

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JOATAN PEDRO ZANELLA

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE DIFERENTES
MODELOS DE CARREGADORES PARA CARROS ELÉTRICOS,
COMERCIALIZANDO ENERGIA GERADA POR SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS**

PATO BRANCO

2022

JOATAN PEDRO ZANELLA

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DIFERENTES
MODELOS DE CARREGADORES PARA CARROS ELÉTRICOS,
COMERCIALIZANDO ENERGIA GERADA POR SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS**

**Economic feasibility of implementing different models of chargers for
electric cars, commercializing energy generated by photovoltaic
systems**

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

Orientador: Prof. Dr. Jean Patric da Costa
Coorientadora: Prof. Dra. Elizângela Mara
Cavalheiro

PATO BRANCO

2022



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

**VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DIFERENTES MODELOS
DE CARREGADORES PARA CARROS ELÉTRICOS, COMERCIALIZANDO
ENERGIA GERADA POR SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação/
Especialização apresentado como requisito para
obtenção do título de Bacharel Em Engenharia Elétrica
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 13 de junho de 2022

Jean Patric da Costa
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Elizângela Mara Cavalheiro
Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Alexandre Batista De Jesus Soares
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Ana Cristina Alves Silveira Lima
Mestra
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

José Donizetti de Lima
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PATO BRANCO

2022

AGRADECIMENTOS

O primeiro agradecimento é para alguém muito especial, o primeiro orientador que esse trabalho teve, que infelizmente nos deixou durante esse período de elaboração do TCC. Meu orientador e amigo pessoal, Professor M.Sc. Cesar Augusto Portolann. Saiba que eu e todos que conviveram com o senhor se lembram e agradecem os bons momentos aos quais nos proporcionou. Seu legado como docente permanecerá para sempre na UTFPR, nesse e em outros inúmeros trabalhos os quais participou. Agradeço, pois desde o início o senhor acreditou na idéia e me incentivou a fazer algo que me despertava interesse, docentes como o senhor fazem grande diferença nas universidades. Ao invés de criticar o senhor corrigia, fazendo com que os alunos se sentissem à vontade no meio acadêmico, sempre com seu jeito calmo e respeitoso. Obrigado por ter feito parte desse trabalho e da minha vida pessoal, nunca esquecerei que a última avaliação descritiva que fiz no curso de Engenharia Elétrica foi aplicada pelo senhor, fechando assim um dos mais importantes ciclos de minha vida. Que Deus conforte os familiares, amigos e colegas que sentem sua falta, a saudade é forte, mas ela prova o quanto você é importante para aqueles que o conheceram.

De forma especial também gostaria de agradecer a minha coorientadora, Prof. Dra. Elizângela Mara Cavalheiro, que mesmo sem me conhecer pessoalmente e sendo de outro departamento do *campus*, diferente ao da engenharia elétrica, aceitou fazer parte desse trabalho. Viveu a perda do nosso colega Portolann, mas mesmo com as adversidades desempenhou papel fundamental para o andamento dessa monografia, sem medir esforços para a auxiliar e orientar, obrigado Prof. Elizângela!

Ao meu orientador Prof. Dr. Jean Patric da Costa, apesar das condições adversas que o trouxeram a esse trabalho, o senhor foi de fundamental importância para o desenvolvimento desse estudo, sendo técnico, pontual e agregando muito valor as informações aqui registradas.

Agradeço em especial aos meus familiares e minha esposa Alexandra por me proporcionarem todo o suporte para chegar ao final dessa jornada.

Por fim agradeço à UTFPR, por disponibilizar ótimos professores, que me passaram os conhecimentos necessários para conseguir realizar esse trabalho.

RESUMO

Na busca mundial por sustentabilidade, novas tecnologias são desenvolvidas e aperfeiçoadas buscando produções mais limpas e que possam com a produção em escala, ter custos menores e se tornarem acessível à população, como é o caso dos carros elétricos. Entretanto, a disseminação de utilização de baterias recarregáveis, aumenta a demanda por postos de carregamento e produção de energia elétrica. Dessa forma, este trabalho buscou realizar um estudo de viabilidade econômica de projetos de investimentos de estação de recargas com diferentes modelos de carregadores para carros elétricos comercializando energia gerada em um sistema de geração fotovoltaica. Através de pesquisas se chegou a informações dos veículos elétricos mais comuns de serem encontrados no Brasil, e foram dimensionados sistemas para atendê-los. Nesse dimensionamento, foram estimados os custos de operação, manutenção e implantação do sistema fotovoltaico e dos diferentes modelos de carregadores elétricos, resultando em quatro diferentes conjuntos de potenciais empreendimentos. Por meio de uma abordagem, determinística, Através de métodos determinísticos foram criados os cenários de cada conjunto e avaliados individualmente indicadores de viabilidade econômica. Ao final desse projeto foi possível determinar que o sistema completo envolvendo carregadores de 22 kW, é o investimento que apresenta melhor potencial de implementação prático, porém é muito sensível a mudanças de cenários.

Palavras-chave: Carregadores Elétricos; Carros Elétricos; Instalações Elétricas; Sistemas Fotovoltaicos; Viabilidade Econômica.

ABSTRACT

With the global search for sustainability, new technologies are developed and improved seeking cleaner production and that can with the production in scale, have lower costs and become accessible to the population, as is the case of electric cars. However, the spread of the use of rechargeable batteries increases the demand for charging stations and electric energy production. Thus, this study aimed to conduct an economic viability study of investment projects for recharging stations with different models of chargers for electric cars commercializing energy generated in a photovoltaic generation system. Through research, information about the most common electric vehicles to be found in Brazil was obtained, and systems to support them were dimensioned. In this dimensioning the costs of operation, maintenance and implementation of the photovoltaic system and the different models of electric chargers were estimated, resulting in four different sets of potential enterprises. Through deterministic methods the scenarios of each set were created and economic viability indicators were applied individually. At the end of this project, it was possible to determine that the complete system involving 22 kW chargers is the investment that has the best potential for practical implementation, but is very sensitive to changes in scenarios.

Keywords: Electric Chargers; Electric Cars; Electrical Installations; Photovoltaic Systems; Economic Viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição da matriz energética brasileira	19
Figura 2 - Preço das células fotovoltaicas, potência instalada de 1 Watt de energia elétrica.....	19
Figura 3 - Distribuição da matriz energética brasileira	31
Figura 4 - Efeito fotovoltaico em célula de silício cristalizado	40
Figura 5 - Tarifas aplicadas ao grupo A.....	57
Figura 6 - Tarifa grupo B (residencial)	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Modelos de carros elétricos encontrados no Brasil	31
Tabela 2- Irradiação solar média UTFPR Pato Branco	36
Tabela 3- Dados climatológicos para Pato Branco	39
Tabela 4 - Custos do Kit Fotovoltaico empresa A	48
Tabela 5- Custo do Kit Fotovoltaico empresa B.....	49
Tabela 6- Custo do Kit Fotovoltaico empresa C.....	49
Tabela 7- Preço médio do kit fotovoltaico.	50
Tabela 8- Custos de entrada de energia Copel	51
Tabela 9- Custos de instalação dos carregadores de 7,5 kW.	52
Tabela 10- Custos da instalação dos carregadores de 22 kW	53
Tabela 11- Custos da instalação dos carregadores de 60 e 30 kW	54
Tabela 12- Custo da instalação dos carregadores de 150 kW	55
Tabela 13- Valor do investimento total de implantação de cada sistema	56
Tabela 14- Precificação por kWh.....	58
Tabela 15- Custo de operação e manutenção estimados do sistema fotovoltaico.	59
Tabela 16- Custo de operação e manutenção para o conjunto de carregadores de 7,5 kW.	60
Tabela 17- Custo de operação e manutenção para o conjunto de carregadores de 22 kW.	61
Tabela 18- Custo de operação e manutenção para o conjunto de carregadores de 60 e 30 kW	61
Tabela 19- Custo de operação e manutenção para o carregador de 150 kW.	61
Tabela 20 - Fluxo de caixa, carregadores de 7,5 kW.....	68
Tabela 21 - Fluxo de caixa, carregadores de 22 kW	69
Tabela 22 - Fluxo de caixa, carregadores de 30 e 60 kW	70
Tabela 23 - Fluxo de caixa, carregador de 150 kW.....	71
Tabela 24 - Indicadores de viabilidade para os carregadores de 7,5 kW	72
Tabela 25 - Indicadores de viabilidade para os carregadores de 22 kW	73
Tabela 26 - Indicadores de viabilidade para os carregadores de 30 e 60 kW	74
Tabela 27 - Indicadores de viabilidade para o carregador de 150 kW.....	75
Tabela 28 - Comparação de indicadores	76

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo geral	12
2.2. Objetivos específicos.....	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1. Combustíveis fósseis.....	13
3.2. Carros elétricos	14
3.3 Geração de eletricidade	17
3.4 Carregadores elétricos	22
3.5 Viabilidade econômica e modelos deterministas e estocásticos.	23
3.5.1 Metodologia para análise de viabilidade econômica	26
3.5.1.2 Valor Presente Líquido anualizado (VPLa)	26
3.5.1.3 Índice benefício/custo (IBC).....	27
3.5.1.4 Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA).....	27
3.5.1.5 Taxa Interna de Retorno (TIR).....	28
3.5.1.6 Período de recuperação do Investimento (Payback).....	29
4. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS	30
4.1 Levantamento dos modelos de veículos elétricos mais comuns no brasil.....	30
4.2 Projeto do sistema fotovoltaico e levantamento dos equipamentos necessários.....	33
4.2.1 Determinação da demanda de energia elétrica.....	33
4.2.3 Dimensionamento do sistema fotovoltaico e fatores que interferem em sua eficiência.....	34
4.2.4 Irradiação solar média	34
4.2.5 Perdas a serem consideradas no dimensionamento do sistema fotovoltaico	36
4.2.6 Módulo fotovoltaico	39
4.2.7 Inversores fotovoltaicos e equipamentos necessários para as ligações	41
4.2.8 Dimensionamento do número de módulos fotovoltaicos considerando todas as perdas do sistema.....	43
4.3 Dimensionamento da entrada de energia da Copel	43
4.4 Carregadores de carros elétricos, demanda e dimensionamento	44
4.4.1 Carregador de 150 kW.....	44
4.4.2 Carregadores de 60 kW.....	45
4.4.3 Carregadores de 22 kW.....	46
4.4.4 Carregadores de 7,5 kW.....	46

4.5 Custos do investimento no sistema	47
4.5.1 Investimento para a montagem do kit fotovoltaico	47
4.5.2 Investimento para a entrada de energia da Copel.....	50
4.5.3 Investimento para a implantação dos diferentes kits carregadores de carros elétricos	52
4.5.4 Investimento para a implantação de cada sistema completo	55
4.6 Construção do cenário para a análise de viabilidade econômica	56
4.6.1 Custos de operação e manutenções estimadas	56
4.6.1.1. Entrada de energia da Copel.....	56
4.6.1.2 Sistema Fotovoltaico	59
4.6.1.3 Conjuntos de Carregadores.....	59
4.6.2 Colocações gerais, cenário que se aplica a todos os conjuntos completos.....	62
4.6.3 Cenário para os carregadores de 7,5 kW	65
4.6.4 Cenário para os carregadores de 22 kW	65
4.6.5 Cenário para os carregadores de 60 e 30 kW.....	66
4.6.6 Cenário para o carregador de 150 kW.....	66
4.6.7 Colocações finais do horizonte de funcionamento	67
4.7 Análise de viabilidade econômica	67
4.7.2 Apresentação dos valores encontrados nos indicadores de viabilidade	71
4.7.3 Discussão sobre os valores encontrados nos indicadores de viabilidade	76
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	78

REFERÊNCIAS

ANEXO 1 – Ficha técnica do carregador de 150 kW.

ANEXO 2 – Ficha técnica módulo fotovoltaico DAH.

ANEXO 3 – Ficha técnica, inversor Solis 100 k 5G.

APÊNDICE A – Subestação aérea, entrada de serviço da Copel.

APÊNDICE B – Diagrama unifilar do sistema de geração fotovoltaico.

APÊNDICE C – Diagrama unifilar, carregador de 150 kW.

APÊNDICE D – Diagrama unifilar do sistema de carregadores 60 kW.

APÊNDICE E – Diagrama unifilar do sistema de carregadores 22 kW.

APÊNDICE F – Diagrama unifilar do sistema de carregadores 7,5 kW.

1. INTRODUÇÃO

É cada vez mais comum a preocupação mundial de se tornar autossustentável. Em 2015 Durante a 21ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP21) foi firmado o acordo de Paris (ELETROBUS,2021). Desde então diversos países vem incentivando financeiramente as montadoras de carros a deixarem de produzir veículos a combustão e buscarem alternativas sustentáveis para suprir essa demanda.

Um bom exemplo de incentivo foi divulgado pelo site TECMUNDO (2022), o governo do Estado de São Paulo oferecerá até R\$ 500 milhões em créditos do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) às montadoras que investirem nos veículos sustentáveis. Esses incentivos financeiros, são em grande parte destinados a pesquisa, como baterias com maior autonomia, maior vida útil, soluções mecânicas para desperdícios de energia, entre outras soluções, aumentando a produção e a qualidade desses veículos elétricos. Com esse aumento de produção e melhora de tecnologia é cada vez maior a popularização dos veículos elétricos.

Nesse contexto é importante entender as demais demandas que acompanham a popularização dos veículos elétricos, referentes a produção de energia elétrica e pontos de recarga. Segundo o Jornal Estadão (2021) um dos principais questionamentos de quem pretende adquirir um carro elétrico é a respeito da disponibilidade de pontos de recarga nas ruas e rodovias.

Em relação a geração de energia há um método que vem se tornado muito comum em todo o mundo, que é a geração através da energia solar, captada por sistemas fotovoltaicos. Segundo dados da CNN Brasil (2022), nos dois primeiros meses de 2022 essa geração teve aumento de 80% em relação ao mesmo período de 2021, mostrando o aumento de sua popularização no Brasil.

Porém, antes de se investir em sistemas fotovoltaicos e carregadores elétricos, é necessário estudar a viabilidade de tal investimento. Segundo Souza et al. (2012), há avaliação de investimentos realizada de forma satisfatória é essencial para que se aplique seus recursos de capital em projetos corretos, nesse contexto uma análise de viabilidade econômica pode

ser de grande valor. Essa análise visa entender que tipo de investimento possui maiores chances de retorno financeiro, aumentando assim as chances de o empreendimento ter sucesso.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Realizar o estudo de viabilidade econômica de projetos de investimentos de estações de recargas com diferentes modelos de carregadores para carros elétricos comercializando energia gerada em um sistema de geração fotovoltaica. E apresentar dentre os diferentes projetos analisados qual possui maiores chances de se tornar um empreendimento prático.

2.2. Objetivos específicos

- I. Mapear os modelos de carros elétricos comercializados no Brasil, para entender a disponibilidade técnica de potência de carregamento suportado por baterias e a potência total que podem armazenar.
- II. Identificar as diferentes características, marcas e custos dos equipamentos necessários para implantação do sistema fotovoltaico e do sistema da estação de recarga realizado pelos diferentes modelos de carregadores.
- III. Montar cenários técnico e econômico da instalação do sistema fotovoltaico e da estação de recarga.
- IV. Realizar uma análise de viabilidade econômico-financeira indicando a possibilidade de investimento que apresenta melhor potencial retorno.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Combustíveis fósseis

Há décadas a principal fonte de energia primária global é a de combustíveis fósseis (CHAMBRIARD; PINGUELLI; LAMASSA, 2020). Esses podem ser subdivididos em carvão mineral que é utilizado principalmente para produção de eletricidade e calor através de sua queima, gás natural, também utilizado como combustível para geração de calor, energia e matéria-prima para setores químicos, petroquímicos e de fertilizantes; e o petróleo, que entre algumas funções, tem como principal a utilização de seus derivados para o abastecimento de automóveis.

Segundo dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2021) as reservas de petróleo que comprovadamente existem no mundo totalizam cerca de 1,7 trilhão de barris. Em contrapartida, no ano de 2020 foram consumidos 0,0000885 trilhão de barris por dia, sendo que esse valor sofreu uma queda de 9,3% em relação ao ano de 2019, diminuição causada pelas restrições econômicas geradas pela pandemia de COVID-19. No Brasil, essa queda foi de 5,97% (ANP, 2020). Entretanto, estudos realizados por Freret *et al.* (2019) mostram que o consumo de petróleo mundial sofreu aumentos lineares entre os anos de 1965 e 2015, o que podem gerar uma tendência de elevação desses números para os próximos anos. Considerando que esses valores não venham a sofrer mudanças bruscas imprevistas, é possível realizar uma breve operação calculando a razão da quantidade de barris de reserva mundial, pelo consumo de barris diário, supondo uma média de 90 milhões, é possível chegar à conclusão de que em aproximadamente 51 anos essa reserva de petróleo será inexistente.

Dessa forma, além da provável escassez, esse produto vem causando grandes danos ambientais como no desastre citado por Camargo (2020) ocorrido no Mar da China Oriental com o navio tanque SANCHI, que se chocou contra o navio de grãos CF RYSTAL, causando uma explosão que se seguiu de um incêndio que perdurou por uma semana. O SANCHI naufragou transportando cerca de 810.000 barris de petróleo, o que o tornou o maior derramamento de petróleo dos últimos 30 anos, as manchas negras

provenientes do óleo cobriram uma área de aproximadamente 100quilômetros quadrados, destruindo grande parte da fauna e flora local.

Os combustíveis fósseis atuam como um dos principais vilões na poluição atmosférica urbana, como constatou Drumm *et al.* (2014) é notável o aumento nas últimas décadas, causando grandes impactos no meio ambiente, diretamente influenciado pela distribuição e intensidade de emissões de poluentes atmosféricos de origem veiculares.

Entretanto, é de vital necessidade a utilização de veículos automotivos, sejam eles utilizados para lazer ou trabalho, fato é que movem boa parte da economia global. Segundo Mariano (2001) o petróleo é de fundamental importância para nossa sociedade. Caso esgotado seu fornecimento de energia, um mundo sem os benefícios e comodidades oferecidos, necessitaria de uma grande mudança de mentalidade e hábitos por parte da população. Seus derivados principais, gasolina e diesel, são extremamente convenientes para o uso cotidiano, são de fácil transporte, suprem a demanda atual, e necessitam de poucos instantes para serem abastecidos em veículos automotores.

A substituição dos carros de combustão interna para os carros elétricos contribui para reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Assim, como apresentou Zanetti (2018) os veículos elétricos despontam como o futuro da mobilidade, transformando a história e ganhando destaques com os novos avanços tecnológicos, mostrando que preservação ambiental e eficiência energética são as bases para se alcançar uma verdadeira sustentabilidade.

3.2. Carros elétricos

Os carros elétricos tiveram seus primeiros registros em meados do século XIX, apresentaram certa popularidade pela facilidade de condução, reduzido barulho e de emissão de poluentes e mau cheiro, até o começo do século XX. Porém, com a popularização do Modelo T de Henry Ford e descobertas de grandes reservatórios de petróleo, o motor a combustão da época (com menor custo) era muito mais promissor. Além disso, o petróleo se mostrou abundante e barato, dando as condições necessárias para que a indústria automobilística pudesse se desenvolver, bem como uma rede de

comercialização extremamente bem estruturada, que se unia paralelamente a distribuição dos combustíveis (CARVALHO, 2014).

Tendo custo menor de produção, abastecimento rápido, barato e com maior autonomia, por quase um século, os veículos a combustão se mostraram dominantes no mercado e sem perspectivas de que algum outro modelo viesse a superá-los. Fato que também se deu pelo alto número de propagandas e campanhas promovidas pelas grandes montadoras de automóveis e redes petrolíferas (BARAN, 2010).

É crescente a conscientização e preocupação em relação a busca por sustentabilidade e a descarbonização. Notícias divulgadas pela Eletrobus (2021) mostram que esse assunto foi muito discutido durante a Conferência Sobre Mudanças Climáticas (COP 21), que é considerada a mais ambiciosa iniciativa das Nações Unidas para controlar o aquecimento global. A partir dessa conferência foi possível verificar que o mercado de veículos movidos a combustíveis não fósseis tende a crescer substancialmente, algo que também é motivado pelo Acordo de Paris, assinado por diversos países, entre eles China, Estados Unidos e Brasil. Esse acordo traça uma meta global de que estejam em circulação 100 milhões de veículos elétricos até 2050.

Esse aumento de veículos elétricos que outrora podiam ser considerados como futuristas e de uma implementação quase impossível, vem se mostrando cada vez mais fortes e promissor nos mercados. Em países como os Estados Unidos, China, Japão e Canadá, e no continente europeu, essa tecnologia já é comercializada de maneira popular, com preços competitivos em relação aos automóveis a combustão, possuem estações de carregamentos distribuídas de fácil acesso e grandes incentivos por parte de seus governos.

Essa comercialização segue tendências que se mostram cada vez mais fortes em todo o mundo. Com as mudanças de legislações aplicadas por vários países e a popularização de marcas como a Tesla e BYD, muitas montadoras, estão planejando abandonar gradualmente os padrões dos processos industriais de veículos a combustão e substituí-los por veículos movidos a bateria ou investimentos em carros híbridos.

Nesta linha, Ribeiro (2021) citou algumas montadoras com essa visão

estratégica, sendo essas: a Nissan que pretende ter 100% de carros elétricos até o ano de 2050; General Motors 100% até 2035; Ford 100% até 2030; Volvo 100% até 2030 e a Audi que pretende ter 80% até 2030; entre outras, ainda em fase de planejamento, mas que estão buscando implementar estratégias parecidas como a Fiat, Volkswagen, Renault, Honda e a Jaguar Land Rover.

Além dessas, novas marcas consolidadas em outras áreas pretendem se juntar a esse mercado, como é o caso da gigante chinesa, XIAOMI. Além de novas montadoras 100% elétricas como é o caso da Lucid Motors.

O Brasil segue um caminho parecido. segundo dados da empresa Rocha Marques (2021) especializada em incentivos fiscais e fomentos à inovação tecnológica, o setor automobilístico do Brasil é responsável por cerca de 22% do Produto Interno Bruto (PIB) industrial nacional, tendo produzido no ano de 2016, 1,77milhão de veículos, o que o classifica como décimo maior produtor de veículos no mundo. O Governo Federal vem criando iniciativas, como o programa Rota 2030 que faz a redução de impostos e ajuda com outros benefícios para incentivar o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D).

Esse programa está auxiliando diversos projetos nacionais, um exemplo é o que vem sendo desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (EMBRAP II) o qual é denominado como “Inserção de veículos elétricos em frotas públicas”, cujo objetivo principal é possibilitar o desenvolvimento de metodologias e procedimentos para a conversão de veículos a combustão para traçãoelétrica.

Segundo dados do Anuário da Indústria Automobilística Brasileira da ANFAVEA (2022), da frota circulante, o número de licenciamento de autoveículos novos elétricos eram de 11.924 em 2019, passando para 19.786 em 2020 e tiveram um salto em 2021, chegando a 34.839 unidades. Esse mesmo anuário, mostra que em 2021 os modelos elétricos e híbridos responderam por 1,8% do mix de vendas de leves, as projeções para 2030 serão de 12% a 22%, e de 32% a 62% em 2035.

Com a expansão da produção e comercialização brasileira de automóveis elétricos, há uma necessidade de uma infraestrutura mínima para circulação no território nacional, com pontos de carregamento, criando uma rede interligada mais robusta de recargas. Dessa forma, para que as

projeções de 2035 se concretizem, serão necessários a instalação de pelo menos 150 mil carregadores para atender os veículos elétricos até 2035 (ANFAVEA, 2022). Além disso, é imprescindível gerar e distribuir energia de fontes limpas para suprir a frota de elétricos, que criará uma demanda adicional de 7.252 Gwh ou 1,5% de toda a energia gerada atualmente (ANFAVEA, 2022).

3.3 Geração de eletricidade

Várias descobertas mudaram o curso natural ao qual a sociedade seguia, em algum momento da história, dominar o fogo foi o auge da tecnologia até então conhecida. Posteriormente se seguiu de outras invenções como: a roda, arco e flecha, maquinários que impulsionaram a força física como um simples arado para os agricultores, foram criadas maneiras de usar fontes de energia provenientes das águas, dos ventos, do sol e da terra (VIEIRA, 2021).

A mudança é algo natural, indispensável para que se tenha progresso e desenvolvimento, quase sempre vem junto a dúvidas e receios, é ela quem agrupa e marca diferentes momentos. E, embora sejam diferentes, esses momentos possuem características parecidas, se analisados os grandes eventos de desenvolvimento histórico, é possível perceber que a capacidade de uma nação de prosperar está diretamente relacionada a capacidade dela de domínio sobre a produção e uso de energia. Isso aconteceu durante os grandes descobrimentos intercontinentais levados pela força dos ventos em navios exploratórios; durante revoluções industriais; em guerras modernas decididas pela capacidade de desenvolvimento de tecnologias militares; descobertas e explorações de combustíveis fósseis; entre outras, que culminam na era moderna movida por informação e consumo de energia.

O século XXI possibilitou expansão produtiva e inovações em infraestrutura, mas historicamente vive-se em um período em que é crescente a necessidade de consumo de energia, e as fontes não renováveis (como o petróleo, carvão mineral, gás natural e nuclear) tem finitas possibilidades de estoques que diminuem a cada ano, associado principalmente a degradação ambiental atinge níveis recordes. Nesse intuito, energias renováveis (como a

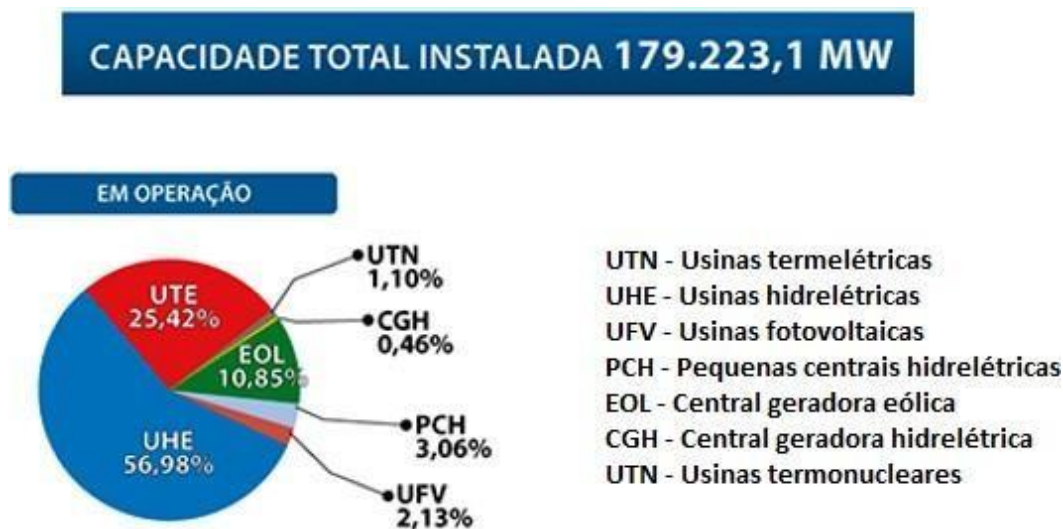
hídrica, solar, eólica, biomassa) aparecem como alternativa para substituir velho hábitos sem proporcionar uma redução no crescimento econômico, agregando a sustentabilidade no desenvolvimento social e ambiental de maneira simultânea (VIEIRA, 2021).

Para que a tecnologia dos carros elétricos se difunda, aumentando e viabilizando a produção e comercialização desses veículos, será necessário aumentara matriz energética para suprir a demanda de abastecimento das baterias desses carros. Porém, não faz sentido a criação de veículos considerados “verdes” (que não emitem gases poluentes), se o seu abastecimento for provido por energia elétrica obtida através de meios não renováveis, dados principalmente pela queima dos combustíveis fósseis.

Em geral, fontes de energia renováveis não são contínuas, elas dependem de condições climáticas, localização geográfica, além de exigirem grandes extensões de terra para sua instalação (BONDARIK; PILATTI; HORST, 2018).

O Brasil é privilegiado, possui várias características favoráveis, contando com grande diversificação em meios de produção de energia elétrica renovável, vasto território e abundância em recursos hídricos e minerais. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em outubro de 2021, o país possuía em sua matriz energética a potência instalada de 179.223,1 megawatts (MW), dos quais 82,69% da produção é considerada proveniente de fontes renováveis, com baixa emissão de gases do efeito estufa. A distribuição de fontes energéticas pode ser vista na Figura 1.

Figura 1 - Distribuição da matriz energética brasileira



Fonte: ANEEL (2021a)

Apesar do Brasil ter grande potencial de geração, com uma matriz energética predominantemente renovável, ainda é possível ampliar a exploração. De acordo com os dados do site Mundo Educação (2021) a extensão territorial do país é de aproximadamente 8.500.000 quilômetros quadrados, sendo o quinto maior do planeta, o que o faz ser considerado um país com dimensões continentais visto que possui quase o mesmo tamanho da Oceania. Além disso, cerca de 92% desse território se encontra entre os trópicos, tornando o Brasil um país tropical, com condições favoráveis para geração fotovoltaica.

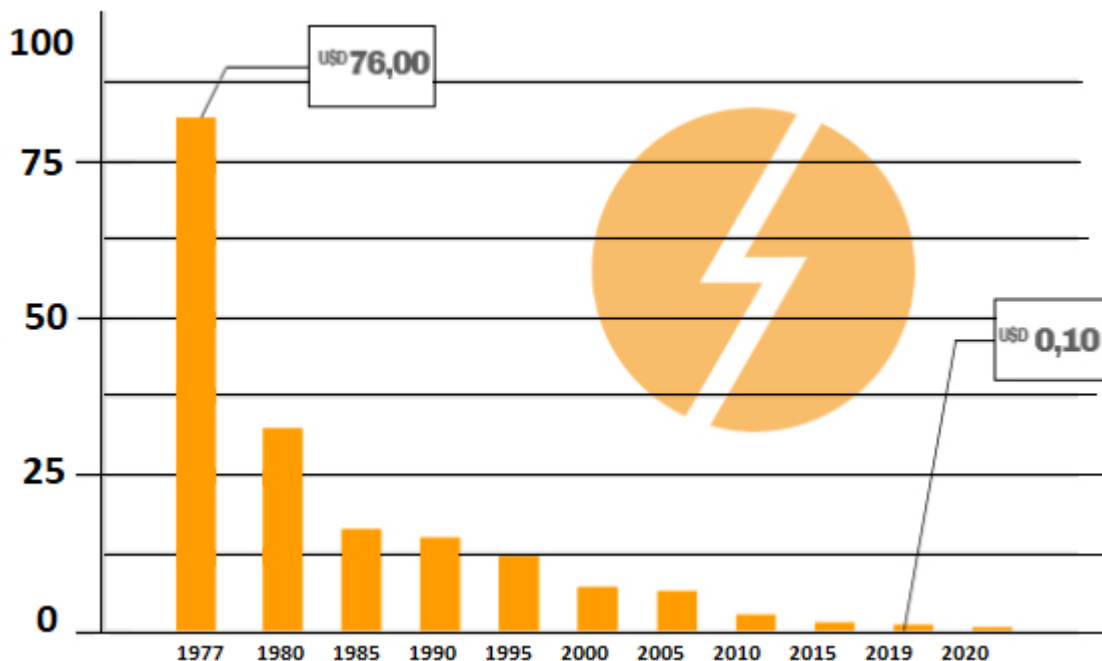
No entanto, quando analisada a Figura 1, percebe-se que apenas 2,13% da matriz energética é composta por geração elétrica proveniente de sistemas fotovoltaicos, deixando assim muito espaço para expansão.

Segundo o Portal Solar (2021b), a origem se deu em 1839, em que o físico Alexandre Edmond Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico, e a primeira célula fotovoltaica foi implantada em 1883 por Charles Fritts. Entretanto, produções comerciais só começaram em meados de 1970.

Inicialmente essa tecnologia possuía um custo elevado para a implantação, como pode ser visto na Figura 2, em que o custo para produção de um watt hora em 1977 era de U\$ 76. Assim, era vista como algo de aplicação futurista, a qual seria utilizada por cientistas para o desenvolvimento de pesquisas, a ideia que se tinha é que essa tecnologia não chegaria ao ponto

de ser acessível a grande parte da população (ELYSIA ENERGIA SOLAR, 2018).

Figura 2 - Preço das células fotovoltaicas, potência instalada de 1 Watt de energia elétrica.



Fonte: Portal Solar, novembro 2021.

Com o passar do tempo, esse conceito se mostrou estar errado, e no ano de 2019, o custo de 1 watt baixou para U\$ 0,10. Isso devido a vários investimentos que foram feitos nessa área para o desenvolvimento de inovações em produtos e processos, que baratearam o sistema de produção de energia fotovoltaica. Dessa forma, é cada vez mais comum se observar placas fotovoltaicas instaladas em residências, comércios e indústrias, bem como novos empreendimentos de grandes usinas, como a Usina solar de São Gonçalo (potência instalada de 475 MW) e a Usina solar Pirapora (potência instalada de 321 MW), dentre outras de porte menor.

Segundo levantamentos do Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS (2021), o Brasil contava com cerca de 5.312 MW de potência instalada nesse segmento. A empresa Aurora Energia (2021), divulgou um vídeo institucional no qual apresenta o maior projeto de Usina solar existente no país, sendo um empreendimento com potência instalada de 5.700 MW que se localizará no norte do estado de Minas Gerais, no Município de Berço das

Gerais, sozinho esse empreendimento possui capacidade de mais do que dobrar a produção de energia do segmento no país, mostrando a força e a capacidade de expansão dos sistemas fotovoltaicos.

A partir do ano 2012, houve a popularização da geração distribuída, através de um importante marco regulatório gerado pela Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL, em que se estabeleceu o sistema de compensação de energia elétrica. Nesta há definições sobre as condições necessárias para permitir que o consumidor instale pequenos geradores elétricos renováveis (como sistemas fotovoltaicos) em sua propriedade e faça a troca de energia com a distribuidora local. Dessa maneira, a energia gerada pode ser consumida por quem a produziu e o excedente é injetado na rede elétrica (operação *on-grid*), gerando créditos para o dono do sistema distribuído. Posteriormente, ela pode ser consumida pelo mesmo em prazo de até 60 meses subsequentes.

Esse sistema de geração de créditos permite que a energia seja produzida e posteriormente seja consumida em períodos em que as condições físicas não permitam geração e também em cargas rápidas nos quais a energia produzida em 5 horas, por exemplo, pode ser retirada da rede em 5 minutos. A Resolução Normativa 482, ainda autoriza o uso de qualquer fonte renovável qualificada como microgeração (até 75 kW) e minigeração (variando de 75 kW a 5 MW).

Com a redução dos preços de sistemas de geração fotovoltaicos, incentivos normativos e o histórico de aumento de preços da energia elétrica, essa fonte de produção proveniente do sol desponta como uma solução viável e sustentável para aumentar a matriz energética e, portando, auxiliar a suprir a demanda necessária para o abastecimento dos carros elétricos, e como consequência, diminuindo o consumo de combustíveis fósseis.

Entretanto, há a mais um problema que ainda não foi solucionado, quando se conduz veículos movidos a bateria, principalmente percorrendo grandes quilometragens, geralmente é necessário que as paradas para abastecimento sejam rápidas, as pessoas não querem ficar grandes períodos de tempo em um posto de combustível até que seu carro esteja carregado. Isso leva a um assunto pertinente, referente ao tempo de abastecimento de carros elétricos.

3.4 CARREGADORES ELÉTRICOS

Quando se utiliza os postos de combustíveis para realizar o abastecimento de um carro através de combustíveis fósseis, geralmente isso é feito em menos de 5 minutos, porém com os carros elétricos o abastecimento pode ser bem mais demorado, o tempo de carga depende principalmente de dois fatores, a potência das baterias do veículo e as condições da rede local.

A potência das baterias é capacidade que elas possuem de armazenar carga. Geralmente quanto maior essa capacidade, mais tempo leva para que elas sejam carregadas (depende da tecnologia que possuem), essa condição varia de acordo com o modelo de cada veículo. Já as condições da rede se referem a tensão e corrente, o produto dessas duas variáveis resulta na potência de carregamento.

Os modelos de carregadores variam de acordo com suas propriedades, e as baterias armazenam energia em corrente contínua. Já a potência fornecida pela rede é em corrente alternada, logo, os carregadores necessitam de circuitos eletrônicos para fazerem a adequação desse formato de energia e assim torná-los compatíveis.

Nesses circuitos também é possível serem inseridos componentes eletrônicos extras como componentes que formam um conversor *boost*, o qual aumenta a potência de saída do equipamento e conseqüentemente sua velocidade de operação. Assim, o formato que esse circuito é construído e as componentes nele utilizados, fazem com que os custos financeiros bem como sua qualidade e capacidade de transmissão de energia sofram grandes variações, dessa forma resultando em diferentes modelos de carregadores.

Esses diferentes carregadores possibilitam diferentes estruturas de pontos de recarga, sejam eles à margem das rodovias (semelhantes aos tradicionais postos de combustíveis), como também, a instalação desses pontos de recarga em diferentes espaços, como: estacionamento de indústrias/empresas, supermercados, shoppings, restaurantes, aeroportos, rodoviárias, praças públicas, entre outros.

Desde 19 de junho de 2018, com a publicação da Resolução Normativa nº 819/2018 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2021b), há a regulamentação dos procedimentos e as condições para a realização de atividades de recarga de veículos elétricos no Brasil.

A empresa NeoCharge (2022), relatou que o número de estações de recarga está evoluindo no país, e que grandes cidades já contam com diversos eletropostos como: São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Belo Horizonte, Curitiba, Florianópolis, e Porto Alegre, entre outras. Há exemplos de cidades do interior brasileiro, que criaram uma ampla rede de estações de recarga para carros elétricos e híbridos, como nos casos de São José dos Campos (SP) e Ribeirão Preto (SP).

Neste sentido, já é possível a localização dos pontos de recargas existentes no país através de websites (como o Plug Share) e aplicativos (como app NeoCharge) que destacam a estação de recarga mais próxima do seu local, além de outros detalhes como: saber se há cobrança ou não no eletro posto, se ele está sendo utilizado no momento, e até mesmo se pode ser reservado para uso agendado em um determinado horário.

Entretanto, ainda pode-se considerar que os grandes limitadores da disseminação de veículos elétricos é o preço de venda e a infraestrutura de pontos de recarga, que ainda não possui uma rede de conexão que permite carregamentos rápidos dando mais liberdade para mobilidade nas rodovias/estradas brasileiras (DELGADO, 2017).

Dessa forma, pensando de forma econômico-financeira é importante entender quão viável seria a implantação de um sistema de carregamento com energia fotovoltaica com diferentes possibilidades de carregadores.

3.5 Viabilidade econômica e modelos deterministas e estocásticos

Os estudos econômicos envolvendo estações de recarga são importantes porque ajudam a definir as melhores possibilidades de investimento em um mercado em expansão. Por definição viabilidade é atributo ou qualidade do que é viável. E economia é a ciência que estuda os fenômenos relacionados com a obtenção e a utilização dos recursos materiais necessários ao bem-estar. Nesse contexto viabilidade econômica é um

estudo que visa entender o quanto é viável a utilização de bens materiais os quais já se possui, para obter quantidade de bens materiais ainda maiores.

Segundo Marques (2013) um bom desenvolvimento de projeto na área econômica deve possuir várias etapas que compõem a viabilidade, por isso contêm diferentes fases que ajudam na formação de conhecimento em cada espécie empresarial do estudo em questão.

Embora problemas relacionados ao meio ambiente sejam um grande motivo para se trabalhar com energia limpa, por si só não convencem empresários e pessoas do meio a investirem seu dinheiro em novos projetos, os quais ainda não possuem lucratividade comprovada por serem uma ideia que ainda não é explorada em larga escala no Brasil. Com a iniciativa de instalar sistemas de geração fotovoltaicos e carregadores de carros elétricos, é preciso fazer uma análise de viabilidade econômica da implantação desses equipamentos, verificando financeiramente se um empreendimento na área é capaz de gerar lucro, analisando seu investimento inicial, qual o tempo aproximado de retorno desse investimento, seus custos de operações e demais indicadores que ajudem na tomada de decisão.

Antes de serem realizadas as análises de viabilidade econômica é preciso definir um modelo que representa o comportamento das diferentes variáveis do projeto, que representam os custos como manutenção, operação, taxações e são utilizadas para a montagem do fluxo de caixa. Onde as variáveis podem trabalhar com frequências de mudanças aleatórias ou constantes.

O processo estocástico é a evolução temporal no qual uma determinada variável que está analisando pode assumir valores aleatórios não definidos previamente em cada ponto no tempo. Digamos que a trajetória da variável é incerta ao longo do tempo.

Existem algumas técnicas para a formulação de um modelo estocástico, como o método de Monte Carlo, segundo Lima *et al.* (2008) esse método consiste na avaliação interativa de um modelo determinístico, fazendo o uso de números randomizados como entradas, ou seja, números aleatórios que pertencem a uma série de números, mas não são previstos a partir de números anteriores. Esse tipo de simulação é utilizado quando o modelo estudado é complexo ou não-linear, ou quando envolve muitos parâmetros de

incertezas.

Outro modelo estocástico pode ser representado pela cadeia de Markov, que estabelece que em um conjunto de estados discretos o futuro só depende do estado presente, ou seja, desde que se conheça o estado atual, os estados anteriores são irrelevantes (JÚNIOR,2011).

Já no processo determinista as variáveis não são aleatórias (CARADEC, 2012) a evolução da variável é determinada diretamente pela equação em função de seus parâmetros, a probabilidade da mudança na variável é mantida constante e pode ser estimada em um determinado ponto, a partir do comportamento daquela variável nos pontos anteriores. Nesse trabalho foi escolhido o modelo determinista para a parametrização do cenário que será utilizado como base para a aplicação dos indicadores de viabilidade econômica.

3.5.1 Metodologia para a análise de viabilidade econômica

Essa análise de viabilidade foi feita com base na metodologia de Souza e Clemente (2015), que se baseia em uma Taxa de Mínima Atratividade (TMA) e indicadores financeiros para análise de projetos de investimentos.

A taxa TMA deve estar disponível no momento inicial do investimento, deve ser a melhor possível com baixo grau de risco de aplicação. Para esse projeto a taxa escolhida como TMA, é a do Sistema Especial de Liquidação de Custódia (Selic), que no momento da realização dessa análise, dia 16 de março de 2022 está fixada em 11,75%.

Decidido o valor da TMA, é preciso projetar um fluxo de caixa, com os valores esperados de retorno, definindo assim o cenário para a análise. O fluxo de caixa para cada conjunto completo de carregador é apresentado de forma individual nas tabelas 20 a 23.

Os indicadores financeiros podem ser divididos em duas categorias. Na primeira categoria estão o Valor Presente Líquido (VPL); o Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa), o Índice Benefício/Custo (IBC) e o Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA). E na segunda categoria estão a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Período de Recuperação do Investimento (*Payback*) e o Ponto de Fisher. A especificação de cada indicador é

apresentada nos itens a seguir.

3.5.1.1 Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL indica o valor esperado de um fluxo de caixa na data inicial do projeto. Se esse valor for positivo, indica que o benefício futuro deve ser superior ao do investimento inicial, a equação 1 define a forma de cálculo do VPL.

$$VPL = -CF_0 + \sum \frac{CF_j}{(1+TMA)^j} > 0 \quad (1)$$

VPL – Valor Presente Líquido

CF₀ - Caixa no período 0

CF – Caixa do período

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

j – Período

O cálculo do VPL foi realizado com o auxílio do Sistema de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento (\$AVEPI), o qual faz parte de um projeto de iniciação tecnológica da UTFPR – Campus Pato Branco. os valores individuais de cada conjunto de carregador são apresentados nas Tabelas 24 a 28.

3.5.1.2 Valor Presente Líquido anualizado (VPLa)

O VPLa é uma variação do VPL, ele apresenta indicativos do fluxo de caixa para cada um dos períodos, sua fórmula de cálculo pode ser vista na Equação 2.

$$VPLa = VPL \times \frac{TMA \times (1+TMA)^j}{(1+TMA)^j - 1} \quad (2)$$

VPLa – Valor presente Líquido anualizado

VPL – Valor Presente Líquido

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

j – Período

O cálculo do VPLa foi realizado com o auxílio do Sistema de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento (\$AVEPI), os valores individuais de cada conjunto de carregador são apresentados nas Tabelas 24 a 28.

3.5.1.3 Índice benefício/custo (IBC)

O índice IBC é uma estimativa de quanto se espera ganhar por unidade de capital investido, é definido como a razão entre o Fluxo Esperado de Benefícios de um projeto e o Fluxo de Investimentos necessários para realizá-lo, Equação 3.

Esse valor deve ser maior do que 1 para que se tenha alguma viabilidade, se o valor for de 1,2 quer dizer que a cada uma unidade de capital investida, se tende a resgatar 1,2 unidades.

$$IBC = \frac{\text{Valor presente do fluxo de benefícios}}{\text{Valor presente do fluxo de investimentos}} \quad (3)$$

O cálculo do IBC foi realizado com o auxílio do Sistema de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento (\$AVEPI), os valores individuais de cada conjunto de carregador são apresentados nas Tabelas 25 a 29.

3.5.1.4 Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA)

O ROIA representa em termos percentuais o acréscimo de ganho em relação a taxa TMA escolhida para o projeto (Equação 4), em termos práticos isso quer dizer que se o ROIA for de 3%, o rendimento por período (anual) é de 3% acima do valor da taxa TMA, ou seja, 14,75%.

$$ROIA = \sqrt[j]{IBC} - 1 \quad (4)$$

ROIA – Retorno Adicional Sobre o Investimento

IBC – Índice benefício custo

j – Período

O cálculo do ROIA foi realizado com o auxílio do Sistema de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento (\$AVEPI), os valores individuais de cada conjunto de carregador são apresentados nas Tabelas 24 a 28.

3.5.1.5 Taxa Interna de Retorno (TIR)

É a taxa que torna o VPL de um fluxo de caixa igual a 0 (Equação 5), quanto mais esse valor se aproxima do valor da TMA, menores as chances do projeto se viabilizar, essa TIR pode ser vista como uma estimativa do limite superior de rentabilidade do projeto.

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{[CF_j]}{(1+TIR)^j} = 0 \quad (5)$$

VPL – Valor presente Líquido

CF – Caixa no período

j – Período

TIR – Taxa interna de retorno

O cálculo da TIR foi realizado com o auxílio do Sistema de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento (\$AVEPI), os valores individuais de cada conjunto de carregador são apresentados nas Tabelas 24 a 28.

3.5.1.6 Período de recuperação do Investimento (*Payback*)

Esse indicador mostra em quanto tempo o capital inicialmente é recuperado, ou seja, a quantidade de períodos que leva até que o fluxo de benefícios supere o capital investido.

Isso pode ser feito somando os valores do fluxo de caixa, até encontrar o período em que o somatório do fluxo supera o total investido.

O cálculo do *Payback* foi realizado com o auxílio do Sistema de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento (\$AVEPI). Os resultados individuais de cada conjunto de carregador são apresentados nas Tabelas 25 a 29.

A interpretação dos resultados desses indicadores poderá auxiliar no entendimento do comportamento observado entre risco e retorno, e com isso, pressupor que os riscos quando são maiores deverão aumentar o retorno esperado (SOUZA e CLEMENTE, 2015).

4. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

A pesquisa aplicada neste trabalho pode ser classificada quanto aos objetivos como descritiva, pois visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis” (SILVA e MENEZES, 2005, p.21). Quanto a abordagem, se considera como quantitativa, pois realiza aplicação de fórmulas e relaciona dados quantificáveis, garantindo assim a precisão dos resultados e evitando contradições no processo de análise e interpretação (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Além disso, utiliza-se dados primários e documentais.

Para o desenvolvimento do trabalho é considerado um sistema fotovoltaico, o qual possui as mesmas dimensões para cada conjunto de carregador, os carregadores analisados são o de 7,5 kW, 22 kW, 30 e 60 kW (combinados) e 150 kW.

A seguir são apresentados os dados levantados de veículos, equipamentos, e os métodos de dimensionamento do projeto solar e dos conjuntos de carregadores.

4.1 Levantamento dos modelos de veículos elétricos mais comuns no Brasil

Existem muitos veículos elétricos comerciais no mundo. A fim de ilustrar a realidade dos veículos que estão em circulação no Brasil, foi feita uma listagem baseada no site Auto Papo Uol (2021), dos principais modelos encontrados no país, bem como seu preço aproximado, capacidade de carregamento, autonomia e média de quilômetros por kilowatt hora (Km/kWh), esses dados podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1- Modelos de carros elétricos encontrados no Brasil

Modelo	Preço (R\$)	Baterias (KWh)	Autonomia (Km)	Carregamento			Km/KWh	Fator de Carregamento (KWh/min)	Potência Máxima de Carregamento Suportada (KW)	Potência Mínima de Carregamento para posto comercial (KW)
				Rápido (min)	Posto de carregamento doméstico, wallbox	Tomada comum (220V)				
Audi e-tron S Sportback	839.990,0	95,0	380,0	40,0	4h25	N	4,0	2,4	142,5	21,5
Audi RS e-tron GT	1.259.000,0	93,4	470,0	23,0	8h30	N	5,0	4,1	243,7	11,0
BMW i3	319.950,0	42,2	335,0	39,0	3h30	10h	7,9	1,1	64,9	12,1
Caoa Chery Arrizo 5e	159.900,0	53,4	322,0	N	8h	20h	6,0	0,1	6,7	6,7
Chevrolet Bolt	317.000,0	66,0	416,0	N	10h	N	6,3	0,1	6,6	6,6
Fiat 500e	248.990,0	42,0	320,0	52,0	7h	29h	7,6	0,8	48,5	6,0
JAC E-JS1	159.900,0	30,2	302,0	40,0	5h	10h	10,0	0,8	45,3	6,0
JAC iEV20	169.900,0	41,0	301,0	60,0	9h	22h	7,3	0,7	41,0	4,6
JAC E-J7	259.900,0	50,1	402,0	90,0	10h	20h	8,0	0,6	33,4	5,0
JAC E-JS4	259.900,0	55,1	402,0	90,0	8h	12h	7,3	0,6	36,7	6,9
JAC iEV40	189.900,0	40,0	300,0	53,0	7h	22h	7,5	0,8	45,3	5,7
Jaguar I-Pace	619.950,0	90,0	470,0	90,0	8h	N	5,2	1,0	60,0	11,3
Mercedes-Benz EQC	629.900,0	80,0	445,0	40,0	11h	N	5,6	2,0	120,0	7,3
Mini Cooper S E	239.990,0	32,6	234,0	29,0	2h10	12h	7,2	1,1	67,4	14,2
Nissan Leaf	293.790,0	40,0	272,0	40,0	8h	20h	6,8	1,0	60,0	5,0
Renault Zoe E-Tech	204.990,0	52,0	385,0	65,0	6h54	N	7,4	0,8	48,0	7,5
Volvo XC40 Recharge Pure Electric	389.950,0	52,0	418,0	40,0	8h	N	8,0	1,3	78,0	6,5
MÉDIA	386.052,9	56,2	363,2	46,5	7h19		6,9	1,2	72,4	9,6

Fonte: Autoria própria.

Pode ser observado que 13 dos 15 veículos suportam carregamento considerado do tipo rápido, sendo que a média de tempo desse carregamento é de 46,5 minutos, a média de capacidade de carga das baterias é 56,18 kWh. Com isso pode-se chegar a um fator de carregamento médio ($F_{\text{carregamento}}$) que foi calculado na Tabela, dado pela razão entre capacidade de armazenamento da bateria ($C_{\text{armazenamento}}$) e o tempo de carregamento ($T_{\text{carregamento}}$), conforme a apresentação da Equação 6.

$$F_{\text{carregamento}} = \frac{C_{\text{armazenamento}}}{T_{\text{carregamento}}} \quad (6)$$

$$F_{\text{carregamento}} = \frac{56,18\text{KWh}}{46,53\text{min}} \cong 1,20 \text{ KWh/min}$$

É possível estimar a demanda média de carregamento demandada para o carregador do tipo rápido ($D_{\text{carga-rápida}}$), conforme Equação 7.

Se para o carregador de 60 kW = 1KWh/min, logo:

$$D_{\text{carga-rápida}} = \frac{60\text{KW} \times 1,2 \text{ KWh/min}}{1\text{KWh/min}} = 72 \text{ kW} \quad (7)$$

A média geral de carregamento rápido suportada é de 72,4 kW. É importante observar que essa média de carregamento, se dá também pela capacidade de carga da bateria, como alguns modelos possuem baterias de capacidade menor, é necessário a observação de outros parâmetros para uma melhor escolha do modelo de carregador.

Observando a coluna de potência máxima de carregamento suportada da Tabela 1, é possível observar que apenas 1 veículo suporta carregadores com potência superior a 150 kW, sendo importante destacar o fato de que esse veículo é o que possui o preço de venda mais elevado. Já outros dois veículos suportam potências superiores a 100 kW, sendo esses o segundo e terceiro veículos com preço mais elevado dos listados. Com isso, pode-se afirmar que a potência máxima de carregamento suportada (KW) elevada desses veículos elétricos é proporcional ao seu preço de venda.

8 veículos suportam carregamentos de potência igual ou superior a 60 kW. Ainda, 13 dos 15 veículos listados suportam carregadores próximos a potência de 22 kW. Os Carregadores com potências que variam entre 20 e 40 kW, embora não sejam tão rápidos, conseguem carregar 13 dos 15 veículos listados na Tabela 1.

E apenas 2 desses 15 veículos só podem ser carregados em tomadas comuns e *wallbox* (carregadores de parede). Esse tipo de carregamento,

considerado lento, é mais indicado para o uso residencial e/ou para carregamento de veículos em empresas no abastecimento de frotas próprias.

Esses dados são importantes para a montagem do cenário utilizado na análise de viabilidade econômica, onde a venda de energia é baseada na quantidade de veículos que o tipo de carregador atende, ou seja, se o carregador atende 10 dos 15 veículos listados, é considerado que 66,67% da energia produzida pelo sistema fotovoltaico é vendida.

4.2 Projeto do sistema fotovoltaico e levantamento dos equipamentos necessários

O sistema completo envolvendo os carregadores e a geração de energia fotovoltaica, pode ser dividido em três blocos. Para melhor exemplificar e para auxiliar na montagem da lista de recursos utilizados, foram feitos o projeto de entrada de energia e diagramas unifilares para cada um desses blocos, sendo estes: projeto de entrada de serviço da Copel (Apêndice A), diagrama unifilar do sistema de geração fotovoltaico (Apêndice B), e diagramas unifilares dos sistemas de carregamento dos carros, (Apêndices C, D, E e F).

Estes dimensionamentos esquemáticos apresentados pelos anexos citados, é baseado em cálculos feitos nos itens a seguir para determinação dos cabos e demais equipamentos de proteção dos sistemas, usando como base a norma de instalações elétricas de baixa tensão ABNT NBR 5410. Como o sistema não possui *layout* definido, foram consideradas distâncias aproximadas para os circuitos e desconsideradas quedas de tensão para o dimensionamento dos componentes.

4.2.1 Determinação da demanda de energia elétrica

Para estimar a potência de geração da usina fotovoltaica, foi usado como base a demanda de uma estação de recarga considerada ultrarrápida operando por 8 horas diárias em máxima potência.

Essa estação é da marca Grasen modelo GSCS750250A-T08, sua ficha técnica pode ser vista no Anexo A. Opera com tensão de entrada trifásica

de $400 \pm 15\%$ volts, e corrente de até 250 A, essa condição entrega na saída do carregador uma potência aproximada de 150 kW.

Considerando que esse carregador trabalhe de forma nominal por 8 horas diárias, demandará uma potência média de 1200 kWh/dia. Conforme Equação 8.

$$P_{KWh/DIA} = 8h \times 150KW = \frac{1200KWh}{dia} \quad (8)$$

4.2.3 Dimensionamento do sistema fotovoltaico e fatores que interferem em sua eficiência

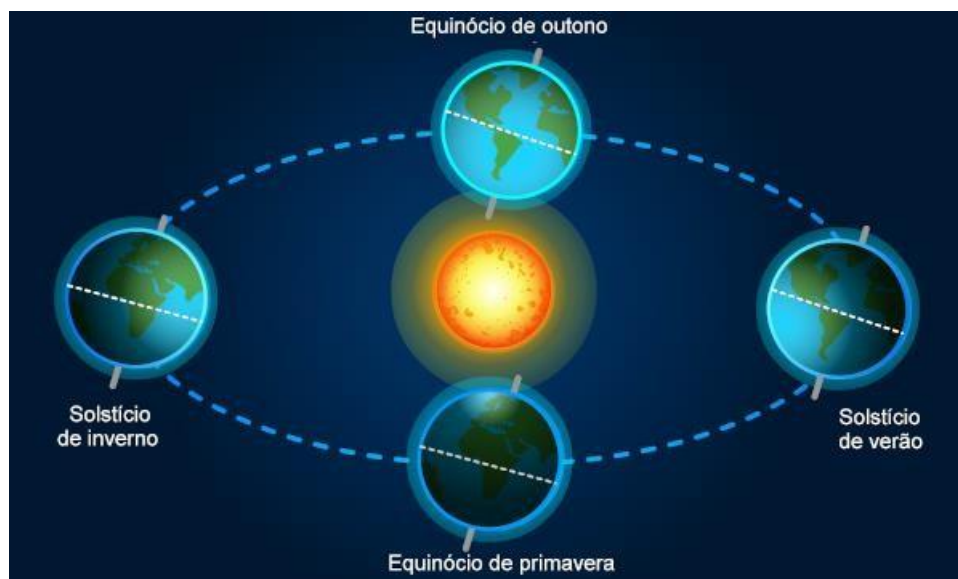
Nessa seção do trabalho serão determinados os parâmetros e condições que afetam o dimensionamento do sistema fotovoltaico.

O sistema projetado será do tipo *on-grid*, ou seja, conectado à rede de energia, a energia gerada que não for consumida de forma instantânea, será injetada na rede da Copel, onde o relógio de medição da concessionária que será do tipo bidirecional, irá medir essa energia e deixá-la registrada como forma de créditos energéticos, dessa maneira, mesmo em períodos que não ocorrer a produção de energia, como os noturnos, o sistema de carregadores poderá continuar trabalhando utilizando a energia da concessionária.

4.2.4 Irradiação solar média

Para suprir essa demanda de energia, é necessário calcular o valor em kilowatt pico (kWp) de módulos fotovoltaicos necessários para a geração, com isso é possível determinar também os demais equipamentos necessários, como inversores, cabos e proteções para o sistema fotovoltaico completo.

Figura 3 - Ilustração do movimento de translação terrestre.



Fonte: Prepara Enem 2022.

Um conceito importante para esse dimensionamento é o de irradiação solar média da região em que se pretende fazer a instalação do sistema. Essa irradiação sofre mudanças devido ao movimento de translação do planeta Terra ao redor do Sol, movimento diretamente relacionado as mudanças de estações, que faz com que a luz solar atinja a superfície dos hemisférios terrestres com intensidades diferentes ao longo do ano, como mostra a figura 6, onde são destacados os equinócios (início da primavera e do outono) e solstícios (momentos em que há a maior incidência de raios solares em cada um dos hemisférios). Já o movimento de rotação da terra onde ela gira sobre seu próprio eixo, proporciona a variação entre dia e noite (MINHOTO, 2018).

Essas variações de incidência solar fazem com que os sistemas fotovoltaicos tenham gerações diferentes conforme os períodos do ano, sendo necessário estimar uma geração média anual para suprir a necessidade de energia que se deseja produzir.

Uma forma de chegar nessa média é usar como base o programa SunData encontrado no site: Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S.Brito (CRESESB, 2022), esse programa é usado para determinar a irradiação solar média para diferentes regiões do planeta, nesse caso foi tomado como exemplo um ponto geográfico para a elaboração do

projeto fotovoltaico no Paraná, esse ponto é onde se encontra a UTFPR campus Pato Branco, utilizando a Latitude -26.196393 e Longitude -52.689800, são gerados os dados da Tabela 3.

O programa SunData possui um banco de dados com registro da irradiação solar global no plano horizontal terrestre, sendo registrado no Brasil cerca de 72000 pontos com distância aproximada de 10 quilômetros entre si. Na tabela 3 podem ser vistos os registros de 3 pontos próximos ao ponto de pesquisa, que permitem fazer um cálculo de irradiação solar média.

Com essa tabela também é possível observar as mudanças de irradiação solar, que consequentemente afetam a geração de energia elétrica proveniente de fontes solares durante os diferentes meses do ano.

Tabela 2- Irradiação solar média UTFPR Pato Branco.

Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]															
			Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Pato Branco	PR	BRA SIL	26,201° S	52,649° O	4,1	6,3	5,7	5,2	4,2	3,3	2,8	3,1	4,09	4,2	5,2	6,06	6,3	4,69
Pato Branco	PR	BRA SIL	26,201° S	52,749° O	5,9	6,3	5,7	5,2	4,2	3,3	2,8	3,1	4,07	4,2	5,2	6,15	6,4	4,71
Pato Branco	PR	BRA SIL	26,101° S	52,649° O	11,4	6,3	5,6	5,2	4,2	3,3	2,8	3,1	4,08	4,2	5,2	6,13	6,4	4,71

Fonte: CRESESB, 2022.

Usando como base os valores apresentados na coluna de média da Tabela 2, é possível afirmar que a irradiação solar média (IR_{solar}) na região sudoeste do paraná, mais especificadamente na UTFPR localizada na cidade de Pato Branco, é de aproximadamente 1000 watts por metro quadrado durante 4,7 horas diárias.

4.2.5 Perdas a serem consideradas no dimensionamento do sistema fotovoltaico

Segundo a Academia do Sol (2022), existem alguns fatores de perda a serem consideradas no dimensionamento de um sistema fotovoltaico, sendo esses imprescindíveis para que essa etapa seja feita de maneira correta. Para o dimensionamento desse projeto serão usados valores de perdas estimadas.

Pois o projeto não possui local de instalação definido. Esses fatores são listados abaixo:

- a) Sombreamento e sujeira nos módulos: É importante visitar o local de instalação do sistema e verificar se há árvores, prédios ou quaisquer coisas que afetam a chegada de luz solar, o sombreamento por nuvens já é considerado no fator de irradiação solar média listado no item 7.2.1. Além disso, também é importante entender as condições do local referentes a sujeira que possa se depositar nos módulos, como poeira proveniente de obras próximas, poluição ou acúmulo de fezes de aves, que variam dependendo da fauna local. Essas condições de sujeira e sombreamento geram perdas no sistema que costumam variar entre 1 e 5%, como o sistema desse projeto não possui *layout* definido, será considerado uma perda intermediária de 2,5%.
- b) *Mismatch*: As perdas por *mismatch* são causadas por diferenças de geração entre módulos conectados na mesma série de placas (*string*) ou entre *strings* conectadas na mesma entrada do inversor (MPPT), essas diferenças podem ocorrer devido a sombreamentos parciais, orientações diferentes na instalação de módulos, diferenças construtivas ou quantidades diferentes de módulos colocados em uma mesma *string*. Essas condições fazem com que essas perdas variem entre 1 e 5%, para o dimensionamento desse sistema serão considerados apenas as perdas por *mismatch* relacionadas a sombreamentos parciais, visto que as demais situações podem ser controladas, para estar, será considerado uma perda de 2%.
- c) Cabeamento de corrente contínua (CC): Quanto maior as distâncias e a qualidade construtiva dos cabos elétricos que fazem a condução da energia elétrica das placas até o inversor, maiores as perdas apresentadas no caminho, essas costumam variar entre 1 a 7%. para o sistema apresentada nesse trabalho, serão utilizados dois inversores que terão mais de 250 módulos conectados a cada um, fazendo com que as distâncias dessas ligações se tornem consideravelmente grandes, devido a esse fator a perda estimada

será de 4%.

- d) Cabeamento de corrente alternada (CA): Assim como na parte CC, as distâncias e a qualidade dos cabos elétricos interferem nas perdas de energia elétrica durante seu transporte até os carregadores ou a rede da Copel, essas costumam variar de 1 a 7%. Esse projeto será dimensionado para que esses cabos sejam o mais curtos possíveis, devido ao seu custo elevado quando comparados aos cabos CC que ligam as strings dos módulos do sistema, dessa maneira, as perdas estimadas são de 1%.
- e) Temperatura: Na ficha técnica do módulo que será utilizado, Anexo E, ficam registradas as perdas referentes as condições de temperatura, o módulo é testado em ambiente de laboratório a uma temperatura de 25°Celsius, para temperaturas diferentes dessa é estimado a perda de 0,35% na produção de energia por grau Celsius adicionado. A Tabela 3, encontrada no site CLIMATE-DATA.ORG (2022), apresenta os dados climatológicos para a cidade de Pato Branco, Como a geração de energia só ocorre durante o dia, a temperatura utilizada para o dimensionamento das perdas é o apresentado na linha de média de temperatura máxima. Apenas 3 dos 12 meses do ano possuem temperaturas médias que ultrapassam os 25°C, sendo a média desses 3 de 26,3°C, ou seja, 1,3°C acima do valor de teste, que acrescentam uma perda anual estimada em 0,11% conforme Equação 9.

$$Perdas_{temp.} = \text{períodos do anos} \times \text{acrésimo em } ^\circ C \times \text{perdas \% por } ^\circ C \quad (9)$$

$$Perdas_{temperatura} = \frac{3}{12} \times 1,3 \times 0,35 = 0,11\%$$

Tabela 3- Dados climatológicos para Pato Branco

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Temperatura média (°C)	22.2	22	21.1	19	15.4	14.3	13.7	15.5	17.4	19.5	20.3	21.7
Temperatura mínima (°C)	18.4	18.3	17.2	15	11.6	10.4	9.6	10.7	12.7	15.3	15.9	17.6
Temperatura máxima (°C)	26.5	26.3	25.6	23.8	19.9	19	18.9	21.2	22.8	24.4	24.9	26.2
Chuva (mm)	187	171	154	132	145	151	130	104	188	219	165	185
Umidade (%)	79%	80%	79%	78%	79%	81%	79%	74%	73%	76%	75%	78%
Dias chuvosos (d)	15	14	12	8	8	7	7	6	8	11	11	13
Horas de sol (h)	8.8	8.4	8.2	7.8	6.6	6.7	7.5	8.2	8.3	8.4	9.0	9.1

Fonte: CLIMATE-DATA.ORG, 2022.

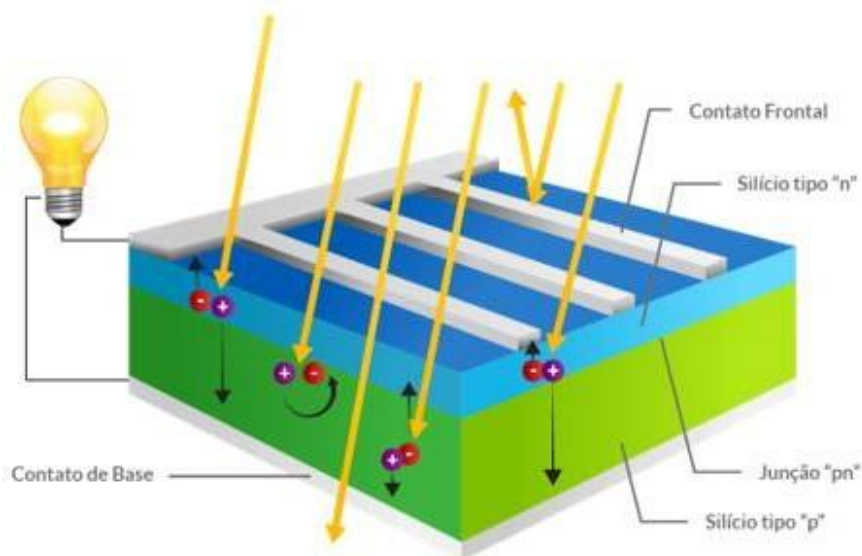
Somando as perdas de sombreamento e sujeira dos módulos, *mismatch*, cabeamento CC, cabeamento CA e de temperatura, chegasse em 9,61%.

4.2.6 Módulo fotovoltaico

Os módulos fotovoltaicos são o equipamento necessário para fazer a captação da energia solar e transformá-la em energia elétrica. Isso acontece através do efeito fotovoltaico ilustrado na Figura 4. Os fótons (partículas de luz) que na Figura 4 são representados pelas flechas douradas, causam o efeito fotovoltaico que consiste em criar uma diferença de potencial entre as duas camadas de semicondutores da placa fotovoltaica. Essas camadas recebem diferentes tratamentos químicos com a intenção de alterar a sua estrutura eletrônica, dessa maneira uma camada fica com elétrons sobrando (camada negativa) e a outra com elétrons faltando (camada positiva), na área de contato entre essas duas camadas, chamada de junção PN, ocorre a formação de um campo elétrico que não permite a passagem dos elétrons da camada negativa para a positiva.

Devido a essa diferença de potencial criada pelos fótons, os elétrons dos átomos de silício se desprendem e são transportados do lado negativo para o positivo da célula fotovoltaica, dessa maneira criando uma corrente elétrica.

Figura 4 - Efeito fotovoltaico em célula de silício cristalizado



Fonte: BlueSol, 2022.

O módulo fotovoltaico escolhido para o dimensionamento do sistema é o de modelo DAH DHM-72X10 550 watts, sua ficha técnica pode ser vista no Anexo B. Esse módulo tem eficiência de absorção da energia solar de 21,28% e dimensões de 2,279 metros por 1,134 metro, que garantem uma área de 2,584 metros quadrados, pela Equação 8 pode-se chegar em sua potência nominal que conforme indicado na ficha técnica é de 550 watts. A irradiação solar usada para o cálculo é a de 1000 watts por metro quadrado.

$$P_{\text{módulo}} = \text{Área} \times \text{Irradiação} \times \text{eficiência} \quad (10)$$

$$P_{\text{módulo}} = 2,584\text{m}^2 \times \frac{1000\text{W}}{\text{m}^2} \times 0,2128 = 550 \text{ Watts}$$

Sabendo a potência do módulo fotovoltaico do projeto e a irradiação solar média da região onde se pretende fazer a instalação, é possível fazer o

dimensionamento do número de módulos ($Número_{módulos}$) que é demandado para a geração de energia pretendida, conforme a Equação 9. Porém é importante destacar que nesse dimensionamento ainda não estão sendo consideradas as perdas, o dimensionamento final do número de módulos será apresentado no item 4.2.8.

$$Número_{módulos} = \frac{P_{KWh/DIA}}{P_{módulo} \times IR_{solar}} \quad (11)$$

$$Número_{módulos} = \frac{1200}{0,550 \times 4,7} = 464,22 \text{ módulos}$$

4.2.7 Inversores fotovoltaicos e equipamentos necessários para as ligações

O inversor fotovoltaico é o equipamento necessário para fazer a conversão da energia em corrente CC que vem dos módulos fotovoltaicos para a energia CA da rede da concessionária.

O modelo de inversor escolhido para o dimensionamento do projeto é o Solis-100K-5G, sua potência nominal de saída é de 100 kW e a potência máxima de entrada é de 150 kWp de módulos fotovoltaicos, dessa maneira serão necessários dois inversores desse mesmo modelo para compor a usina fotovoltaica, com potência máxima de entrada de 300 kWp.

Antes de chegar ao número final de módulos necessários para o sistema, é necessário estimar as perdas de energia ocorridas no processo de geração. A ficha técnica do inversor escolhido, Anexo C, apresenta eficiência do equipamento em 98,3%, caracterizando perdas de 1,7%.

O modelo de inversor escolhido possui 10 MPPTs (Maximum Power Point Tracking) que traduzido é o rastreamento do ponto de máxima potência, que são as entradas do inversor, cada MPPT desse inversor possui 2 *strings*.

A corrente máxima de curto-circuito especificada na ficha técnica do módulo DHM-72X10 é de 13,78 A, como são duas strings por MPPT, a corrente por entrada é de 27,56 A, que pode ser suportada por um cabo com seção de 4 mm², porém pensando em um horizonte a longo prazo, o ideal é a

utilização de um cabo com seção de 6 mm², que será o adotado para esse projeto.

A tensão máxima de entrada do inversor é de 1100 volts, o modelo de módulo escolhido possui tensão máxima em circuito aberto (Voc) de 50,2 Volts, sendo assim o máximo de módulos que pode ser colocado em cada string é 21, como determinado pela Equação 12.

$$Num_{módulos} = \frac{1100V}{50,2} = 21,91 \text{ Módulos} \quad (12)$$

Cada inversor tem um disjuntor de proteção entre ele e o quadro geral de distribuição (QDG), esses inversores são trifásicos e com fator de potência unitário, o cabeamento que faz a ligação desse inversor ao disjuntor deve suportar uma corrente de pelo menos 151,93 amperes, conforme a Equação 13, sendo assim necessário um cabo com isolamento do tipo EPR ou XLPE de 50 mm² (suporta até 175 A) e um disjuntor tripolar de 175 A.

$$In = \frac{P}{V\sqrt{3}} \quad (13)$$

$$In = \frac{100KW}{380\sqrt{3}} = 151,93 \text{ A}$$

Como existem dois inversores, é necessário a utilização de dois disjuntores, esses ficam dentro de uma caixa chamada de *stringbox* CA, nessa mesma caixa também fica o Dispositivo de Proteção Contra Surtos (DPS) e os dois disjuntores de proteção dos inversores. A entrada do dispositivo DPS e dos dois disjuntores são curtos circuitados por um barramento, a saída do DPS é aterrada e a saída dos disjuntores é ligada aos inversores.

Esse DPS CA é de modelo 275 Vca 40 kA monopolar, os disjuntores são do tipo tripolares de 175 A.

A conexão entre o barramento da *stringbox* CA e o QDG é calculado conforme Equação 14 abaixo, o disjuntor de proteção que suporta essa

corrente de 303,86 A por fase é o tripolar de 350 A, e seu cabeamento é composto por dois cabos com isolamento EPR ou XLPE de 50 mm² em cada uma das fases, sendo assim composta por 6 cabos de 50 mm².

$$In = \frac{P}{v\sqrt{3}} \quad (14)$$

$$In = \frac{200KW}{380\sqrt{3}} = 303,86 A$$

No QDG a um barramento do qual deriva o cabeamento que vai ao medidor da entrada de serviço da COPEL e o cabeamento que vai aos carregadores elétricos. O cabeamento que vai a medição é o mesmo calculado na Equação 12 anterior, sendo que o disjuntor de proteção da entrada de serviço também é tripolar de 350 A.

4.2.8 Dimensionamento do número de módulos fotovoltaicos considerando todas as perdas do sistema

Conforme estimado no item 4.2.5, as perdas do sistema são de 9,61%, além disso o inversor possui uma perda em sua conversão de 1,7%, totalizando assim 11,31% de perdas, consequentemente a eficiência do sistema é de 88,69%. Com isso é possível calcular o número final de módulos necessários para a implantação do sistema fotovoltaico, ele é dado pela razão entre o número calculado na Equação 6 e a eficiência do sistema, Equação 15. Resultando em aproximadamente 524 módulos.

$$Num_{módulos} = \frac{464,22}{0,8869} = 523,41 \text{ Módulos} \quad (15)$$

4.3 Dimensionamento da entrada de energia da Copel

Por se tratar de uma usina com potência acima de 75 kW, é enquadrada no sistema da Copel como minigeração, essa condição implica em regras

específicas determinadas pela concessionária, precisa ter uma subestação própria e contratação de demanda de energia, tem taxações diferentes em horários de ponta e fora ponta, o que se enquadra no grupo A de consumidor, o projeto da subestação pode ser visto no Apêndice A, seu esquema de conexão pode ser visto no Apêndice B.

A entrada de serviço da COPEL, precisa suportar os 200 kVA de inversor que foram apresentados no item 4.2.7. Sendo assim, é composta por uma subestação aérea com um transformador abaixador de 225 kVA, 13800/380 Volts, também é composta por 3 caixas, uma com o medidor da Copel, uma com 3 TC's de 400/5 amperes, e uma caixa com disjuntor trifásico de 350 A.

4.4 Carregadores de carros elétricos, demanda e dimensionamento

Todos os sistemas embora sejam compostos por diferentes tipos e quantidades de carregadores, serão projetados para tem em sua saída uma potência aproximada de 150 kW, conforme o item 6.2, dessa forma o cálculo de corrente para determinação do cabeamento e disjuntor de proteção que fica entre o QDG e quadro de proteção dos carregadores pode ser visto na Equação 16. O cabeamento necessário é do tipo isolação EPR ou XLPE de 95 mm² e o disjuntor de proteção geral é de 250 amperes.

$$I_n = \frac{150KW}{380\sqrt{3}} = 227,90 A \quad (16)$$

A saída desse disjuntor se conecta a um barramento de cobre, e nesse barramento estão conectados o DPS e os disjuntores individuais de cada um dos carregadores.

4.4.1 Carregador de 150 kW

É preciso determinar a quantidade de carregadores que o sistema comporta, como determinado anteriormente, o sistema será baseado em uma

jornada de trabalho de 8 horas em potência máxima, considerando uma produção diária de 1200 kWh, foi definido que a potência de saída é de 150 kW, sendo assim, a quantidade de carregadores dada pela Equação 17 é de 1 carregador.

$$num_{carregadores} = \frac{150 \text{ kW}}{150 \text{ kW}} = 1 \text{ Carregador} \quad (17)$$

O cabeamento para carregador de 150 kW tem a mesma dimensão da ligação entre o QDG e o quadro de proteção do carregador, que é do tipo isolação EPR ou XLPE de 95 mm² e disjuntor de proteção geral tripolar de 250 A.

4.4.2 Carregadores de 60 kW

A potência instalada para os conjuntos de carregadores é de 150 kW, logo, para carregadores de 60 kW, temos que:

$$num_{carregadores} = \frac{150 \text{ kW}}{60 \text{ kW}} = 2,5 \text{ Carregadores} \quad (18)$$

Dessa maneira o mais adequado é que o sistema seja complementado com um carregador de 30 kW, ficando assim com dois modelos de 60 kW e um de 30 kW.

O disjuntor e cabeamento dos carregadores de 60 kW são dimensionados a partir da corrente nominal determinada na Equação 19, sendo cabeamento do tipo isolação EPR ou XLPE de 35 mm² e o disjuntor de proteção tripolar de 100 A.

$$In = \frac{60 \text{ kW}}{380 \sqrt{3}} = 91,16 \text{ A} \quad (19)$$

O disjuntor e cabeamento dos carregadores de 30 kW são dimensionados a partir da corrente nominal determinada na Equação 20,

sendo cabeamento do tipo isolação EPR ou XLPE de 10 mm² e o disjuntor de proteção tripolar de 50 A.

$$In = \frac{30kW}{380\sqrt{3}} = 45,58 A \quad (20)$$

4.4.3 Carregadores de 22 kW

A potência instalada para o conjunto de carregadores de 22 kW é um pouco maior, sendo de 154 kW, logo, para carregadores de 22 kW, o disjuntor geral de proteção e seu cabeamento não se alteram, pois suportam essa corrente, assim, temos que:

$$num_{carregadores} = \frac{154 kW}{22 kW} = 7 \text{ Carregadores} \quad (21)$$

O disjuntor e cabeamento de cada carregador é dimensionado a partir da corrente nominal determinada na Equação 22, sendo cabeamento do tipo isolação EPR ou XLPE de 6 mm² e o disjuntor de proteção tripolar de 40 A.

$$In = \frac{22kW}{380\sqrt{3}} = 33,42 A \quad (22)$$

4.4.4 Carregadores de 7,5 kW

A potência instalada para os conjuntos de carregadores é de 150 kW, logo, para carregadores de 7,5 kW, temos que:

$$num_{carregadores} = \frac{150 kW}{7,5 kW} = 20 \text{ Carregadores} \quad (23)$$

Esse modelo de carregador trabalha com tensão de entrada de 220 volts, portanto deve ser feito o balanceamento entre as fases, no Anexo I é possível ver essa distribuição entre fases.

O disjuntor e cabeamento de cada carregador é dimensionado a partir

da corrente nominal determinada na Equação 24, sendo cabeamento do tipo isolamento EPR ou XLPE de 6 mm² e o disjuntor de proteção bipolar de 40 amperes.

$$I_n = \frac{7,5KW}{220} = 34,09 A \quad (24)$$

4.5 Custos do investimento no sistema

Nesta seção se encontram os valores necessário para se investir nos componentes dos diferentes sistemas anteriormente dimensionados, a fim de se obter uma precificação para que possam ser utilizados na análise de viabilidade econômica de implantação dos sistemas.

Para determinação dos custos, utilizou-se orçamentos de três empresas com atuação na área de energia fotovoltaica com intuito de estabelecer valores médios que foram utilizados no trabalho.

4.5.1 Investimento para a montagem do kit fotovoltaico

O kit fotovoltaico é composto por todos os equipamentos necessários para a implantação do sistema de geração, desde módulos e inversores, até disjuntores e o cabeamento. Nesse kit também está incluso a mão de obra, documentação para homologação com a Copel e demais encargos que a implementação do sistema gere.

A montagem do kit fotovoltaico foi estruturada para uma implantação padrão comum e usual, que é a fixação em telhados do tipo al zinco trapezoidal, com isso é possível estimar os materiais necessários e o preço do kit fotovoltaico. Foram feitos 3 orçamentos distintos em 3 empresas localizadas no Sudoeste do Paraná, embora os orçamentos não sejam iguais, devido as preferências de cada empresa, o potencial de geração é o mesmo para todos. Os resultados desses orçamentos podem ser observados nas Tabelas 4, 5 e 6. Foi feito uma média simples entre esses três orçamentos, apresentado na Tabela 7 que ilustra o valor médio para a implantação do kit fotovoltaico necessário para suprir a demanda desse projeto. Esse valor é de

R\$ 1.139.574,04.

Tabela 4 - Custos do Kit Fotovoltaico empresa A.

Empresa A	
Produto	Quantidade
Módulo 550w ja solar	524
Solis 100k-5g - 380v trif.	2
Garantia estendida solis 8 anos	2
Par conector macho / femea - mc4	42
Stringbox sb16e - 20e/20s	2
Cabo solar 6mm-1800v preto	1206
Cabo solar 6mm-1800v vermelho	1206
Perfil de alumínio 3,60m	350
Kit de emendas e parafusos inox 8x12	292
Kit terminal final 35mm	90
Kit terminal intermediário 39/44mm - par	482
Kit suporte para telhado de zinco/aluzinco	1050
Preço final do kit fotovoltaico	R\$ 1.144.972,93

Fonte: Autoria própria.

Tabela 5- Custo do Kit Fotovoltaico empresa B.

Empresa B	
Produto	Quantidade
Painel fotovoltaico 550w - mono - half cell	524
Inversor 110,0 kw - reno 110k-ng - trif 380v/60hz	2
Garantia estendida reno 8 anos	2
Kit grampo final (4un) (universal)	44
Kit suporte para telha metálica (4un)	264
Kit grampo intermediário (4un)	242
Perfil de alumínio 2.4m	528
Kit de aterramento em alumínio (2un)	44
Kit emenda (4un)	110
String box cc - 2/2 - clamper	10
Dps ca 1p - 385v/20-45ka	3
Conector mc4 - macho/fêmea (5un)	8
Cabo solar 1,8kv 4,00mm (vermelho)	1206
Cabo solar 1,8kv 4,00mm (preto)	1206
Cabo solar 1,8kv 6,00mm (verde)	1000
Preço final do kit fotovoltaico	R\$ 1.214.343,10

Fonte: Aatoria própria.

Tabela 6- Custo do Kit Fotovoltaico empresa C.

Empresa C	
Modelo	Quantidade (un.)
Modulo dah dhm-72x10-550w mono	524
Inversor solis 100k-5g tri 380v m/wi-fi	2
Garantia estendida solis 8 anos	2
String box 4/4	10
Conector macho	40
Conector femea	40
Cabo 6mm vermelho	1048
Cabo 6mm verde	1048
Cabo 6mm preto	1048
Kit fixação aluzinco trapezoidal 4 modulos	131
Perfil suporte ângulo plano 2,40 (metros)	524
Preço final do kit fotovoltaico	R\$ 1.059.406,09

Fonte: Aatoria própria.

Tabela 7- Preço médio do kit fotovoltaico.

Média do valor de implantação do sistema FV	
Empresa	Valor
Empresa A	R\$ 1.144.972,93
Empresa B	R\$ 1.214.343,10
Empresa C	R\$ 1.059.406,09
Preço final médio do kit fotovoltaico	R\$ 1.139.574,04

Fonte: Autoria própria.

4.5.2 Investimento para a entrada de energia da Copel

Para ilustrar valores mais próximos aos encontrados na prática foram realizados 3 orçamentos para a entrada de energia da Copel juntamente com seu projeto e serviço de instalação, o custo de implantação médio é de R\$ 46.859,30 conforme Tabela 8.

Tabela 8- Custos de entrada de energia Copel.

Entrada de energia padrão Copel					
DESCRIÇÃO	UN.	VALOR UN. (R\$)			VALOR MÉDIO TOTAL (R\$)
		ORÇAMENTO 1 (R\$)	ORÇAMENTO 2 (R\$)	ORÇAMENTO 3 (R\$)	
Para-raio tipo polimérico 15 KV	3	251,58	159,9	205,9	617,4
Isolador pilar classe 15 KV	3	49,57	69,19	62,9	181,7
cruseta de concreto 250daN (200cm)	1	78	80	80	79,3
Poste de concreto armado duplo T tipo B 600 DAN - hm10,5m	1	2800	3000	3150	2983,3
Transformador trifásico a óleo 225KVA; 13800/380 Volts	1	37500	27900	30000	31800,0
Transformador de corrente 400/5	3	118,77	348,37	181	648,1
Disjuntor tripolar 350 A	1	1788,45	979,9	1040	1269,4
Haste de aterramento 5/8"x 3m	3	59,99	75,9	54,06	190,0
Cabo 50 mm ² EPR XLPE	60	43,35	48,48	54,99	2936,4
Caixa FN para TCs	1	361,7	166,25	272,67	266,9
Caixa EN para medidor Copel	1	185	172,34	235	197,4
Caixa NS	1	325,53	413,76	166,25	301,8
Cabo de cobre nu 25mm ²	20	24,27	24,35	27,15	505,1
Mão francesa de aço	2	70	75,5	95	160,3
Caixa de concreto (30x30x30) cm	1	44,68	32,36	49,23	42,1
Fita isolante auto fusão	1	17,8	33,29	28,99	26,7
Conector derivação de cunha para cabo de alumínio AWG	3	7,57	6,45	9,5	23,5
Eletroduto PVC 2"	3	58,38	41,39	29,97	129,7
projeto elétrico do engenheiro	1	4500	4500	4500	4500,0
ART projeto e execução	1	288	288	288	288,0
TOTAL					46.859,3

Fonte: Autoria própria.

4.5.3 Investimento para a implantação dos diferentes kits carregadores de carros elétricos

Para cada modelo de carregador elétrico foram feitos 3 orçamentos diferentes baseado na capacidade dos carregadores. Estes são apresentados nas Tabelas 9, 10, 11, e 12 respectivamente. O custo médio de implantação de cada conjunto de carregadores é apresentado no final de cada Tabela.

Tabela 9- Custos de instalação dos carregadores de 7,5 kW.

Implantação dos carregadores de 7,5 kW					
Produtos/Serviços	Un.	Valor Un. (R\$)			Valor médio total (R\$)
		ORÇAMENTO 1 (R\$)	ORÇAMENTO 2 (R\$)	ORÇAMENTO 3 (R\$)	
Estação de carregamento 7,5 kw	20	6544,4	15054,6	6544,4	187622,67
Cabo 6 mm ² cobre preto	315	5,74	6,5	5,4	1852,20
Cabo 6 mm ² cobre vermelho	315	5,74	6,5	5,4	1852,20
Cabo 6 mm ² cobre verde	315	5,74	6,5	5,4	1852,20
Eletroduto 1"	315	2,35	3,78	2,63	919,80
Cabo 95 mm ² cobre epr ou xlpe	40	122	105,73	122	4663,07
Eletroduto 3"	10	6,9	4,78	3,96	52,13
Barra de cobre p/ aterramento	3	59,99	75,9	54,06	189,95
Caixa p/ disjuntores trifásicos de 40 a	3	61,71	59,9	49,9	171,51
Disjuntor monopolar 40 a	21	31,17	36,2	69,32	441,54
Disjuntor trifásico 250 a	1	1299,99	1128,49	452,99	960,49
Caixa tipo "en" para disjuntor 250 a	1	185	172,34	235	197,45
Dps	4	169	165	178,44	683,25
Projeto elétrico do engenheiro	1	10000	10000	10000	10000,00
ART projeto e execução	1	288	288	288	288,00
Hora do instalador	80	35	35	40	2933,3
Total					214.679,79

Fonte: Autoria própria.

Tabela 10- Custos da instalação dos carregadores de 22 kW.

Implantação dos carregadores de 22 kW					
Produtos/Serviços	Un.	Valor Un. (R\$)			Valor médio total (R\$)
		ORÇAMENTO 1 (R\$)	ORÇAMENTO 2 (R\$)	ORÇAMENTO 3 (R\$)	
Estação de carregamento 22 kw	7	22001,39	29185,5	26428	181101,7
Cabo 6 mm ² cobre preto	105	5,74	6,5	5,4	617,4
Cabo 6 mm ² cobre vermelho	105	5,74	6,5	5,4	617,4
Cabo 6 mm ² cobre verde	105	5,74	6,5	5,4	617,4
Eletroduto 1"	30	2,35	3,78	2,63	87,6
Cabo 95 mm ² cobre epr ou xlpe	30	122	105,73	122	3497,3
Eletroduto 3"	10	6,9	4,78	3,96	52,1
Barra de cobre p/ aterramento	3	59,99	75,9	54,06	190,0
Caixa p/ disjuntores trifásicos de 40 a	3	61,71	59,9	49,9	171,5
Disjuntor monopolar 40 a	21	31,17	36,2	69,32	956,8
Disjuntor trifásico 250 a	1	1299,99	1128,49	452,99	960,5
Caixa tipo "en" para disjuntor 250 a	1	185	172,34	235	197,4
Dps	4	169	165	178,44	683,3
Projeto elétrico do engenheiro	1	10000	10000	10000	10000,0
ART projeto e execução	1	288	288	288	288,0
Hora do instalador	50	35	35	40	1833,3
Total					201.871,7

Fonte: Autoria própria.

Tabela 11- Custos da instalação dos carregadores de 60 e 30 kW.

Implantação dos carregadores de 60 kW e de 30 kW					
Produtos/Serviços	Un.	Valor um. (R\$)			Valor médio total (R\$)
		ORÇAMENTO 1 (R\$)	ORÇAMENTO 2 (R\$)	ORÇAMENTO 3 (R\$)	
Estação de carregamento 30 kw	1	56602,24	36060,8	63371	52011,3
Estação de carregamento 60 kw	2	347743,5	168032	217120	488597,0
Cabo 35 mm ² epr xlpe	60	33,4	36,58	30,8	2015,6
Cabo 10 mm ² epr xlpe	30	5,74	6,5	5,4	176,4
Eléctroducto 1"	30	2,35	3,78	2,63	87,6
Cabo 95 mm ² cobre epr ou xlpe	30	122	105,73	122	3497,3
Eletroducto 3"	10	6,9	4,78	3,96	52,1
Barra de cobre p/ aterramento	3	59,99	75,9	54,06	190,0
Caixa p/ disjuntores	1	185	172,34	235	197,4
Disjuntor trifásico 100 a	2	266	156	160,28	388,2
Disjuntor trifásico 50 a	1	87,2	55,32	56,91	66,5
Disjuntor trifásico 250 a	1	1299,99	1128,49	452,99	960,5
Caixa tipo "en" para disjuntor 250 a	1	185	172,34	235	197,4
Dps	4	169	165	178,44	683,3
Projeto eléctrico do engenheiro	1	10000	10000	10000	10000,0
ART projeto e execução	1	288	288	288	288,0
Hora do instalador	24	35	35	40	880,0
Total					560.288,5

Fonte: Autoria própria.

Tabela 12- Custo da instalação dos carregadores de 150 kW.

Implantação do carregador de 150 kW					
Produtos/serviços	Un.	Valor un. (R\$)			Valor médio total (R\$)
		ORÇAMENTO 1 (R\$)	ORÇAMENTO 2 (R\$)	ORÇAMENTO 3 (R\$)	
Estação de carregamento 150 kw	1	351478,4	247520	496435	365144,5
Cabo 95 mm ² cobre preto	15	122	105,73	122	1748,7
Cabo 95 mm ² cobre vermelho	15	122	105,73	122	1748,7
Cabo 95 mm ² cobre branco	15	122	105,73	122	1748,7
Cabo 95 mm ² aterramento	15	122	105,73	122	1748,7
Eletroduto 3"	15	6,9	4,78	3,96	78,2
Barra de cobre p/ aterramento	3	59,99	75,9	54,06	190,0
Caixa ns para disjuntor trifásico de 250 a	1	325,53	413,76	166,25	301,8
Disjuntor trifásico 250 a	1	1299,99	1128,49	452,99	960,5
Dps	4	169	165	178,44	683,3
Projeto elétrico do engenheiro	1	10000	10000	10000	10000,0
ART projeto e execução	1	288	288	288	288,0
Hora do instalador	16	35	35	40	586,7
Total					385.227,5

Fonte: Autoria própria.

4.5.4 Investimento para a implantação de cada sistema completo

A implantação completa de cada sistema consiste em somar os valores da entrada de serviço e do sistema fotovoltaico, com os valores individuais da implantação de cada conjunto de carregador, esses valores são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13- Valor do investimento total de implantação de cada sistema

Custo total de implantação de cada sistema				
Descrição	Entrada de energia (R\$)	Sistema fotovoltaico (R\$)	conjunto de carregadores (R\$)	Total (R\$)
Conjunto com carregadores de 7,5 KW	46859,3	1139574,04	214679,8	1.401.113,2
Conjunto com carregadores de 22 KW	46859,3	1139574,04	201871,7	1.388.305,1
Conjunto com carregadores de 60 e 30 KW	46859,3	1139574,04	560288,5	1.746.721,9
Conjunto com carregadores de 150 KW	46859,3	1139574,04	385227,5	1.571.660,9

Fonte: Autoria própria.

4.6 Construção do cenário para a análise de viabilidade econômica

A construção do cenário são definições de como serão colocados em prática os sistemas, definindo área de instalação, tempo de trabalho, cobranças, impostos, manutenções e demais considerações importantes para uma análise precisa.

Para melhor definição, um conjunto completo é a união entre a entrada de energia da Copel, sistema fotovoltaico e o conjunto de carregador de cada tipo.

4.6.1 Custos de operação e manutenções estimadas

Como já foi colocado anteriormente, existem três diferentes partes que formam o conjunto completo.

4.6.1.1. Entrada de energia da Copel

Para a primeira, que é a entrada de serviço da Copel, não serão consideradas manutenções, visto que é uma parte mais robusta e que não costuma apresentar problemas, além disso, representa menor investimento

quando comparada as outras duas partes do conjunto. Os custos para esse setor são referentes a sua tarifa, como a entrada de energia é de 230 kVA, se enquadra na modalidade tarifária do grupo A, conforme valores apresentados no site da Copel (2022), Figura 5.

Figura 5 - Tarifas aplicadas ao grupo A.

Fora de Ponta			
	Demanda	Consumo	
Sem Imposto	17,07 TUSD (R\$/kW)	0,27536 TE (R\$/kWh)	0,08260 TUSD (R\$/kWh)
Com Imposto	25,40 TUSD (R\$/kW)	0,40976 TE (R\$/kWh)	0,12292 TUSD (R\$/kWh)

Ponta			
	Demanda	Consumo	
Sem Imposto	17,07 TUSD (R\$/kW)	0,43787 TE (R\$/kWh)	0,95922 TUSD Ponta (R\$/kWh)*
Com Imposto	25,40 TUSD (R\$/kW)	0,65159 TE (R\$/kWh)	1,42741 TUSD Ponta (R\$/kWh)**

Fonte: Copel, 2022.

Os custos de contratação de demanda com impostos para 154 kW (potência máxima demandada pelos conjuntos de carregadores) são de R\$3.911,60. Não serão consideradas possíveis multas de ultrapassagem, pois a contratação já engloba o máximo de demanda que os equipamentos possuem.

Considerando o horário de funcionamento das 6:00 às 22:00 horas diariamente, são 365 dias, 16 horas diárias, totalizando 5.840 horas de operação anual. O horário de ponta para cobrança de energia elétrica é das 18:00 às 21:00 horas, com exceção de sábados, domingos e feriados. Sendo assim a cobrança de consumo na ponta é de 3 horas diárias durante aproximadamente 253 dias do ano, cerca de 759 horas de operação na ponta anualmente. Descontando as horas de ponta, das horas totais, chegasse a 5.081 horas de operação fora de ponta anualmente. Cerca de

13% na ponta e 87% fora de ponta.

13% de 2,08 (R\$/kWh na ponta com impostos) mais 87% de 0,53 (R\$/kWh fora de ponta com impostos) resultam em um valor médio de R\$ 0,7315, dos quais 34,05% são impostos, resultando em um valor líquido médio de R\$ 0,4824. A Tabela 14 apresenta os valores de precificação por kWh e também o custo de operação do sistema, que nesse caso é dado pelo custo de demanda contratada, será considerado apenas bandeira verde para a análise de viabilidade.

Para chegar ao valor percentual do TUSD, tem-se que, 13% de 0,959 (R\$/kWh TUSD na ponta) mais 87% de 0,08 (R\$/kWh TUSD fora de ponta) resultam em um valor médio de R\$ 0,19, cerca de 26,61% do valor do kWh.

Tabela 14- Precificação por kWh.

Precificação por kWh				
Descrição	Un.	Valor Un. e % (R\$)	Valor total do kWh + impostos	Valor total do kWh
Alíquota de Cofins (%)	%	4,15%	Total de impostos, 34,05%	
Alíquota de ICMS (%)	%	29,00%		
Alíquota de PIS (%)	%	0,90%		
Tarifa de energia na ponta	kWh	0,65	2,08	1,37
Tarifa de uso da rede na ponta	kWh	1,43		
Tarifa de energia fora de ponta	kWh	0,41	0,53	0,35
Tarifa de uso da rede fora de ponta	kWh	0,12		
Operação na ponta	%	13%	0,73	0,48
Operação fora ponta	%	87%		
Custo da demanda contratada (154kW)	kWh	25,40	3.911,60	2579,70

Fonte: Autoria própria.

O valor de compra de energia para o consumidor do grupo A é de R\$ 0,73 por kWh. Embora exista um reajuste médio anual para o valor de energia, esse será desconsiderado nesse trabalho, visto que também a reajuste de inflação anualmente.

4.6.1.2 Sistema Fotovoltaico

Para o sistema fotovoltaico, os custos de operação, seguro e manutenção são apresentados na Tabela 16, não serão consideradas trocas de módulos e inversores, pois no horizonte de funcionamento que será adotado ao conjunto completo, as garantias de fábrica garantem a troca ou manutenção gratuita caso algum desses equipamentos apresente má funcionamento.

Tabela 15- Custo de operação e manutenção estimados do sistema fotovoltaico.

Manutenção e operação do Sistema fotovoltaico (anual)				
Descrição	Un.	Valor Un. (R\$)	Ciclo anual	Total (R\$)
Lavagem dos módulos a cada 4 meses	524	3,00	3	4.716,00
Manutenção de rotina	1	500,00	1	500,00
Troca de eventuais equipamentos, como cabos e disjuntores.	1	2.000,00	1	2000,00
Seguro do sistema, 1% do valor total.	1	11.395,74	1	11395,74
total				18.611,74

Fonte: Autoria própria.

4.6.1.3 Conjuntos de Carregadores

Na terceira, que é o conjunto de carregadores, os clientes possuem opção de autoatendimento, nesse caso será considerado apenas um funcionário para cuidar do sistema e eventualmente auxiliar a esses clientes durante as recargas, visto que não é necessariamente integral o auxílio de um especialista para que os clientes possam usar o sistema, e assim, quando esse funcionário não estiver lá os carregadores podem operar normalmente.

A grande maioria dos carregadores usados no dimensionamento dos conjuntos, apresenta garantia contra defeitos de fabricação de 2 anos, sendo assim, eventuais trocas poderão ser necessárias durante o horizonte de funcionamento, que será definido em 13 anos. No intuito de apresentar uma

representação fiel do que acontece em um sistema prático, será considerado uma troca completa de cada um desses sistemas de carregamento durante esse período de 13 anos trabalhando com sua capacidade nominal, ou seja, 1/13 do valor de cada conjunto de carregadores a cada ano de trabalho nominal, que representa aproximadamente 7,7%.

Conforme o trabalho realizado por esses carregadores, será implicado um custo em relação a essa manutenção e operação, esse percentual será proporcional a estimativa de trabalho nominal que cada conjunto de carregador deve trabalhar. Essa estimativa é apresentada nos itens 4.7.3. a 4.7.6. que mostram os cenários individuais de cada conjunto completo.

Os custos de operação e manutenção são apresentados individualmente para cada conjunto de carregador nas Tabelas 16, 17, 18 e 19.

Tabela 16- Custo de operação e manutenção para o conjunto de carregadores de 7,5 kW.

Manutenção e operação do conjunto de carregadores de 7,5 kW (anual)				
Descrição	Un.	Valor Un. (R\$)	Ciclo anual	Total (R\$)
Seguro do conjunto, 1% do valor total	1	2146,80	1	2146,79
Software para varejo (sistema)	1	200	12	2400
Internet	1	100	12	1200
Funcionário (salário e encargos)	1	2000	13	26000
Manutenção do conjunto, 7,7% do valor total	1	16530,34	1	16530,34
Total				48277,13

Fonte: Autoria própria.

Tabela 17- Custo de operação e manutenção para o conjunto de carregadores de 22 kW.

Manutenção e operação do conjunto de carregadores de 22 kW (anual)				
Descrição	Un.	Valor Un. (R\$)	Siclo anual	Total (R\$)
Seguro do conjunto, 1% do valor total	1	2018,72	1	2018,717
Software para varejo (sistema)	1	200	12	2400
Internet	1	100	12	1200
Funcionário (salário e encargos)	1	2000	13	26000
Manutenção do conjunto, 7,7% do valor total	1	15544,12	1	15544,12
Total				47162,84

Fonte: Autoria própria.

Tabela 18- Custo de operação e manutenção para o conjunto de carregadores de 60 e 30 kW.

Manutenção e operação do conjunto de carregadores de 60 e 30 kW (anual)				
Descrição	Un.	Valor Un. (R\$)	Siclo anual	Total (R\$)
Seguro do conjunto, 1% do valor total	1	5602,89	1	5602,885
Software para varejo (sistema)	1	200	12	2400
Internet	1	100	12	1200
Funcionário (salário e encargos)	1	2000	13	26000
Manutenção do conjunto, 7,7% do valor total	1	43142,21	1	43142,21
Total				78345,1

Fonte: Autoria própria.

Tabela 19- Custo de operação e manutenção para o carregador de 150 kW.

Manutenção e operação do carregador de 150 kW (anual)				
Descrição	Un.	Valor Un. (R\$)	Siclo anual	Total (R\$)
Seguro do conjunto, 1% do valor total	1	3852,28	1	3852,275
Software para varejo (sistema)	1	200	12	2400
Internet	1	100	12	1200
Funcionário (salário e encargos)	1	2000	13	26000
Manutenção do conjunto, 7,7% do valor total	1	29662,52	1	29662,52
Total				63114,8

Fonte: Autoria própria.

4.6.2 Colocações gerais, cenário que se aplica a todos os conjuntos completos

As colocações listadas em forma de itens que estão a seguir, são iguais para todos os conjuntos completos.

- a) Entrada de energia da Copel, essa entrada de energia foi dimensionada para atender ao sistema fotovoltaico e a todos os conjuntos de carregadores, dessa maneira não será necessário avaliar variações dessa parte de um conjunto completo para outro;
- b) Sistema fotovoltaico. (projetado para uma produção média de 1200 kWh por dia, essa será a quantidade aproximada de energia disponível para ser comercializada nos conjuntos de carregadores);
- c) Depreciação dos módulos, segue o modelo representado graficamente na ficha técnica do módulo fotovoltaico, Anexo E. Nesse anexo também pode ser vista a garantia de potência linear de saída de 25 anos com pelo menos 84,8% da potência inicial;
- d) Depreciação física dos inversores, será considerado que durante o tempo de garantia de 5 anos, mais 8 anos de garantia estendida que já está incluso no projeto, totalizando 13 anos, o inversor não será trocado;
- e) Área de instalação do sistema fotovoltaico, para área de instalação será considerada como telhado já existente, demandara área total de 1344,11 m²;
- f) Encargos tributários. Os encargos considerados estão presentes na fatura de energia, sendo eles o Programa de Integração Social e o Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP), Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) e o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), juntos representam 34,05% do valor do custo por kWh, conforme

Tabela 15;

- g) Cobrança por kWh. Toda a energia comercializada pelos diferentes conjuntos completos terá o mesmo valor de venda, esse será 30% acima do valor cobrado pela distribuidora a clientes do grupo A (R\$ 0,73), sendo assim o valor inicial de cobrança é de R\$ 0,95. Isso se justifica pelo fato de a grande maioria dos clientes serem do grupo B e já pagarem um valor maior (R\$ 0,84), além disso utilizam os equipamentos do conjunto de carregamento;

Figura 6 - Tarifa grupo B (residencial)

		Residencial Residencial	
		TE (R\$/kWh)	TUSD (R\$/kWh)
Convencional	Sem imposto	0,28890	0,26991
	Com imposto	0,42991	0,40165

Fonte: Copel, 2022.

- h) O valor apresentado de tarifa para o grupo A, de R\$ 0,73 por kWh, será utilizado para venda de energia excedente que não é comercializada nos carregadores e no dimensionamento de cobrança de impostos e da tarifa TUSD;
- i) Não haverá reajuste nas cobranças de energia, custos de operação e manutenção, mantendo essa parte constante no fluxo de caixa, visto que existe o reajuste de inflação.
- j) Custos de operação e manutenção do sistema fotovoltaico. (Tabela 16);
- k) O local de instalação dos carregadores elétricos será considerado o mesmo para todos os conjuntos completos;

- l) As análises referentes aos potenciais clientes para os carregamentos de veículos serão baseadas na Tabela 2 (Modelos de carros elétricos encontrados no Brasil) onde a quantidade de veículos que o modelo de carregador atende, representa o percentual de energia que o sistema conseguiu comercializar.
- m) O período de atendimento será das 6:00 às 22:00 horas, todos os dias da semana;
- n) Será considerado 50% da energia vendida nos carregadores como instantâneo. Assim, metade da energia que é vendida pelos carregadores terá consumo instantâneo. O restante, retornará para o sistema de potência da Copel, sendo medida através de relógio bidirecional e utilizada posteriormente em formato de créditos energéticos, somente sobre essa parte ocorrem as tarifações de impostos. Sendo assim, o valor considerado para cobranças de impostos será de 50% para a análise viabilidade, ou seja, metade dos 34,05% apresentados na Tabela 15;
- o) Será considerado que o sistema será instalado em 2023;
- p) Lei 14300, decretada em 06 de janeiro de 2022, essa Lei institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, sua interferência no projeto de viabilidade econômica está no artigo 27, para sistemas instalados e protocolados na concessionária de energia, após a data de 07 de janeiro de 2023, serão feitas cobranças percentuais escalonadas referentes a TUSD, conforme é descrito abaixo:
 - 15% a partir de 2023;
 - 30% a partir de 2024;
 - 45% a partir de 2025;
 - 60% a partir de 2026;
 - 75% a partir de 2027;
 - 90% a partir de 2028;
- q) Tarifa TUSD é 39,68% do valor do kWh, conforme item 4.7.1.1., metade será considerado consumo instantâneo, sendo assim a

tarifa é de 19,84% do valor do kWh, desse valor, 17,05% (do total de TUSD) já está sendo considerado na taxaço de imposto, restando uma taxa TUSD de 16,45%;

- r) A quantidade de energia comercializada pelos carregadores é proporcional a quantidade de veículos atendidos pelo conjunto completo que são descritos na Tabela 2. Dessa forma, se o conjunto atende 5 dos 15 veículos, a estimativa de venda é de 33% da energia gerada;
- s) Valor residual, 100 % de troca de carregadores, 100% dos inversores, depreciando 4% ao ano dos módulos, total de 52%. Do valor do investimento inicial 70% do custo do sistema fotovoltaico é referente aos módulos, resultando em R\$797.701,82, deste resta 48% equivalente a R\$ 382.896,87.

4.6.3 Cenário para os carregadores de 7,5 kW

- a) A potência de energia comercializada pelo sistema será distribuída entre 20 carregadores de 7,5 kW.
- b) O custo de implantação do conjunto completo é apresentado no quadro 13, na linha referente ao conjunto de 7,5 kW.
- c) Seu custo de operação e manutenção específico segue o que foi apresentado na tabela 16.
- d) Atende 10 dos 15 veículos listados na tabela 2, sendo que 2 desses só são atendidos por ele. 66,66% da energia é vendida, 66,66% do valor de manutenção e operação é considerada.

4.6.4 Cenário para os carregadores de 22 kW

- a) A potência de energia comercializada pelo sistema será distribuída entre 7 carregadores de 22 kW.
- b) O custo de implantação do conjunto completo é apresentado no quadro 13, na linha referente ao conjunto de 22 kW.

- c) Seu custo de operação e manutenção específico segue o que foi apresentado na tabela 17.
- d) Atende 13 dos 15 veículos listados na tabela 2. 86,66% da energia é vendida, 86,66% do valor de manutenção e operação é considerada.

4.6.5 Cenário para os carregadores de 60 e 30 kW

- a) A potência de energia comercializada pelo sistema será distribuída entre 2 carregadores de 60 kW e um carregador de 30 kW.
- b) O custo de implantação do conjunto completo é apresentado no quadro 13, na linha referente ao conjunto de 30 e 60 kW.
- c) Seu custo de operação e manutenção específico segue o que foi apresentado na tabela 18.
- d) Atende 08 dos 15 veículos listados na tabela 2. 53,33% da energia é vendida, 53,33% do valor de manutenção e operação é considerada.

4.6.6 Cenário para o carregador de 150 kW

- a) A potência de energia comercializada pelo sistema será distribuída por um carregador de 150 kW.
- b) O custo de implantação do conjunto completo é apresentado no quadro 13, na linha referente ao carregador de 150 kW.
- c) Seu custo de operação e manutenção específico segue o que foi apresentado na tabela 19.
- d) Atende 03 dos 15 veículos listados na tabela 2. 20% da energia é vendida, 20% do valor de manutenção e operação é considerada.

4.6.7 Colocações finais do horizonte de funcionamento

Dessa maneira, o horizonte de funcionamento do sistema fotovoltaico, o qual servirá como base para a análise da viabilidade econômica, fica definido em 13 anos. Esse é o tempo em que o par de inversores definidos no projeto e os módulos fotovoltaicos possuem garantia. Manutenções trocas e custos de operação dos demais equipamentos que compõem o conjunto completo, são apresentados nas Tabelas 14 a 20.

Os itens 8.1 e 8.2 serão usados de base para a análise de todos os conjuntos completos, as variações ocorrem nos itens seguintes de 8.3 a 8.6.

4.7 Análise de viabilidade econômica

Nessa seção é apresentado o fluxo de caixa e os resultados dos cálculos dos indicadores de viabilidade econômica.

4.7.1 Montagem do fluxo de caixa

Tabela 20 - Fluxo de caixa, carregadores de 7,5 kW.

DIMENSIONAMENTO DO FLUXO DE CAIXA PARA O CONJUNTO DE CARREGADORES DE 7,5 KW														
Horizonte de funcionamento	Capacidade de geração do módulo fotovoltaico (%)	Tarifação da TUSD, conforme lei 14300 (%)	Produção em KWh, inicial de 438.000 KWh (anual)	Preço do KWh para impostos e TUSD, e para energia excedente que não é comercializada nos carregadores, inicial de R\$ 0,73 (R\$)	50% da energia (KWh)	Preço do KWh para comercialização nos carregadores (R\$)	Receita bruta, venda de energia 66,67% da capacidade total de produção (R\$)	Receita bruta, venda de energia excedente não comercializada nos carregadores (R\$)	Custo da demanda contratada (R\$)	Custo da operação e manutenção do sistema fotovoltaico (R\$)	Impostos, 34,05% do valor do KWh (R\$)	Taxação tarifa TUSD, 26,61 % do consumo não instantâneo(R\$)	Operação e manutenção carregadores de 7,5 kW (R\$)	Fluxo do caixa (R\$)
Fluxo inicial													-1.401.113,20	
2023	97,5%	15%	427050	0,73	213525	0,95	270600	103905	3912	18612	72705	11369	48277	219630
2024	96,8%	30%	423984	0,73	211992	0,95	268657	103159	3912	18612	72183	22576	48277	206257
2025	96,1%	45%	420918	0,73	210459	0,95	266715	102413	3912	18612	71661	33619	48277	193047
2026	95,4%	60%	417852	0,73	208926	0,95	264772	101667	3912	18612	71139	44498	48277	180001
2027	94,7%	75%	414786	0,73	207393	0,95	262829	100921	3912	18612	70617	55215	48277	167118
2028	94,0%	90%	411720	0,73	205860	0,95	260886	100175	3912	18612	70095	65768	48277	154398
2029	93,3%	90%	408654	0,73	204327	0,95	258944	99429	3912	18612	69573	65278	48277	152721
2030	92,6%	90%	405588	0,73	202794	0,95	257001	98683	3912	18612	69051	64789	48277	151044
2031	91,9%	90%	402522	0,73	201261	0,95	255058	97937	3912	18612	68529	64299	48277	149367
2032	91,2%	90%	399456	0,73	199728	0,95	253115	97191	3912	18612	68007	63809	48277	147690
2033	90,5%	90%	396390	0,73	198195	0,95	251173	96445	3912	18612	67485	63319	48277	146013
2034	89,8%	90%	393324	0,73	196662	0,95	249230	95699	3912	18612	66963	62830	48277	144336
2035	89,1%	90%	390258	0,73	195129	0,95	247287	94953	3912	18612	66441	62340	48277	142659

Valor Residual de R\$ 382896

Fonte: Autoria própria.

Tabela 21 - Fluxo de caixa, carregadores de 22 kW

DIMENSIONAMENTO DO FLUXO DE CAIXA PARA O CONJUNTO DE CARREGADORES DE 22 KW														
Horizonte de funcionamento	Capacidade de geração do módulo fotovoltaico (%)	Tarifação da TUSD, conforme lei 14300 (%)	Produção em KWh, inicial de 438.000 KWh (anual)	Preço do KWh para impostos e TUSD, e para energia excedente que não é comercializada nos carregadores, inicial de R\$ 0,73 (R\$)	50% da energia comercializada (KWh)	Preço do KWh para comercialização, inicial de R\$ 0,83 (R\$)	Receita bruta, venda de energia 86,66% da capacidade total de produção (R\$)	Receita bruta, venda de energia excedente não comercializada nos carregadores (R\$)	Custo da demanda contratada (R\$)	Custo da operação e manutenção do sistema fotovoltaico (R\$)	Impostos, 34,05% do valor do KWh (R\$)	Taxação tarifa TUSD, 26,61 % do consumo não instantâneo(R\$)	86,67 % da Operação e manutenção carregadores de 22 kW (R\$)	Fluxo do caixa (R\$)
Fluxo inicial													-1.388.305,10	
2023	97,5%	15%	427050	0,73	213525	0,95	351618	41587	3912	18612	72705	9660	47162	241155
2024	96,8%	30%	423984	0,73	211992	0,95	349094	41288	3912	18612	72183	19181	47162	229332
2025	96,1%	45%	420918	0,73	210459	0,95	346569	40990	3912	18612	71661	28563	47162	217649
2026	95,4%	60%	417852	0,73	208926	0,95	344045	40691	3912	18612	71139	37807	47162	206104
2027	94,7%	75%	414786	0,73	207393	0,95	341520	40393	3912	18612	70617	46912	47162	194698
2028	94,0%	90%	411720	0,73	205860	0,95	338996	40094	3912	18612	70095	55878	47162	183431
2029	93,3%	90%	408654	0,73	204327	0,95	336471	39796	3912	18612	69573	55462	47162	181546
2030	92,6%	90%	405588	0,73	202794	0,95	333947	39497	3912	18612	69051	55046	47162	179661
2031	91,9%	90%	402522	0,73	201261	0,95	331423	39198	3912	18612	68529	54630	47162	177776
2032	91,2%	90%	399456	0,73	199728	0,95	328898	38900	3912	18612	68007	54214	47162	175891
2033	90,5%	90%	396390	0,73	198195	0,95	326374	38601	3912	18612	67485	53798	47162	174007
2034	89,8%	90%	393324	0,73	196662	0,95	323849	38303	3912	18612	66963	53382	47162	172122
2035	89,1%	90%	390258	0,73	195129	0,95	321325	38004	3912	18612	66441	52965	47162	170237
Valor Residual de R\$ 382896														

Fonte: Autoria própria.

Tabela 22 - Fluxo de caixa, carregadores de 30 e 60 kW

DIM NSIO AMENTO DC FLUXO DE CAI A PAR/ O CON UNTO DE CAF REGAL ORES E 30 E 60 KW														
Horizonte de funcionamento	Capacidade de geração do módulo fotovoltaico (%)	Tarifação da TUSD, conforme lei 14300 (%)	Produção em KWh, inicial de 438.000 KWh (anual)	Preço do KWh para impostos e TUSD, e para energia excedente que não é	50% da energia comercializada (KWh)	Preço do KWh para comercialização, inicial de R\$ 0,83 (R\$)	Receita bruta, venda de energia 53,33% da capacidade total de produção (R\$)	Receita bruta, venda de energia excedente não comercializada nos carregadores (R\$)	Custo da demanda contratada (R\$)	Custo da operação e manutenção do sistema fotovoltaico (R\$)	Impostos, 34,05% do valor do KWh (R\$)	Taxação tarifa TUSD, 26,61% do consumo não instantâneo(R\$)	53,33% da Operação e manutenção carregadores de 30 e 60 kW (R\$)	Fluxo do caixa (R\$)
Fluxo inicial													-1.746.721,90	
2023	97,5%	15%	427050	0,73	213525	0,95	216358	145492	3912	18612	72705	12500	78345	175777
2024	96,8%	30%	423984	0,73	211992	0,95	214805	144448	3912	18612	72183	24820	78345	161381
2025	96,1%	45%	420918	0,73	210459	0,95	213252	143403	3912	18612	71661	36960	78345	147165
2026	95,4%	60%	417852	0,73	208926	0,95	211698	142358	3912	18612	71139	48922	78345	133128
2027	94,7%	75%	414786	0,73	207393	0,95	210145	141314	3912	18612	70617	60703	78345	119270
2028	94,0%	90%	411720	0,73	205860	0,95	208592	140269	3912	18612	70095	72305	78345	105592
2029	93,3%	90%	408654	0,73	204327	0,95	207038	139225	3912	18612	69573	71767	78345	104054
2030	92,6%	90%	405588	0,73	202794	0,95	205485	138180	3912	18612	69051	71229	78345	102517
2031	91,9%	90%	402522	0,73	201261	0,95	203932	137136	3912	18612	68529	70690	78345	100980
2032	91,2%	90%	399456	0,73	199728	0,95	202378	136091	3912	18612	68007	70152	78345	99442
2033	90,5%	90%	396390	0,73	198195	0,95	200825	135047	3912	18612	67485	69613	78345	97905
2034	89,8%	90%	393324	0,73	196662	0,95	199272	134002	3912	18612	66963	69075	78345	96367
2035	89,1%	90%	390258	0,73	195129	0,95	197718	132957	3912	18612	66441	68536	78345	94830
Valor Residual de R\$ 382896														

Fonte: Autoria própria.

Tabela 23 - Fluxo de caixa, carregador de 150 kW

DIMENSIONAMENTO DO FLUXO DE CAIXA PARA O CARREGADOR DE 150 KW														
Horizonte de funcionamento	Capacidade de geração do módulo fotovoltaico (%)	Tarifação da TUSD, conforme lei 14300 (%)	Produção em KWh, inicial de 438.000 KWh (anual)	Preço do KWh para impostos e TUSD, e para energia excedente que não é comercializada	50% da energia comercializada (KWh)	Preço do KWh para comercialização, inicial de R\$ 0,83 (R\$)	Receita bruta, venda de energia, 20% da capacidade total de produção (R\$)	Receita bruta, venda de energia excedente não comercializada nos carregadores (R\$)	Custo da demanda contratada (R\$)	Custo da operação e manutenção do sistema fotovoltaico (R\$)	Impostos, 34,05% do valor do KWh (R\$)	Taxação tarifa TUSD, 26,61 % do consumo não instantâneo(R\$)	20 % Operação e manutenção carregador de 150 kW (R\$)	Fluxo do caixa (R\$)
Fluxo inicial														-1.571.660,90
2023	97,5%	15%	427050	0,73	213525	0,95	81140	249397	3912	18612	72705	15341	63114	156853
2024	96,8%	30%	423984	0,73	211992	0,95	80557	247607	3912	18612	72183	30462	63114	139881
2025	96,1%	45%	420918	0,73	210459	0,95	79974	245816	3912	18612	71661	45363	63114	123129
2026	95,4%	60%	417852	0,73	208926	0,95	79392	244026	3912	18612	71139	60043	63114	106598
2027	94,7%	75%	414786	0,73	207393	0,95	78809	242235	3912	18612	70617	74503	63114	90287
2028	94,0%	90%	411720	0,73	205860	0,95	78227	240444	3912	18612	70095	88743	63114	74196
2029	93,3%	90%	408654	0,73	204327	0,95	77644	238654	3912	18612	69573	88082	63114	73006
2030	92,6%	90%	405588	0,73	202794	0,95	77062	236863	3912	18612	69051	87421	63114	71816
2031	91,9%	90%	402522	0,73	201261	0,95	76479	235073	3912	18612	68529	86760	63114	70625
2032	91,2%	90%	399456	0,73	199728	0,95	75897	233282	3912	18612	68007	86099	63114	69435
2033	90,5%	90%	396390	0,73	198195	0,95	75314	231492	3912	18612	67485	85438	63114	68245
2034	89,8%	90%	393324	0,73	196662	0,95	74732	229701	3912	18612	66963	84777	63114	67055
2035	89,1%	90%	390258	0,73	195129	0,95	74149	227911	3912	18612	66441	84117	63114	65864

Valor Residual de R\$ 382896

Fonte: Autoria própria.

4.7.2 Apresentação dos valores encontrados nos indicadores de viabilidade

As tabelas a seguir apresentam os resultados dos cálculos de indicadores de viabilidade determinados na seção 9 desse projeto:

Tabela 24 - Indicadores de viabilidade para os carregadores de 7,5 kW

Indicadores, carregadores de 7,5 KW	
Período (anos)	Fluxo de caixa (R\$)
0	-R\$ 1.401.113,20
1	R\$ 219.630,13
2	R\$ 206.257,13
3	R\$ 193.047,38
4	R\$ 180.000,89
5	R\$ 167.117,66
6	R\$ 154.397,68
7	R\$ 152.720,67
8	R\$ 151.043,66
9	R\$ 149.366,65
10	R\$ 147.689,65
11	R\$ 146.012,64
12	R\$ 144.335,63
13	R\$ 142.658,62 + 382.896,87
VPL	-R\$ 169.559,83
VPLA	-R\$ 26.075,18
IBC	R\$ 0,8790
TIR	10,65 %
ROIA	-0,99 %
Payback	não se pagou

Fonte: Autoria própria.

Tabela 25 - Indicadores de viabilidade para os carregadores de 22 kW

Indicadores, carregadores de 22 KW	
Período (anos)	Fluxo de caixa (R\$)
0	-R\$ 1.388.305,10
1	R\$ 241.154,61
2	R\$ 229.332,49
3	R\$ 217.649,07
4	R\$ 206.104,37
5	R\$ 194.698,36
6	R\$ 183.431,07
7	R\$ 181.546,16
8	R\$ 179.661,25
9	R\$ 177.776,34
10	R\$ 175.891,43
11	R\$ 174.006,52
12	R\$ 172.121,61
13	R\$ 170.236,70 + 382.896,87
VPL	R\$ 12.916,30
VPLA	R\$ 1.986,29
IBC	R\$ 1,0093
TIR	11,83%
ROIA	0,07%
Payback	13° ano

Fonte: Autoria própria.

Tabela 26 - Indicadores de viabilidade para os carregadores de 30 e 60 kW

Indicadores, carregadores de 30 e 60 KW	
Período (anos)	Fluxo de caixa (R\$)
0	-R\$ 1.746.721,90
1	R\$ 175.777,35
2	R\$ 161.381,31
3	R\$ 147.164,74
4	R\$ 133.127,66
5	R\$ 119.270,06
6	R\$ 105.591,94
7	R\$ 104.054,47
8	R\$ 102.517,00
9	R\$ 100.979,53
10	R\$ 99.442,06
11	R\$ 97.904,59
12	R\$ 96.367,12
13	R\$ 94.829,65 + 382.896,87
VPL	-R\$ 819.817,95
VPLA	-R\$ 126.086,14
IBC	R\$ 0,5306
TIR	6,43 %
ROIA	-4,76 %
Payback	não se pagou

Fonte: Autoria própria.

Tabela 27 - Indicadores de viabilidade para o carregador de 150 kW

Indicadores, carregador de 150 KW	
Período (anos)	Fluxo de caixa (R\$)
0	-R\$ 1.571.660,90
1	R\$ 156.852,97
2	R\$ 139.881,02
3	R\$ 123.129,36
4	R\$ 106.597,98
5	R\$ 90.286,88
6	R\$ 74.196,07
7	R\$ 73.005,82
8	R\$ 71.815,57
9	R\$ 70.625,32
10	R\$ 69.435,07
11	R\$ 68.244,83
12	R\$ 67.054,58
13	R\$ 65.864,33 + 382.896,87
VPL	-R\$ 817.218,44
VPLA	-R\$ 125.673,16
IBC	R\$ 0,48
TIR	-0,1 %
ROIA	-5,49 %
Payback	não se pagou

Fonte: Autoria própria.

Tabela 28 - Comparação de indicadores

Comparação dos indicadores				
Método	7,5 kW	22 kW	30 e 60 kW	150 kW
VPL	-R\$ 169.559,83	R\$ 12.916,30	-R\$ 819.817,95	-R\$ 817.218,44
VPLa	-R\$ 26.075,18	R\$ 1.986,29	-R\$ 126.086,14	-R\$ 125.673,16
IBC	R\$ 0,8790	R\$ 1,0093	R\$ 0,5306	R\$ 0,48
TIR	10,65 %	11,83%	6,43 %	5,62 %
ROIA	-0,99 %	0,07%	-4,76 %	-5,49 %
Payback	não se pagou	13° ano	não se pagou	não se pagou

Fonte: Autoria própria.

4.7.3 Discussão sobre os valores encontrados nos indicadores de viabilidade

Analisando a tabela 29, podem ser vistos os resultados dos indicadores de Viabilidade de cada conjunto completo.

Com exceção do conjunto de 22 kW, todos os conjuntos de carregadores apresentaram valores negativos nos indicadores de VPL e VPLa, isso mostra que as potenciais receitas são menores do que o investimento, inviabilizando os projetos.

O IBC demonstra o retorno sobre cada unidade de real (R\$) que é investida no projeto, onde o pior desempenho apontado é o do carregador de 150 kW, que para cada R\$ 1,00 investido, tem retorno de R\$ 0,48, demonstrando novamente inviabilidade no projeto. O melhor índice (IBC) apresentado é do carregador de 22 kW, que aponta um retorno de R\$ 1,0093 para cada R\$ 1,00 investido, que embora seja positivo, demonstra um valor muito sensível a pequenas alterações de cenário.

O ROIA demonstra o percentual de lucro que se tem a mais do que se fosse investir no valor de TMA definido no momento de investimento do projeto, ou seja, o retorno líquido anual para o conjunto de 30 e 60 kW é de 11,75% (TMA) somado ao valor do seu ROIA, que nesse caso é de -4,76%, totalizando 6,99% de rentabilidade anual, novamente inviabilizando o projeto, esse valor é de -5,49% para o carregador de 150 kW, -0,99% para o carregador de 7,5 kW e 0,07% para o carregador de 22 kW.

O *payback* é o tempo de retorno que o investimento deve ter a partir do

investimento do dinheiro. Demonstra novamente o que já foi confirmado nos outros indicadores, embora o carregador de 22 kW apresente payback positivo, isso só ocorre no último ano de cenário, mostrando que os projetos não apresentam viabilidade de implementação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo realizar o estudo de viabilidade econômica de projetos de investimentos de estação de recargas com diferentes modelos de carregadores para carros elétricos comercializando energia gerada em um sistema de geração fotovoltaica.

Dessa forma, diversos fatores interferem na implementação de postos de cargas de veículos elétricos com diferentes conjuntos de carregadores, aumentando o tempo necessário para o retorno do investimento, como as tarifações de impostos e da TUSD vinda pela Lei 14300.

Analisando os veículos presentes no Brasil, é possível ver que os preços têm grande influência sobre comercialização desses veículos, quanto maior a capacidade de carregamento, maior seu custo, este fato interfere diretamente na implementação de um sistema de carregamento, visto que para os conjuntos completos de carregadores considerados rápidos, como os de 60 e 150 KW, os indicadores de viabilidade econômica mostram que os investimentos possuem os piores retornos. Embora o atendimento a potenciais clientes possam ser feito de maneira rápida, a quantidade desses clientes tende a se mostrar reduzida em relação aos clientes de outros conjuntos de carregadores.

Carregadores com potência considerada baixa, como os de 7,5 kW, até atendem uma quantidade grande de veículos, porém o tempo elevado de carregamento faz com que as cargas raramente sejam completas, pois os clientes precisam deixar o carro parado por um tempo maior, os indicadores de viabilidade mostram que essa configuração de conjunto completo é inviável para a implantação.

Os indicadores de viabilidade mostram que investimento mais promissor é o conjunto completo de 22 kW, porém ele também se mostra muito sensível para a implementação. Embora não faça o carregamento de uma maneira considerada ultrarrápida, esse conjunto atende a grande maioria dos veículos listados, e conseqüentemente possui uma demanda maior de trabalho e clientes.

Podem ser realizados trabalhos futuros que visem a mescla entre os diferentes modelos de carregadores. As análises individuais de cada conjunto completo, permite que se criem diferentes panoramas de investimento, que

podem atender clientes distintos, em que o percentual de cada tipo de cliente e valores de investimentos, possibilitam a criação de conjuntos mesclados de carregadores, com potencial de comercialização e satisfação melhores dos que os que foram apresentados nesse trabalho.

REFERÊNCIAS

ACADEMIA DO SOL, 2022. **Fatores De Perda Em Sistemas Fotovoltaicos**. Disponível em:< <https://academiadosol.com.br/blog/fatores-de-perda-em-sistemas-fotovoltaicos/>>.

Acesso em 01 de maio de 2022.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), 2021a. **Expansão da matriz elétrica brasileira**. Disponível em:< https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/aneel-bate-meta-de-expansao-da-matriz-eletrica-em-2021-tres-meses-antes-do-previsto/656877?inheritRedirect=false>.

Acesso em 20 de outubro de 2021.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), 2021b. **Resolução Normativa 482Aneel**. Disponível em:< <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>.

Acesso em 08 de novembro de 2021.

ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), 2021b. **Resolução Normativa 482Aneel**. Disponível em:< <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>.

Acesso em 08 de novembro de 2021.

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da Indústria Automobilística Brasileira | Brazilian Automotive Industry Yearbook**. 2022. Disponível em:

<<https://acervo.anfavea.com.br/AcervoDocs/Anu%C3%A1rio%20ANFAVEA%202022-422-0.pdf>>. Acesso em 20 de maio de 2022.

AUTO PAPO - UOL, 2021. **Carros elétricos no Brasil: veja todos os modelos e preços**. Disponível em<<https://autopapo.uol.com.br/noticia/carros-eletricos-modelos-precos/>>. Acesso em 22 de dezembro de 2021.

AURORA ENERGIA, 2021. **CLUSTER IV**. Disponível em:< <https://www.auroraenergia.com.br/projetos/berco-das-gerais>>.

Acesso em 08 de novembro de 2021.

BARAN, R.; LEGEY, L. F. L. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil**. BNDES Setorial - Automotivo, Rio de Janeiro, n.33, p.207-224, 2010.

BLUESOL, 2022. **Painel Solar (Placa Solar): a Verdade sobre o Preço e como funciona**. Disponível em:< <https://blog.bluesol.com.br/painel-solar-preco-e-como-funciona/>>. Acesso em 01 de maio de 2022.

BONDARIK, R.; PILATTI, L. A.; HORST, D. J. **Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil**. Asociación Interciencia Venezuela. Paraná, vol. 43, núm. 10, 2018, outubro, pp. 680-688

CAMARGO, C. **5500 anos de navegação e os acidentes continuam ocorrendo**. Centro de Capitães da Marinha Mercante, Rio de Janeiro 2020,

v.150.

CARADEC, P. D. B.; MARTORANO, M. A. Modelo matemático determinístico-estocástico para previsão da macroestrutura bruta de solidificação sob efeito da decantação de grãos. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**. Vol.9, n2, p132-139, 2012.

CARVALHO, J. F. **Energia e sociedade**. Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CHAMBRIARD, M.; PINGUELLI, J. C.; LAMASSA, D. **Estoques estratégicos e operacionais de petróleo e derivados**. COLUNA OPINIÃO, Rio de Janeiro, 2020.

CLIMATE-DATA.ORG, 2022. **Dados climatológicos para Pato Branco**. Disponível em:< <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/pato-branco-4106/>>. Acesso em 01 de maio de 2022.

CNN BRASIL, 2022. **Alta da geração solar em 2022 é explicada por aumento de usinas, diz especialista**. Disponível em:< [Comercialização de combustíveis em 2020 teve queda de 5,97% na comparação com 2019 devido à pandemia. **Ministério de Minas e Energia**, 2021. Disponível em:< \[https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/comercializacao-de-combustiveis-em-2020-teve-queda-de-5-97-na-comparacao-com-2019-devido-a-pandemia\]\(https://www.gov.br/anp/pt-br/canais_atendimento/imprensa/noticias-comunicados/comercializacao-de-combustiveis-em-2020-teve-queda-de-5-97-na-comparacao-com-2019-devido-a-pandemia\)>. Acesso em 16 de outubro de 2021.](https://www.cnnbrasil.com.br/business/alta-da-geracao-solar-em-2022-e-explicada-por-aumento-de-usinas-diz-especialista/#:~:text=A%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20solar,de%20Energia%20El%C3%A9trica%20(CCEE).>>. Acesso em 17 de junho de 2022.</p>
</div>
<div data-bbox=)

COPEL PURA ENERGIA, 2022. **Tarifas aplicadas ao grupo A**. Disponível em:< <https://www.copel.com/site/copel-distribuicao/tarifas-de-energia-eletrica/>>. Acesso em 06 de maio de 2022.

CRESESB, 2022. **Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito**. Disponível em:<<http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Acesso em 30 de abril de 2022.

DELGADO, Fernanda et al. **Carros elétricos**. 7. ed. Rio de Janeiro: FGV Energia, 2017. Disponível em:<<https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/19179/Caderno%20Carros%20Eltricos-FGV-BOOK%20VFINAL.pdf>>. Acesso em: 08 de novembro de 2021.

DRUMM, F, C. **Poluição atmosférica proveniente da queima de**

combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas – UFSM, Santa Maria, v.18, n.1, p.66-78, 2014.

ELETROBUS, 2021. **Acordo de Paris: 100 milhões de veículos ‘verdes’ até 2050.** Disponível em: < <https://www.eletrabus.com.br/en/2017/01/30/acordo-de-paris-projeta-100-milhoes-de-ves-ate-2050/>>. Acesso em 13 de novembro de 2021.

ELYSIA ENERGIA SOLAR, 2018. **História da energia solar: como surgiu essa tecnologia revolucionária?** Disponível em: <<https://elysia.com.br/historia-da-energia-solar/>>. Acesso em 08 de novembro de 2021.

Estímulo à indústria automotiva nacional, **Rocha Marques - incentivos a inovação,** 2021. Disponível em: <<http://www.rochamarques.com.br/servicos/rota-2030/>>. Acesso em 13 de novembro de 2021.

FRERET, V. A. C.; CHAVES H. A. F.; JONES, C. M. Evolução do consumo e produção do petróleo no período de 1965 a 2015. **Anuário do Instituto de Geociências,** Rio de Janeiro, v.42, n.1. 2019. DOI: https://doi.org/10.11137/2019_1_642_655. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/30832>>. Acesso em 16 de outubro de 2021.

JÚNIOR, D. P. F.; JÚNIOR, V. V.; **Conceitos e Simulação de Cadeias de Markov.** Artigo publicado pela universidade Federal de Goiás, 2011.

LIMA, E. C. P.; VIANA, J. C.; LEVINO, N. A.; MOTA, C. M. M. Simulação de Monte Carlo auxiliando a análise de viabilidade econômica de projetos. **IV congresso nacional de excelência em gestão.** Niterói (RJ), 2008. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Natallya-Levino/publication/237321848_SIMULACAO_DE_MONTE_CARLO_AUXILIANDO_A_ANALISE_DE_VIABILIDADE_ECONOMICA_DE_PROJETOS/links/54eb78b60cf2082851bdf7e5/SIMULACAO-DE-MONTE-CARLO-AUXILIANDO-A-ANALISE-DE-VIABILIDADE-ECONOMICA-DE-PROJETOS.pdf>. Acesso em 20 de junho de 2022.

MARIANO, J. B. **Impactos Ambientais do Refino de Petróleo,** 2001. Tese (Mestre em ciências em planejamento energético) – pós-graduação em engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

Marques, W. L. **Viabilidade Econômica.** 2º Edição, Cianorte – Paraná, Editora Gráfica Vera Cruz, p. 7, 2013.

Minhoto, L. Estações do Ano – Datas características de cada uma. **Estudo prático.** São paulo, 2018.

Disponível em:< <https://www.estudopratico.com.br/estacoes-do-ano/>>.
Acesso em 30 de abril de 2022.

Mundo Educação. O território brasileiro e sua extensão. 2021. Disponível em:< <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/o-territorio-brasileiro-sua-extensao.htm>>. Acesso em 20 de outubro de 2021.

NeoCharge. Eletropostos – **Carros elétricos**. Disponível em:<<https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/eletroposto>>. Acesso em 20 de maio de 2022.

ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico, 2021. Dados da Geração Solar Fotovoltaica no SIN. Disponível em:<<http://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/boletim-geracao-solar.aspx>>. Acesso em 13 de novembro de 2021.

PESTANA, L. F. F. **Os *millennials* e a mobilidade elétrica: Análise da intenção de compra de carros elétricos**, 2020, Tese (Mestre em Gestão Comercial), Faculdade de Economia – Universidade do Porto.

PrePara Enem – Estações do Ano. 2022. Disponível em:<<https://www.preparaenem.com/geografia/estacoes-do-ano.htm>>.
Acesso em 30 de Abril de 2022.

PORTAL SOLAR, 2021a. **As maiores usinas de energia solar do Brasil**. Disponível em:< <https://www.portalsolar.com.br/maiores-usinas-de-energia-solar-do-brasil>>.
Acesso em 08 de novembro de 2021.

PORTAL SOLAR, 2021b. **História e Origem da Energia Solar**. Disponível em:< <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/historia-origem-da-energia-solar.html>>.
Acesso em 13 de novembro de 2021.

PORTAL SOLAR, 2021c. **O preço da célula fotovoltaica**. Disponível em:< <https://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html>>.
Acesso em 13 de novembro de 2021.

PRODANOV, C.C.; DE FREITAS, E.C.; **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RIBEIRO, FELIPE. **Quais empresas vão fabricar apenas carros elétricos?**. Canaltech, 2021. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/carros/quais-empresas-vaofabricar- apenas-carros-eletricos-182035/>>. Acesso em 18 de outubro de 2021.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M.; Metodologia da pesquisa e elaboração de

dissertação. 4ª ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

ROCHA MARQUES. Inovação vai incentivar o uso de carros elétricos na frota pública, **Rocha Marques -incentivos a inovação**, 2021. Disponível em:< <http://www.rochamarques.com.br/inovacao-vai-incentivar-o-uso-de-carros-eletricos-na-frota-publica/> >. Acesso em 13 de novembro de 2021.

SAVEPI. Sistema de Análise de Viabilidade Econômica de Projetos de Investimento.

Disponível em:< <http://pb.utfpr.edu.br/savepi/modulo.php>>. Acesso em 20 de junho de 2022.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos: Fundamentos, Técnicas e Aplicações**. 6a Edição. São Paulo: Editora Atlas S.A. 2015.

SOUZA, J. S.; NETO, F. J. K. **O impacto da incorporação da inflação na análise de projetos de investimentos**. São Paulo, 2012. [://doi.org/10.1590/S0103-65132012005000073](https://doi.org/10.1590/S0103-65132012005000073).

TECMUNDO, 2022. **Governo de SP dará incentivos para a produção de carros elétricos**. Disponível em:< <https://www.tecmundo.com.br/mobilidade-urbana-smart-cities/236389-governo-sp-dara-incentivos-producao-carros-eletricos.htm>>.

Acesso em 17 de junho de 2022.

VIEIRA, A. C. F. Energias renováveis e sua eficiência na nova economia energética no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. 2021, vol. 8,n. 18, p. 211-223. ISSN 2359-1412. DOI: 10.21438/rbgas(2021)081813

ZANETI, L. A. L. **Diagnóstico dos produtos e serviços complementares para a adoção dos carros elétricos e híbridos no Brasil**, Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

Anexo 1 – ficha técnica do carregador de 150 KW.

Descrição dos produtos



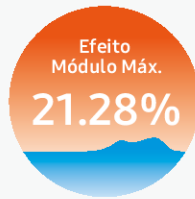
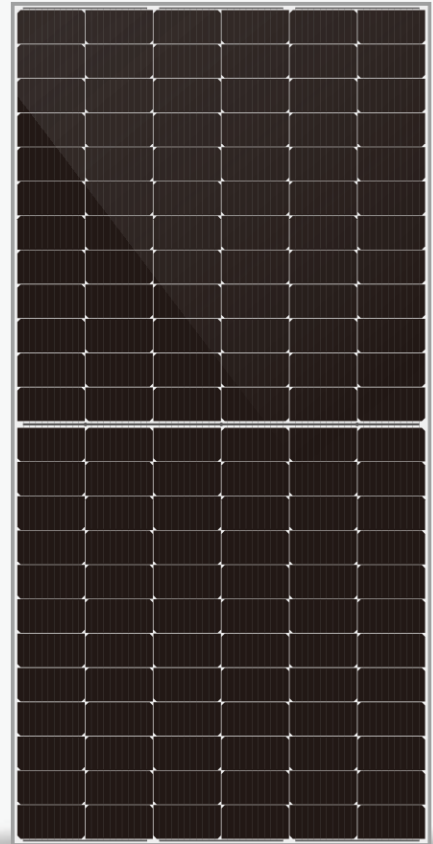
Modelo No.	GSCS750150A-T08	GSCS750200A-T08	GSCS750250A-T08
Tensão de entrada		Três-fase 400VAC ± 15%	
Corrente de entrada	Max.173A	Max.231A	Max.288A
Potência de saída	90kW	120kW	150kW
A tensão de saída		200-750v dc	
Corrente de saída	Max.150A	Max.200A	Max.250A
Conector de saída		Ccs1/ccs2/chavemo/gbt	
Frequência de operação		45 – 65Hz	
Eficiência		≥ 95%	
Código IP		IP55	
Método de resfriamento		Air-cooling	
Temperatura de operação		-30 °c a + 55 °c	
Temperatura de armazenamento		-40 °c a + 70 °c	
Arma Comprimento Do Cabo de carregamento		5m/7m	
Dimensões totais		1815x1007x702mm	
Peso		Aprox. 450kg	

DHM-72X10

0~+5W

520~550W

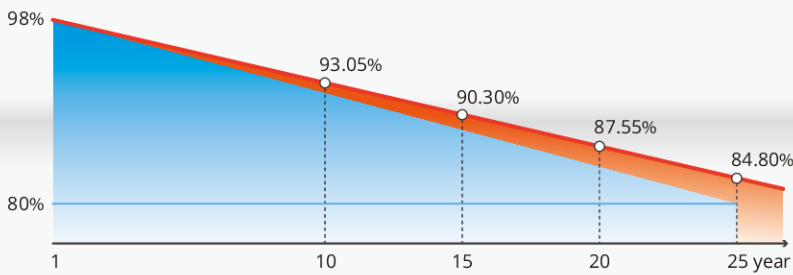
Half-Cell High Efficiency PV Module



Quality Guarantee

12-ANOS Garantia de material e tecnologia de 12 anos

25-ANOS Garantia linear de saída de 25 anos



DAH Solar Linear power output guarantee

Standard Linear power output guarantee



Mais Geração De Energia

Maior tamanho da área de captação de luz e maior conversão de eficiência do módulo



Tecnologia 10 Busbar

Maior densidade de coleta de energia melhora a geração de energia



Performance de Geração Estável

Garantido 0~+5W de tolerância positiva e degradação de geração mais lenta: primeiro ano $\leq 2\%$, 0.55% ano 2-25



Maiores ganhos de potência e menores perdas

Excelente desempenho de baixa irradiância e baixa perda por sombra



Processo Otimizado e Atualizado

Menor risco de hot-spot e maior capacidade anti-PID



Forte Adaptabilidade Ambiental e Grande Durabilidade

Certificada por testes de resistência às intempéries, areia, névoa salina, amônia, etc. Carga mecânica aprimorada: carga do vento (2400 Pascal) e carga da neve (5400 Pascal)

Abrange Certificados de Produtos e Sistemas



IEC 61215 / IEC 61730 / CE / INMETRO

OHSAS 18001-

2007/International standards for occupational health & safety

ISO 14001-

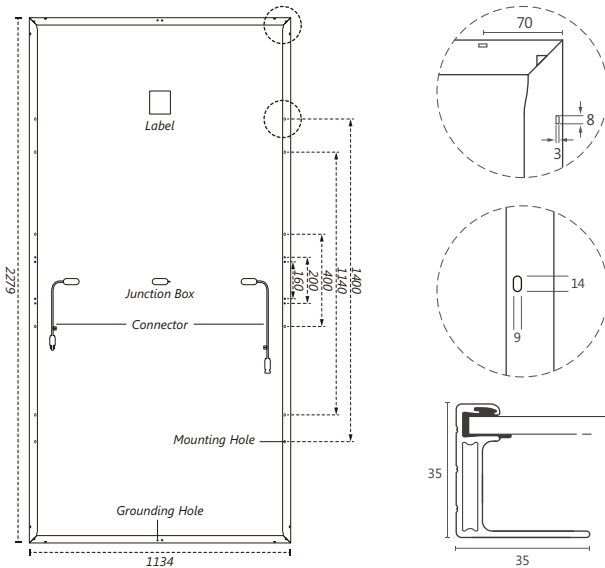
2015/Standards for environmental management system

ISO 9001-

2015/Quality management system

DHM-72X10 520~550W

Projeto



Especificação Mecânica

Cells Type
Mono 182×91mm

Peso
29kg

Cabos de saída
(Incluindo conector)
Número de células
Vidro
Caixa de Junção
Conector

Dimensão (L×W×T)
2279×1134×35mm

Embalagem
31pcs/pallet, 620pcs/40HQ

4.0mm², Vertical: 300mm(+)/400mm(-)
Horizontal: 1400mm(+)/1400mm(-)
144 (6×24)
3.2mm alta transmissão, Revestimento antirefletivo
IP68, 3 Diodos bypass
MC4 Compatível

Parâmetros operacionais

Tensão máxima do sistema 1000V/1500V DC
Temperatura de operação -40 ~ +85°C
Classificação máxima de fusíveis em série 25A
Carga de neve, frente 5400Pa
Carga de vento, parte traseira 2400Pa
Temperatura nominal da célula operacional 45°C±2°C
Nível de aplicação Class A

STC-CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

Tipo de módulo	DHM-72X10						
Potência máxima (Pmax)	520W	525W	530W	535W	540W	545W	550W
Tensão de circuito aberto (Voc)	49.0V	49.2V	49.4V	49.6V	49.8V	50.0V	50.2V
Tensão de potência máxima (Vmp)	41.2V	41.4V	41.6V	41.8V	42.0V	42.2V	42.4V
Corrente de curto-circuito (Isc)	13.42A	13.48A	13.54A	13.60A	13.66A	13.72A	13.78A
Corrente de potência máxima (Imp)	12.62A	12.68A	12.74A	12.80A	12.86A	12.91A	12.97A
Eficiência do módulo (%)	20.12%	20.31%	20.51%	20.70%	20.89%	21.09%	21.28%
Coefficiente de temperatura de Isc	0.05%/°C						
Coefficiente de temperatura de Voc	-0.31%/°C						
Coefficiente de potência de Pmax	-0.35%/°C						

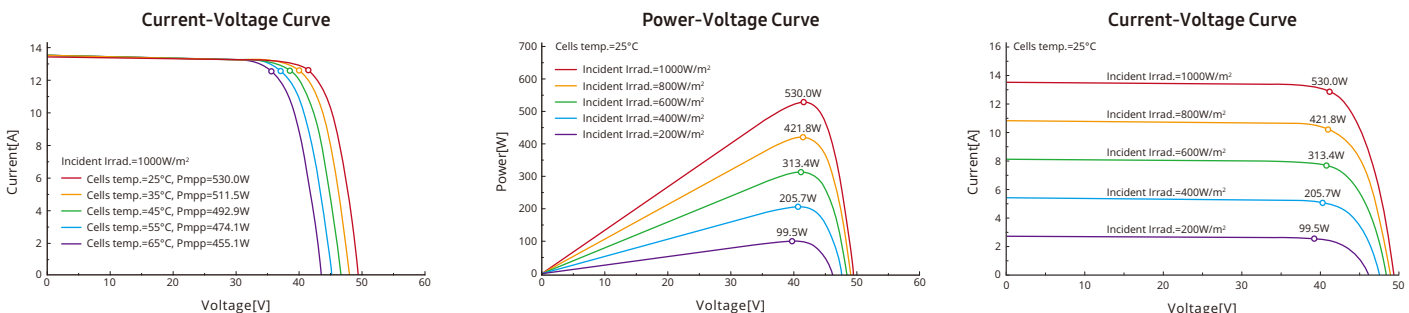
Ambiente de teste padrão : Irradiância 1000W/m², temperatura da célula 25°C, Espectro AM1.5

NOCT-CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

Potência máxima (Pmax)	387W	391W	394W	398W	402W	405W	409W
Tensão de circuito aberto (Voc)	46.0V	46.1V	46.3V	46.5V	46.7V	46.9V	47.1V
Tensão de potência máxima (Vmp)	38.6V	38.8V	39.0V	39.2V	39.4V	39.6V	39.8V
Corrente de curto-circuito (Isc)	10.84A	10.89A	10.94A	10.99A	11.04A	11.09A	11.13A
Corrente de potência máxima (Imp)	10.01A	10.06A	10.11A	10.15A	10.20A	10.24A	10.29A

Ambiente de teste padrão: Irradiance 800W/m², temperatura ambiente 20°C, Spectrum AM1.5, velocidade do vento 1m/s

I-V Curve (DHM-72X10-530W)



Solis-(100-110)K-5G

Inversores Solis trifásicos



Modelo:

380V: Solis-100K-5G Solis-110K-5G



360 graus



Eficiência

- ▶ 10 MPPTs, eficiência máxima de 98,7%
- ▶ > 150% de relação CC/CA
- ▶ Densidade de rastreamento de alta potência 90MPPT/MW
- ▶ Compatível com módulos bifaciais



Seguro

- ▶ Proteção AFCI, reduz proativamente o risco de incêndio
- ▶ Recuperação de PID integrada para melhor desempenho do módulo (opcional)
- ▶ SPD tipo I para CA (opcional)
- ▶ Volt-watt e tecnologia de supressão de corrente de fuga, baixa taxa de falhas
- ▶ Componentes de marca reconhecidos globalmente para uma vida útil mais longa



Inteligente

- ▶ Função SVG noturna
- ▶ Monitorização inteligente de string, varredura de curva IV inteligente
- ▶ Atualização remota de firmware com operação simples



Económico

- ▶ Comunicação por linha de energia (PLC) (opcional)
- ▶ Suporta conexão do tipo "Y" no lado CC
- ▶ Suporta acesso a fio de alumínio para reduzir custos

Folha de Dados

Modelo	Solis-100K-5G	Solis-110K-5G
Entrada CC		
Potência máxima de entrada	150 kW	165 kW
Tensão máx de entrada	1100 V	
Tensão nominal	600 V	
Tensão de partida	195 V	
Intervalo de tensão MPPT	180-1000 V	
Corrente máx de entrada	10*26 A	
Corrente máx de curto-circuito	10*40 A	
MPPTs / Número de Entradas	10/20	
Saída CA		
Potência nominal de saída	100 kW	110 kW
Potência máx de saída aparente	110 kVA	121 kVA
Potência máx de saída	110 kW	121 kW
Tensão nominal da rede	3/N/PE, 220 V / 380 V	
Frequência nominal da rede	50 Hz / 60 Hz	
Corrente nominal de saída da rede	152.0 A	167.1 A
Corrente máx de saída	167.1 A	183.8 A
Fator de potência	> 0,99 (0,8 inicial - 0,8 atrasado)	
Harmônicas (THDi)	<3%	
Eficiência		
Eficiência máxima	98.7%	
Eficiência EU	98.3%	
Eficiência MPPT	>99.5%	
Proteção		
Proteção contra inversão de polaridade CC	Sim	
Proteção contra curto-circuito	Sim	
Proteção de sobrecorrente de saída	Sim	
Proteção contra sobretensão	CC Tipo II / CA Tipo II (CA tipo I opcional)	
Monitoramento de rede	Sim	
Proteção de ilhamento	Sim	
Proteção de temperatura	Sim	
Monitorização de Strings	Sim	
Digitalização de curva I/V	Sim	
Recuperação PID integrado	Opcional	
AFCL integrado (proteção de circuito de falha de arco CC)	Sim ⁽¹⁾	
Interruptor CC integrado	Sim	
Interruptor CA integrado	Opcional	
Dados gerais		
Dimensões (L*A*P)	1065*567*344.5 mm	
Peso	84 kg	
Topologia	Sem Transformador	
Consumo próprio (noite)	<2 W	
Faixa de temperatura ambiente de operação	-25 ~ +60°C	
Umidade relativa	0-100%	
Grau de proteção (IP)	IP66	
Conceito de refrigeração	Refrigeração por ventilador redundante inteligente	
Altitude máx de operação	4000 m	
Certificados de padrão de conexão da rede	NBR 16149, NBR 16150, IEC 62116, IEC 61000-3-4/-5, IEC 61000-3-11/-12	
Padrão de segurança / EMC	IEC 62109-1/-2, IEC 61000-6-2/-4	
Características		
Conexão CC	Conectores MC4	
Conexão CA	Terminal OT (máx 185 mm ²)	
Tela	LCD	
Comunicação	RS485, Opcional: Wi-Fi, GPRS, PLC	

(1) Ativação necessária.

