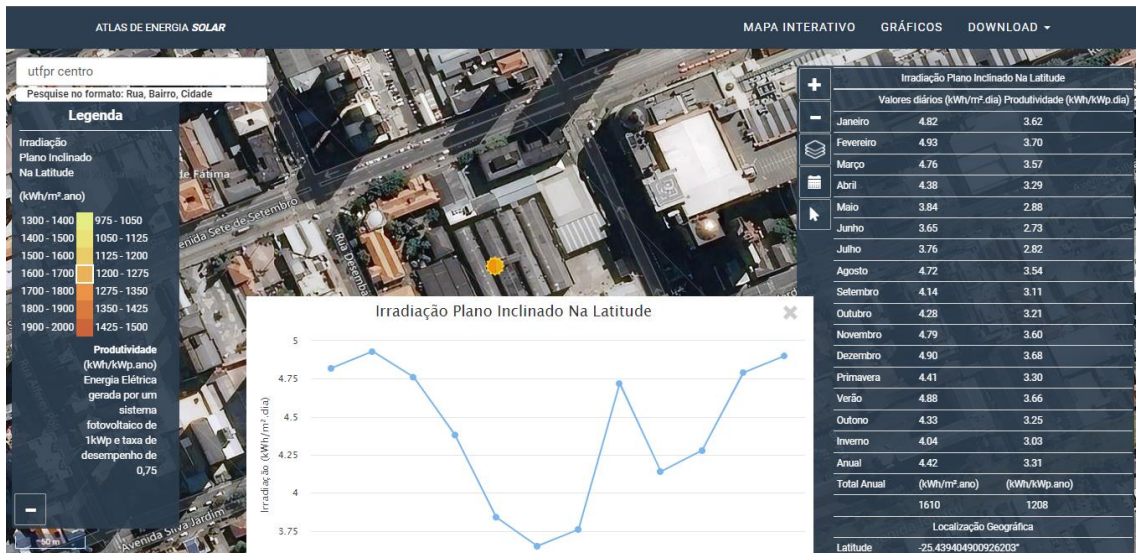
Será utilizada apenas uma estação de recarga localizada no campus Centro, levando em consideração que o ônibus permanecerá nos campus Ecoville e Neoville por um pequeno espaço de tempo, apenas necessário para o embarque e desembarque dos passageiros, não disponibilizando de tempo hábil para a recarga. Além disso, a autonomia de 250km do veículo viabiliza todas as viagens necessárias em um dia.

Considerando as 15,4 recargas para que o ônibus possa realizar todas as viagens previstas com sucesso durante o mês, e levando em consideração que não serão feitas recargas pela metade, para efeitos de cálculo serão consideradas 16 recargas, onde faz-se necessários 2.592kWh/mês de energia para realiza-las.

$$162kWh \times 16 \text{ recargas} = 2.592 \text{ kWh}$$

Levando em consideração a localização da UTFPR, campus centro, que tem como Latitude 25° 26' 21'', introduzindo esses dados no Atlas Solar do Paraná – Mapa Interativo, obtém-se uma produtividade de 1208 kWh/kWp.ano, levando em consideração a irradiação no plano inclinado na latitude, conforme mostrado na Figura 17.

**Figura 17 - Produtividade UTFPR-CT**



Fonte: Atlas Paraná (2021)

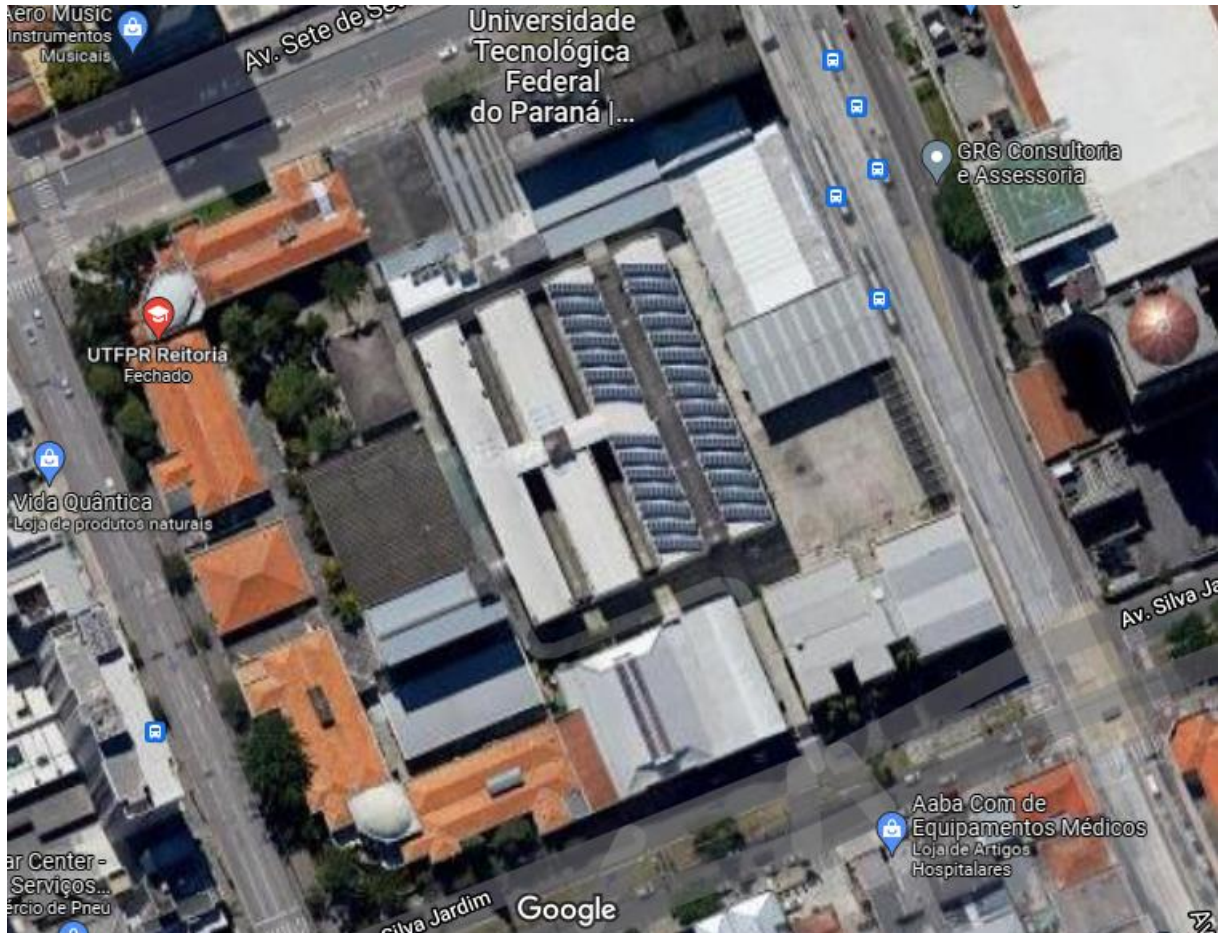
Considerando o período de 12 meses, tem-se uma produtividade de 100,66kWh/kWp.mês, ou seja, a cada 1kWp instalados tem-se uma produção média de 100,66 kWh em um mês.

$$\frac{1208 \frac{kWh}{kWp} \cdot ano}{12 \text{ meses}} = 100,66 \frac{kWh}{kWp} \cdot mês$$

Difícilmente obtém-se as condições de produção “ideais” (voltado para o norte geográfico, inclinado na latitude do local), porém conforme mostra a imagem de satélite da UTFPR-CT (visualizado na figura 18) nota-se que essas questões são atendidas em uma instalação já realizada nos Blocos C e D do campus. Sendo assim,

considerando a instalação dos módulos fotovoltaicos deste projeto no Bloco B, seguindo os parâmetros da instalação já realizada (Blocos C e D), o sistema a ser implantado será calculado com base nos parâmetros “ideais” de produção.

**Figura 18 - Módulos Fotovoltaicos Bloco C e D – UTFPR-CT**



Fonte: Google Maps (2021)

Considerando a produção média de 100,66kWh/kWp.mês, e com uma necessidade de 2.592kWh/mês a ser atendido para que o sistema de recargas seja autossuficiente, conforme objetivo do projeto, faz-se necessário a implementação de um sistema com 25,75kWp de potência.

$$\frac{2.592kWh/mês}{100,66 \frac{kWh}{kWp} \cdot mês} = 25,75kWp$$

Pela escolha dos módulos fotovoltaicos ODA450-36-MH, com uma potência de 450Wp, faz-se necessária a implementação de 58 módulos fotovoltaicos (considerando que não há como implementar módulos parciais).

$$\frac{25,75kW_p}{450W_p} = 57,22 \text{ módulos}$$

Levando em consideração o Inversor Solar Fotovoltaico *On Grid* inversor Mid 20kW trifásico 220V com 4 Mppt selecionado para o projeto, os 58 módulos serão divididos em 4 *strings* alimentando 2 entradas mppt (*maximum power point tracking* / rastreamento do ponto de máxima potência) do inversor, sendo 2 *strings* com 15 módulos, e 2 *strings* com 14 módulos, não superando assim a tensão de entrada máxima CC do inversor de 1100V em cada mppt, já que as *strings* são agrupadas em paralelo, e o arranjo de maior quantidade de módulos atinge 621V.

$$15 \text{ painéis} \times 41,40 \text{ V} = 621 \text{ V}$$

O inversor também está dimensionado tanto para corrente quanto para a potência, visto que sua corrente máxima de entrada por mppt é de 26A, e levando em consideração as duas *strings* em paralelo, cada uma com 10,87A, obtém-se uma corrente de 21,74A.

$$10,87 \text{ A/string} \times 2 \text{ strings} = 21,74 \text{ A}$$

A potência máxima de entrada CC do inversor é de 30.000W (conforme *datasheet* no Apêndice B), contabilizando os 58 módulos com potência de 450W obtém-se 26.100W, estando também dentro do dimensionamento do equipamento.

$$58 \text{ painéis} \times 450 \text{ W} = 26.100 \text{ W}$$

O projeto apresentado no Apêndice C demonstra como será o agrupamento dos módulos nas *strings*, as ligações das *strings* nas mppts de forma a deixar ambas balanceadas, apresenta também todos os itens de proteção que serão utilizados, tanto no lado CC, anterior ao inversor, quanto no lado CA, posterior ao mesmo, e que estão sendo contabilizados na Tabela 4 do tópico 4.3. O sistema de proteção foi formulado conforme indica a Norma 16690/2019, a qual é baseada na NBR5410, e levando em consideração também a necessidade de possíveis intervenções no sistema, como a troca do inversor após sua vida útil atingida.

O sistema fotovoltaico foi projetado para ser instalado no Bloco B que possui as melhores condições para produção de energia, resultando em menor quantidade de módulos necessários para se obter a quantidade de energia necessária para carregamento do ônibus. Porém a estação de recarga será instalada no Bloco X, em outro setor da UTFPR sede Centro, onde os veículos da universidade ficam

estacionados no período noturno. Mas isso não é um problema visto o sistema de compensação de energia para mini e micro geração distribuída, regida pela Resolução Normativa da ANEEL nº 482/2012, a qual permite a produção energia em um lugar, e a utilização dos créditos em outro, desde que esteja sobre o mesmo CPF/CNPJ e sobre a concessão da mesma empresa de distribuição de energia, neste caso a COPEL (ANEEL, 2012).

### 4.3. Viabilidade Econômica

Para a montagem e execução do sistema faz-se necessária a aquisição dos materiais citados nos tópicos 3.1, 3.2 e 3.3.

Mediante a três orçamentos de cada item (exceto ônibus por se tratar de uma única empresa fornecedora), foi realizada uma média aritmética dos três valores para composição da planilha de custos para implementação do sistema. Para a mão de obra, levou-se em consideração o preço médio de 20% do valor total do sistema fotovoltaico. Para o inversor solar há a necessidade de 02 unidades, visto que o mesmo tem uma vida útil entre 10 e 15 anos, conforme salientado no tópico 3.2 (capítulo 3).

A Tabela 4 mostra a relação descritiva de cada componente com suas quantidades de valores, unitário e total.

**Tabela 4 - Investimento inicial para implementação do modal de transporte verde**

QUANTIDADE	ITEM	TOT.UNIT.	TOTAL
1	Ônibus Volare Access-e 100% Elétrico	R\$ 1.200.000,00	R\$ 1.200.000,00
1	Estação de Recarga WEG Wemob Parking G2	R\$ 27.245,51	R\$ 27.245,51
2	Inversor Solar Fotovoltaico On Grid Inversor Mid 20kw Trifásico 220V 4mppt	R\$ 16.589,00	R\$ 33.178,00
58	Painel Solar Fotovoltaico 450W - OSDA - ODA450-36-MH	R\$ 999,00	R\$ 57.942,00
6	Estrutura - Painel Solar Fotovoltaico - 10 painéis	R\$ 9.100,00	R\$ 54.600,00
58	Suporte - Painel Solar Fotovoltaico 450W	R\$ 157,00	R\$ 9.106,00
1	Cabo Solar Flex 4mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - 200m - vermelho	R\$ 809,93	R\$ 809,93
1	Cabo Solar Flex 4mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - 100m - verde	R\$ 469,30	R\$ 469,30
65	Conector MC4	R\$ 8,05	R\$ 523,25
60	Conector Grampo para Aterramento	R\$ 19,90	R\$ 1.194,00
1	Cabo Flexível 10mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - 100m - preto	R\$ 779,90	R\$ 779,90
4	Fusível Leader Solar 15A	R\$ 22,00	R\$ 88,00
4	Chave seccionadora ABB OTDC16F2 - Bipolar - 1000V - 16A	R\$ 320,00	R\$ 1.280,00
1	Dispositivo Proteção Contra Surtos DPS - Tripolar - 415VCA - 45KA	R\$ 319,39	R\$ 319,39
1	Disjuntor tripolar - 63A	R\$ 104,90	R\$ 104,90
2	Disjuntor tripolar - 50A	R\$ 62,20	R\$ 124,40
1	Cabo Flexível 6mm <sup>2</sup> - 0,6/1kV - 100m - preto	R\$ 549,00	R\$ 549,00
1	Mão de Obra	R\$ 24.000,00	R\$ 24.000,00
TOTAL INVESTIDO			R\$ 1.412.313,58

**Fonte: Autoria própria (2022)**



Para o cálculo de tempo de retorno (*payback*) do projeto, levou-se em consideração que o ônibus atual, movido a diesel, tem uma autonomia de 2,5km/l, de acordo com o rendimento energético médio de ônibus movidos a diesel urbanos (COPPE UFRJ, 2015) e com o preço de um litro de diesel na casa dos R\$6,80 em 2022.

Considerando 3.850km percorridos no mês, tem-se um gasto de R\$10.472,00 que, em um ano, se transforma em um gasto de R\$125.664,00, considerando os 46.200km percorridos.

Para a realização dos cálculos da viabilidade financeira da aplicação do projeto considerou-se revisões preventivas a cada 10.000 km rodados, mas por se tratar de um veículo com um tempo de vida mais alto, foi considerado uma revisão ao custo de R\$ 2.500,00 realizadas a cada 3 meses, onde todas as peças e componentes são revistos, substituídos ou calibrados, assim como uma higienização completa de motor, resultando em um valor gasto de R\$10.000,00. A troca de óleo é feita a cada 3.000km rodados, mas para a base de cálculos foi considerado uma troca mensal a um custo de R\$500,00 resultando em R\$6.000,00 anualmente. Nesse caso a troca de pneus e a higienização foram desconsideradas, pois o ônibus elétrico também tem estes custos de manutenção, assim como o ônibus a diesel atualmente utilizado. O IPVA não foi considerado em ambos os casos, pois veículos elétricos são isentados desse imposto, até dezembro de 2022 no estado do Paraná, e veículos com mais de 20 anos do ano de fabricação também, o que é o caso do ônibus atual.

Os cálculos descritos são resumidos na Tabela 5.

**Tabela 5 - Gastos com o ônibus a combustão**

QUANTIDADE	ITEM	UNITARIO	TOTAL
4	Revisao Preventiva	R\$ 2.500,00	R\$ 10.000,00
12	Troca de Oleo	R\$ 500,00	R\$ 6.000,00
12	Combustivel	R\$ 10.472,00	R\$ 125.664,00
<b>TOTAL INVESTIDO</b>			<b>R\$ 141.664,00</b>

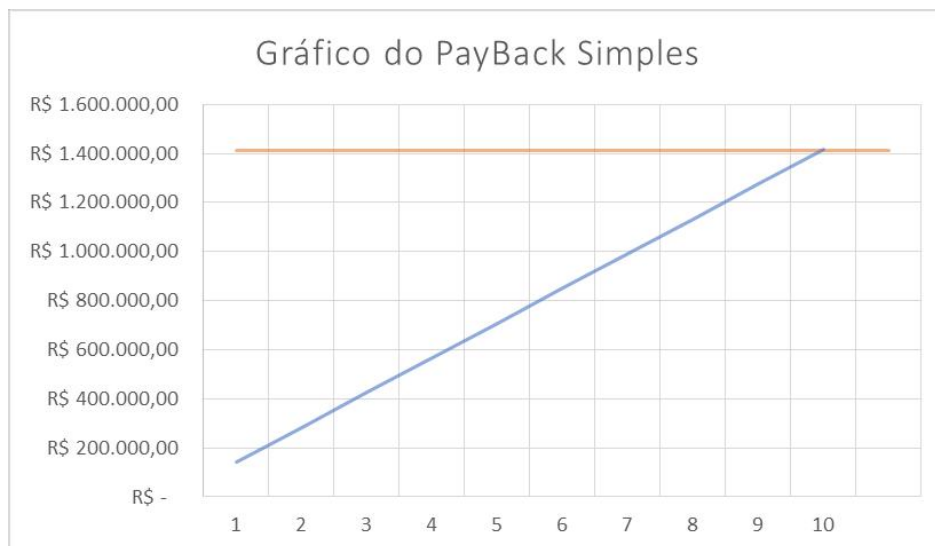
**Fonte: Autoria própria (2022)**

Utilizando os dados mostrados nas Tabelas 4 e 5, o cálculo do *payback* simples pode ser visualizado na Tabela 6. Com o auxílio do Gráfico 1, pode ser observado que em 10 anos a previsão de retorno do investimento base seria finalizada.

**Tabela 6 - Cálculo do *payback* simples**

ANO	INVESTIMENTO	GASTO ANUAL	%	ANOS %	ARECADAÇÃO
0	R\$ 1.412.313,58				
1		R\$ 141.664,00	10%	10%	R\$ 141.664,00
2		R\$ 141.664,00	10%	20%	R\$ 283.328,00
3		R\$ 141.664,00	10%	30%	R\$ 424.992,00
4		R\$ 141.664,00	10%	40%	R\$ 566.656,00
5		R\$ 141.664,00	10%	50%	R\$ 708.320,00
6		R\$ 141.664,00	10%	60%	R\$ 849.984,00
7		R\$ 141.664,00	10%	70%	R\$ 991.648,00
8		R\$ 141.664,00	10%	80%	R\$ 1.133.312,00
9		R\$ 141.664,00	10%	90%	R\$ 1.274.976,00
10		R\$ 141.664,00	10%	100%	R\$ 1.416.640,00

Fonte: Autoria própria (2022)

**Gráfico 1 - Cálculo do *payback* simples**

Fonte: Autoria própria (2022)

Visando apresentar uma viabilidade econômica mais realista para o projeto, se faz necessário incluir uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA), mostrada na Tabela 5. Devido à desvalorização do valor do dinheiro no tempo por causa da inflação, será considerada o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) de 6,79%. Sendo este o valor mínimo para que a Taxa Interna de Retorno (TIR) demonstre uma viabilidade econômica interessante.

Investindo o valor referente as despesas do ônibus à combustão em uma aplicação tradicional com rendimento 100%, atrelado ao Certificado de Depósito Interbancário (CDI) equivalente a 11,75%, o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL)

mostra um déficit de R\$ 407.594,08 devido a interferência da Taxa Mínima de Atratividade, conforme Tabela 7.

**Tabela 7 - TIR, TMA, VPL**

TAXA INTERNA DE RETORNO	TIR	0,056%
TAXA MINIMA DE ATRATIVIDADE	TMA	6,79%
VALOR PRESENTE LIQUIDO	VPL	-R\$ 407.594,08

**Fonte: Autoria própria (2022)**

A Taxa Interna de Retorno a 0,056% não demonstra uma viabilidade atrativa do projeto utilizando apenas o valor gasto atualmente com o ônibus a combustão, pois para que fosse um investimento atrativo a título de comparação seria necessária uma taxa superior a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), utilizada para os cálculos de 6,79% no acumulado dos últimos 12 meses do Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) (IBGE, 2021).

Dessa forma, é necessário um investimento complementar de R\$ 407.594,08 compreendido na Tabela 8, resultando em um valor mensal de R\$ 40.759,41 que será acrescido.

**Tabela 8 - Payback descontado**

ANO	FLUXO ANUAL	PARCELA EXTRA	FLUXO NECESSARIO
0	-R\$ 1.412.313,58		
1	R\$ 141.664,00	R\$ 40.759,41	R\$ 182.423,41
2	R\$ 141.664,00	R\$ 40.759,41	R\$ 182.423,41
3	R\$ 141.664,00	R\$ 40.759,41	R\$ 182.423,41
4	R\$ 141.664,00	R\$ 40.759,41	R\$ 182.423,41
5	R\$ 141.664,00	R\$ 40.759,41	R\$ 182.423,41
6	R\$ 141.664,00	R\$ 40.759,41	R\$ 182.423,41
7	R\$ 141.664,00	R\$ 40.759,41	R\$ 182.423,41
8	R\$ 141.664,00	R\$ 40.759,41	R\$ 182.423,41
9	R\$ 141.664,00	R\$ 40.759,41	R\$ 182.423,41
10	R\$ 141.664,00	R\$ 40.759,41	R\$ 182.423,41
		R\$ 407.594,08	R\$ 1.824.234,08

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Esse valor acrescido em 29,166% no total do projeto é aceitável, visto que a aquisição de um novo ônibus movido a diesel, da empresa Marcopolo, no mesmo porte do veículo escolhido para o projeto, em média custaria R\$400.000,00 (MARCOPOLO, 2022).

#### 4.4 Considerações

Neste capítulo foram apresentados os estudos de viabilidade técnica onde evidenciou-se os cálculos para obtenção do sistema fotovoltaico, quantidade de módulos, o modelo do inversor, a localização do sistema e o porquê da escolha.

Apresentou-se também o estudo da viabilidade econômica para viabilização do projeto, onde apresentou-se todos os itens necessários para projeto com valores e quantitativos, e em cima do valor agregado de todos os itens foi possível estabelecer o cálculo de *payback*, mostrado através de dado e gráfico. Calculou-se também as taxas de atratividade (TMA) e taxa interna de retorno (TIR). Evidenciou-se que apesar do valor inicial ser um alto valor agregado, ele proporciona um *payback* em 10 anos, o que é excelente, visto a vida útil do sistema em torno de 25 anos.

## 5 - ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

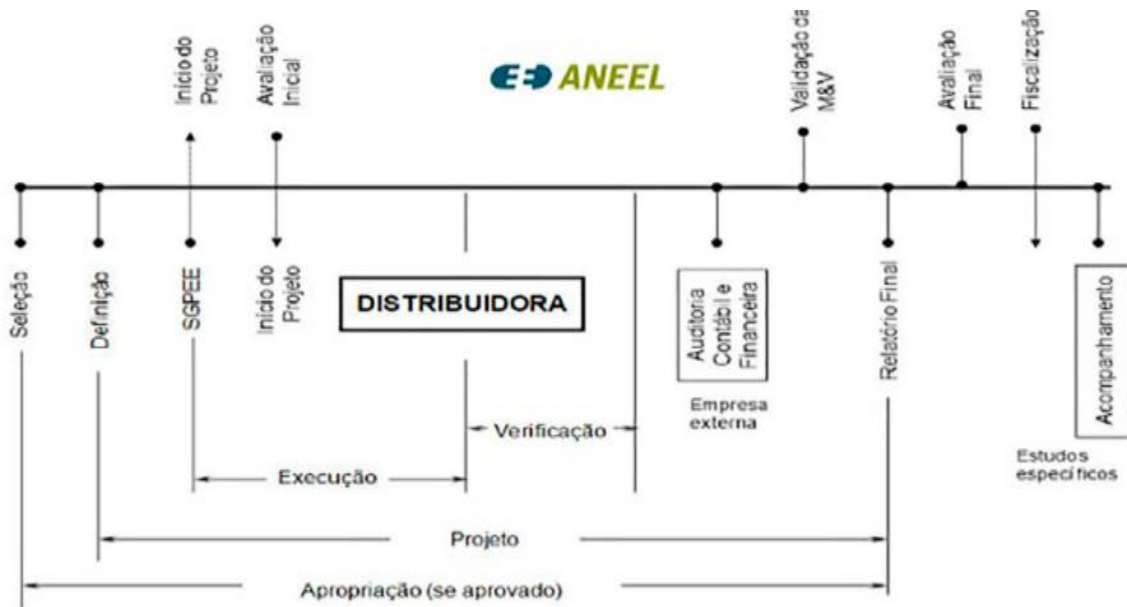
O Programa de Eficiência Energética da Copel, bem como o PEE da ANEEL, atende à Lei nº 9.991/00, a qual é responsável por aplicar recursos financeiros em projetos relacionados à eficiência energética.

Ambos possuem o objetivo de promover o uso eficiente da energia elétrica, mostrando através de projetos a importância de melhorias contínuas nos processos já existentes e a necessidade do uso consciente. Os critérios para aplicação dos recursos estão disponíveis nos Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE.

Segundo a Resolução Normativa da ANEEL: “Conforme determina a legislação específica, em particular a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, as empresas concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia elétrica, doravante denominadas distribuidoras, devem aplicar um percentual mínimo da receita operacional líquida (ROL) em Programas de Eficiência Energética, segundo regulamentos da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.”. As etapas do PEE consistem em:

- Seleção de projetos;
- Definição das ações de eficiência energética a serem desenvolvidas a partir de uma análise técnico econômica;
- Carregamento do projeto na plataforma da ANEEL;
- Avaliação inicial;
- Execução das atividades previamente planejadas;
- Elaboração de relatório para demonstração das medições e verificações dos resultados;
- Validação do processo de medição e verificação;
- Elaboração de relatório para demonstração de gastos financeiros envolvidos no projeto;
- Relatório final, mostrando os resultados obtidos;
- Avaliação final;
- Acompanhamento das ações de eficiência energética.

Figura 19 -Etapas do PEE



Fonte: Aneel (2020)

Os projetos são classificados de acordo com suas características principais. As tipologias presentes nos projetos do PEE estão entre: Industrial, Comércio e Serviços, Poder Público, Serviços Públicos, Rural, Residencial, Baixa Renda, Gestão Energética Municipal, Educacional e Iluminação Pública.

Segundo a ANEEL, para enviar o projeto alguns dados devem estar presentes no roteiro básico da elaboração:

- Identificação: Título do projeto, responsável, telefone e e-mail;
- Objetivos: Definir os principais objetivos do projeto e sua ligação com a eficiência energética;
- Descrição e Detalhamento: Descrever o projeto e detalhar as etapas a serem desenvolvidas, principalmente ligadas a eficiência energética e economia de energia.
- Estratégia de M&V: Definir como será calculada a economia de energia e redução da demanda;
- Abrangência: Descrever quais áreas serão beneficiadas pelo projeto, bem como o público-alvo;
- Dados dos clientes atendidos pelo projeto;
- Metas e Benefícios: Metas de economia de energia (MWh/ano e KW) e benefícios gerais do projeto;

- Prazos e Custos: Cronogramas físico e financeiro;
- Acompanhamento/Itens de Controle: Definir os itens a serem acompanhados ao longo do projeto;
- Treinamento e Capacitação: Informar a necessidade de treinamentos necessários para a efetiva execução do projeto.

## **6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

### **6.1 Conclusões**

Este trabalho apresenta um estudo e projeto de implantação de um modal de transporte verde entre as sedes Centro, Ecoville e Neoville do Campus Curitiba da UTFPR. O modal de transporte proposto sugere a utilização de um ônibus elétrico que não emite gases poluentes como o ônibus movido a diesel utilizado atualmente. Para alimentar a estação de recarga do veículo é proposto um sistema de geração fotovoltaica, com módulos que poderiam ser instalados no telhado do Bloco B da sede Centro.

Para o desenvolvimento do trabalho foi necessário estudar os conceitos de energia solar, os seus modos de captação e as formas de captação mais e menos eficientes. Estes conceitos foram descritos no Capítulo 2, que também apresenta uma breve introdução sobre veículos elétricos e sistemas de recarga.

No capítulo 3 são apresentados os resultados do estudo sobre a introdução de um veículo elétrico em substituição ao a diesel em uso atualmente pela UTFPR-CT. Este capítulo apresenta a especificação do sistema fotovoltaico necessário para realizar o abastecimento do veículo elétrico de forma autônoma e limpa. As especificações da estação de recarga do ônibus elétrico também são mostradas.

No desenvolvimento deste trabalho foram feitos comparativos entre a situação atual e a proposta e evidenciou quanto ao uso de veículos movidos a combustão, principalmente diesel, são prejudiciais ao meio ambiente, além de mostrar dados da quantidade de poluentes que um veículo pode produzir em um intervalo considerável de tempo.

Também deve-se ressaltar que a produção de energia renovável está crescendo cada vez mais, assim como a utilização de meios de transporte mais sustentáveis, com menor poluição. Porém é necessário salientar que a utilização de um veículo elétrico por si só não é completamente sustentável se o mesmo for abastecido por energia gerada de fontes não renováveis, por isso a preocupação na instalação de um sistema fotovoltaico, para se ter um abastecimento autossuficiente e limpo.



O estudo de viabilidade econômica foi apresentado no Capítulo 4, o qual apontou um retorno de capital investido no modal de transporte verde em aproximadamente 10 anos. Um tempo de retorno não longínquo, levando em consideração o impacto positivo que se apresenta ao meio ambiente ao longo destes 10 anos, deixando de produzir mais de 1 tonelada de poluentes, além de ser uma ação em prol de um ambiente mais limpo e sustentável, não só para essa geração, mas também para gerações futuras.

Pode-se dizer que o objetivo geral de realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica para a implementação de um transporte intersedes com estação de carregamento e fonte de geração de energia fotovoltaica foi completamente atendido.

Os objetivos específicos também foram atendidos, sendo apresentado um estudo sobre energia solar fotovoltaica, sobre veículos elétricos e estações de carregamento. Realizou-se o estudo técnico e econômico para implantação de um sistema fotovoltaico a fim de tornar o abastecimento do ônibus elétrico autossuficiente. Também foi feito o cálculo de emissão de gases, totalizando mais de 1 tonelada de gases que deixariam de ser emitidos durante o tempo de pagamento do projeto, que foi 10 anos, conforme apontado no estudo de viabilidade econômica. Ademais, o objetivo de apresentar o projeto de um sistema de transporte totalmente sustentável foi alcançado, não somente com a introdução de um veículo elétrico, mas de todo um sistema de abastecimento onde a produção de energia para abastecer o veículo fosse também sustentável.

## **6.2 Recomendações para Trabalhos Futuros**

Como sugestão para trabalhos de pesquisa futuros, sugere-se:

- estudo para aplicação deste projeto junto ao edital do PEE da ANEEL pleiteando a viabilização do mesmo;
- estudo sobre a implementação de um sistema fotovoltaico que atenda toda a demanda energética da UTFPR Campus Curitiba, incluindo as sedes Centro, Ecoville e Neoville, tornando a Universidade autossuficiente por meio de produção de energia renovável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEEL. **Mapa de radiação solar no Brasil**, 2019. Disponível em: <https://www.adeel.com.br/mapa-de-radiacao-solar-no-brasil/>. Acesso em: 27 jul. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE NOTÍCIAS. **Campinas recebe em julho 12 ônibus 100% elétricos, sem emissão de poluentes**, 2015. Disponível em: <http://agenciasn.com.br/arquivos/3771>. Acesso em: 21 jul. 2021.
- ALVES, K. V. **Viabilidade da utilização de painéis solares na indústria química em sistema on grid**. p. 24, 2018. Disponível em: [http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/23196/1/PG\\_CEACP\\_2018\\_1\\_12.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/23196/1/PG_CEACP_2018_1_12.pdf). Acesso em: 21 jul. 2021.
- AKATU. **Investir em transporte movido a energia limpa é essencial no combate às mudanças climáticas**, 2016. Disponível em: <https://akatu.org.br/transporte-compartilhado-energia-limpa-combate-mudancas-climaticas/>. Acesso: 14 de mai. De 2021.
- ANNEE. **Geração distribuída**, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 12 abr. 2022.
- ANNEE. **Programa de eficiência energética**, 2020. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica/>. Acesso em: 15 ago. 2021.
- ANEEL. **Capacidade instalada de uma empresa em um sistema - Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL**, 2000. Disponível em: [https://www.aneel.gov.br/home?p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&\\_101\\_struts\\_action=%2Fasset\\_publisher%2Fview\\_content&\\_101\\_returnToFullPageURL=%2F&\\_101\\_assetEntryId=15044507&\\_101\\_type=content&\\_101\\_groupId=656835&\\_101\\_urlTitle=capacidade-instalada-de-uma-empresa-em-um-sistema&inheritRedirect=true/](https://www.aneel.gov.br/home?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2F&_101_assetEntryId=15044507&_101_type=content&_101_groupId=656835&_101_urlTitle=capacidade-instalada-de-uma-empresa-em-um-sistema&inheritRedirect=true/). Acesso em: 14 out. 2021.
- AUTOMOTIVE BUSINESS. **BYD inaugura fábrica no Brasil em julho**, 2015. Disponível em: <https://www.automotivebusiness.com.br/noticia/21904/byd-inaugura-fabrica-no-brasil-em-julho>. Acesso em: 21 jul. 2021.

AUTOMOTIVE BUSINESS. **Man comemora 90 anos de veículo movido a diesel**, 2014. Disponível em: <https://www.automotivebusiness.com.br/pt/posts/noticias/man-comemora-90-anos-do-caminhao-movido-a-diesel/>. Acesso em: 10 jun. 2021.

BRAJTERMAN, O. **Introdução dos veículos elétricos e impactos sobre o setor energético brasileiro**. p. 154, 2016. Disponível em: [http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Olivia\\_Brajterman.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Olivia_Brajterman.pdf). Acesso em: 26 ago. 2021.

BLOG SILVATRÔNICS. **Tudo sobre energia solar, tipos de sistema on grid, off grid e híbrido**, 2019. Disponível em: <https://blog.silvatronics.com.br/tudo-sobre-energia-solar/>. Acesso em: 27 jul. 2021.

BAND NEWS. **Painéis solares são instalados pela UFPR em estações-tubo de Curitiba para a utilização de energia limpa**, 2020. Disponível em: <https://bandnewsfmcuitiba.com/paineis-solares-sao-instalados-pela-ufpr-em-estacoes-tubo-de-curitiba-para-utilizacao-de-energia-limpa/>. Acesso em: 15 de mai. de 2021.

CAMARGO, L. H. **Análise de cenários da inserção de veículos elétricos em conjunto com geradores fotovoltaicos**, 2022. Monografia – Graduação Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2022.

CARVALHO, C. C. **Fontes heliotérmicas: Um estudo sobre o funcionamento o potencial de implementação no Brasil**. p. 55, 2016. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9944/1/CT\\_COELE\\_2016\\_1\\_23.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9944/1/CT_COELE_2016_1_23.pdf). Acesso em: 13 mai. 2022.

CETESB. **Gases do efeito estufa**, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/gases-do-efeito-estufa/>. Acesso em: 10 nov. 2021.

COPEL. **Eficiência energética**, 2020. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcweb/copel-distribuicao/eficiencia-energetica/> Acesso em: 15 de mai. de 2021.

CONJUR. **Fevereiro registra aumento de 147% na venda de carros elétricos**, 2022. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/2022-mar-25/fevereiro-registra-aumento-147-venda-carros-eletricos>. Acesso em: 18 de mai. 2022.

COPEL. **Manual de eficiência energética na indústria**. Curitiba – Paraná. 2005.

COPEL. **Copel inaugura maior eletrovia do país**, 2019. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2F66B766F31D7940A58325836200594384>. Acesso em: 10 nov. 2021.

COPPE UFRJ. **Comparativo de consumo de combustível entre ônibus equipados com aparelhos de ar condicionado e ônibus convencionais**. 2015. Disponível em: <http://www.rioonibus.com/wp->. Acesso em: 13 mai. 2022.

COPPETEC FUNDAÇÃO. **Comparativo de consumo de combustível entre ônibus equipados com aparelhos de ar condicionado e ônibus convencionais**, 2015. Disponível em: <http://www.rioonibus.com/wp-content/uploads/2018/08/5-Estudo-consumo-diesel.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2022.

DIÁRIO DO TRANSPORTE. **Eletro mobilidade**, 2021. Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2021/07/19/audio-chinesa-higer-embarca-onibus-eletrico-para-o-brasil-e-testes-serao-em-empresas-da-capital-paulista-e-ribeirao-preto/>. Acesso em: 24 ago. 2021.

DIÁRIO DO TRANSPORTE. **Estudo Afirma que Híbridos e Elétricos a Bateria têm Custos Competitivos aos dos Ônibus a Diesel P7 para a Maioria dos Tipos de Veículos da Frota de SP**, 2018. Disponível em: <https://diariodotransporte.com.br/2018/12/31/estudo-afirma-que-hibridos-e-eletricos-a-bateria-tem-custos-competitivos-aos-dos-onibus-a-diesel-p7-para-a-maioria-dos-tipos-de-veiculos-da-frota-de-sp/>. Acesso em: 26 ago. 2021.

ENERGIA E AMBIENTE. **Inventário nacional de emissões atmosféricas por veículos automotores rodoviários 2013 (Ano-base 2012)**, 2013. Disponível em: <http://energiaeambiente.org.br/produto/inventario-nacional-de-emissoes-atmosfericas-por-veiculos-automotores-rodoviarios-2013-ano-base-2012>. Acesso em: 20 jul. 2021.

ENERGY TRUE. **Energia solar – Energy True**, 2021. Disponível em: <https://energytrue.com.br/energia-solar/>. Acesso em: 14 out. 2021

ENERGY TRUE. **O que é Energia Solar Fotovoltaica**, 2021. Disponível em: <https://energytrue.com.br/energia-solar/>. Acesso em: 26 ago. 2021.

ENERGY SOLVER. **Sistema off grid**, 2017. Disponível em: <https://www.energysolver.com.br/single-post/sistema-off-grid>. Acesso em: 13 de jul. 2021.

ENERGY SOLVER. **Sistema on grid**, 2017. Disponível em: <https://www.energysolver.com.br/single-post/sistema-on-grid>. Acesso em: 13 de jul. 2021

EXAME. **Nunca se vendeu tantos carros elétricos no Brasil (e no mundo). Por quê?**, 2021. Disponível em: <https://exame.com/negocios/nunca-se-vendeu-tantos-carros-eletricos-no-brasil-e-no-mundo-por-que/>. Acesso em: 10 nov. 2021.

G1. **Brasil ocupa 9ª posição no ranking de países que mais instalaram energia solar em 2020**, 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/especial-publicitario/top-sun/top-sun-energia-solar/noticia/2021/07/26/brasil-ocupa-9a-posicao-no-ranking-de-paises-que-mais-instalaram-energia-solar-em-2020.ghtml>. Acesso em: 22 jun. 2022.

GALAN, J. R. **Avaliação da utilização de aquecimento solar de água para casas do programa Minha Casa Minha Vida no conjunto habitacional Milton de Paula Walter na cidade de Campo Mourão**. p. 38, 2016. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6258/3/CM\\_COECI\\_2016\\_1\\_13.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6258/3/CM_COECI_2016_1_13.pdf). Acesso em: 13 mai. 2022.

GOVERNO DO BRASIL. **Geração Distribuída, 2022**. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: 13 mai. 2022.

GOVERNO FEDERAL. **Ministério do Meio Ambiente**, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br>. Acesso em: 20 jul. 2021.

GÜNTZEL, I. L. **Análise de viabilidade técnica e econômica de sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid, instalados em posto de combustível**. p. 123, 2018. Disponível em:

[https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14937/1/PB\\_COELT\\_2018\\_2\\_12.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14937/1/PB_COELT_2018_2_12.pdf). Acesso em: 26 ago. 2021.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 17 out. 2021.

ICCT. **Avaliação internacional de políticas públicas para eletromobilidade em frotas urbanas**, 2019. Disponível em: <http://www.promobe.com.br/LIBRARY/AVALIACAO-INTERNACIONAL-DE-POLITICAS-PUBLICAS-PARA-ELETROMOBILIDADEEM-FROTAS-URBANAS/>. Acesso em: 26 ago. 2021.

IEA. **CO2 Emissions from fuel combustion**, 2018. Disponível em: [https://www.oecd-ilibrary.org/energy/co2-emissions-from-fuel-combustion-2018\\_co2\\_fuel-2018-en](https://www.oecd-ilibrary.org/energy/co2-emissions-from-fuel-combustion-2018_co2_fuel-2018-en). Acesso em: 26 ago. 2021.

IGUI ECOLOGIA. **O transporte verde no brasil**, 2019. Disponível em: <https://www.iguiecologia.com/o-transporte-verde-no-brasil/>. Acesso em: 10 nov. 2021.

INPE. **Novo sistema facilita consulta sobre potencial de energia solar**, 2019. Disponível em: [http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod\\_Noticia=5087](http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5087). Acesso em: 22 jun. 2022.

JUSBRASIL. **Secretaria de mudanças climáticas e qualidade ambiental**, 2021. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/busca>. Acesso em: 20 jul. 2021.

LANREN. **Atlas solar**, 2017. Disponível em: [http://labren.ccst.inpe.br/atlas\\_2017.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html). Acesso em: 14 jun. 2021.

MARCOPOLO. **Novo sênior urbano**, 2022. Disponível em: <https://www.marcopolo.com.br/marcopolo/novo-senior-urbano>. Acesso em: 10 de jun. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**. p. 114, 2011. Disponível em: <http://energiaeambiente.org.br/produto/1o-inventario-nacional-de-emissoes-atmosfericas-por-veiculos-automotores-rodoviarios>. Acesso em: 22 jun. 2022.

MME e EPE. **Eletromobilidade e Biocombustíveis**, 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico457/Eletromobilidade%20e%20Biocombustiveis.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2021.

MOBILIZE BRASIL. **Ônibus elétricos já estão em operação no Brasil e no mundo**, 2019. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/noticias/11683/onibus-eletricos-ja-estao-em-operacao-no-brasil-e-no-mundo-veja-onde.html>. Acesso em: 21 jul. 2021.

MOBILIZE ITAIPU BINACIONAL. **Ônibus híbrido (elétrico/etanol) da Itaipu entra em fase final de teste**. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/noticias/12652/onibus-hibrido-eletricoetanol-da-itaipu-entra-em-fase-final-de-testes.html>. Acesso em 20 nov. 2021.

MORITA, I. O. **Desempenho de painéis solares de múltiplas tecnologias frente a radiação solar da região de Curitiba**. p. 38, 2018. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10156/2/CT\\_COELE\\_2018\\_2\\_22.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10156/2/CT_COELE_2018_2_22.pdf). Acesso em: 13 mai. 2022.

NEALER, R.; REICHMUTH, D.; ANAIR, D. **Cleaner Cars from Cradle to Grave**, 2015. Disponível em: <https://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2015/11/Cleaner-Cars-from-Cradle-to-Grave-full-report.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2021.

NEOCHARGE. **Tipos de carregadores para veículos elétricos**, 2014. Disponível em: <https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carregador-carro-eletrico/tipo-carregador-ve>. Acesso em: 2 out. 2021

NEOSOLAR. **Painéis solares, baterias, controladores de carga, carro elétrico, inversores**. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/loja/>. Acesso em: 13 ago. 2021.

NEOSOLAR. **Sistema off grid para torre de telecon**. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/component/kunena/4-Dimensionamento-de-Sistemas-Off-Grid/411-sistema-off-grid-para-torre-de-telecom>. Acesso em 15 mar. 2022.

NEOSOLAR. **Painel solar fotovoltaico 450w OSDA ODA450-36-MH**. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-450w-osda-oda450-36-mh.html>. Acesso em 18 dez. 2021.

NEWCASTLE UNIVERSITY. **Making solar energy more sustainable with light-powered technology**, 2021. Disponível em: <https://www.ncl.ac.uk/nes/news/news-items/making-solar-energy-more-sustainable/>. Acesso: 23 mai.2022.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Análise das Emissões Brasileiras de Gases de Efeito Estufa e suas Implicações para as Metas de Clima do Brasil 1970 – 2019**. p. 41, 2020. Disponível em: [https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG\\_8/SEEG8\\_DOC\\_ANALITICO\\_SINTESE\\_1990-2019.pdf](https://seeg-br.s3.amazonaws.com/Documentos%20Analiticos/SEEG_8/SEEG8_DOC_ANALITICO_SINTESE_1990-2019.pdf). Acesso em: 22 jun. 2022.

OCA ENERGIA. **Sistema fotovoltaico híbrido**, 2021. Disponível em: <https://www.ocaenergia.com/blog/energia-solar/sistema-fotovoltaico-hibrido-entenda-o-que-e/>. Acesso em: 15 de jul. 2021.

OMS ENGENHARIA. **Como a instalação de estações e pontos de recargas de veículos elétricos deve ser feita?**, 2021. Disponível em: <https://omsengenharia.com.br/blog/estacao-de-recarga-de-veiculos-eletricos/>. Acesso em: 18 fev. 2022.

ÔNIBUS E TRANSPORTE. **Ingá recebe ônibus elétrico para testes**, 2021. Disponível em: <https://onibusetransporte.com/2021/09/17/inga-recebe-onibus-eletrico-para-testes/>. Acesso em: 02 de fev. 2022.

PENICHE, F. F.; PASS G. T.; MELLO L. B. O. **Análise de dados de radiação solar na região de Curitiba para aproveitamento energético**. p. 93, 2016. Disponível em: [http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10141/1/CT\\_COELE\\_2016\\_2\\_19.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10141/1/CT_COELE_2016_2_19.pdf). Acesso em: 26 ago. 2021.

PEREIRA, P. T. S. **Energia Solar Térmica: Perspectivas do Presente e do Futuro**. p. 115, 2010. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60373/1/000142688.pdf>. Acesso em: 13 mai. 2022.



PLANET SMART CITY. **Torre heliotémica nos Estado Unidos gera energia 24 horas por dia**. 2019. Disponível em: <https://www.planetsmartcity.com.br/blog/torre-heliotermica-nos-eua-gera-energia-24-horas-por-dia/>. Acesso em: 07 mai. 2022.

PORTAL ENERGIA. **Quais painéis solares fotovoltaicos mais eficientes do mercado?**, 2020. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/paineis-solares-mais-eficientes/>. Acesso em: 07 abr. 2022.

PORTAL SOLAR. **Como captar energia solar**, 2016. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/como-captar-energia-solar.html>. Acesso em: 27 jul. 2021.

PORTAL SOLAR. **Tipos de modulo fotovoltaico**, 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>. Acesso em: 24 ago. 2021.

PORTAL SOLAR. **Sorocaba adota energia solar em terminal de passageiros**, 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/sorocaba-adota-energia-solar-em-terminal-de-passageiros.html>. Acesso em: 15 de mai. de 2021.

PORTAL SOLAR. **Como funciona o painel solar fotovoltaico**. 2016. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-o-painel-solar-fotovoltaico.html>. Acesso em: 15 mar. 2022.

SÓ SOLAR. **Inversor solar fotovoltaico on grid Growatt**. Disponível em: <https://www.sosolar.com.br/inversor-solar-fotovoltaico-on-grid-inversor-mid-15ktl3-xl-15kw-trifasico-220v-4mppt-monitoramento-66281.html>. Acesso em: 10 abr. 2022.

SOLAR ENERGIA. **Energia solar térmica, usos e tipos de instalações**. 2011. Disponível em: <https://pt.solar-energia.net/solar-termica>. Acesso em: 08 abr. 2022.

SOLAR PRIME. **Módulos fotovoltaicos: veja o que são e os diferentes tipos!**, 2019. Disponível em: <https://solarprime.com.br/modulos-fotovoltaicos-veja-o-que-sao-e-os-diferentes-tipos/>. Acesso em: 22 jun. 2022.

SUSTAINABLE BUS. **Electric bus, main fleets and projects around the world**, 2020. Disponível em: <https://www.sustainable-bus.com/electric-bus/electric-bus-public-transport-main-fleets-projects-around-world/>. Acesso em: 20 jul. 2021.

UDOP. **Energias renováveis no horizonte brasileiro:** entenda como a energia eólica, solar e de biomassa funciona e seu mercado por aqui. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2021/03/10/energias-renovaveis-no-horizonte-brasileiro-entenda-como-a-energia-eolica-solar-e-de-biomassa-funciona-e-seu-mercado-por-aqui.html>. Acesso em: 14 out. 2021.

UNICAMP - IFGW. **Minicurso de fabricação de células solares e módulos fotovoltaicos**, 2014. Disponível em: <https://www.iei-brasil.org/pdf/4inovafvminicursofrancisco.pdf>. Acesso em: 13 de jun. 2021.

VALDEMAR MEDEIROS. **Volkswagen pretende lançar micro-ônibus elétrico que anda sozinho pelas ruas e substitui o uso de motorista.** Acesso em: 12 maio 2021.

VIA CIRCULAR. **Volvo B58 224**, 2022. Disponível em: <https://viacircular.com.br/chassis/volvo/b58-224-versao-1988/>. Acesso em: 30 mai. 2022.

VOLVO. **Carbon footprint report - Volvo C40 recharge**, 2020.

VOLARE. **Volare acess-e 100% elétrico**, 2018. Disponível em: <https://sac.volare.com.br/veiculos/unidades-especiais/access-e>. Acesso em: 22 out. 2021.

WEBMOTORS. **Carro elétrico: conheça os conectores de recarga**, 2021. Disponível em: <https://www.webmotors.com.br/wm1/dicas/carro-eletrico-conheca-os-conectores-de-recarga>. Acesso em: 18 fev. 2022.

WEG. **Energia solar para todos**, 2020. Disponível em: <https://www.weg.net/solar> Acesso em: 15 de mai. de 2021.

WEG. **WEG fornece estações de recarga para abastecer o primeiro ônibus elétrico para uso rodoviário do Brasil.** 2020. Disponível em: <https://www.weg.net/institucional/BR/pt/news/produtos-e-solucoes/weg-fornece-estacoes-de-recarga-para-abastecer-o-primeiro-onibus-eletrico-para-uso-rodoviario-do-brasil>. Acesso em: 08 de fev. 2022.

WEG. **Estação de recarga para veículos elétricos**, 2021. Disponível em:

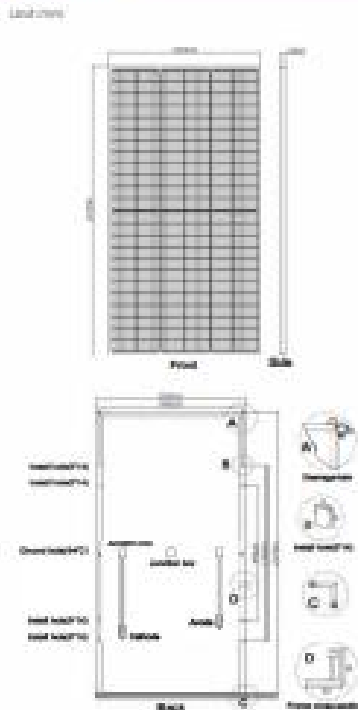
[https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Control-Industrial/Infraestrutura-para-Mobilidade-de-Recarga-para-Veculos-Eletricos/Esta - MKT\\_WDC\\_BRAZIL\\_RE\\_ELECTRIC\\_VEHICLE\\_G2](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Automa%C3%A7%C3%A3o-e-Control-Industrial/Infraestrutura-para-Mobilidade-de-Recarga-para-Veculos-Eletricos/Esta-MKT_WDC_BRAZIL_RE_ELECTRIC_VEHICLE_G2). Acesso em 15 dez. 2021.

**ANEXO A – DATASHEET MÓDULO**

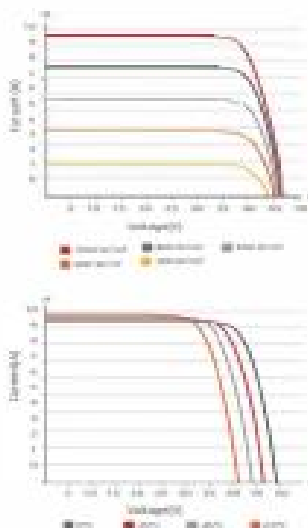
# ODA-144HCLM

www.osdasol.com

## IV DRAWINGS



## IV CURVE



## ELECTRICAL DATA (STC)

Model Type	ODM430-30-MH	ODM430-30-MH	ODM440-30-MH	ODM450-30-MH	ODM460-30-MH
Peak Power(Pmax)	420.00	430.00	440.00	450.00	460.00
Maximum Power Voltage(Vmp)	40.20	40.60	41.00	41.40	41.80
Maximum Power Current(Imp)	10.45	10.60	10.74	10.87	11.01
Open Circuit Voltage(Voc)	48.00	48.20	48.00	48.22	48.70
Short Circuit Current(Isc)	11.04	11.10	11.23	11.48	11.63
Cells Efficiency(%)	23.28	23.79	23.38	23.80	23.91
Module Efficiency(%)	18.81	19.26	19.00	19.28	19.71

\* STC: irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, and cell temperature of 25°C.

## ELECTRICAL DATA (NOCT)

Model Type	ODM430-30-MH	ODM430-30-MH	ODM440-30-MH	ODM450-30-MH	ODM460-30-MH
Peak Power(Pmax)	311.10	318.50	326.00	334.00	342.00
Maximum Power Voltage(Vmp)	27.20	27.50	27.90	28.27	28.64
Maximum Power Current(Imp)	8.30	8.50	8.81	8.73	8.80
Open Circuit Voltage(Voc)	45.50	45.80	46.20	46.84	47.30
Short Circuit Current(Isc)	9.90	9.92	9.23	9.26	9.40

\* NOCT: irradiance 800 W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, ambient temperature 25°C, wind speed 1 m/s

## TEMPERATURE & MAXIMUM RATING

Maximum System Voltage(V)	1000
Maximum Series Fuse Rating(A)	20
Power Tolerance	0 ~ +3 %
Power Temperature Coefficient(W/°C)	-0.270 %
Voc Temperature Coefficient(W/°C)	-0.205 %
Isc Temperature Coefficient(W/°C)	+0.057 %
NOCT Nominal Operating Cell Temperature(°C)	45±2
Operating and Storage Temperature(°C)	-40 ~ +85

## MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell Type	200x121 Mono
No. of Cells	244(12x12)
Dimensions	2111*1050*40
Weight	23.5kg
Front Glass	3.2mm High transmission, low iron, tempered glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 3 diodes
Output cables	4mm <sup>2</sup> cable 60cm±5
Max Wind Load/Snow Load	2400Pa/2400Pa

## PACKING WAY

20FT container	5 Packages(124PCS)
40HQ container	20 Packages(596PCS)



We Are Seeking Agents And Partners!

ADD: NO.128 Huichuan Rd., Jiangbei Dist., Ningbo, China

Tel: 86-574-87915068

Fax: 86-574-87906633

E-mail: sales@osdasol.com

**ANEXO B – DATASHEET INVERSOR**

Ficha de dados	MID 15KTL3-XL	MID 20KTL3-XL
<b>Dados de entrada</b>		
Máxima potência fotovoltaica recomendada (para o módulo STC)	22500W	30000W
Máxima tensão CC		1100V
Tensão de partida		250V
Tensão nominal		360V
Faixa de tensão MPPT		200-850V
Número de MPPT trackers		4
Número de Strings por MPPT tracker		2/2/2/2
Máxima corrente de entrada por MPPT tracker		26A/26A/26A/26A
Máxima corrente de curto-circuito por MPPT tracker		32A/32A/32A/32A
<b>Saída</b>		
Máxima potência nominal CA	15000W	20000W
Tensão nominal CA		127V/220V(101.6-139.7V)
Frequência da rede CA		50/60 Hz,46~54/56-64 Hz
Máxima corrente de saída	43.7A	58.3A
Fator ajustável de potência		0.8leading...0.8lagging
THDI		< 3%
Tipo de conexão da rede CA		3W+N+PE
<b>Eficiência</b>		
Máxima eficiência		98.00%
Eficiência europeia		97.50%
Eficiência MPPT		99.90%
<b>Proteção</b>		
Proteção de polaridade reversa CC		Sim
Interruptor CC		Sim
Proteção CA/CC de surtos		Tipoll / Tipoll
Monitoramento de resistência de isolamento		Sim
Proteção de curto circuito CA		Sim
Monitoramento de falha do terra		Sim
Monitoramento da rede		Sim
Proteção anti-ilhamento		Sim
Unidade de monitoramento da corrente residual		Sim
Monitoramento de falha da string		Sim
<b>Dados Gerais</b>		
Dimensões L/A/P		580/435/230mm
Peso		31kg
Faixa de temperatura operacional		-25 °C ... +60 °C
Consumo noturno		< 1W
Topologia		Sem transformador
Resfriamento		Natural
Nível de proteção		IP66
Humidade relativa		0-100%
Altitude		4000m
Conexão CC		H4/MC4(Optional)
Conexão CA		Connector
Display		OLED+LED/WIFI+APP
Interfaces: USB/RS485/WIFI		Sim/Sim/Sim
Garantia: 5 anos		Sim
CE, IEC 62116, IEC 61727, IEC62109, AS4777, UL1741, IEEE1547		

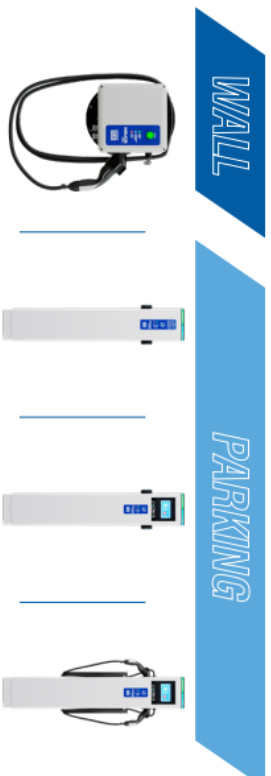
**ANEXO C – DATASHEET ESTAÇÃO DE RECARGA**



# ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

<b>MODELO</b>	Modelo Código
<b>ENTRADA CA</b>	Tensão de alimentação Frequência Potência máxima de entrada Detecção de falta a terra (RCD) Potência máxima de saída Tensão de saída Corrente de saída Quantidade de tomadas
<b>SAÍDA CA</b>	Tipo de conector Tamanho do cabo de conexão HIM LCD 7" - coríndia Proteção contra impactos externos Grau de proteção Cor padrão Temperatura ambiente Temperatura de armazenamento Dimensão sem conector/soquete AXLP (mm) Dimensão com conector/soquete AXLP (mm) Peso
<b>CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS</b>	Sobrecorrente Sobretensão Falha de comunicação com VE Curto-circuito Disjuntor DR DPS Medição de energia Identificação Interação com o usuário
<b>ACESSÓRIOS ADICIONAIS</b>	IEC 62935 IEC 61851-1 IEC 61439-7 OCPP 1.6 JSON
<b>CARACTERÍSTICAS ADICIONAIS</b>	RFID WEM08 Management Platform (Plataforma / App / API) GPRS Ethernet
<b>NORMAS ATENDIDAS</b>	
<b>COMUNICAÇÃO</b>	

WEM08-W-007-11T2	14802239	WEM08-P-022-E-3G-R-2S2	15059690	WEM08-P-022-E-3G-R-H-2S2	14919530	WEM08-P-022-E-3G-R-H-2T2	15063497
220 V CA ±10% F+N/F+FN <sup>1)</sup>	60 Hz ±5%	380 V CA ±10% F+N/F+FN <sup>1)</sup>	60 Hz ±5%	380 V CA ±10% (Trifásico) 3F+N <sup>1)</sup>	60 Hz ±5%	380 V CA ±10% (Trifásico) 3F+N <sup>1)</sup>	60 Hz ±5%
≤ 7,5 KVA		≤ 44,4 KVA		DR tipo B	2x 22 KVA <sup>1)</sup>	2x 22 KVA <sup>1)</sup>	2x 22 KVA <sup>1)</sup>
30 mA CA + 6 mA CC + DR tipo A	7,4 KVA <sup>1)</sup>	380 V CA trifásico		380 V CA trifásico		380 V CA trifásico	
Até 32 A		Até 32 A		Até 32 A		Até 32 A	
1 cabo + conector		2 soquetes		2 soquetes		2 cabos + conector	
Tipo 2		Tipo 2		Tipo 2		Tipo 2	
4,7 m		-		-		4,7 m	
-		Incluso		Incluso		Incluso	
IK08		IK08 (IK10 opcional)		IK08 (IK10 opcional)		IK08 (IK10 opcional)	
IP54		IP54		IP54		IP54	
Branco liso 68041		Branco liso 68041		Branco liso 68041		Branco liso 68041	
0 a 45 °C		0 a 45 °C		0 a 45 °C		0 a 45 °C	
-10 a 70 °C		-10 a 70 °C		-10 a 70 °C		-10 a 70 °C	
375 x 275 x 190		1,610 x 280 x 180		1,610 x 280 x 180		1,610 x 280 x 180	
375 x 434 x 190		1,610 x 352 x 180		1,610 x 352 x 180		1,610 x 598 x 180	
≤ 7,2 Kg		40 Kg		40 Kg		52 Kg	
Incluso		Incluso		Incluso		Incluso	
-		Incluso		Incluso		Incluso	
Incluso - externo		Incluso		Incluso		Incluso	
Incluso - externo		Incluso		Incluso		Incluso	
Incluso - externo		Incluso - interno		Incluso - interno		Incluso - interno	
Incluso - interno		Incluso - interno		Incluso - interno		Incluso - interno	
-		Incluso		Incluso		Incluso	
LED RGB		LED RGB		LED RGB		LED RGB	
Automático		Automático / RFID / APP		Automático / RFID / APP		Automático / RFID / APP	
Sim		Sim		Sim		Sim	
Sim		Sim		Sim		Sim	
Sim		Sim		Sim		Sim	
-		Incluso		Incluso		Incluso	
-		Incluso		Incluso		Incluso	
-		Opcionais		Opcionais		Opcionais	
-		Incluso <sup>2)</sup>		Incluso <sup>2)</sup>		Incluso <sup>2)</sup>	
-		Incluso		Incluso		Incluso	



## **APÊNDICE D – PROJETO INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA**

