



# **ESTAÇÃO DE CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS EMPREGANDO SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

**ALLYCK AUGUSTO INÁCIO ALVES**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Elétrica**

**Estação de Carregamento de Veículos Elétricos Empregando Sistemas  
Fotovoltaicos**

**Allyck Augusto Inácio Alves**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO  
DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA NA UNI-  
VERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

**APROVADA POR:**

---

**Prof. Dr. Fernando Cardoso Melo - ENE/Universidade de Brasília)  
(Orientador)**

---

**Prof. Dr. Laice Neves de Oliveira - ENE/ Universidade de Brasília  
(Examinador 1)**

---

**Prof. Dr. Ivan Marques de Toledo Camargo - ENE/ Universidade de Brasília  
(Examinador 2)**

**Brasília/DF, julho de 2025.**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

ALVES, ALLYCK AUGUSTO INÁCIO

Estação de Carregamento de Veículos Elétricos Empregando Sistemas Fotovoltaicos. [Brasília/DF] 2025.

xxx, nnnp., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, BACHAREL, Trabalho de Conclusão de Curso, 2025).

Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica.

Departamento de Engenharia Elétrica

- |                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| 1. Veículos Elétricos | 2. Estação de Recarga     |
| 3. Parking            | 4. Sistemas Fotovoltaicas |
| I. ENE/FT/UnB         | II. Título (série)        |

## **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

ALVES, ALLYCK AUGUSTO INÁCIO (2025). Estação de Carregamento de Veículos Elétricos Empregando Sistemas Fotovoltaicos. Trabalho de Conclusão de Curso, Publicação PGEE./2025, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF.

## **CESSÃO DE DIREITOS**

AUTOR: Allyck Augusto Inácio Alves

TÍTULO: Estação de Carregamento de Veículos Elétricos Empregando Sistemas Fotovoltaicos.

GRAU: BACHAREL            ANO: 2025

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta Trabalho de Conclusão de Curso e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho de conclusão de curso - Bacharel pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Allyck Augusto Inácio Alves

Universidade de Brasília (UnB)

Campus Darcy Ribeiro

Faculdade de Tecnologia - FT

Departamento de Engenharia Elétrica(ENE)

Brasília - DF CEP 70919-970

*Para todos que veem na inovação tecnológica uma ponte para um futuro sustentável, visando o âmbito da mobilidade elétrica e a energia limpa. Para aqueles que sonham com um mundo onde tecnologia e natureza coexistem em harmonia, impulsionando a mudança para um futuro mais promissor.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me abençoar com pessoas maravilhosas pelo meu caminho e por sempre me dar força, saúde e persistência para vencer os desafios e provações da vida.

Ao meu orientador, Professor Dr. Fernando Cardoso Melo, pela orientação dedicada, valiosas sugestões e paciência ao longo de todo o processo. Sou imensamente grato por sua constante disponibilidade em esclarecer minhas dúvidas, fornecer orientações precisas e incentivadoras.

Aos meus pais, Erineia e Renê, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo um apoio inestimável em cada etapa desta jornada acadêmica árdua. Suas palavras de encorajamento, gestos de carinho e compreensão nos momentos mais difíceis foram verdadeiros alicerces para que eu pudesse seguir em frente com determinação e confiança.

A minha família a qual me apoiou e encorajou a seguir meus sonhos para que pudesse chegar onde estou hoje, em especial os meus avós que sempre sonharam com o tão esperado dia da formatura. Hoje, o céu deve estar em alegria, onde meu avô Adauto e minha avó Maria Madalena se encontram comemorando mais essa fase que se encerra na minha vida.

Aos meus amigos que conheci ao longo da graduação, em especial o "trio elétrico", o "FRED", a todos os membros do Ramo Estudantil IEEE. Agradeço a alguns amigos que me acompanharam nessa trajetória: Dayane Carvalho, Rafaela Costa, Fernando Freitas, Maria Esther e Weslley Sousa.

Por fim, reconheço a importância de meu próprio esforço, dedicação e perseverança durante todo o percurso. Acreditar em mim mesmo e manter o foco no objetivo estabelecido foi crucial para superar os desafios encontrados no caminho, que foram bastantes. Cada passo dado foi uma oportunidade de aprendizado e crescimento pessoal, bem como o crescimento profissional, e estou orgulhoso do trabalho realizado.

A todos vocês, muitíssimo obrigado!

Allyck Augusto Inácio Alves

# RESUMO

**Título:** ESTAÇÃO DE CARREGAMENTO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS EMPREGANDO SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

**Autor:** Allyck Augusto Inácio Alves

**Orientador:** Prof. Dr. Fernando Cardoso Melo

**Graduação em Engenharia Elétrica**

**Brasília, 30 de julho de 2025**

Este trabalho apresenta o estudo de viabilidade técnica e econômica para a implantação de um eletroposto alimentado por sistema fotovoltaico *on-grid*, com capacidade de atendimento simultâneo a seis veículos elétricos de diferentes modelos. Diante da crescente demanda por mobilidade sustentável e da necessidade de alternativas energéticas mais limpas, o sistema proposto visa reduzir a dependência da rede elétrica convencional, promovendo a integração de fontes renováveis. A metodologia empregada envolveu simulações realizadas em linguagem *Python* para gerar perfis de consumo considerando cenários distintos de uso dos veículos. O dimensionamento do sistema fotovoltaico levou em conta as condições de irradiação solar de Samambaia-DF, resultando na escolha de 73 módulos de 600 Wp, capaz de suprir a demanda do consumo anual estimado do eletroposto. O desempenho do sistema foi avaliado por meio do índice *Performance Ratio (PR)*, obtendo-se valor aproximado de 79%, indicando perdas de aproximadamente 21%. Além disso, o uso do sistema evita a emissão de cerca de 2,67 toneladas de *CO<sub>2</sub>* por ano. A análise financeira demonstrou um custo inicial de investimento, com retorno estimado em 11 meses. Os resultados comprovam a viabilidade da proposta e sua contribuição para a ampliação da infraestrutura de recarga elétrica no Brasil de forma sustentável.

**Palavras-chave:** Veículos elétricos; Estação de recarga; Parking; Sistemas fotovoltaicos; Carregamento comercial; Sustentabilidade.

# **ABSTRACT**

**Title:** ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATION USING PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

**Author:** Allyck Augusto Inácio Alves

**Advisor:** Prof. Dr. Fernando Cardoso Melo

**Bachelor's Degree in Electrical Engineering**

**Brasília, July 30, 2025**

This work presents a technical and economic feasibility study for the implementation of an electric vehicle charging station powered by an on-grid photovoltaic system, with the capacity to simultaneously serve six electric vehicles of different models. Given the growing demand for sustainable mobility and the need for cleaner energy alternatives, the proposed system aims to reduce dependence on the conventional power grid by promoting the integration of renewable energy sources. The methodology employed involved simulations carried out in Python to generate consumption profiles considering different vehicle usage scenarios. The sizing of the photovoltaic system took into account the solar irradiance conditions of Samambaia-DF, resulting in the selection of 73 modules of 600 Wp, capable of meeting the estimated annual energy demand of the charging station. The system's performance was evaluated through the Performance Ratio (PR) index, obtaining an approximate value of 79%, which indicates losses of around 21%. Furthermore, the system prevents the emission of approximately 2.67 tons of  $CO_2$  per year. The financial analysis demonstrated an initial investment cost with a payback period estimated at 11 months. The results confirm the feasibility of the proposal and its contribution to the sustainable expansion of electric charging infrastructure in Brazil.

**Keywords:**

Electric vehicles; Charging station; Parking; Photovoltaic systems; Commercial charging; Sustainability.

# SUMÁRIO

<b>Sumário</b>	i
<b>Lista de figuras</b>	iv
<b>Lista de tabelas</b>	vii
<b>Lista de símbolos</b>	ix
<b>Glossário</b>	x
<b>Capítulo 1 – Introdução</b>	1
1.1 Objetivos do Estudo . . . . .	3
1.1.1 Objetivo Geral . . . . .	3
1.1.2 Objetivos Específicos . . . . .	3
1.1.3 Organização do texto . . . . .	4
<b>Capítulo 2 – Fundamentação Teórica</b>	5
2.1 Considerações Iniciais . . . . .	5
2.2 Veículo Elétrico . . . . .	5
2.2.1 Veículos A Combustão, Elétricos e Híbridos . . . . .	6
2.2.2 Cenário Nacional e Mundial . . . . .	7
2.2.3 Carregadores públicos . . . . .	9
2.3 Tipos de Carregadores Elétricos . . . . .	9
2.3.1 Conector Tipo 1 - SAE J1772 . . . . .	10
2.3.2 Conector Tipo 2 - IEC 62196 . . . . .	11
2.3.3 Conector Tipo GB/T 20234 . . . . .	12
2.3.4 Conector Tipo CHAdeMO . . . . .	12
2.4 Armazenamento Energético dos Veículos . . . . .	13
2.4.1 Estado de Carga . . . . .	14
2.4.2 Estado de Saúde . . . . .	15
2.5 Considerações Finais . . . . .	16

---

<b>Capítulo 3 – Metodologia</b>	17
3.1 Considerações Iniciais . . . . .	17
3.2 Métodos . . . . .	17
3.3 Definição dos veículos elétricos utilizados . . . . .	18
3.4 Definição do carregador . . . . .	20
3.5 Programa Desenvolvido . . . . .	21
3.5.1 Estrutura do Programa . . . . .	21
3.5.2 Definições de Parâmetros . . . . .	23
3.6 Perfis de Carga . . . . .	24
3.6.1 Diário . . . . .	25
3.6.2 Perfil Mensal . . . . .	30
3.6.3 Perfil Anual . . . . .	37
3.7 Sistema Fotovoltaico . . . . .	38
3.7.1 Cálculo da Geração Fotovoltaica . . . . .	38
3.7.2 Dimensionamento dos Módulos Fotovoltaicos . . . . .	39
3.8 Emissão Evitada de Gás $CO_2$ . . . . .	42
3.8.1 Estimativa de emissões por veículos a combustão . . . . .	42
3.9 Investimento . . . . .	43
3.10 Considerações Finais . . . . .	44
<b>Capítulo 4 – Resultados</b>	45
4.1 Considerações Iniciais . . . . .	45
4.2 Local de Implementação do Eletroposto . . . . .	45
4.3 Perfis de Carga . . . . .	46
4.3.1 Diário . . . . .	46
4.3.2 Mensal . . . . .	53
4.3.3 Anual . . . . .	63
4.4 Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico . . . . .	65
4.5 Comparação de Emissões de $CO_2$ e Custos Entre Veículos Elétricos e a Combustão	68
4.6 Comparação de Emissões de $CO_2$ . . . . .	69
4.7 Análise Econômica e Retorno do Investimento (ROI) . . . . .	70
4.8 Considerações Finais . . . . .	73
<b>Capítulo 5 – Conclusão</b>	74
5.1 Trabalhos Futuros . . . . .	75
<b>Referências</b>	76

<b>Apêndice A – Apêndice</b>	81
A.1 Energia Consumida nos carregadores Mensalmente . . . . .	81
A.2 Tabelas para a Analise dos Carregadores ao longo dos meses em função de cada dia . . . . .	92

## LISTA DE FIGURAS

2.1	Localização dos carregadores elétricos no DF . . . . .	9
2.2	Conektor Tipo 1. . . . .	11
2.3	Conektor Tipo 2. . . . .	11
2.4	Conektor Tipo GB/T 20234. . . . .	12
2.5	Conektor Tipo CHAdeMO. . . . .	12
2.6	Localização do Banco de Bateria no Veículo . . . . .	14
3.1	Fluxograma da metodologia . . . . .	17
3.2	Veículo 1 . . . . .	19
3.3	Veículo 2 . . . . .	19
3.4	<i>Parking</i> Escolhido para Implementação . . . . .	21
3.5	Fluxograma do programa de simulação de carregamento veicular . . . . .	23
3.6	Perfil de carga para 24h . . . . .	26
3.7	Perfil de carga 24h - Zoom 7h as 9h . . . . .	26
3.8	Perfil de carga 24h - Zoom 14h as 16h . . . . .	27
3.9	Perfil de carga 24h - <i>Zoom</i> 18h às 20h . . . . .	27
3.10	Perfil de carga 24h - <i>Zoom</i> 21h às 23h . . . . .	28
3.11	Perfil de carga 24h - <i>Zoom</i> 0h às 2h . . . . .	28
3.12	Potência Consumida dos carregadores em 24hrs . . . . .	29
3.13	Perfil de Carga Dias Úteis - Janeiro . . . . .	31
3.14	Perfil de Carga Dias Não Uteis - Janeiro . . . . .	31

3.15	Potência Consumida nos Dias Úteis - Janeiro . . . . .	34
3.16	Potência Consumida nos Dias Não Úteis - Janeiro . . . . .	34
3.17	Potência Consumida nos Dias Úteis - Fevereiro . . . . .	35
3.18	Potência Consumida nos Dias Não Úteis - Fevereiro . . . . .	35
3.19	Energia Consumida nos Carregadores - Janeiro . . . . .	36
3.20	Perfil de carga anual para carregador 1 - <i>Zoom</i> . . . . .	37
3.21	Localização do eletroposto . . . . .	38
3.22	Horas de Radiação Solar . . . . .	39
3.23	Módulo da Risen . . . . .	40
3.24	Área Disponível do Eletroposto para Alocação dos Painéis Fotovoltaicos . . . . .	40
3.25	Inversor Solar Trifásico - Growatt . . . . .	42
4.1	Alocação de Carregadores Públicos em Samambaia . . . . .	45
4.2	Energia Total Consumida - Janeiro . . . . .	57
4.3	Energia Total Consumida - Fevereiro . . . . .	58
4.4	Energia Total Consumida - Março . . . . .	58
4.5	Energia Total Consumida - Abril . . . . .	59
4.6	Energia Total Consumida - Maio . . . . .	59
4.7	Energia Total Consumida - Junho . . . . .	60
4.8	Energia Total Consumida - Julho . . . . .	60
4.9	Energia Total Consumida - Agosto . . . . .	61
4.10	Energia Total Consumida - Setembro . . . . .	61
4.11	Energia Total Consumida - Outubro . . . . .	62
4.12	Energia Total Consumida - Novembro . . . . .	62
4.13	Energia Total Consumida - Dezembro . . . . .	63
4.14	Energia Total Anual Consumida . . . . .	65

4.15 Gráfico do <i>Payback</i> . . . . .	72
4.16 Fluxo de Caixa para o período de 12 meses . . . . .	72
A.1 Energia Consumida nos Carregadores - Fevereiro . . . . .	81
A.2 Energia Consumida pelos Carregadores - Março . . . . .	82
A.3 Energia Consumida pelos Carregadores - Abril . . . . .	83
A.4 Energia Consumida pelos Carregadores - Maio . . . . .	84
A.5 Energia Consumida pelos Carregadores - Junho . . . . .	85
A.6 Energia Consumida pelos Carregadores - Julho . . . . .	86
A.7 Energia Consumida pelos Carregadores - Agosto . . . . .	87
A.8 Energia Consumida pelos Carregadores - Setembro . . . . .	88
A.9 Energia Consumida pelos Carregadores - Outubro . . . . .	89
A.10 Energia Consumida pelos Carregadores - Novembro . . . . .	90
A.11 Energia Consumida pelos Carregadores - Dezembro . . . . .	91

## LISTA DE TABELAS

3.1	Parâmetros Fornecidos pelo Fabricante dos Veículos . . . . .	19
3.2	Dados referente aos meses . . . . .	30
3.3	Dados simulados dias úteis para o carregador 1 - Janeiro . . . . .	32
3.4	Dados simulados dias não úteis para o carregador 1 - Janeiro . . . . .	33
3.5	Componentes . . . . .	44
4.1	Dados simulados durante 24h para o carregador 1 . . . . .	47
4.2	Dados simulados durante 24h para o carregador 2 . . . . .	48
4.3	Dados simulados durante 24h para o carregador 3 . . . . .	49
4.4	Dados simulados durante 24h para o carregador 4 . . . . .	50
4.5	Dados simulados durante 24h para o carregador 5 . . . . .	51
4.6	Dados simulados durante 24h para o carregador 6 . . . . .	52
4.7	Energia consumida durante 24h para os carregadores . . . . .	53
4.8	Energia consumida - Janeiro . . . . .	55
4.9	Energia Total Consumida . . . . .	56
4.10	Energia Anual Consumida . . . . .	64
4.11	Energia Total Consumida nos Carregadores . . . . .	64
4.12	Valor dos Componentes Totais Utilizados . . . . .	70
A.1	Energia consumida - Fevereiro . . . . .	92
A.2	Energia consumida pelos os carregadores - Março . . . . .	93

A.3 Energia consumida pelos os carregadores - Abril . . . . .	94
A.4 Energia consumida pelos os carregadores - Maio . . . . .	95
A.5 Energia consumida pelos os carregadores - Junho . . . . .	96
A.6 Energia consumida pelos os carregadores - Julho . . . . .	97
A.7 Energia consumida pelos os carregadores - Agosto . . . . .	98
A.8 Energia consumida pelos os carregadores - Setembro . . . . .	99
A.9 Energia consumida pelos os carregadores - Outubro . . . . .	100
A.10 Energia consumida pelos os carregadores - Novembro . . . . .	101
A.11 Energia consumida pelos os carregadores - Dezembro . . . . .	102

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\theta$  ângulo de inclinação do painel fotovoltaico [graus]

$\alpha$  ângulo solar mínimo ao longo do ano [graus]

## GLOSSÁRIO

IPVA	Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
CA	corrente alternada
CC	corrente contínua
kWh	medida da energia elétrica consumida por um aparelho durante um determinado período de funcionamento, Quilowatt - hora
A	unidade de medida de corrente elétrica, ampères
cv	potência de uma máquina expressa em cavalo-vapor
AIE	Agência Internacional de Energia
<i>Wallbox</i>	carregador de parede para veículos elétricos. Trata-se de um equipamento fixo, geralmente instalado em residências, estacionamentos ou eletropostos, que permite recarregar baterias de carros elétricos de forma mais rápida e segura do que tomadas comuns
SOC	State of Charge - Estado de Carga
SOH	State of Health - Estado de Saúde
$CO_2$	Dióxido de Carbono
ABVE	Associação Brasileira do Veículo Elétrico
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
GDF	Governo do Distrito Federal
ABDI	Agência Brasileira do Desenvolvimento Industrial
$G_{CTP}$	Irradiância Solar em Condições Padrão
HSP	Horas de Sol
TD	Taxa de Desempenho

$P_{FV}$	Potência do Sistema Fotovoltaico
Wp	Watt-pico é a unidade de medida utilizada para expressar a potência máxima que um módulo fotovoltaico
VCC	Tensão de Corrente Contínua
ABNT	Agência Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
IEC	International Electrotechnical Commission - Comissão Eletrotécnica Internacional
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
Payback	Retorno de Investimento
PR	Performance Ratio

## CAPÍTULO 1

# INTRODUÇÃO

A crescente adesão de veículos elétricos tem impulsionado a necessidade de soluções sustentáveis para o abastecimento desses automóveis. Nesse contexto, a integração de sistemas fotovoltaicos às estações de recarga surge como uma alternativa promissora, permitindo que a energia solar seja utilizada para compensar o consumo elétrico durante o carregamento dos veículos.

Globalmente, diversas iniciativas têm demonstrado a viabilidade e os benefícios das estações de recarga alimentadas por energia solar. Na ilha da Reunião, um território ultramarino da França, uma estação de carregamento autônoma utiliza uma cobertura fotovoltaica de, aproximadamente, 40kWp e baterias de armazenamento permitindo que doze veículos sejam carregados diariamente com mais de 85% de energia gerada pelo sistema fotovoltaico (Albioma, 2025).

Países como França e Alemanha tem implementado regulamentações que incentivam a cobertura de estacionamentos com painéis fotovoltaicos, visando impulsionar a mobilidade sustentável e aumentar a disponibilidade de pontos de recargas (MEDINA, 2024).

No Brasil, possuem algumas iniciativas semelhantes, como a BMW Group Brasil que desenvolveu uma estação de recarga que utiliza energia solar e baterias, permitindo o abastecimento de veículos elétricos de forma independente da rede pública. Em Campo Grande, Mato Grosso do Sul, foi inaugurado um posto solar público que oferece recarga gratuita para veículos elétricos. O estacionamento é coberto por módulos fotovoltaicos, proporcionando energia limpa para os usuários e acesso gratuito à internet via Wi-Fi (ABSOLAR, 2020) e (CASARIN, 2021).

As empresas brasileiras tem investido no desenvolvimento de soluções integradas utilizando fontes limpas. A WEG lançou uma nova geração de estações de recarga para carros elétricos, enquanto a Renovigi apresentou o RenoCharge, um recarregador CA desenvolvido em parceria com a Incharge, visando facilitar a mobilidade elétrica sustentável no país (Renovigi Energia

---

Solar, 2021).

Mediante a dados coletados no site da fabricante, JAC Motors, de ambos os modelos veiculares de estudo, traçou-se um plano para dar continuidade ao estudo, onde começou a pensar em perfis de cargas com diversas possibilidades e quantidades de carga assim bem como a quantidade de carros nos postos de carregamento.

Este trabalho investiga a utilização de dois modelos de veículos totalmente elétricos como instrumentos de pesquisa: Veículo 1, com potência de 62 cv e consumo de 30 kWh, e Veículo 2, com potência de 68 cv e consumo de 41 kWh. Ambos os veículos são carregados em carregadores de corrente alternada (CA) com potência de 7,4 kW. A análise considera diversos parâmetros fornecidos pelos fabricantes, como potência, autonomia elétrica e valor dos veículos, essenciais para futuros dimensionamentos e avaliações de desempenho.

Diante do aumento da demanda por veículos elétricos, é crucial que a infraestrutura de carregamento atenda às necessidades dos proprietários. Para isso, são apresentados diferentes tipos de carregadores, desde os de emergência até os de carga rápida, com variações em potência e tempo de carregamento, além de abordagens sobre a compatibilidade dos conectores utilizados.

Os carregadores elétricos são divididos em diversos tipos sendo eles: carregador de emergência, carregador portátil, carregador *wallbox* ou residencial, carregador comercial ou *parking* e carregador de carga rápida. Neste trabalho será utilizado o carregador comercial ou *parking*, pois utiliza um carregador de 44 kW com duas entradas (EV Institute, 2025).

O armazenamento de energia nas baterias de íon-lítio, utilizadas nos modelos selecionados, também é discutido, destacando a importância do Estado de Carga (*Stage of Charge - SOC*) e do Estado de Saúde (*Stage of Health - SOH*). O *SOC* é um indicador essencial para monitorar a quantidade de energia armazenada, enquanto o *SOH* reflete a capacidade atual da bateria em comparação à sua capacidade nominal, sendo fundamental para a longevidade e eficiência dos veículos elétricos. Métodos de avaliação do *SOH*, como os baseados em tensão e resistência, são apresentados como ferramentas para monitorar a saúde das baterias ao longo do tempo.

A crescente demanda por veículos elétricos tem impulsionado a necessidade de infraestruturas de recarga mais eficientes e sustentáveis. No Brasil e no mundo, a integração de sistemas fotovoltaicos em estações de carregamento surge como uma solução para reduzir o impacto

da recarga na rede elétrica e aumentar o uso de fontes renováveis de energia. No entanto, ainda existem desafios relacionados à viabilidade técnica, armazenamento de energia, otimização dos carregamentos e impactos econômicos. Assim, este estudo se torna relevante ao analisar estratégias para melhorar a eficiência energética dessas estações e oferecer soluções para um carregamento mais sustentáveis.

Este trabalho pretende contribuir de forma significativa ao campo de engenharia elétrica e mobilidade sustentável por meio da avaliação do impacto da geração fotovoltaica no carregamento veicular, considerando variações sazonais e de demanda. Definição de perfis de veículos elétricos e seus padrões de consumo, auxiliando no dimensionamento eficiente das estações de carregamento. Análise de estratégias de compensação de energia, abordando o uso de energia fotovoltaica para minimizar impactos no sistema elétrico. Simulações que podem servir de base para futuros estudos e aplicações práticas, auxiliando empresas e pesquisadores no planejamento de novas infraestruturas.

## 1.1 OBJETIVOS DO ESTUDO

### 1.1.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo de viabilidade para o eletroposto que possa atender seis veículos elétricos simultaneamente os quais são de dois modelos diferentes, com características de cargas, tempo de recarga e autonomia distintos. Contudo ao longo do dia serão abastecidos vários carros, assim analisando o cenário diário, mensal e anual. Com a demanda característica dos cenários, tem-se como objetivo dimensionar o sistema fotovoltaico *on-grid* para suprir uma parcela da energia consumida.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Geração de perfis aleatórios de carga nos carregadores: Simulação via programa em *python* e geração de perfis de cargas aleatórios visando a chegada da quantidade variada de veículos no eletroposto com percentual de bateria variados.

- Analisar a demanda energética: estudar a demanda diária, mensal e anual de energia necessária para o carregamento de veículos elétricos em uma estação de recarga.
- Dimensionar o sistema fotovoltaico: Determinar o número de módulos fotovoltaicos necessários para suprir a demanda energética de forma eficiente e sustentável de acordo com a área disponível.
- Avaliar a eficiência energética: Examinar o desempenho do sistema de geração fotovoltaica e sua capacidade de compensação da energia consumida pelos veículos elétricos.
- Identificar os impactos ambientais: Avaliar os benefícios ambientais do uso de energia solar na substituição parcial ou total de fontes não renováveis para recarga de veículos elétricos.
- Analise financeira: avaliar o investimento inicial necessário para realizar a implementação do eletroposto e o tempo necessário para cobrir o valor investido e o lucro gerado.

### **1.1.3 Organização do texto**

O texto deste trabalho está organizado em cinco partes, sendo elas:

Capítulo 2: apresenta o referencial teórico apresentando definições de veículo elétrico, tipos de carregadores veiculares, armazenamento energético, estado de carga e estado de saúde das baterias.

Capítulo 3: apresenta a metodologia utilizada no estudo e desenvolvimento do trabalho.

Capítulo 4: apresenta a aplicação das metodologias referente ao dimensionamento e análise voltadas aos eletropostos, dimensionamento da usina fotovoltaica, estudo da diminuição de emissão de gás carbônico na atmosfera e indicadores econômicos.

Capítulo 5: conclusões e propostas de trabalhos futuros decorrentes do estudo.

## CAPÍTULO 2

# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo aborda os principais fundamentos teóricos que baseiam o desenvolvimento de veículos elétricos. Serão discutidas as definições de veículos elétricos, seus componentes essenciais e as análises relacionadas à saúde das baterias que alimentam esses sistemas e principalmente a autonomia dos veículos elétricos. Essas informações são cruciais para compreender a evolução e o funcionamento dos veículos elétricos no contexto atual.

### 2.2 VEÍCULO ELÉTRICO

De acordo com o estudo de (MARTINS; BRITO, 2011), os veículos elétricos são automóveis que utilizam um ou mais motores elétricos para propulsão, ao invés de motores de combustão interna. Esses veículos são alimentados por baterias recarregáveis, que armazenam energia elétrica e a convertem em movimento.

Atualmente, os veículos elétricos são utilizados em diversas aplicações, incluindo o transporte pessoal, como veículos de passeio de uso individual ou familiar. O transporte público, como ônibus e vans elétricas em serviços de transporte urbano, frotas comerciais englobam veículos para entregas, táxis, caronas e carros de aplicativos os veículos utilitários, são utilizados em operações logísticas e de serviços.

As principais vantagens dos veículos elétricos incluem: eficiência, pois o motor é incomparavelmente mais eficiente que o veículo a combustão, o qual converte cerca de 70% da energia das baterias em energia útil para o veículo. Apresenta zero emissões, ou seja, não emite qualquer tipo de gás durante a utilização. Além disso, é um veículo silencioso, pois os ruídos emitidos durante a utilização é praticamente imperceptível (PORCHERA *et al.*, 2016).

O fato de se tratar de uma tecnologia mais recente, os preços de aquisição tem tendência a ser superiores aos veículos com motor de combustão, contudo há políticas de incentivo à compra do veículo elétrico: incentivos fiscais, PROGRAMA MOVER, L14902 (LEI..., 2024), que se trata de um programa de incentivo à indústria de automóveis sustentáveis, isenção de IPVA,

PL2156/21 - projeto de lei que prevê medidas para estimular o uso de veículos elétricos como a instalação de pontos de carregamento e descontos na compra (DEPUTADOS, 2024).

O desempenho superior também é um fator relevante, uma vez que os motores elétricos fornecem torque máximo desde a partida, o que resulta em aceleração rápida e resposta imediata ao comando do motorista.

Por outro lado, as barreiras dos veículos elétricos incluem uma autonomia limitada, pois a maioria desses veículos possui uma autonomia inferior em comparação aos veículos a combustão, embora essa diferença esteja diminuindo com as novas tecnologias de baterias. Além disso, o tempo de recarga pode ser extenso, especialmente em estações de carregamento público com baixa potência. A infraestrutura de carregamento também é um desafio, uma vez que a disponibilidade de estações de carregamento no Brasil ainda é limitada em algumas áreas, dificultando o uso do veículo em viagens longas.

O custo de aquisição é outro fator a ser considerado, já que o preço de aquisição de um veículo elétrico pode ser mais alto do que o de veículos a combustão, embora essa situação esteja mudando com o avanço da tecnologia e a redução dos custos de produção. Por último, a fabricação de baterias, especialmente as de íon-lítio, pode ter um impacto ambiental significativo devido à extração de matérias-primas e ao descarte incorreto de baterias usadas (PORCHERA *et al.*, 2016).

Esses fatores fazem dos veículos elétricos uma alternativa promissora, mas desafiadora no contexto atual de transporte sustentável.

### **2.2.1 Veículos A Combustão, Elétricos e Híbridos**

Veículos a combustão utilizam motores de combustão interna para gerar a energia necessária para movimentá-lo. Esses veículos dependem da queima de combustíveis fósseis, como gasolina, diesel, gás natural e álcool para alimentar o motor. O motor de combustão interna converte a energia química do combustível em energia mecânica, acionando as rodas do veículo.

Nos tempos atuais os veículos a combustão são a forma predominante de transporte no mundo desde a Revolução Industrial, mas sua utilização tem sido questionada devido aos impactos ambientais, como a emissão de gases do efeito estufa, poluentes atmosféricos e a dependência de combustíveis não renováveis.(FERREIRA *et al.*, 2019).

Os veículos elétricos surgiram em meados do século XIX, cuja criação não se mostrava favorável à solução de problemas técnicos, como por exemplo, infraestrutura de abastecimento. Enquanto isso, a evolução dos veículos a combustão era menos complexa e mais barata. (CA-

VAGLIANO, 2021).

Veículos elétricos são automóveis movidos exclusivamente por motores elétricos, alimentados por banco de baterias. Diferentemente dos veículos tradicionais, eles não possuem motor a combustão interna e funcionam por meio de energia elétrica. Essa energia pode ser obtida de diversas fontes, como a rede de elétrica convencional, usinas solares, eólicas ou outras formas de geração limpa, oferecendo uma alternativa mais sustentável e com menor impacto ambiental. Os veículos elétricos podem ser divididos em três categorias principais:

- **Veículos Elétricos (EVs):** também chamados de **Veículos Elétricos com Bateria (BEVs)**, são movidos exclusivamente por motores elétricos e dependem inteiramente de um banco de baterias recarregável para armazenar e fornecer a energia necessária ao funcionamento do motor.
- **Veículos Elétricos de Células a Combustível (FCEVs):** Utilizam células a combustível para gerar eletricidade a partir do hidrogênio.

Esses veículos são projetados para reduzir a emissão de gases poluentes, melhorar a eficiência energética e reduzir a dependência de combustíveis fósseis(LI *et al.*, 2020).

Os veículos elétricos Híbridos, são automóveis que combinam dois ou mais tipos de fontes de energia para a locomoção do veículo, sendo geralmente uma combinação de um motor a combustão interna e um ou mais motores elétricos. O objetivo dessa combinação é melhorar a eficiência de consumo de combustível, reduzir a emissão de poluentes e aumentar a autonomia do veículo. Existem dois tipos principais de veículos híbridos:

- **Híbrido Paralelo:** Ambos os motores, elétricos e combustão, podem fornecer potência diretamente às rodas do veículo.
- **Híbrido Série:** O motor a combustão serve principalmente para gerar energia para o motor elétrico, que é responsável pelo movimento do veículo.

A transição entre os motores ocorre automaticamente, dependendo das condições de condução, como aceleração, velocidade e carga da bateria.(MURRAY; WRIGHT, 2020).

## 2.2.2 Cenário Nacional e Mundial

No Brasil, a frota de veículos elétricos e híbridos cresceu em 787% entre 2019 e 2023, passando de 32,7 mil para 291 mil veículos. Apesar desse aumento expressivo, esses veículos

representam apenas 0,2% da frota nacional. (NOTÍCIAS, 2024). As vendas de veículos elétricos e híbridos no Brasil cresceram 70% em relação ao ano anterior. A Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE) elevou sua previsão de emplacamentos para 2024, esperando ultrapassar 160 mil unidades comercializadas.

Estudos indicam que as vendas de carros elétricos e híbridos no Brasil podem superar as de veículos com motores a combustão até 2030. Atualmente, esses veículos correspondem a 7% das vendas domésticas, com projeções de ultrapassar 90% até 2040. Fabricantes chineses, como BYD e GWM, estão investindo na produção local, enquanto montadoras tradicionais, como General Motors e Stellantis, estão introduzindo veículos híbridos flex, que utilizam etanol, gasolina e baterias (REUTERS, 2024).

Embora o crescimento seja notável, o Brasil ainda enfrenta desafios para a consolidação dos veículos elétricos, como a dependência de importações e o alto custo dos modelos disponíveis, que variam entre R\$ 150 mil e R\$ 300 mil ((IPEA), 2025).

Atualmente, a frota de veículos eletrificados no Brasil é de, aproximadamente 322.663 unidades. Dessa frota, 48% são híbridos (153.977 unidades), 29% são híbridos *plug-in* (95.529 unidades) e 23% são totalmente elétricos (73.157 unidades) (CANALVE, 2025).

Em 2024, as vendas globais de veículos totalmente elétricos e híbridos *plug-in* atingiram 11 milhões de unidades, representando um aumento de 40% em relação ao ano anterior. A expectativa é que essas vendas cresçam pelo menos 17% em 2025, ultrapassando 20 milhões de veículos, impulsionadas pela extensão de subsídios na China e por novos objetivos de emissões de  $CO_2$  na Europa (REUTERS, 2025).

Estima-se que, até 2025, os veículos elétricos representarão cerca de 25% das novas vendas na União Europeia, com projeções de ultrapassar os veículos a combustão por volta de 2030, devido ao endurecimento das regras de emissões (REVIEW, 2025).

A frota global de veículos elétricos de passageiros deve superar 100 milhões de unidades até 2026, com projeções de alcançar 700 milhões até 2040 (MOBILIDADE, 2025).

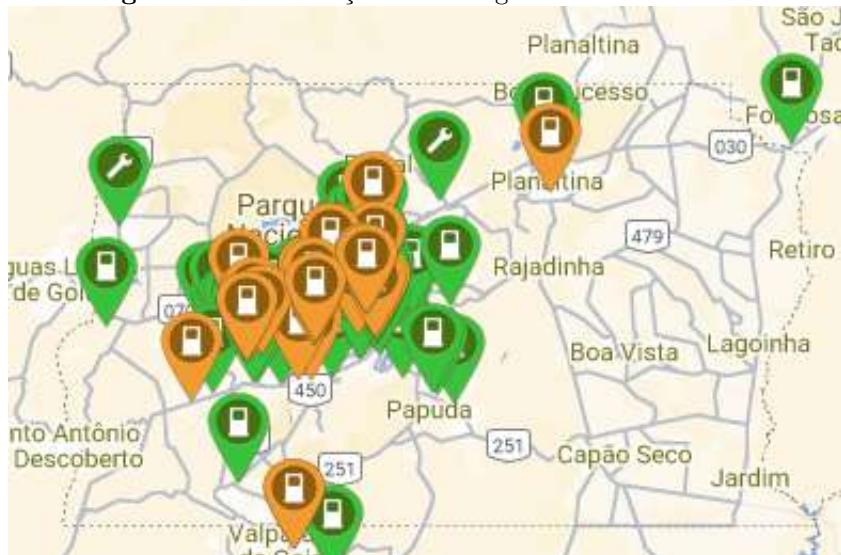
Um estudo da *Accenture* indica que 57% dos motoristas planejam ter um carro elétrico em sua garagem nos próximos dez anos, refletindo uma tendência crescente de adoção dessa tecnologia. (BRASIL, 2025).

### 2.2.3 Carregadores públicos

O Brasil possui aproximadamente 10 mil pontos de recarga para veículos elétricos e híbridos, representando um crescimento significativo em relação aos 1.300 eletropostos registrados em 2022.(BRASIL, 2025)

No Distrito Federal, há mais de 100 pontos de recarga disponíveis para atender à crescente demanda por veículos elétricos. O GDF (Governo do Distrito Federal) em parceria com a Agência Brasileira do Desenvolvimento Industrial (ABDI), está reativando e ampliando a infraestrutura de recarga, incluindo a reativação de 35 eletropostos instalados em prédios públicos desde 2019. (BRASÍLIA, 2023)

**Figura 2.1.** Localização dos carregadores elétricos no DF



**Fonte:** *PlugShare* (PLUGSHARE, 2024)

## 2.3 TIPOS DE CARREGADORES ELÉTRICOS

A demanda por carros elétricos aumenta gradativamente ao longo do tempo, à medida que esses automóveis ganham popularidade na sociedade. Para que o veículo possa ser utilizado, é necessário que a bateria esteja sempre carregada, portanto, o proprietário deve dispor de uma infraestrutura de carregadores que possa ser instalada em locais públicos, residenciais e comerciais, ou seja, soluções adequadas para os condutores no dia a dia.

De acordo com (SANTOS *et al.*, 2024) e (Revista Carro, 2024) os carregadores veiculares são classificados em diferentes tipos, sendo eles:

- **Carregador de Emergência:** Leve e de fácil manuseio, esse carregador acompanha o

veículo e pode ser utilizado em tomadas comuns residenciais, ou seja, com correntes de 8 A ou 10 A. Pode operar em 110 V ou 220 V, sendo indicado para situações emergenciais devido à sua baixa potência, que pode levar até 40 horas para carregar completamente a bateria, sendo de uso muito lento.

- **Carregador Portátil:** Fornecem maior potência de carregamento, podendo chegar até 22 kW, permitindo que uma bateria seja completamente carregada em pelo menos 2 horas. Alguns modelos menos potentes podem levar cerca de 6 a 30 horas para completar a carga do veículo.
- **Carregador Wallbox ou Residencial:** São carregadores fixos instalados em paredes e oferecem potência entre 3,7 kW e 22 kW em CA. Podem carregar um veículo completamente em até 2 horas, dependendo da tensão em que foram instalados.
- **Carregador Comercial ou Parking:** Este modelo é semelhante ao *wallbox*, podendo oferecer uma potência de 40 kW, carregando um veículo em um intervalo entre 2 e 6 horas. Seu diferencial é a capacidade de carregar mais de um veículo simultaneamente, já que pode ter mais de uma saída para carregamento, garantindo maior rotatividade entre os usuários.
- **Carregador de Carga Rápida:** Geralmente disponível em eletropostos, é capaz de carregar completamente um veículo em 1 a 2 horas ou até mesmo em questão de minutos, dependendo de sua potência. Pode oferecer potência de até 60 kW em CA ou 400 kW em CC. O fator limitante nesse caso é a capacidade máxima de recebimento de energia do veículo. Apesar da facilidade de carregar rapidamente um veículo elétrico, esse tipo de carregamento pode acelerar a deterioração da bateria, diminuindo assim sua vida útil.

Independentemente do local onde se irá carregar o veículo elétrico, é fundamental atentar-se à compatibilidade entre a tomada de saída da estação de recarga e a entrada do veículo. Assim, o cabo utilizado também precisa ser compatível. Portanto, é necessário listar e diferenciar os tipos de plugues e conectores que podem ser utilizados em carregadores de veículos elétricos. Os tipos de carregadores são listados abaixo de acordo com (NeoCharge, 2024).

### 2.3.1 Conector Tipo 1 - SAE J1772

O conector Tipo 1 possui três pinos: fase, neutro e terra, além de outros dois responsáveis pela comunicação com o veículo. A potência de carregamento pode chegar até 7,4 kW, dependendo do carregador e da capacidade da rede conectada.

Trata-se de um carregador de CA que pode realizar uma carga lenta de 3,7 kW e uma carga rápida de 7,4 kW. Este tipo de conector é utilizado nas regiões asiática e norte-americana (EV Institute, 2025).

**Figura 2.2.** Conector Tipo 1.



**Fonte:** EV Institute. (EV Institute, 2025)

### 2.3.2 Conector Tipo 2 - IEC 62196

O conector Tipo 2, foi padronizado oficialmente em 2011 pela Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC). Ele é também conhecido como Mennekes, nome da empresa alemã que propôs o design adotado como padrão, desenvolvido para carregamento em redes trifásicas de CA, suportando uma potência de até 22 kW. A disposição dos pinos é similar à encontrada no Tipo 1, no entanto, possui dois pinos adicionais para as fases extras necessárias ao carregamento trifásico. Essa configuração permite uma maior capacidade de energia, o que pode impactar positivamente no tempo de carregamento do veículo, diminuindo em comparação com o Tipo 1 (EV Institute, 2025).

**Figura 2.3.** Conector Tipo 2.

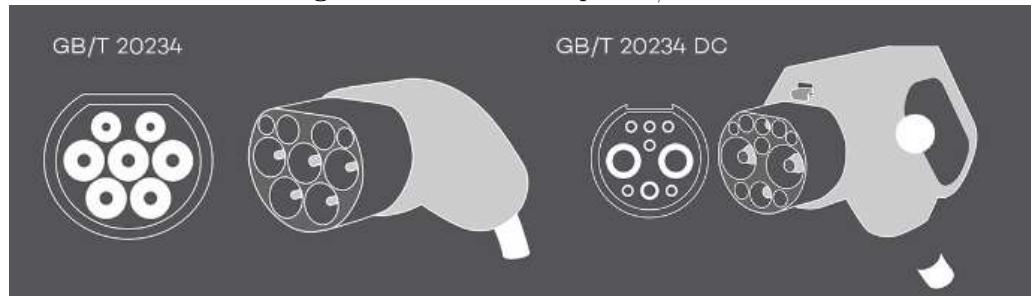


**Fonte:** EV Institute. (EV Institute, 2025)

### 2.3.3 Conector Tipo GB/T 20234

Possui uma semelhança considerável quando comparado ao Tipo 2, no entanto, não são compatíveis. O conector GB/T foi desenvolvido para atender às normas de carregamento em CA da China, suportando uma potência de até 22 kW e operando em rede trifásica. Quando utilizado em CC, suporta até 250 kW (EV Institute, 2025).

**Figura 2.4.** Conector Tipo GB/T 20234.

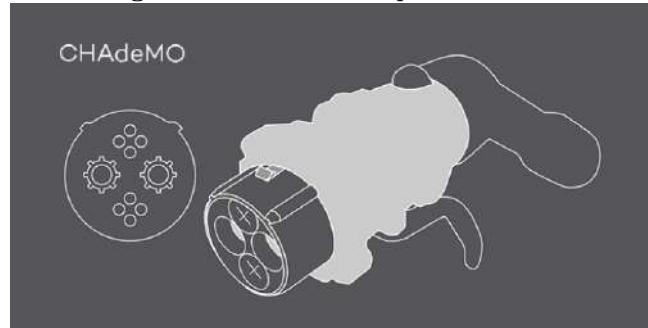


**Fonte:** EV Institute.(EV Institute, 2025)

### 2.3.4 Conector Tipo CHAdeMO

O nome deste carregador é uma abreviação de *Charge de Move*, um sistema de carregamento rápido em CC desenvolvido no Japão. A potência gerada pode chegar até 40 kW e possui três pinos de alimentação, além de outros seis pinos para comunicação com o veículo (EV Institute, 2025).

**Figura 2.5.** Conector Tipo CHAdeMO.



**Fonte:** EV Institute.(EV Institute, 2025)

## 2.4 ARMAZENAMENTO ENERGÉTICO DOS VEÍCULOS

O tópico de armazenamento energético tem recebido, ao longo das décadas, a atenção de pesquisas relacionadas às tecnologias de acumulação de grandes quantidades de energia. No entanto, devido à larga escala física e ao alto custo, essas tecnologias tornaram-se cada vez menos populares.

Por ser o único meio de armazenamento energético, a bateria determina a autonomia do veículo elétrico e, devido ao custo elevado, peso e volume, torna-se objeto de frequente estudo. De acordo com a Agência Internacional de Energia (Agência Internacional de Energia (AIE), 2017), o panorama formado por projetos de pesquisa e desenvolvimento em associação à produção em massa de baterias está conduzindo a uma rápida redução de custos e ao aumento da densidade energética, indicando, portanto, constantes sinais de aperfeiçoamento que confirmam a continuidade da tendência de estreitamento da lacuna de preço entre veículos elétricos e veículos a combustão (Battery University, 2024).

A bateria utilizada nos modelos escolhidos para o estudo é do tipo íon-lítio, possuindo cargas de 30 kWh e 41 kWh. A recarga das células ocorre em duas etapas. A primeira etapa apresenta uma corrente constante e uma tensão que cresce exponencialmente, correspondendo a aproximadamente 75% do tempo total de recarga. A segunda etapa compreende os, aproximadamente, 25% restantes do tempo de carregamento, apresentando uma tensão constante e uma corrente com características semelhantes a uma função logarítmica.

As baterias de íon-lítio são amplamente aplicadas em veículos elétricos, redes elétricas e sistemas de armazenamento de energia, entre outros campos, devido às suas vantagens de longo prazo, como vida útil prolongada, baixa taxa de autodescarga e a alta densidade de energia, sendo amplamente utilizadas no mercado atual. (CASTRO *et al.*, 2013).

**Figura 2.6.** Localização do Banco de Bateria no Veículo



**Fonte:** Carro Elétrico.(LinkedIn Pulse, 2025)

#### 2.4.1 Estado de Carga

O tempo necessário para a recarga completa do veículo depende de diversos fatores, com destaque para o Estado de Carga (*State of Charge - SOC*) da bateria. Este é caracterizado por uma função que compreende a distância percorrida ao longo do dia, juntamente com o perfil de aceleração e frenagem do condutor, a potência do conjunto propulsor do veículo, além das características topográficas do caminho percorrido (MISYRIS *et al.*, 2018).

O parâmetro *SOC* é definido como a energia na bateria em cada intervalo de tempo, o qual é um importante fator para aumentar a vida útil das baterias. Nas baterias existem restrições de limites de energia e a medida do *SOC* previne a bateria de sobrecargas e descargas profundas (POP *et al.*, 2005).

A equação básica para o cálculo do *SOC* depende da corrente de carga ou descarga da bateria e é dada por:

$$\text{SOC}(t) = \text{SOC}(t_0) + \frac{1}{C_{\text{nom}}} \int_{t_0}^t i(t) dt \quad (2.1)$$

Em que:

$\text{SOC}(t_0)$ : estado inicial de carga da bateria,  $C_{\text{nom}}$ : capacidade nominal da bateria, medida em Ah e  $i(t)$ : corrente em função do tempo inicial e final, com sinais positivo e negativo indicando carga e descarga, respectivamente.

Esse cálculo é essencial em estações de carregamento, pois permite avaliar o tempo necessário

para uma carga completa, otimizar o consumo de energia e garantir o uso eficiente da bateria.

Normalmente os fabricantes consideram um ciclo completo, de 0% a 100%, para determinar quantos ciclos a bateria teria até o fim de vida.

#### 2.4.2 Estado de Saúde

A capacidade de carga da bateria diminui devido à redução da quantidade de íons de lítio disponíveis, assim como ao aumento de sua impedância, o que resulta em uma diminuição no potencial de trabalho, proporcional ao aumento da corrente elétrica solicitada (DEISS *et al.*, 2001).

Diversos processos químicos, como a degradação do material, a decomposição do material ativo e o crescimento da interface eletrolítica dentro da bateria, além de fatores externos como ambiente, temperatura e condições operacionais, levam à perda de capacidade ao longo de seu ciclo de vida.

Portanto, os usuários, numa perspectiva de longo prazo, estão mais preocupados com seu estado de saúde (*State of Health - SOH*), pois esse parâmetro reflete as capacidades atuais de armazenamento e fornecimento de energia da bateria.

Normalmente, o *SOH* é definido matematicamente como a razão entre a capacidade máxima utilizável atual da célula e sua capacidade nominal (ZHANG *et al.*, 2024).

$$\text{SOH} = \frac{Q_{aged}}{Q_{new}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Em que,  $Q_{aged}$  e  $Q_{new}$  representam, respectivamente, a capacidade máxima atualmente disponível da célula antiga e a capacidade máxima originalmente disponível da célula nova.

Compreender o *SOH* das baterias é crucial para o desempenho e a vida útil dos sistemas de armazenamento, pois auxilia na previsão do comportamento da bateria e na prevenção de situações frustrantes. Para medir o estado de saúde da bateria, é possível utilizar vários métodos para avaliar suas condições e desempenhos (GADSSEN *et al.*, 2011).

Os métodos baseados em tensão monitora a saída de tensão sob diferentes cargas e ajuda a compreender a capacidade restante e o nível de degradação ao longo do tempo. Esta é uma abordagem simples e econômica, amplamente utilizada para a avaliação de baterias. Os métodos baseados em resistência mede a resistência interna indicando potenciais problemas, como envelhecimento ou danos, fornecendo informações sobre a saúde geral da bateria e antecipando possíveis problemas futuros.

A substituição de baterias de íon-lítio geralmente é recomendada quando o *SOH* atinge entre 70% e 80% da capacidade original. Conforme destacado no estudo *ScienceDirect*, atualmente as baterias de veículos elétricos são consideradas no fim da vida útil quando seu estado de saúde decai na faixa dos 70% e 80%. (LI *et al.*, 2024). Um relatório da MOBI (Mobility Open Blockchain Initiative) afirma que quando a proporção atinge 80%, a bateria atingiu seu fim de vida, o que significa que precisa ser substituída (Mobility Open Blockchain Initiative (MOBI), 2022).

## 2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foram apresentados os fundamentos essenciais que sustentam o desenvolvimento e a aplicação dos veículos elétricos no cenário atual. A discussão abordou as principais características dos veículos elétricos, seus componentes, vantagens, limitações e o contexto de incentivo governamental à sua adoção. Além disso, detalhou-se a infraestrutura necessária para garantir sua funcionalidade, com foco nos diferentes tipos de carregadores e conectores disponíveis no mercado.

O aprofundamento nesse conhecimento teórico serve como base para o desenvolvimento e a análise da proposta deste trabalho, especialmente no que diz respeito à autonomia veicular e às demandas de recarga no contexto de uma estação de carregamento alimentada por módulos fotovoltaicos.

## CAPÍTULO 3

# METODOLOGIA

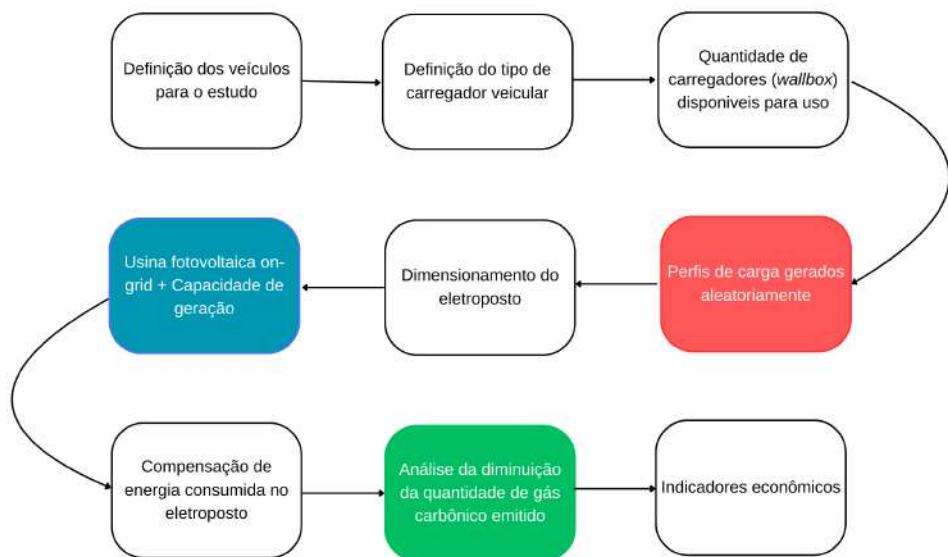
### 3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo apresenta os principais materiais utilizados e as metodologias desenvolvidas para a análise do sistema de um eletroposto destinado à recarga de veículos elétricos, com foco no estudo da demanda diária, mensal e anual, visando à compensação da energia consumida por meio de um sistema de módulos fotovoltaicos.

### 3.2 MÉTODOS

Com base na pesquisa e análise de trabalhos anteriores, bem como as normas vigentes que forneceram bases para definição deste trabalho, elaborou-se a figura 3.1 para apresentar um fluxograma da metodologia geral desenvolvida.

**Figura 3.1.** Fluxograma da metodologia



**Fonte:** Autoria própria.

O bloco de cor vermelho está atrelado aos perfis simulados via programa em python, o bloco de cor azul corresponde ao dimensionamento do sistema fotovoltaico de compensação à energia consumida pelo eletroposto e o bloco verde está diretamente ligado a analise do parâmetro de  $CO_2$  considerando o cenário implementado.

### 3.3 DEFINIÇÃO DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS UTILIZADOS

A definição do tipo de veículo elétrico a ser considerado neste trabalho foi baseada em critérios técnicos e práticos que visam representar cenários realistas de aplicação em estações de carregamento. Inicialmente, foram analisados diferentes perfis de veículos elétricos disponíveis no mercado, levando em consideração as principais características que impactam no consumo energético e no tempo de recarga, como capacidade de bateria, eficiência energética e potência de carregamento.

- **Capacidade da Bateria:** Os modelos escolhidos possuem a capacidade que reflete na vasta variação encontrada nos veículos disponíveis no mercado, abrangendo automóveis com baterias menores, voltados para uso urbano.
- **Consumo Energético:** Foram selecionados veículos com diferentes níveis de consumo energético por quilômetro, permitindo avaliar o impacto do perfil de eficiência no planejamento da estação de carregamento e na escolha do carregador.
- **Compatibilidade com Carregadores:** Optou-se por veículos compatíveis com carregadores de até 44kW, que são amplamente utilizados em estações de carregamento rápido, garantindo a viabilidade prática do sistema.
- **Dados Disponíveis:** Foi levado em conta a disponibilidade de dados técnicos confiáveis para os veículos considerados, o que é essencial para a simulação precisa dos perfis de carga.

Os veículos selecionados foram modelados com base em características de fontes públicas e técnicas, fornecidas pelo fabricante e distribuidor. O Veículo 1, apresenta potência de 62 cv e consumo de 30 kWh. Veículo 2, apresenta potência de 68 cv e consumo de 41 kWh. Ambos são carregados em *wallboxes* CA com potência total de 7,4 kW.

**Figura 3.2.** Veículo 1

**Fonte:** Imagem do produto retirada do site do fabricante.

**Figura 3.3.** Veículo 2

**Fonte:** Imagem do produto retirada do site do fabricante.

Na Tabela 3.1, é possível observar alguns parâmetros fornecidos, como potência, autonomia elétrica e valor do veículo, que podem ser utilizados ao longo deste estudo e em futuros dimensionamentos.

**Tabela 3.1.** Parâmetros Fornecidos pelo Fabricante dos Veículos

Parâmetros	Veículo 1	Veículo 2
Valor do veículo	R\$ 146 mil	R\$ 120 mil
Autonomia elétrica	302 km	350 km
Potência	62cv ou 45,88kW	68cv ou 50kW
Consumo de energia elétrica	30kWh	41kWh
Tempo de carga (0 - 100%)	6hrs	8hrs

**Fonte:** Autoria própria.

### 3.4 DEFINIÇÃO DO CARREGADOR

Durante o desenvolvimento do trabalho, optou-se pela utilização do modelo WEMOB-P-046-W-E-4G-R-HMI-2T2, fabricado pela WEG, como estação de carregamento veicular (WEG S.A., 2023), que se encaixa no carregador Comercial ou *Parking*. Esta escolha foi fundamentada nas características técnicas que atendem às necessidades do projeto em termos de eficiência, compatibilidade, velocidade de recarga e área disponível. Ele apresenta as seguintes especificações técnicas:

- **Tensão de alimentação:** Compatível com redes monofásicas e trifásicas, variando a tensão de corrente alternada entre 100 - 240V, com Fase + Neutro + Terra ou Fase + Fase + Terra e 195 - 415V com 3 Fases + Neutro + Terra, oferecendo flexibilidade em diferentes configurações de instalações elétricas.
- **Potência máxima:** 44kW, com capacidade de fornecer até 22kW por conector, permitindo o carregamento simultâneo de dois veículos elétricos.
- **Tipo de conector:** Tipo 2, amplamente utilizado em veículos elétricos, garantindo compatibilidade com a maioria dos modelos disponíveis no mercado.
- **Dimensões e peso:** Design compacto com 536 mm de altura, 35 mm de largura e 266 mm de profundidade, pesando 14 kg, facilitando a instalação e a integração ao ambiente da estação de recarga.
- **Dimensões da área utilizada:** A área delimitada para a criação da estação de recarga veicular é de aproximadamente 1144  $m^2$ , onde haverá a implementação do sistema fotovoltaico aproveitando a cobertura.
- **Níveis de proteção:** Classificação IP65 para proteção contra poeira e água, e IK10 para resistência a impactos mecânicos externos, assegurando durabilidade em diferentes condições ambientais.

O modelo possui recursos de interface avançada, como identificação por LEDs e uma tela LCD de alta resolução, que fornecem informações sobre o estado de carregamento e permite uma experiência de uso intuitiva. A temperatura de operação do equipamento varia de -25 °C a 50 °C, assegurando desempenho confiável em climas adversos.

**Figura 3.4.** *Parking* Escolhido para Implementação



**Fonte:** WEG ((WEG S.A., 2023))

## 3.5 PROGRAMA DESENVOLVIDO

Para a análise energética e o dimensionamento do sistema de carregamento veicular, foi necessário desenvolver perfis de cargas que representassem o comportamento de consumo elétrico das estações de carregamento, sendo eles diário, mensal e anual, considerando dias úteis (segunda a sexta) e não úteis (sábado, domingo e feriados). Esses perfis foram gerados utilizando um programa desenvolvido em Python, levando em conta todas as especificações utilizadas ao longo deste trabalho.

Com o objetivo de simular o carregamento de diferentes tipos de veículos ao longo do dia, levando em considerações variáveis como o consumo de energia, tempo de carga e os horários de pico de demanda, o programa foi estruturado para possibilitar uma visão detalhada sobre a dinâmica de carregamento, permitindo a avaliação de diferentes cenários de operação.

### 3.5.1 Estrutura do Programa

O programa foi estruturado em diversas funções que desempenham papéis específicos, como cálculo do consumo energético dos veículos, a geração de gráficos e tabelas, e a simulação do comportamento do sistema ao longo de diferentes períodos do dia. As principais etapas do desenvolvimento do programa incluem:

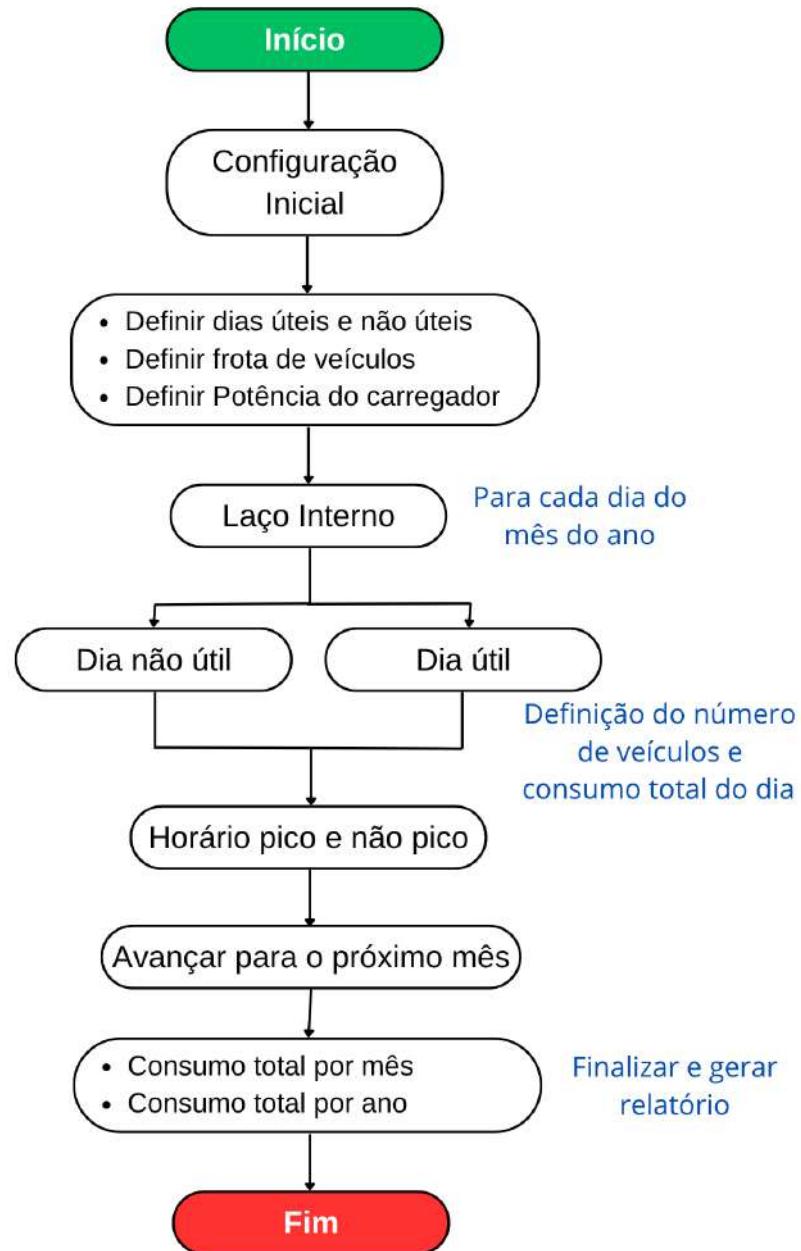
- **Definição dos Parâmetros de Veículos e Carregadores:** Inicialmente, foram defini-

dos os parâmetros dos veículos elétricos (nome, potência, consumo e tempo de carga, bem como as especificações do carregador, que tem potência de 22 kW). Essas informações são essenciais para calcular a carga necessária e o tempo de recarga de cada tipo de veículo.

- **Geração de Perfis de Carga Diários:** Com base nos parâmetros dos veículos e na potência do carregador, o programa simula o perfil de carga diário de cada veículo. Isso é feito considerando que, em dias úteis, o fluxo de veículos é maior nas ruas, impactando diretamente a demanda de energia e os horários de pico de carregamento.
- **Análise de Horários de Pico:** Para refletir com precisão o comportamento dos veículos durante os períodos de maior demanda, o programa simula o carregamento em horários críticos das 6h às 9h e 17h às 20h. Esses horários são definidos como períodos de pico, quando a demanda por energia elétrica tende a ser mais elevada, assim como a quantidade de veículos circulando.
- **Zoom nos Gráficos no Período de Pico:** Para uma análise mais detalhada do comportamento de carga durante os horários de pico, esses gráficos permitem observar como o sistema de carregamento lida com as variações de carga facilitando a identificação de possíveis gargalos ou áreas de melhoria no processo de carregamento.
- **Exportação de Tabelas de Dados:** Geração e exportação das tabelas de carga para arquivos de texto, as tabelas geradas incluem dados como o consumo de energia, tempo de carga e outros parâmetros. Isso facilita a análise posterior dos dados e a criação de relatórios detalhados sobre o comportamento do sistema ao longo do dia.

Na figura 3.5 apresenta o fluxograma simplificado do programa implementado para simular o consumo energético de veículos elétricos considerando o calendário anual, a classificação de dias úteis e não úteis, horários de pico e não pico, e as características de cada veículo.

**Figura 3.5.** Fluxograma do programa de simulação de carregamento veicular



**Fonte:** Autoria própria

### 3.5.2 Definições de Parâmetros

Para implementação, desenvolvimento e estudo dos perfis de carga foi definido que os veículos chegariam no eletroposto com, no mínimo 20% e no máximo 80% da capacidade de bateria

para utilizar o carregador e permaneceriam utilizando até atingir 90% de sua capacidade. Foi escolhido a faixa de 20% a 80% para preservar a vida útil da bateria, reduzir o estresse eletróquímico nas células, evitar ciclos profundos de descarga. O carregador escolhido para a implementação possui duas saídas de 22 kW cada, ao todo foi dimensionado 3 *parkings*, totalizando 6 carregadores disponíveis por 24h para uso e enumerados de 1 a 6.

Para calcular o tempo necessário para carregar a bateria do veículo até 90% de sua capacidade, é necessário primeiramente calcular o SOC<sub>restante</sub>, conforme mostrado na equação (3.1). Logo após é possível calcular o tempo necessário utilizando o consumo do veículo, potência do carregador e o SOC<sub>restante</sub>, conforme mostrado na equação (3.2).

$$\text{SOC}_{\text{restante}\%} = \frac{\text{SOC}_{\text{final}} - \text{SOC}_{\text{inicial}}}{100} \Rightarrow \text{SOC}_{\text{restante}\%} = \frac{90 - \text{SOC}_{\text{inicial}}}{100} \quad (3.1)$$

$$T_{\text{recarga}} = \frac{C_{\text{veículo}} \cdot \text{SOC}_{\text{restante}}}{\text{Potência do carregador}} \Rightarrow T_{\text{recarga}} = \frac{C_{\text{veículo}} \cdot \text{SOC}_{\text{restante}}}{22kW} \quad (3.2)$$

O consumo do veículo ( $C_{\text{veículo}}$ ) é diferente conforme apresentado na tabela 3.1, o tempo de carga ( $T_{\text{recarga}}$ ) é dado em horas e pode variar de acordo com suas outras variáveis.

Para que houvesse uma rotatividade contínua da utilização dos carregadores foi definido que entre um veículo e outro há um intervalo de 6min à 1h, no qual o condutor do veículo utilizaria para retirar o carregador e realizar o pagamento. A escolha desse intervalo foi feito de maneira aleatória.

Um fator que impactou ao longo do programa foram os períodos de pico e fora pico, em que foi definido que os horários de pico são das 6h às 9h e 17h às 20h. Outro fator foram os dias úteis que são os dias em que há expediente comercial e funcionamento normal, segunda a sexta, e dias não úteis que são os dias em que a maioria das atividades comerciais e administrativas estão suspensas ou reduzidas, sábado, domingo e feriado.

### 3.6 PERFIS DE CARGA

Os perfis de carga foram gerados utilizando o estado de carga inicial, o tempo de carga, o tempo da utilização do *parking* entre os veículos, parâmetro dos dias úteis e não úteis, horários de pico e não pico, tipo do veículo e potência do veículo.

Para a utilização dos carregadores elétricos nos dias úteis, os perfis são ajustados para um uso mais intenso, devido à maior circulação de veículos, entre 80% e 100% do perfil original. Para os dias não úteis devido a circulação menor de veículos os perfis foram ajustados para

um uso menos intenso entre 50% e 70% do perfil original. As porcentagens são escolhidas aleatoriamente entre os valores estipulados.

Os intervalos de utilização, inatividade, dos carregadores foram estipulados para o período de pico e fora pico. No período de pico o intervalo é menor entre 6 min e 18 min. Fora pico o intervalo aumenta para 30 min e 1 h.

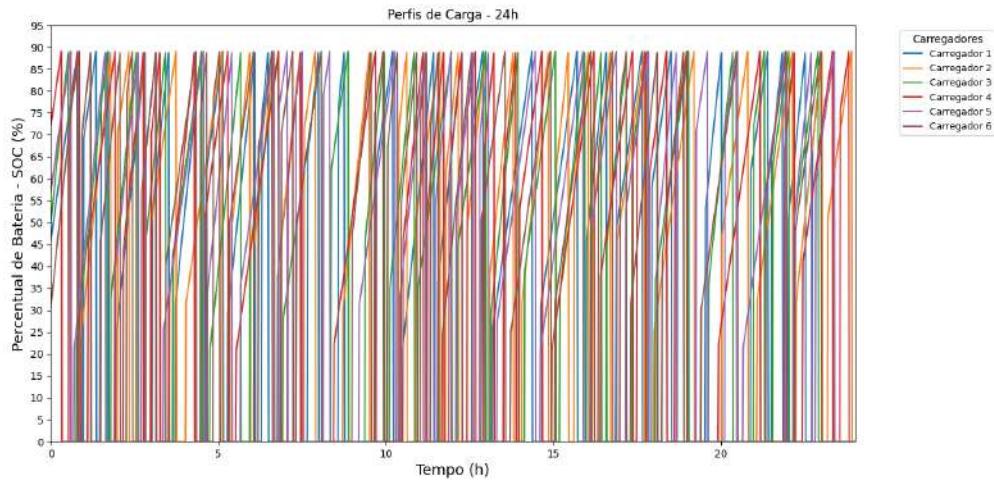
No período do final de tarde foi implementado um ajuste da potência do carregador, sendo reduzida em 50% do seu valor máximo, aumentando o tempo necessário para completar uma carga. Essa redução de potência diminui o impacto no sistema elétrico durante o horário das 17h às 18h. Com intuito de análise e estudo, os perfis de carga foram implementados por partes, entre: diário (24 horas), mensal e anual.

Ao longo deste trabalho, foram utilizados valores simulados obtidos de forma aleatória como base para as análises. Essa abordagem permite a geração de novos cenários, onde, ao realizar novas simulações, os valores obtidos serão distintos, refletindo a variabilidade dos dados e assegurando uma melhor compreensão das diferentes possibilidades de consumo.

### 3.6.1 Diário

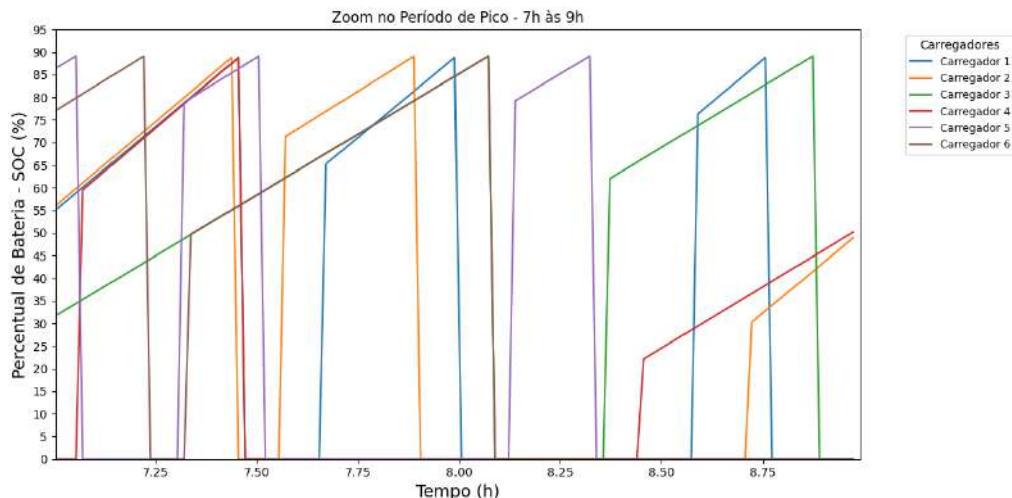
O perfil diário foi definido para uma lacuna temporal de 24h, definindo os valores para horários de pico e não pico, tipo de veículo que chega ao eletroposto, tempo de intervalo (inatividade). O tipo de veículo que chega para utilizar o carregador é escolhido de forma aleatória no programa, para que haja uma variação no tempo de carga e consumo de energia do carregador.

Na figura 3.6 é possível observar o estado de carga (SOC) e o tempo de carga para os carregadores instalados.

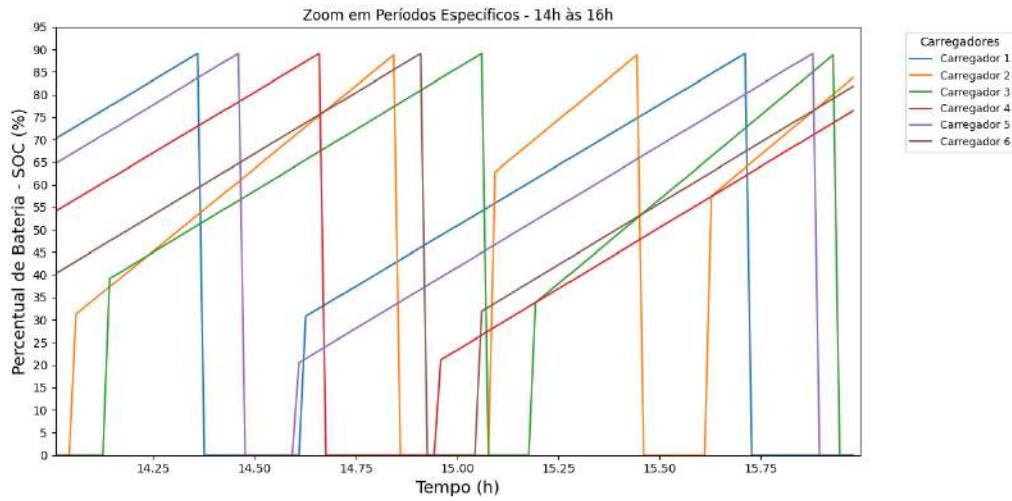
**Figura 3.6.** Perfil de carga para 24h

**Fonte:** Autoria própria.

Para que pudesse visualizar melhor o tempo de inatividade, tempo de carga e o estado de carga inicial dos carros, foi realizado um *zoom* nas janelas: 7h às 9h, 14h às 16h, 18h às 20h, 21h às 23h, 0h às 2h. Conforme é possível analisar nas figuras 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 e 3.11, são apresentados os comportamentos do SOC das baterias dos veículos conectados aos carregadores durante o tempo de carregamento, nos períodos de pico e fora pico ao longo das 24h. Cada curva representa o desempenho de um carregador específico no fornecimento de energia para os veículos.

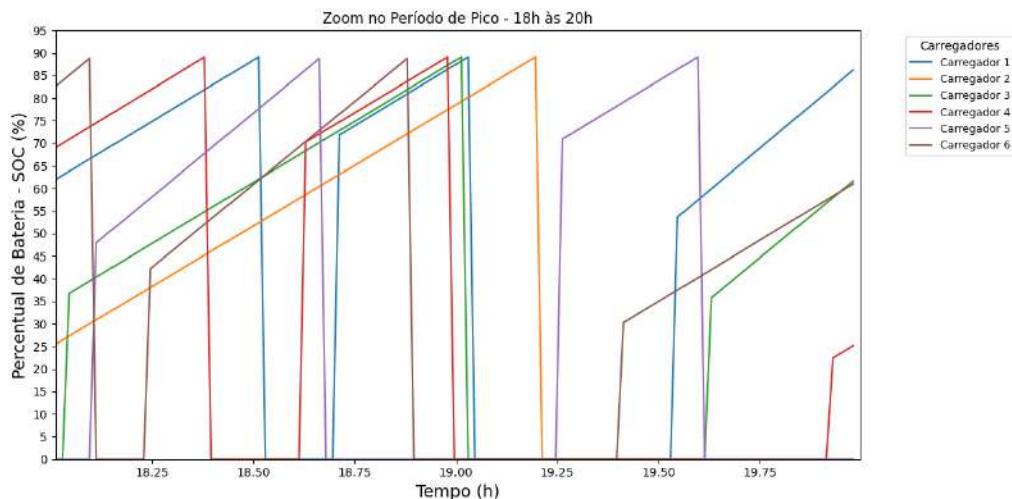
**Figura 3.7.** Perfil de carga 24h - Zoom 7h as 9h

**Fonte:** Autoria própria.

**Figura 3.8.** Perfil de carga 24h - Zoom 14h as 16h

**Fonte:** Autoria própria.

Para analisar os perfis de carga foi determinado alguns intervalos, é possível observar um alto consumo nos carregadores, refletido pelo aumento das curvas de SOC em tempos curtos. O período da figura 3.7 coincide com o início das atividades diárias, quando muitos veículos elétricos estão sendo carregados após o uso noturno. Esse comportamento destaca a importância de estratégias de gerenciamento do tempo para otimizar o uso da infraestrutura de carregamento durante os horários de pico.

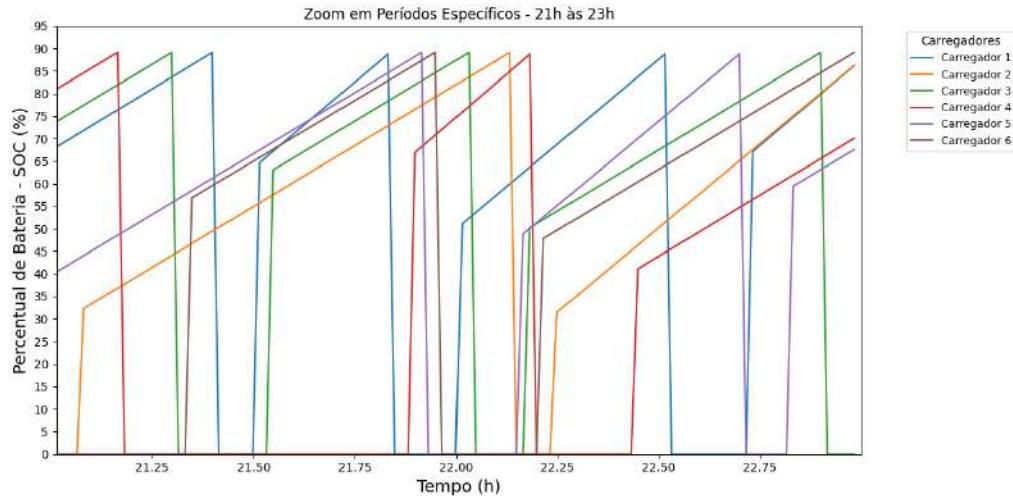
**Figura 3.9.** Perfil de carga 24h - Zoom 18h às 20h

**Fonte:** Autoria própria.

Durante o horário da figura 3.9 a demanda por carregamento volta a crescer significativamente, refletida nas curvas mais inclinadas e próximasumas das outras. Este comportamento

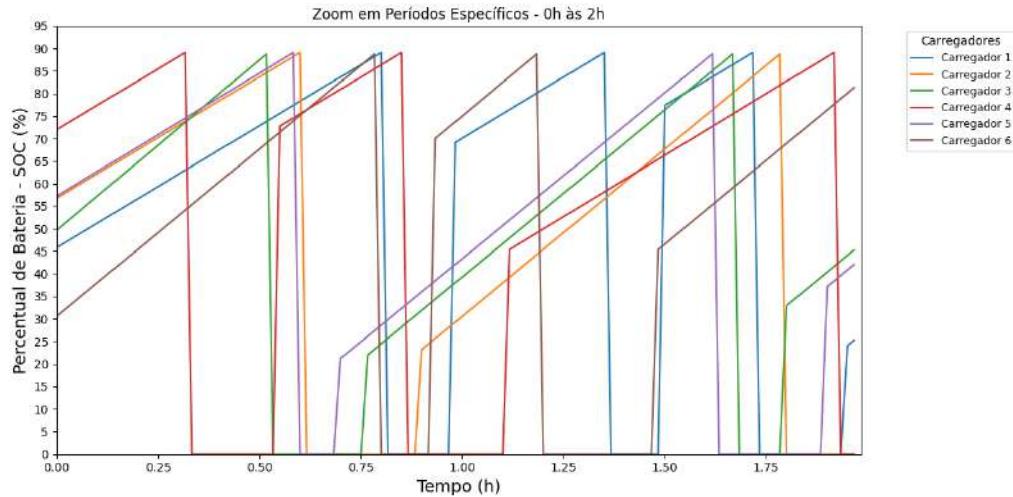
está associado ao retorno de veículos às suas bases de operação, onde são recarregados para uso no dia seguinte.

**Figura 3.10.** Perfil de carga 24h - Zoom 21h às 23h



**Fonte:** Autoria própria.

**Figura 3.11.** Perfil de carga 24h - Zoom 0h às 2h



**Fonte:** Autoria própria.

Após gerar os perfis de carga diário, é possível fazer análise das tabelas geradas por hora, no qual contém informações referente a estado de carga inicial em que os veículos chegam no eletroposto, tipo de veículo, tempo de carga, tempo de intervalo, potência consumida e energia consumida. Todos esses parâmetros são fornecidos para cada carregador.

Os dados mostram uma variação nos parâmetros ao longo das 24 horas, destacando os horários com maior demanda de energia, que refletem em picos de consumo. A diferença no

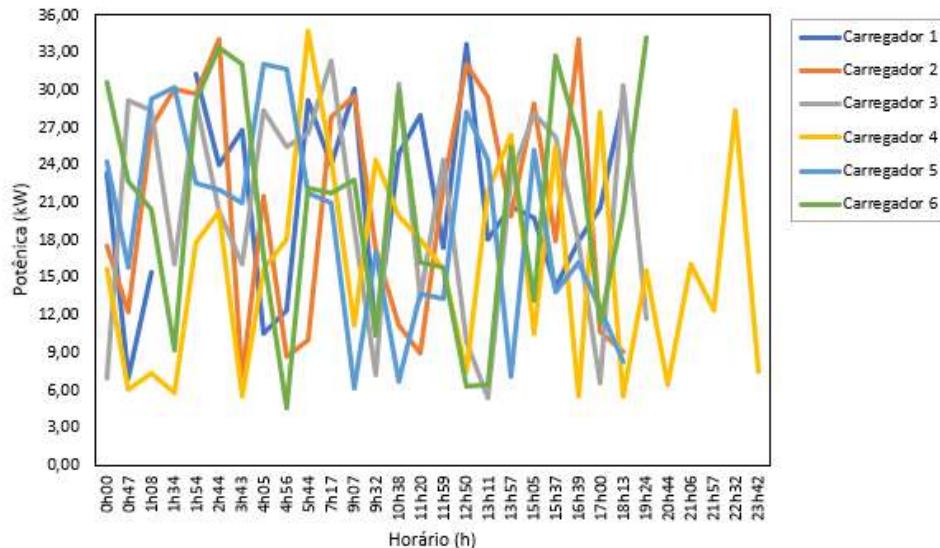
tempo de carga entre os diferentes tipos de veículos evidencia a diversidade de perfis de consumo e carregamento. Esses resultados são fundamentais para avaliar a eficiência do carregador e identificar os momentos de maior e menor utilização.

Assim, é possível realizar uma análise comparativa entre os carregadores simulados, possibilitando identificar diferenças de desempenho e eficiência. Fornecendo um maior entendimento sobre o funcionamento dos carregadores e auxiliando no desenvolvimento de soluções otimizadas.

Logo, esses resultados estão diretamente relacionados ao objetivo do trabalho, que buscar propor soluções eficientes para estações de carregamento veicular com auxílio de módulos fotovoltaicos. A análise detalhada do desempenho dos carregadores, fornece subsídios para o desenvolvimento de tecnologias e estratégias que atendam às demandas de veículos elétricos de maneira sustentável.

Utilizando os dados das tabelas referente a cada carregador ao longo de 24 horas, os gráficos a seguir apresentam a análise da potência consumida, bem como a energia total consumida nesse período.

**Figura 3.12.** Potência Consumida dos carregadores em 24hrs



**Fonte:** Autoria própria.

O gráfico apresentado na figura 3.12 exibe a variação da potência consumida pelos carregadores, é possível notar que há um aumento significativo da demanda em determinados períodos, principalmente entre 11h50 e 16h39. Isso está associado a um maior número de veículos sendo carregados simultaneamente para o dia simulado, visto que está fora do período de pico determinado, sendo assim um perfil de consumo particular.

### 3.6.2 Perfil Mensal

O perfil mensal foi definido para uma lacuna temporal dos 12 meses ao longo do ano de 2024, utilizando as definições dos horários de pico e não pico, tipo de veículo que chega ao eletroposto, mantendo a aleatoriedade de escolha do programa e tempo de intervalo (inatividade).

Com o intuito de elaborar uma simulação mais real utilizando os dias úteis e não úteis foram definidos de acordo com os dias dos meses, sendo eles:

**Tabela 3.2.** Dados referente aos meses

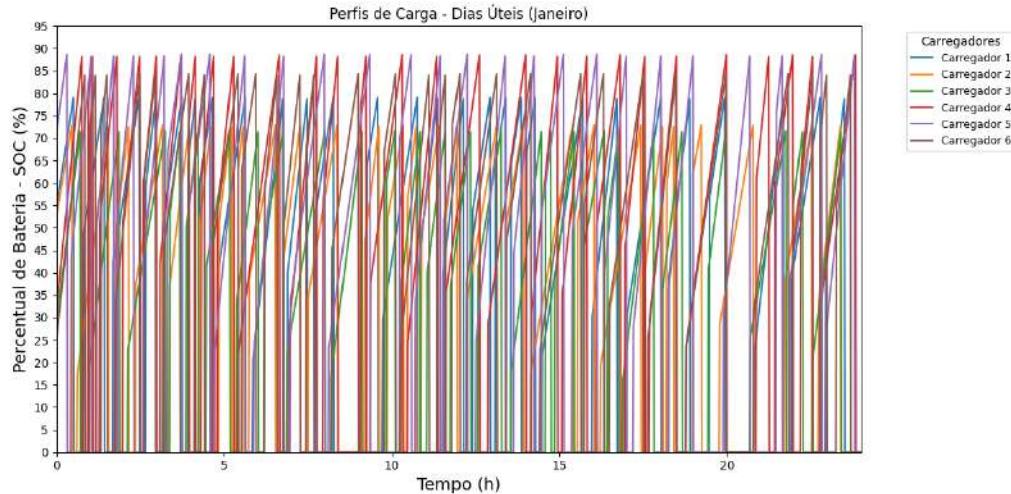
Mês	Nº de Dias	Nº Dias Úteis	Nº Dias Não Úteis	Tempo de Funcionamento (h)
Janeiro	31	22	9	744
Fevereiro	29	19	10	696
Março	31	20	11	744
Abril	30	22	8	720
Maio	31	21	10	744
Junho	30	20	10	720
Julho	31	23	8	744
Agosto	31	22	9	744
Setembro	30	21	9	720
Outubro	31	22	9	744
Novembro	30	20	10	720
Dezembro	31	21	10	744
Tempo Total Funcionando				8.784

**Fonte:** Autoria própria.

Os dias não úteis variam ao longo dos meses, sendo compostos por sábados, domingos e feriados. Em janeiro, por exemplo, os dias não úteis incluem os dias 1, 6, 7, 13, 14, 20, 21, 27 e 28. Em fevereiro, os dias 3, 4, 10, 11, 12, 13, 17, 18, 24 e 25 são considerados não úteis. Em março, essa condição se aplica aos dias 2, 3, 9, 10, 16, 17, 23, 24, 29, 30 e 31. Em abril, os dias não úteis são 6, 7, 13, 14, 20, 21, 27 e 28. Em maio, incluem-se os dias 1, 4, 5, 11, 12, 18, 19, 25, 26 e 30. Para junho, os dias 1, 2, 8, 9, 15, 16, 22, 23, 29 e 30 são considerados não úteis. Em julho, essa classificação se aplica aos dias 6, 7, 13, 14, 20, 21, 27 e 28. Agosto apresenta como dias não úteis os dias 3, 4, 10, 11, 17, 18, 24, 25 e 31. Em setembro, são os dias 1, 7, 8, 14, 15, 21, 22, 28 e 29. Para outubro, os dias não úteis são 5, 6, 12, 13, 15, 19, 20, 26 e 27. Em novembro, destacam-se os dias 2, 3, 9, 10, 15, 16, 17, 23, 24 e 30. Por fim, dezembro apresenta os dias 1, 7, 8, 14, 15, 21, 22, 25, 28 e 29 como não úteis.

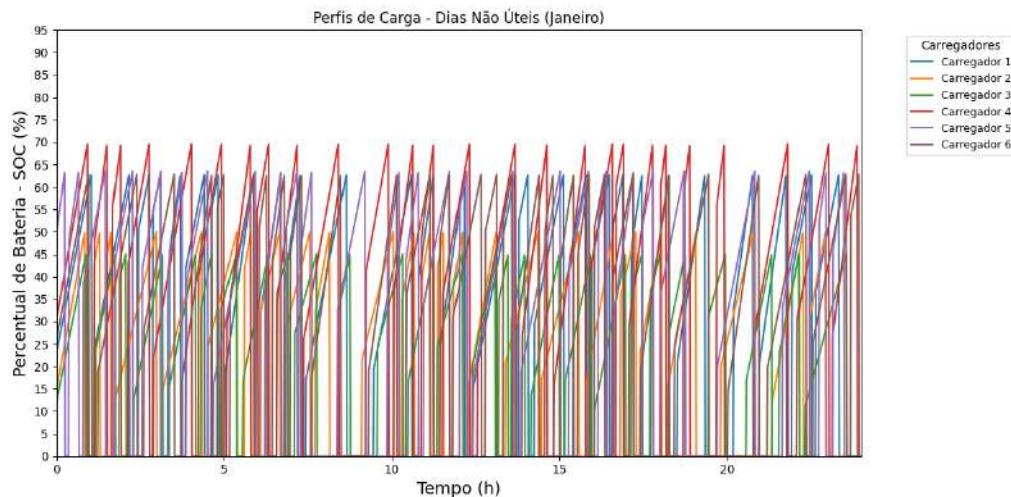
Os perfis de cargas simulados geraram tabelas semelhantes no perfil diário e imagens em que é possível observar os carregadores e demanda nos dias úteis e não úteis.

**Figura 3.13.** Perfil de Carga Dias Úteis - Janeiro



**Fonte:** Autoria própria.

**Figura 3.14.** Perfil de Carga Dias Não Uteis - Janeiro



**Fonte:** Autoria própria.

De forma similar ao perfil diário foi simulado o cenário ao longo dos dias úteis e não úteis dos meses para os carregadores, 1 ao 6, detalhando seu comportamento, para que seja replicado ao longo dos meses de forma aleatória e respeitando os parâmetros definidos como horário, estado de carga inicial, tipo de veículo, tempo de carga, período de inatividade do carregador e potência consumida.

**Tabela 3.3.** Dados simulados dias úteis para o carregador 1 - Janeiro

Horário	Estado de Carga Inicial (%)	Tipo de Veículo	$T_{carga}$ (h)	$T_{Intervalo}$ (min)	$P_{Consumida}$ (kW)	$E_{Consumida}$ (kWh)
0h00	52,11	1	0,52	9	17,38	9,04
0h45	40,57	2	0,92	7,8	24,72	22,74
1h48	36,01	1	0,74	12	24,77	18,33
2h44	23,93	2	1,23	6	33,04	40,63
4h03	75,07	1	0,2	9	6,85	1,37
4h23	35,26	1	0,75	16,2	25,11	18,84
5h23	58,28	1	0,43	11,4	14,55	6,26
5h59	41,31	2	0,91	10,2	24,35	22,15
7h03	65,46	1	0,33	31,2	11,26	3,72
7h54	29,24	2	1,13	51	30,38	34,33
9h52	49,24	2	0,76	9	20,38	15,49
10h45	28,11	2	1,15	13,8	30,95	35,59
12h07	42,04	1	0,65	10,2	22,00	14,30
12h56	22,08	1	0,93	13,8	31,16	28,98
14h05	20,51	2	1,3	16,2	34,75	45,17
15h38	63,06	2	0,5	12,6	13,47	6,74
16h20	33,2	1	0,77	9	26,06	20,07
17h14	59,78	2	0,56	9	15,11	8,46
17h56	29,51	1	0,82	15	27,75	22,76
19h00	78,33	1	0,16	49,8	5,35	0,86
19h58	45,07	1	0,61	48	20,61	12,57
21h21	29,61	1	0,82	16,2	27,71	22,72
22h26	35,25	2	1,02	12	27,38	27,92
Energia Total Consumida						439,03

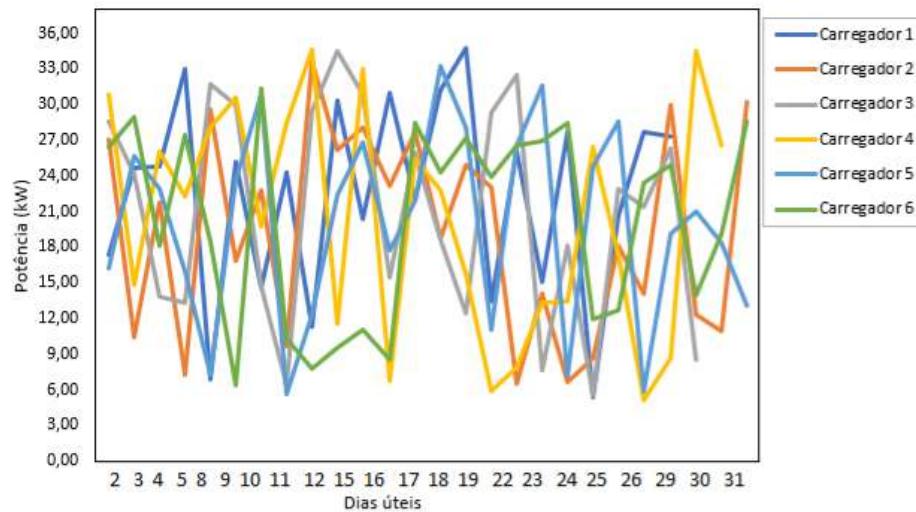
**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela 3.4.** Dados simulados dias não úteis para o carregador 1 - Janeiro

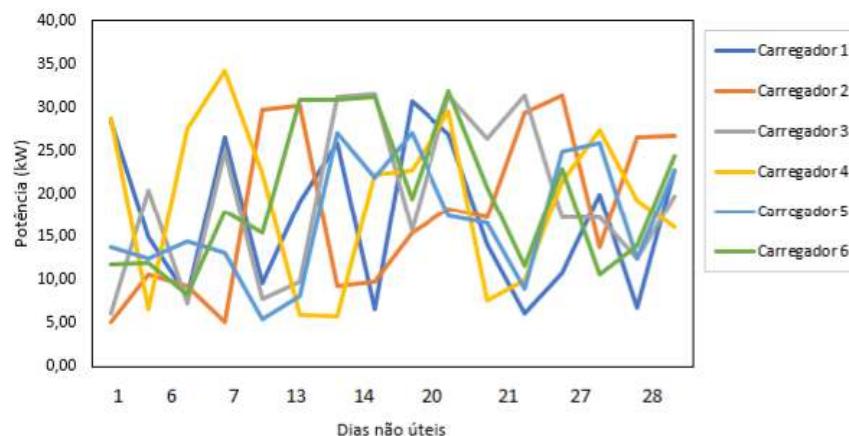
Horário	Estado de Carga Inicial (%)	Tipo de Veículo	$T_{carga}$ (h)	$T_{Intervalo}$ (min)	$P_{Consumida}$ (kW)	$E_{Consumida}$ (kWh)
0h00	28,09	1	0,84	16,8	28,40	14,11
1h06	59,98	2	0,56	13,2	15,01	7,39
1h52	73,66	2	0,3	9,6	8,17	2,88
2h19	31,87	1	0,79	12,6	26,67	9,95
3h18	68,91	1	0,29	12	9,68	3,48
3h47	51,93	2	0,71	17,4	19,04	12,35
4h46	38,2	2	0,97	13,2	25,90	12,80
5h56	75,39	1	0,2	9	6,70	1,80
6h16	28,36	2	1,15	16,2	30,82	18,63
7h40	31,41	1	0,8	31,2	26,88	24,96
8h58	61,72	2	0,53	38,4	14,14	20,35
10h07	76,68	1	0,18	10,8	6,11	1,94
10h27	68,26	2	0,41	11,4	10,87	4,67
11h02	46,36	1	0,6	8,4	20,02	5,04
11h45	75,14	1	0,2	6,6	6,82	1,32
12h03	44,61	2	0,85	10,8	22,70	9,18
13h03	23,84	1	0,9	10,8	30,35	9,72
14h07	31,75	2	1,09	10,8	29,13	11,77
15h22	53,61	1	0,5	13,8	16,70	6,90
16h04	27,98	1	0,85	6	28,45	5,10
17h00	70,15	1	0,27	12,6	9,11	3,40
17h28	76,36	1	0,19	6	6,26	1,14
17h45	20,81	2	1,29	15,6	34,60	20,12
19h17	34,5	1	0,76	50,4	25,46	38,30
20h52	30,25	1	0,81	8,4	27,41	6,80
21h48	27,89	2	1,16	14,4	31,06	16,70
Energia Total Consumida						270,80

**Fonte:** Autoria própria.

Ao longo dos dias a potência dos carregadores varia, conforme o esperado, sendo possível notar o aumento da potência entre os dias 15 e 19 de janeiro, conforme apresentado na figura 3.15 referente aos dias úteis. Nos dias não úteis, o pico da potência é observado nos dias 7 e 20 alcançando quase 35kW, conforme a figura 3.16.

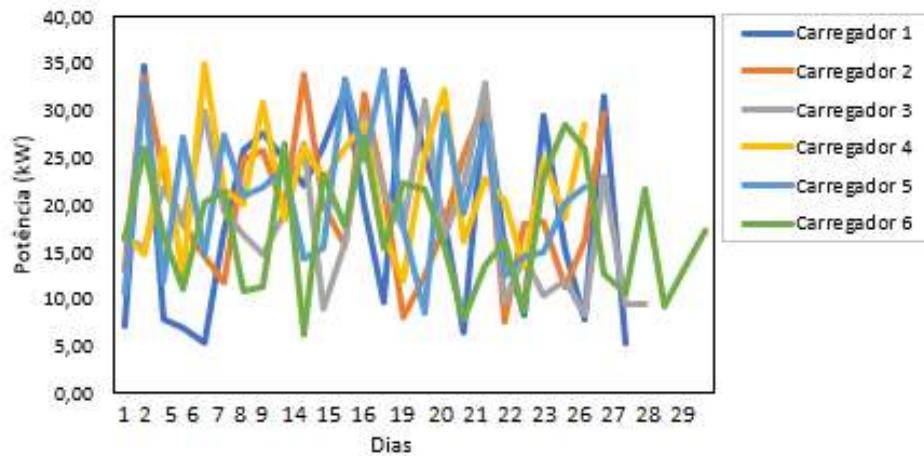
**Figura 3.15.** Potência Consumida nos Dias Úteis - Janeiro

**Fonte:** Autoria própria.

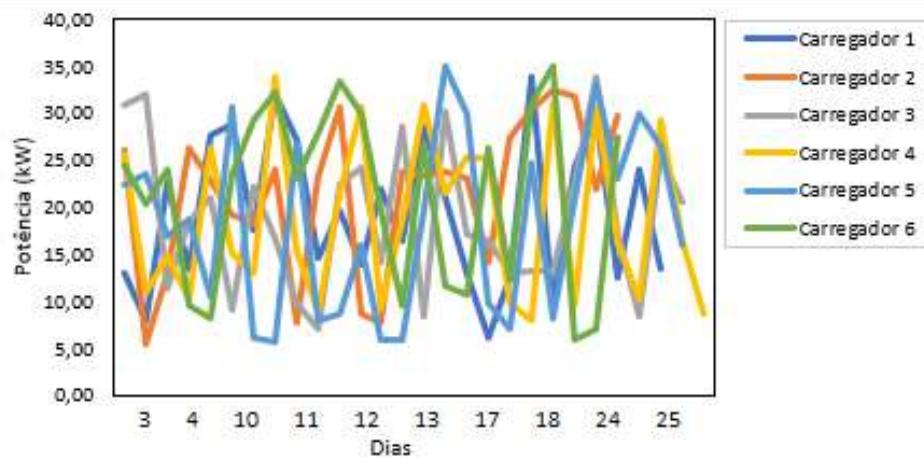
**Figura 3.16.** Potência Consumida nos Dias Não Úteis - Janeiro

**Fonte:** Autoria própria.

Para o mês de fevereiro é possível notar o aumento da potência ao longo dos dias para os carregadores conforme apresentado nas figuras 3.17 e 3.18. Conforme esperado a potência varia ao longo dos dias, pois o fluxo de veículos varia conforme o horário.

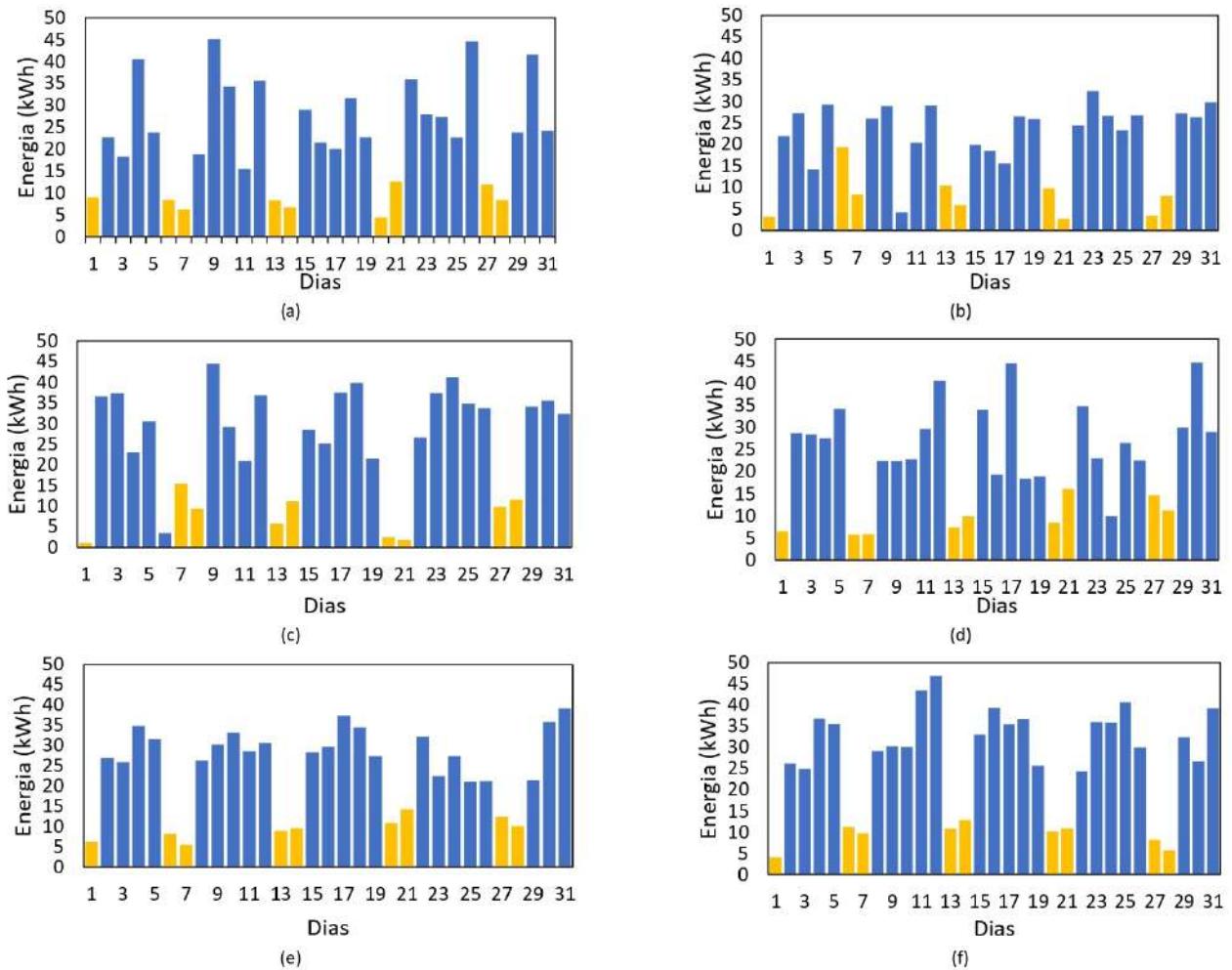
**Figura 3.17.** Potência Consumida nos Dias Úteis - Fevereiro

**Fonte:** Autoria própria.

**Figura 3.18.** Potência Consumida nos Dias Não Úteis - Fevereiro

**Fonte:** Autoria própria.

Na Figura 3.19, são apresentados os dias do mês em função da energia consumida de cada carregador, em que (a) carregador 1, (b) carregador 2, (c) carregador 3, (d) carregador 4, (e) carregador 5 e (f) carregador 6. As barras laranjas representam os dias não úteis, nos quais a energia consumida é significativamente menor em comparação aos dias úteis, representado pela a cor azul. Essa diferença ocorre devido à menor circulação de veículos nas ruas nos dias não úteis.

**Figura 3.19.** Energia Consumida nos Carregadores - Janeiro

**Fonte:** Autoria própria.

Os dados simulados e coletados para os outros onze meses restantes encontram-se no apêndice, nas figuras A.1 a A.11.

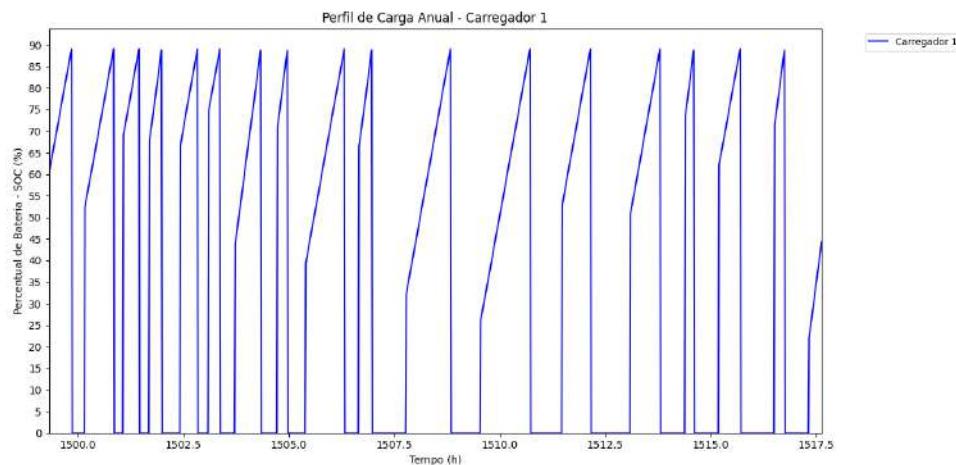
Com os dados simulados, foi possível analisar e compreender o consumo de energia nos dias úteis e não úteis, além de identificar o consumo mensal de cada carregador. A comparação dos dados permitiu verificar quais carregadores apresentaram maior consumo em determinados meses, evidenciando variações sazonais e comportamentais no uso da estação de carregamento. Essas análises destacam como a circulação de veículos influencia diretamente a demanda energética, além de ressaltar o comportamento específico de cada carregador ao longo do período estudado, oferecendo dados valiosos para o planejamento e otimização do sistema.

### 3.6.3 Perfil Anual

O perfil anual foi definido considerando os 12 meses do ano de 2024, utilizando os mesmos meses simulados anteriormente no estudo. Foram mantidas as configurações previamente estabelecidas, como os horários de pico e fora de pico, o tipo de veículo que chega ao eletroposto, a aleatoriedade de escolha no programa e o intervalo de tempo entre carregamentos.

Para analisar os perfis de carga foi determinado alguns intervalos, é possível observar um alto consumo nos carregadores, refletido pelo aumento das curvas de SOC em tempos curtos. O período da figura 3.20 coincide com o início das atividades diárias, quando muitos veículos elétricos estão sendo carregados após o uso noturno. Esse comportamento destaca a importância de estratégias de gerenciamento do tempo para otimizar o uso da infraestrutura de carregamento durante os horários de pico.

**Figura 3.20.** Perfil de carga anual para carregador 1 - Zoom



**Fonte:** Autoria própria.

Os valores de energia consumida foram coletados para cada carregador, de acordo com o dia de cada mês. Esses dados são essenciais para analisar o comportamento do consumo e fornecer uma base sólida para o cálculo da demanda energética do sistema.

A metodologia adotada possibilita entender como diferentes fatores impactam o consumo energético ao longo do tempo. A análise permite identificar variações sazonais no uso da estação de carregamento, avaliar o efeito dos horários de pico e fora de pico na demanda, e compreender a influência dos dias úteis e não úteis no padrão de utilização dos carregadores.

### 3.7 SISTEMA FOTOVOLTAICO

Nesta seção, será detalhado o processo de dimensionamento do sistema fotovoltaico, abrangendo os cálculos para determinar a quantidade de módulos necessários, a potência instalada, a energia gerada e a compensação energética.

O local da instalação foi determinado na região administrativa de Samambaia - DF, utilizando como base a área dos postos de gasolina existentes na área. Na figura 3.21 é possível visualizar a localização via utilização do software Google Maps, que possui as coordenadas -15,849727856032752°, -48,07319261219411°". A escolha do módulo fotovoltaico leva em conta a potência nominal e eficiência dos painéis.

**Figura 3.21.** Localização do eletroposto



**Fonte:** Google Maps (Google Maps, 2025).

#### 3.7.1 Cálculo da Geração Fotovoltaica

A fim de calcular a geração fotovoltaica, ou seja,  $P_{FV}$ , como é descrito na equação (3.3) em que,  $E_{diária}$  é a energia diária consumida,  $HSP$  são as Horas de Sol Pleno e  $TD$  é a taxa de desempenho fornecida em percentagem e designa a relação entre o rendimento real e o rendimento esperado do sistema fotovoltaico.

$$P_{FV} = \frac{E_{diária}}{\frac{TD}{HSP}} \quad [\text{Wp}] \quad (3.3)$$

Para realizar o cálculo da energia diária utilizou-se a equação (3.4), que utiliza a energia anual dividida pela quantidade de dias utilizados para a analise.

$$E_{\text{diária}} = \frac{E_{\text{anual}}}{dias} \quad (3.4)$$

Para determinar  $HSP$  utilizou-se a geolocalização do local escolhido e utilizou-se a média para o plano inclinado em 16°N, que é de 5,41 kWh/m<sup>2</sup>.

**Figura 3.22.** Horas de Radiação Solar

<b>Estação:</b> Brasília <b>Município:</b> Brasília, DF - BRASIL <b>Latitude:</b> 15,801° S <b>Longitude:</b> 48,049° O <b>Distância do ponto de ref.</b> (15,849736° S; 48,073185° O) :6,0 km																	
#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez			
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,28	5,58	4,98	4,91	4,78	4,68	4,99	5,87	5,67	5,49	5,00	5,32	5,21	1,19	
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	16° N	4,89	5,35	5,03	5,29	5,50	5,59	5,89	6,59	5,89	5,35	4,68	4,88	5,41	1,92	
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	18° N	4,82	5,30	5,01	5,31	5,57	5,68	5,98	6,65	5,89	5,31	4,62	4,80	5,41	2,03	
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	4° N	5,20	5,55	5,02	5,03	4,99	4,94	5,25	6,09	5,76	5,48	4,94	5,23	5,29	1,15	

**Fonte:** CRESESB (Cresesb, 2025).

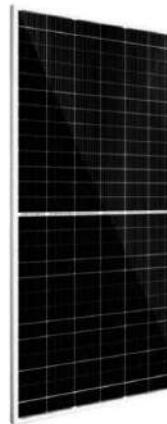
A escolha da taxa de desempenho do sistema foi de 80% como um valor teórico baseando-se nas práticas padrões utilizadas por engenheiros e projetistas do setor para representar o desempenho real de um sistema em comparação com o seu desempenho teórico. Contudo este valor pode ser calculado levando em consideração a irradiação incidente na área de instalação do painel fotovoltaico.

$$TD = \frac{\frac{E_{FV}}{I_{rT}} \cdot 100\%}{Ef_{STC}[\%]} \quad [\%] \quad (3.5)$$

Em que  $E_{FV}$  é a energia produzida pelo sistema fotovoltaico e injetada na rede durante o período de avaliação, normalmente no mês ou no ano.  $I_{rT}$  é a irradiação total incidente na área do painel fotovoltaico e no plano de instalação do mesmo e  $Ef_{STC}$  é a eficiência nominal dos módulos fotovoltaicos nas condições padrão de ensaio (Standard Test Conditions - STC) dado pelo o fabricante. Posteriormente o valor de TD será calculado.

### 3.7.2 Dimensionamento dos Módulos Fotovoltaicos

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico foi utilizado o módulo solar Risen Monocristalino 600 Wp, cujo modelo é o RSM120 - 8 - 580M - 605M, que possui 120 células, uma faixa de potência de 580 a 605 Wp, tensão máxima de 1500 V<sub>CC</sub> e eficiência máxima de 21,4%, possuindo a área por módulo de 2,8 m<sup>2</sup>.

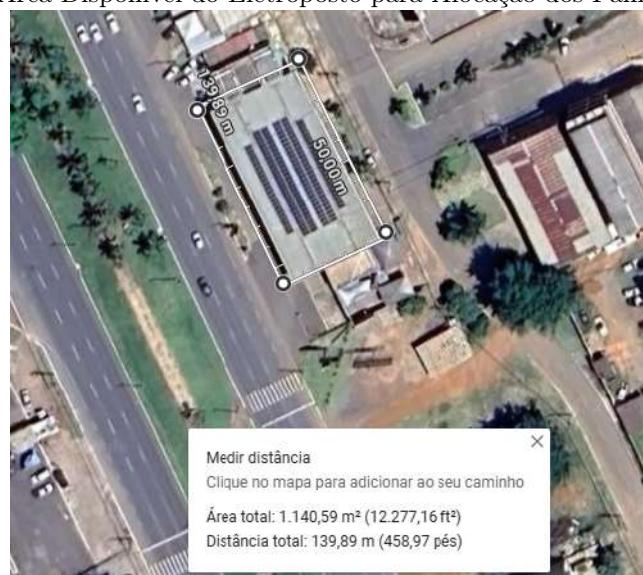
**Figura 3.23.** Módulo da Risen

**Fonte:** Site do Fabricante (Genyx, 2025).

A equação (3.6) é utilizada para calcular a quantidade de módulos necessários para atender a demanda do  $P_{FV}$  calculado, utilizando o modelo escolhido de 600 Wp.

$$N^{\circ}_{\text{módulos}} = \frac{P_{FV}}{P_{\text{módulo}}} \quad (3.6)$$

Com o cálculo da quantidade de módulos é possível estimar a área necessária para a instalação da estrutura e dos módulos fotovoltaicos. Utilizando a ferramenta do Google Maps é possível medir a área disponível do eletroposto para alocação do sistema fotovoltaico e de toda estrutura necessária, conforme é possível observar na figura 3.24.

**Figura 3.24.** Área Disponível do Eletroposto para Alocação dos Painéis Fotovoltaicos

**Fonte:** Site do Software (Google Maps, 2025).

Contudo a instalação e manutenção desse sistemas fotovoltaicos deve ser embasada em normas de seguranças, sendo elas a ABNT NBR 16274:2014 - Sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica - Requisitos para projetos, execução e manutenção, na seção 4.2 - Disposições gerais aborda os requisitos gerais para o projeto, incluindo a instalação dos módulos e a necessidade de espaçamento adequado para acesso e manutenção. Na seção 4.6.4 - *Layout* e dimensionamento da instalação especifica que os módulos devem ser dispostos de forma a permitir o fluxo de ar adequado para resfriamento e para evitar o sombreamento dos módulos. (TÉCNICAS, 2014).

A IEC 61215 - Módulo fotovoltaicos - Requisitos de desempenho, na seção 7 - Avaliação de desempenho dos módulos fotovoltaicos especifica que os módulos devem ser instalados de forma a garantir o desempenho adequado, sem obstrução de ventilação ou sombra, para garantir que a eficiência térmica não seja comprometida. (COMMISSION, 2016).

A fim de garantir uma ventilação adequada e sombreamento mínimo é necessário realizar o cálculo básico do espaçamento utilizando a equação (3.7). Logo, esses fatores irão impactar diretamente na disponibilidade de espaço para a alocação dos painéis e na quantidade de módulos instalados.

$$D = \frac{L \cdot \sin(\theta)}{\tan(\alpha)} \quad (3.7)$$

Em que D é a distância mínima entre as fileiras em metros, L é o comprimento do painel em metros e  $\theta$  é o angulo de inclinação do painel fotovoltaico e  $\alpha$  é o ângulo solar mínimo ao longo do ano, dado em graus. Em Brasilia, adota-se um valor aproximado de  $\alpha$  igual a  $43^\circ$ , correspondente à altura do Sol ao meio-dia durante o solstício de inverno, que ocorre no mês de junho.

Devido a fatores limitantes, como a área disponível para instalação, é possível calcular a compensação energética entre a energia gerada pelo sistema fotovoltaico e a energia consumida pelos carregadores. Essa relação é expressa pela equação (3.8), permitindo identificar a porcentagem do consumo energético que será de fato suprida pela geração solar.

$$\text{Compensação Energética} = \frac{E_{\text{gerada}}}{E_{\text{consumida}}} \times 100\% \quad (3.8)$$

Em que  $E_{\text{gerada}}$  é a energia gerada pelo o sistema fotovoltaico em kWh e  $E_{\text{consumida}}$  é a energia consumida pelo o eletroposto. Para calcular a energia gerada pelo o sistema fotovoltaico utiliza-se a equação (3.9).

$$E_{\text{gerada}} = P_{\text{FV}} \cdot HSE \cdot ND \quad (3.9)$$

Em que  $P_{\text{FV}}$  é a potência gerada pelo o sistema fotovoltaico em Wp, HSE são as horas de sol pleno por dia, em Brasília essa média é de 5,5 h/dia e ND são os números de dias analisados.

Para que o sistema dimensionado funcione plenamente é necessário a escolha de um inversor que atenda a potência dimensionada. Dessa forma, foi cotado e pesquisado um inversor de 40 kW. Foi escolhido o Inversor Solar Trifásico 40kW 380V Growatt - MID 40KTL3 - X. Para as características elétricas de entrada CC: potência máxima de entrada de 60kWp, tensão máxima de entrada de 1.100  $V_{CC}$ , faixa de tensão MPPT de 200 V a 1.000 V, corrente máxima de entrada por MPPT de 26 A, possuindo 4 MPPTs. No caso da saída CA: potência nominal de saída de 40 kW, tensão de saída de 220/380 V trifásico, frequência nominal de 50/60 Hz, corrente máxima de saída de aproximadamente 66,6 A, fator de potência ajustável e eficiência máxima de 98,8%.

**Figura 3.25.** Inversor Solar Trifásico - Growatt



**Fonte:** Site do Fabricante (GROWATT, 2024).

## 3.8 EMISSÃO EVITADA DE GÁS $CO_2$

### 3.8.1 Estimativa de emissões por veículos a combustão

O impacto ambiental do uso de veículos a combustão é cada vez mais notável desde o aumento dos gases causadores do efeito estufa às mudanças climáticas. A emissão de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) por litro de combustível varia conforme o tipo de combustível utilizado. Cada litro de diesel queimado libera aproximadamente 2,6 kg de  $CO_2$ .

Para a gasolina, o valor exato de emissões pode variar dependendo da composição do combustível e das condições de combustão, estima-se que a queima de um litro de gasolina libera

cerca de 2,3 kg de  $CO_2$ . O gás liquefeito de petróleo (GLP) é considerado um combustível mais limpo em termos de emissões de  $CO_2$ , estudos indicam que veículos movidos a este combustível emitem aproximadamente menos 10% de  $CO_2$  em comparação a veículos a gasolina, logo aproximadamente 2,07 kg (U.S. Environmental Protection Agency, 2023).

Para os veículos elétricos, a emissão de  $CO_2$  está associada a geração de eletricidade utilizada para o carregamento e o consumo energético específico do veículo. Os veículos elétricos apresentam um consumo médio de aproximadamente 0,2 kWh por quilômetro percorrido.

A matriz energética do Brasil é muito diferente da mundial. Por aqui, usamos mais fontes renováveis que no resto do mundo. Somando lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana, eólica e solar e outras renováveis, nossas renováveis totalizam 49,1%, quase metade da nossa matriz energética. Destacando a geração hidrelétrica, o que resulta em emissões de  $CO_2$  baixas. Em 2023 a emissão média de  $CO_2$  era de 38,5 kg por MWh gerado. Assim pode-se concluir que as emissões por kWh é de aproximadamente 0,0385 kg, conforme divulgado pelo o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), 2024).

A comparação de emissões de  $CO_2$  é feita entre as emissões evitadas com a geração de energia renovável e as emissões de veículos elétricos em relação aos veículos a combustão. A energia gerada pelo sistema fotovoltaico reduz a necessidade de geração de eletricidade por fontes fósseis, evitando a emissão de  $CO_2$ . Para calcular a emissão evitada, utiliza-se a seguinte equação:

$$CO_2\text{evitado} = E_{FV} \cdot FC_{Brasil} \quad (3.10)$$

Em que  $E_{FV}$  é a energia gerada pelo sistema fotovoltaico (MWh/ano) e  $FC_{Brasil}$  é o fator de emissão médio do setor elétrico brasileiro ( $kgCO_2/MWh$ )

### 3.9 INVESTIMENTO

Para que o sistema do eletroposto e do sistema fotovoltaico seja implementado é necessário realizar apenas uma listagem dos custos dos equipamentos para o investimento necessário, com base em pesquisas para realizar o levantamento do preço dos componentes.

**Tabela 3.5.** Componentes

Componentes	Preço Unitário (R\$)
Módulo solar Risen Monocristalino 600Wp	728,00
Inversor Solar Trifásico 40kW Growatt	13.584,05
Estação de Recarga para Carros Elétricos Duplo 2X 22kW	18.458,41

**Fonte:** Autoria própria.

### 3.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou a metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho, detalhando os procedimentos de dimensionamento do sistema fotovoltaico e a implementação do eletroposto. Através de simulações e análises de dados solares, foi possível criar uma modelagem matemática eficiente, considerando diferentes perfis de carga e a compensação energética obtida. As escolhas metodológicas foram pautadas na necessidade de garantir uma solução técnica viável e sustentável, levando em conta as limitações da área disponível e a viabilidade econômica do projeto.

As ferramentas e softwares utilizados mostraram-se adequados para o desenvolvimento do estudo, proporcionando resultados precisos para o dimensionamento do sistema fotovoltaico e da estação de carregamento. A metodologia permitiu uma análise robusta tanto do ponto de vista técnico quanto financeiro, embasando as conclusões do trabalho de forma sólida e confiável.

## CAPÍTULO 4

# RESULTADOS

### 4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo, são aplicadas as metodologias apresentadas no capítulo anterior. Desta forma, são realizados todos os cálculos necessários para estudo do desempenho energético dos módulos fotovoltaicos empregados, além de serem calculados a compensação de  $CO_2$  e o investimento necessário. Tudo isso será feito utilizando o cenário simulado para os perfis de carregamento veicular, levando principalmente em conta o cenário anual.

### 4.2 LOCAL DE IMPLEMENTAÇÃO DO ELETROPOSTO

Com os critérios estabelecidos na metodologia, decidiu-se que a melhor localização para o eletroposto, devido a área e disponibilidade para atender uma maior região, seria Samambaia - DF, visto que nessa região administrativa existem apenas dois pontos de recargas públicos de acordo com o PlugShare (PLUGSHARE, 2024). Assim, a demanda e procura pelo eletroposto será maior havendo mais veículos utilizando e assim consumindo mais energia e se aproximando mais do cenário simulado e da tabela 4.11.



**Fonte:** Site PlugShare (PLUGSHARE, 2024).

O espaço marcado em vermelho é a localização aproximada da implementação do eletroposto proposto.

## 4.3 PERFIS DE CARGA

### 4.3.1 Diário

Utilizando os perfis dimensionados ao longo do sistema é possível obter as tabelas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6 apresentam os dados simulados referente a um ciclo de 24 horas para os carregadores, detalhando informações relevantes sobre o comportamento dos carregadores. Os parâmetros analisados incluem horário, o estado de carga inicial do veículo, tipo de veículo, tempo de carga, duração do carregamento, potência consumida e energia consumida. Esses dados permitem uma visão abrangente sobre o desempenho do carregador ao longo de um dia típico.

O objetivos dessas tabelas é demonstrar o comportamento do carregador em diferentes condições, evidenciando como variáveis o estado inicial de carga e o tipo de veículo que influenciam no tempo de carregamento e o consumo energético. Essa análise é essencial para compreender os padrões de consumo e o desempenho do carregador em um cenário simulado.

As Tabelas 4.1 a 4.6 apresentam os valores de energia consumida por cada carregador ao longo de um período de 24 horas. De acordo com os resultados obtidos, o consumo registrado para o Carregador 1 foi de 409,96 kWh; para o Carregador 2, 411,66 kWh; para o Carregador 3, 429,93 kWh; para o Carregador 4, 342,40 kWh; para o Carregador 5, 374,29 kWh; e para o Carregador 6, 437,13 kWh. Dentre os carregadores avaliados, o Carregador 6 apresentou o maior consumo de energia no perfil diário, indicando uma maior demanda de utilização.

**Tabela 4.1.** Dados simulados durante 24h para o carregador 1

Horário	Estado de Carga Inicial (%)	Tipo de Veículo	Tempo de Carga (h)	Intervalo (min)	$P_{consumida}$ (kW)	$E_{consumida}$ (kWh)
0h00	39,09	1	0,69	11,4	23,36	16,12
0h52	74,93	1	0,21	12	6,91	1,45
1h16	59,17	2	0,57	13,8	15,41	8,78
2h30	63,18	1	0,37	10,2	12,30	4,55
2h34	27,39	2	1,17	7,8	31,30	36,63
3h52	41,83	2	0,9	16,2	24,08	21,67
5h10	36,28	2	1	12	26,86	26,86
6h13	66,95	1	0,31	13,8	10,57	3,28
6h44	62,95	1	0,37	7,2	12,41	4,59
7h12	26,4	1	0,87	48	29,18	23,39
8h51	41,88	2	0,9	44,4	24,06	21,65
10h28	29,72	2	1,12	12	30,14	33,76
11h47	69,11	2	0,39	7,8	10,44	4,07
12h17	40,2	2	0,93	16,8	29,90	23,16
13h28	33,9	2	1,05	8,4	28,05	29,45
13h28	52,04	1	0,52	14,4	17,42	9,06
14h38	22,67	2	1,25	8,4	33,66	42,08
15h23	53,8	2	0,67	6	18,10	12,13
16h46	48,57	2	0,77	6	20,71	15,95
18h24	50,37	2	0,74	51,6	19,81	14,66
19h59	59,04	1	0,42	50,4	14,21	5,96
21h14	51,05	1	0,53	15,6	17,87	9,47
22h00	48,83	2	0,77	6	20,58	15,85
22h52	26,41	1	0,87	9,6	29,17	25,38
Energia Total Consumida						409,96

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela 4.2.** Dados simulados durante 24h para o carregador 2

Horário	Estado de Carga Inicial (%)	Tipo de Veículo	Tempo de Carga (h)	Intervalo (min)	$P_{consumida}$ (kW)	$E_{consumida}$ (kWh)
0h00	51,67	1	0,52	8,4	17,58	9,14
0h39	63,43	1	0,36	13,8	12,19	4,39
1h13	30,87	1	0,81	9,6	27,13	21,97
2h10	29,9	2	1,12	16,8	30,05	33,66
3h33	30,55	2	1,11	9	29,72	32,99
4h48	21,72	2	1,27	13,2	34,14	35,41
6h17	74,98	1	0,2	13,8	6,89	1,38
6h42	42,98	1	0,64	7,2	21,57	13,81
7h26	71,12	1	0,26	53,4	8,66	2,25
8h34	69,94	2	0,37	55,8	10,03	3,71
9h52	29,34	1	0,83	18	27,83	23,10
10h58	30,86	2	1,1	9,6	29,57	32,53
12h13	52,3	1	0,51	12,6	17,29	8,82
12h55	67,66	2	0,42	13,2	11,17	4,69
13h32	70,57	1	0,26	10,2	8,91	2,32
13h57	41,46	1	0,66	17,4	22,27	14,70
14h53	20,19	1	0,95	6,6	32,03	30,43
15h56	31,06	2	1,1	13,8	29,47	32,42
17h14	50,06	2	0,74	15	19,97	14,78
18h13	26,95	1	0,86	31,2	28,93	24,87
19h35	50,9	1	0,53	52,8	17,94	9,51
20h58	21,95	2	1,27	13,8	34,02	43,21
22h27	68,8	2	0,4	6	10,6	4,24
22h56	71,79	2	0,34	10,2	9,10	3,09
Energia Total Consumida						411,66

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela 4.3.** Dados simulados durante 24h para o carregador 3

Horário	Estado de Carga Inicial (%)	Tipo de Veículo	Tempo de Carga (h)	Intervalo (min)	$P_{consumida}$ (kW)	$E_{consumida}$ (kWh)
0h19	74,89	1	0,21	7,2	6,93	1,46
1h40	31,76	2	1,09	16,8	29,12	31,74
2h56	33,12	2	1,06	13,2	28,44	30,15
3h41	55,06	1	0,48	17,4	16,03	7,69
4h59	31,91	2	1,08	15	29,05	31,37
5h48	45,71	1	0,6	13,8	20,32	12,19
6h40	57,87	2	0,6	18	16,07	9,64
6h40	28,21	1	0,84	16,8	28,35	23,81
7h46	34,42	1	0,76	53,4	25,50	19,38
9h24	36,84	2	0,99	8,4	26,58	26,31
10h31	25,34	2	1,2	8,4	32,33	38,80
11h51	51,91	2	0,71	9	13,8	19,05
12h42	75,6	2	0,27	16,2	7,20	1,94
13h14	28,98	2	1,14	13,8	30,51	34,78
14h35	63,34	2	0,5	6,6	13,33	6,67
15h10	36,69	1	0,73	14,4	24,46	17,85
16h41	68,5	1	0,29	17,4	9,86	2,86
17h10	79,17	2	0,2	8,4	5,42	1,08
17h58	43,94	2	0,86	6,6	23,03	19,81
19h07	33,81	2	1,05	7,8	28,10	29,50
20h47	32,74	1	0,78	54,6	26,27	20,49
21h29	51,33	1	0,53	11,4	17,74	9,40
21h57	76,88	2	0,24	14,4	6,56	1,57
21h57	23,7	1	0,9	7,2	30,42	27,38
22h58	66,69	2	0,43	6,6	11,66	5,01
Energia Total Consumida						429,93

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela 4.4.** Dados simulados durante 24h para o carregador 4

Horário	Estado de Carga Inicial (%)	Tipo de Veículo	Tempo de Carga (h)	Intervalo (min)	$P_{consumida}$ (kW)	$E_{consumida}$
0h00	58,61	2	0,59	12,6	15,70	9,26
0h47	76,76	1	0,18	12	6,07	1,09
1h08	75,28	2	0,27	10,2	7,36	1,99
1h34	78,59	2	0,21	8,4	5,71	1,20
1h54	54,35	2	0,66	11,4	17,83	11,76
2h44	49,32	2	0,76	13,8	20,34	15,46
3h43	77,91	1	0,16	13,8	5,55	0,89
4h05	58,54	2	0,59	16,2	15,73	9,28
4h56	50,55	1	0,54	16,8	18,10	9,77
5h44	20,4	2	1,3	16,2	34,80	45,24
7h17	40,82	2	0,92	57	24,59	22,62
9h07	65,58	1	0,33	6,6	11,20	3,70
9h32	41,1	2	0,91	12	24,45	22,25
10h38	46,44	1	0,59	7,2	19,99	11,79
11h20	50,54	1	0,54	7,8	18,10	9,78
11h59	58,53	2	0,59	16,8	15,74	9,28
12h50	73,68	1	0,22	8,4	7,49	1,65
13h11	42,24	1	0,65	7,8	21,91	14,24
13h57	37,12	2	0,99	9,6	26,44	26,18
15h05	67,15	1	0,31	15	10,48	3,25
15h37	39,03	2	0,95	7,2	25,49	24,21
16h39	77,89	1	0,17	12,6	5,56	0,94
17h00	33,47	2	1,05	10,8	28,27	29,68
18h13	79,12	2	0,2	59,4	5,44	1,09
19h24	56	1	0,46	52,8	15,60	7,18
20h44	77,15	2	0,24	8,4	6,43	1,54
21h06	57,81	2	0,6	16,8	16,10	9,66
21h57	65,17	2	0,46	8,4	12,42	5,71
22h32	33,26	2	1,06	7,2	28,37	30,07
23h42	73,69	1	0,22	16,2	7,48	1,65
Energia Total Consumida						342,40

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela 4.5.** Dados simulados durante 24h para o carregador 5

Horário	Estado de Carga Inicial (%)	Tipo de Veículo	$T_{carga}$ (h)	$T_{Intervalo}$ (min)	$P_{consumida}$ (kW)	$E_{consumida}$ (kWh)
0h00	52,19	1	0,52	17,4	17,35	9,02
0h47	41,45	2	0,9	7,2	24,28	21,85
1h47	58,44	2	0,59	16,8	15,78	9,31
2h38	31,45	2	1,09	9,6	29,28	31,91
3h52	29,49	2	1,13	15,6	30,26	34,19
5h14	44,77	2	0,84	12,6	22,62	19,00
6h16	46,03	2	0,82	15,6	21,99	18,03
7h20	47,98	2	0,78	38,4	21,01	16,39
8h44	20,07	1	0,95	36	32,08	30,48
10h17	26,59	2	1,18	15,6	31,71	37,41
11h42	42,59	1	0,65	14,4	21,75	14,14
12h34	48,08	2	0,78	13,2	20,96	16,35
13h33	76,55	1	0,18	15	6,17	1,11
13h58	55,88	2	0,64	9	17,06	10,92
14h45	75,54	1	0,2	7,8	6,63	1,33
15h04	62,63	2	0,51	6,6	13,69	6,98
15h40	63,5	2	0,49	11,4	13,25	6,49
16h20	28,39	1	0,84	9	28,27	23,74
17h19	36,87	1	0,72	14,4	24,38	17,55
18h16	74,66	1	0,21	40,2	7,04	1,48
19h07	39,65	2	0,94	47,4	25,18	23,66
20h50	62,32	2	0,52	7,8	13,84	7,20
21h28	54,69	1	0,48	12,6	16,20	7,78
22h08	64,92	2	0,47	8,4	12,54	5,89
22h44	71,85	1	0,25	12	8,33	2,08
Energia Total Consumida						374,29

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela 4.6.** Dados simulados durante 24h para o carregador 6

Horário	Estado de Carga Inicial (%)	Tipo de Veículo	$T_{carga}$ (h)	$T_{Intervalo}$ (min)	$P_{Consumida}$ (kW)	$E_{Consumida}$ (kWh)
0h00	23,08	1	0,91	6	30,70	27,94
1h00	40,56	1	0,67	15,6	22,68	15,20
1h55	49,03	2	0,76	7,2	20,49	15,57
2h47	71,59	2	0,34	10,2	9,21	3,13
3h16	31,74	2	1,09	13,2	29,13	31,75
4h34	23,21	2	1,24	6,6	33,40	41,41
5h54	25,92	2	1,19	7,8	32,04	38,13
7h12	53,58	1	0,5	41,4	16,71	8,35
8h22	42,53	1	0,65	13,8	21,78	14,16
9h07	45,53	2	0,83	7,2	22,24	18,46
10h03	79,92	1	0,14	37,8	4,62	0,65
10h54	40,13	1	0,68	10,2	22,24	18,46
11h44	67,3	1	0,31	12,6	10,41	3,23
12h14	29,97	2	1,12	10,2	30,02	33,62
13h31	57,58	2	0,6	12	16,21	9,73
14h18	58,24	2	0,59	16,2	15,88	9,37
15h09	77,32	2	0,24	16,2	6,34	1,52
15h38	75,98	1	0,19	12,6	6,43	1,22
16h01	34,41	1	0,76	14,4	25,50	19,38
17h00	63,57	2	0,49	16,2	13,22	6,48
17h45	24,55	2	1,22	6	32,73	39,92
19h04	37,83	2	0,97	59,4	26,09	25,30
21h01	67,47	2	0,42	10,8	11,27	4,73
21h37	49,42	2	0,76	7,2	20,29	15,42
22h29	21,7	2	1,27	7,8	34,15	43,37
Energia Total Consumida						437,13

**Fonte:** Autoria própria.

Os dados mostram uma variação nos parâmetros ao longo das 24 horas, destacando os horários com maior demanda de energia, que refletem em picos de consumo. A diferença no tempo de carga entre os diferentes tipos de veículos evidencia a diversidade de perfis de consumo e carregamento. Esses resultados são fundamentais para avaliar a eficiência do carregador e identificar os momentos de maior e menor utilização.

**Tabela 4.7.** Energia consumida durante 24h para os carregadores

Carregador	$E_{\text{Total consumida}} (\text{kWh})$
1	409,96
2	411,66
3	429,93
4	342,40
5	374,29
6	437,13
Energia Total	2.405,37

**Fonte:** Autoria própria.

Assim, é possível realizar uma análise comparativa entre os carregadores simulados, possibilitando identificar diferenças de desempenho e eficiência. Isso fornece um maior entendimento sobre o funcionamento dos carregadores e auxilia no desenvolvimento de soluções otimizadas.

Logo, esses resultados estão diretamente relacionados ao objetivo do trabalho, que é propor soluções eficientes para estações de carregamento veicular com auxílio de módulos fotovoltaicos. A análise detalhada do desempenho dos carregadores, fornece subsídios para o desenvolvimento de tecnologias e estratégias que atendam às demandas de veículos elétricos de maneira sustentável.

O consumo de energia inicia-se de forma baixa na madrugada, por volta da meia-noite, indicando pouca utilização dos carregadores nesse período. Entre 4h e 12h, observando um crescimento mais acentuado, correspondente ao pico matutino de uso. Durante a tarde, o consumo continua a crescer, porém em ritmo mais moderado, até cerca de 18h. Para o cenário simulado um dos carregadores atingem seus valores máximos de consumo entre 22h e 23h50.

Os picos de energia consumida por cada carregador foram: carregador 1 – 411,92 kWh; carregador 2 – 415,37 kWh; carregador 3 – 424,41 kWh; carregador 4 – 342,41 kWh; carregador 5 – 374,28 kWh; e carregador 6 – 443,59 kWh. Nota-se que o carregador 4 foi o menos demandado ao longo do período analisado.

O monitoramento dessas variáveis permite uma melhor alocação de recursos e utilização destes dados coletados como base para implementação dos perfis mensais e anuais.

#### 4.3.2 Mensal

As tabelas 4.8 apresenta o consumo de energia no carregador ao longo dos meses. Observa-se que, nos dias não úteis, o consumo de energia é menor devido à redução na circulação de

veículos. As tabelas referentes ao outros onze meses encontram-se no apêndice das tabelas A.1 a A.11.

Ao analisar os meses individualmente, verifica-se que:

- Janeiro: O maior consumo foi registrado pelo carregador 6 no dia 12, com 46,87 kWh, enquanto o menor ocorreu no carregador 3 no dia 1, com 1,09 kWh.
- Fevereiro: O carregador 1 teve o maior consumo no dia 5, atingindo 48,30 kWh, e o carregador 5 apresentou o menor, com 2,13 kWh no dia 23.
- Março: O carregador 2 registrou o maior consumo no dia 6, com 47,12 kWh, enquanto o carregador 5 teve o menor no dia 23, com 3,43 kWh.
- Abril: O carregador 1 atingiu 48 kWh no dia 9, sendo o maior consumo do mês, enquanto o menor foi do carregador 3 no dia 7, com 2,28 kWh.
- Maio: O carregador 3 apresentou tanto o maior consumo do mês, 48,65 kWh no dia 25, quanto o menor, 1,78 kWh no dia 2.
- Junho: O maior consumo foi do carregador 2 no dia 11, com 50,37 kWh, e o menor, novamente do carregador 3 no dia 2, com 1,78 kWh.
- Julho: O carregador 5 registrou o maior consumo no dia 5, atingindo 49,80 kWh, enquanto o carregador 6 teve o menor no dia 21, com 3,41 kWh.
- Agosto: O carregador 1 consumiu 49,57 kWh no dia 12, sendo o maior do mês, enquanto o carregador 5 teve o menor consumo no dia 18, com 4,05 kWh.
- Setembro: O carregador 5 apresentou o maior consumo no dia 4, com 49,87 kWh, e o carregador 2 teve o menor consumo no dia 28, com 2,46 kWh.
- Outubro: O carregador 2 consumiu 49,50 kWh no dia 29, enquanto o carregador 3 registrou o menor consumo no dia 26, com 5,11 kWh.
- Novembro: O maior consumo foi do carregador 2 no dia 18, com 49,05 kWh, enquanto o menor consumo ocorreu no carregador 3 no dia 3, com 4,47 kWh.
- Dezembro: O carregador 3 atingiu o maior consumo do mês no dia 12, com 48,90 kWh, e o carregador 2 apresentou o menor consumo no dia 22, com 7,47 kWh.

Esses dados evidenciam variações mensais no consumo de energia, destacando a influência da circulação de veículos e o comportamento específico de cada carregador ao longo do ano.

**Tabela 4.8.** Energia consumida - Janeiro

	Carregador 1	Carregador 2	Carregador 3	Carregador 4	Carregador 5	Carregador 6
Data	$E_{Consumida}$ (kWh)					
1	9,04	3,25	1,09	6,60	6,19	4,10
2	22,74	21,96	36,59	28,72	27,01	26,19
3	18,33	27,29	37,35	28,37	25,92	24,93
4	40,63	14,15	23,12	27,60	34,92	36,72
5	23,86	29,24	30,60	34,28	31,66	35,58
6	8,41	19,37	3,51	5,80	8,21	11,23
7	6,26	8,41	15,48	5,93	5,47	9,73
8	18,84	26,01	9,36	22,38	26,37	29,12
9	45,17	28,96	44,56	22,34	30,23	30,27
10	34,33	4,19	29,17	22,81	33,23	30,11
11	15,49	20,39	20,94	29,67	28,59	43,50
12	35,59	29,14	36,85	40,60	30,60	46,87
13	8,35	10,51	5,74	7,38	8,95	10,87
14	6,74	5,90	11,25	9,90	9,61	12,91
15	28,98	19,91	28,43	34,01	28,43	33,01
16	21,50	18,48	25,21	19,35	29,71	39,32
17	20,07	15,64	37,49	44,54	37,40	35,52
18	31,75	26,50	39,91	18,43	34,52	36,61
19	22,76	25,91	21,48	18,99	27,44	25,71
20	4,46	9,81	2,50	8,50	10,91	10,18
21	12,57	2,75	1,78	16,11	14,24	10,90
22	36,02	24,44	26,68	34,86	32,25	24,30
23	27,92	32,49	37,39	22,99	22,45	36,03
24	27,32	26,67	41,35	9,94	27,47	35,86
25	22,72	23,30	34,77	26,53	21,03	40,66
26	44, 63	26,79	33,83	22,51	21,17	29,93
27	12,01	3,50	9,88	14,62	12,45	8,19
28	8,41	8,05	11,65	11,25	10,12	5,72
29	23,86	27,22	34,16	29,92	21,44	32,41
30	41,56	26,30	35,56	44,67	35,91	26,68
31	24,19	29,84	32,41	28,94	39,18	39,23

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela 4.9.** Energia Total Consumida

	Carreg 1	Carreg 2	Carreg 3	Carreg 4	Carreg 5	Carreg 6	Total Carregador
Meses	$E_{consumida}$ (kWh)	$E_{consumida}$ (MWh)					
Jan	704,48	596,38	760,11	698,51	733,04	822,40	4,314
Fev	822,20	814,60	777,33	821,95	822,04	817,87	4,876
Mar	900,35	925,68	881,95	967,15	962,40	969,60	5,607
Abr	914,51	1001,12	930,19	972,86	989,93	983,22	5,792
Mai	982,79	1002,71	1009,16	1004,66	1027,55	1045,53	6,072
Jun	949,47	928,53	944,42	972,70	911,79	966,50	5,673
Jul	1082,71	1066,91	1094,27	1111,89	1066,78	1083,59	6,506
Ago	1033,42	1049,69	999,42	1028,87	1033,62	1005,92	6,151
Set	968,14	1004,15	1055,38	1055,11	1008,43	1004,22	6,095
Out	1003,88	1065,09	1035,03	1031,67	1027,42	1009,39	6,172
Nov	960,44	983,53	963,64	928,64	965,47	981,19	5,783
Dez	1064,14	1029,69	1122,66	1079,51	1115,64	1062,85	6,474
$E_{Total}$ (MWh)	11,39	11,47	11,54	11,67	11,65	11,75	69,084

**Fonte:** Autoria própria.

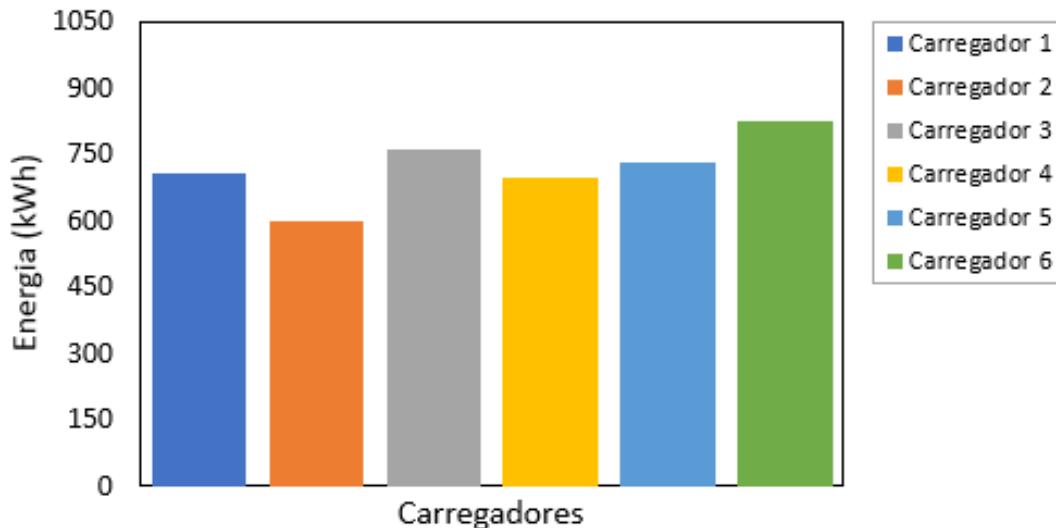
A tabela 4.9 apresenta a energia total consumida por cada carregador ao longo dos meses. Os valores indicam a demanda energética associada a cada equipamento, permitindo a comparação do consumo entre eles. É possível constatar então que:

- Janeiro: o carregador 6 apresenta o maior consumo , 822,40 kWh.
- Fevereiro: o carregador 1 apresenta o maior consumo, 822,20 kWh.
- Março: o carregador 6 apresenta o maior consumo, 969,60 kWh.
- Abril: o carregador 2 apresenta o maior consumo, 1001,12 kWh.
- Maio: o carregador 6 apresenta o maior consumo, 1045,53 kWh.
- Junho: o carregador 4 apresenta o maior consumo, 972,70 kWh.
- Julho: o carregador 4 apresenta o maior consumo, 1111,89 kWh.
- Agosto: o carregador 2 apresenta o maior consumo, 1049,69 kWh.

- Setembro: o carregador 3 apresenta o maior consumo, 1055,38 kWh.
- Outubro: o carregador 2 apresenta o maior consumo, 1065,09 kWh.
- Novembro: o carregador 2 apresenta o maior consumo, 983,53 kWh.
- Dezembro: o carregador 3 apresenta o maior consumo, 1122,66 kWh.

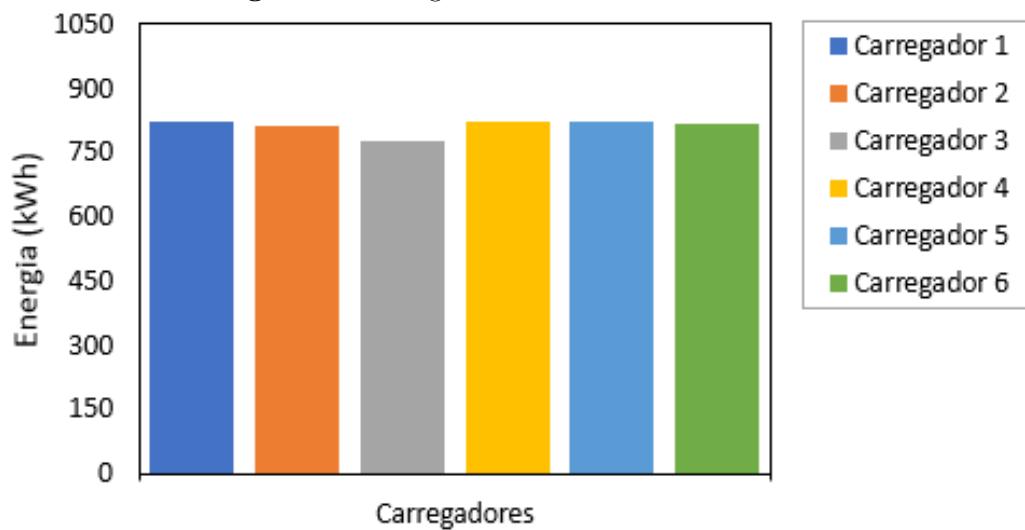
Essas variações da energia consumida estão relacionadas a fatores como a frequência de uso, o tempo médio de carregamento e o tipo de veículo atendido. Essa análise é relevante para entender a distribuição da demanda e otimizar a operação dos carregadores, contribuindo para a gestão eficiente do sistema de recarga.

**Figura 4.2.** Energia Total Consumida - Janeiro



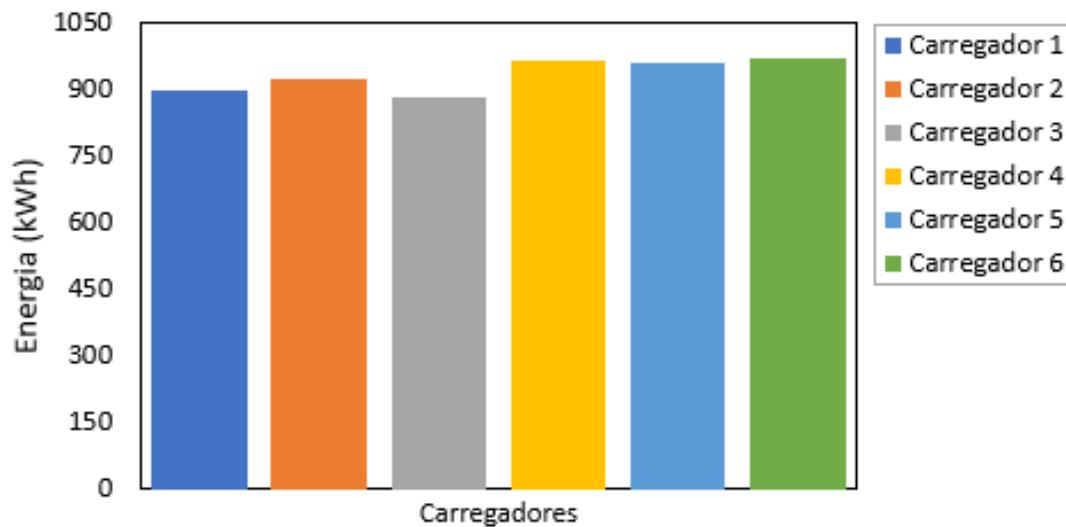
**Fonte:** Autoria própria.

Observando a figura 4.2 é possível constatar que o carregador 6 apresenta o maior consumo, 822,20 kWh, enquanto o carregador 2 tem o menor consumo com 596,38 kWh.

**Figura 4.3.** Energia Total Consumida - Fevereiro

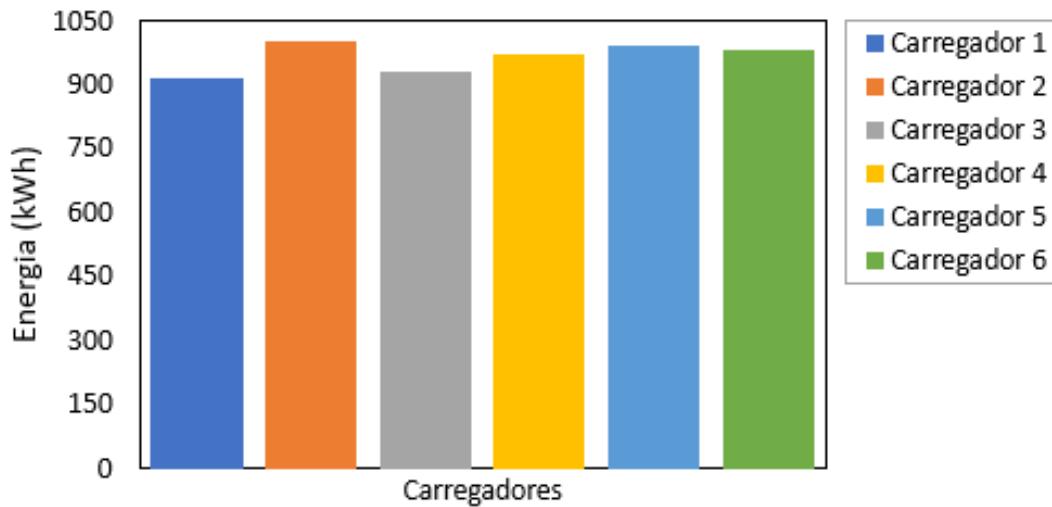
**Fonte:** Autoria própria.

Observando a figura 4.3 é possível constatar que o carregador 1 apresenta o maior consumo , 822,20 kWh, enquanto o carregador 3 tem o menor consumo com 777,33 kWh.

**Figura 4.4.** Energia Total Consumida - Março

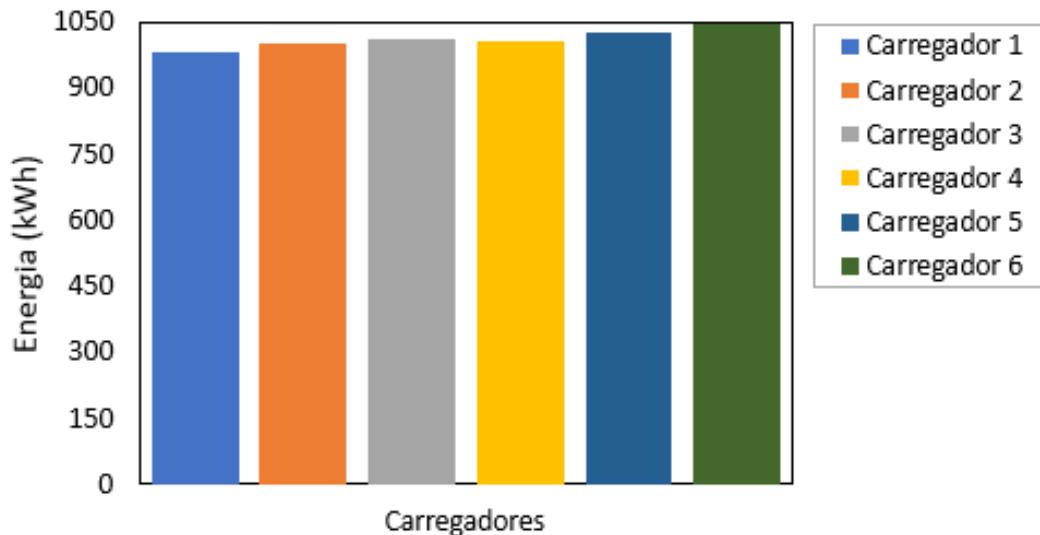
**Fonte:** Autoria própria.

Observando a figura 4.4 é possível constatar que o carregador 6 apresenta o maior consumo , 969,60 kWh, enquanto o carregador 3 tem o menor consumo com 881,95 kWh.

**Figura 4.5.** Energia Total Consumida - Abril

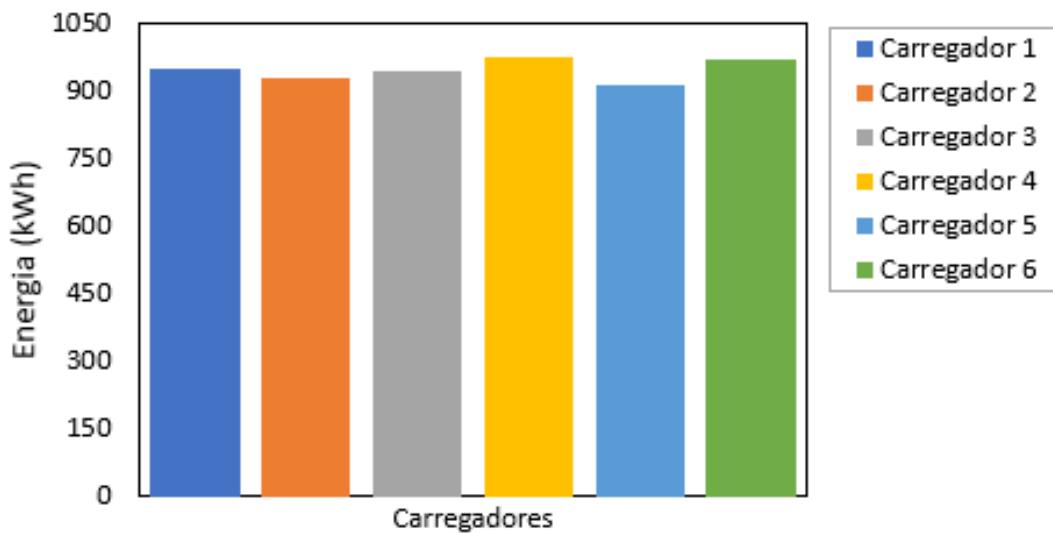
**Fonte:** Autoria própria.

Observando a figura 4.5 é possível constatar que o carregador 2 apresenta o maior consumo , 1001,12 kWh, enquanto o carregador 1 tem o menor consumo com 914,51 kWh.

**Figura 4.6.** Energia Total Consumida - Maio

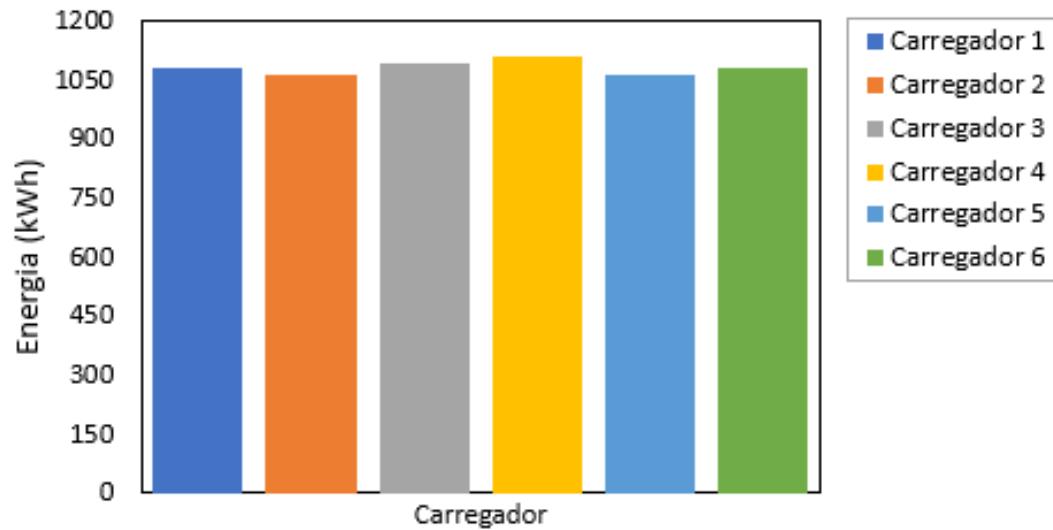
**Fonte:** Autoria própria.

Observando a figura 4.6 é possível constatar que o carregador 6 apresenta o maior consumo , 1045,53 kWh, enquanto o carregador 1 tem o menor consumo com 982,79 kWh.

**Figura 4.7.** Energia Total Consumida - Junho

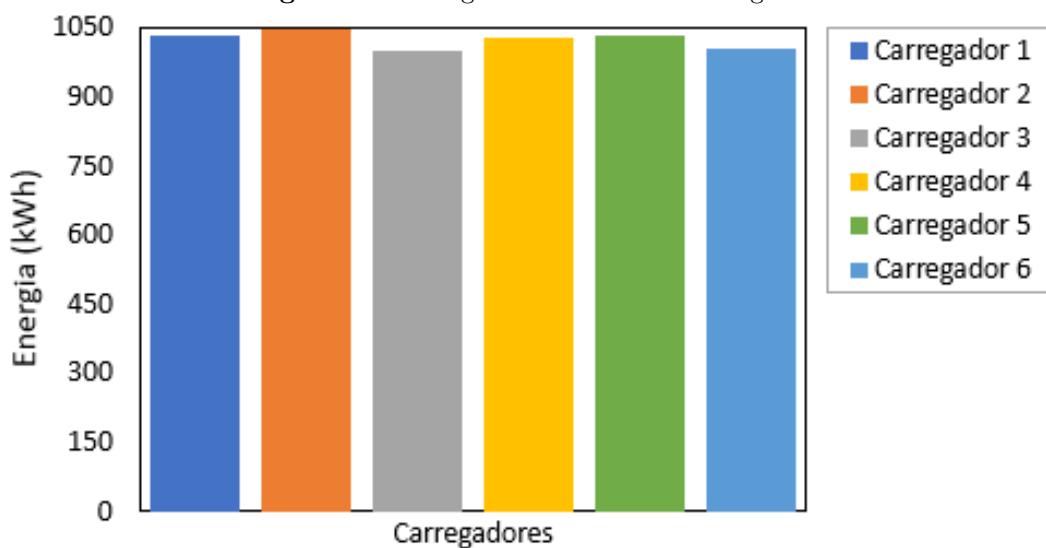
**Fonte:** Autoria própria.

Observando a figura 4.7 é possível constatar que o carregador 4 apresenta o maior consumo, 972,70 kWh, enquanto o carregador 5 tem o menor consumo com 911,79 kWh.

**Figura 4.8.** Energia Total Consumida - Julho

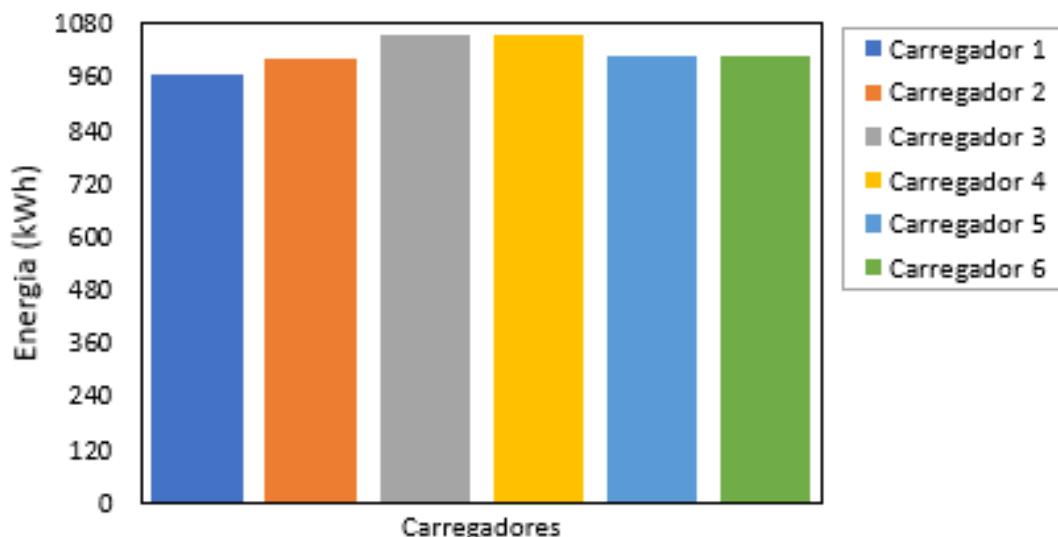
**Fonte:** Autoria própria.

Observando a figura 4.8 é possível constatar que o carregador 4 apresenta o maior consumo, 1111,89 kWh, enquanto o carregador 5 tem o menor consumo com 1066,78 kWh.

**Figura 4.9.** Energia Total Consumida - Agosto

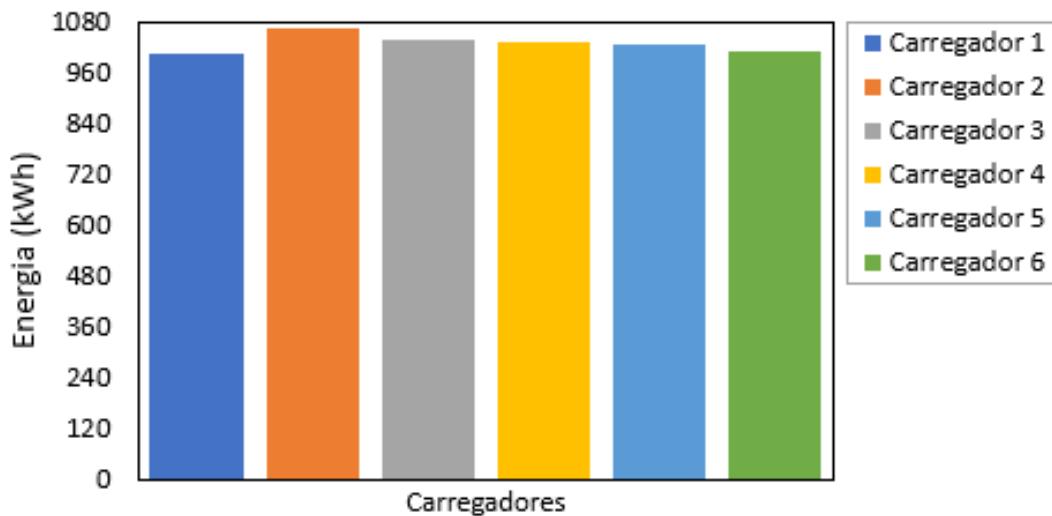
**Fonte:** Autoria própria.

Observando a figura 4.9 é possível constatar que o carregador 2 apresenta o maior consumo, 1049,69 kWh, enquanto o carregador 3 tem o menor consumo com 999,42 kWh.

**Figura 4.10.** Energia Total Consumida - Setembro

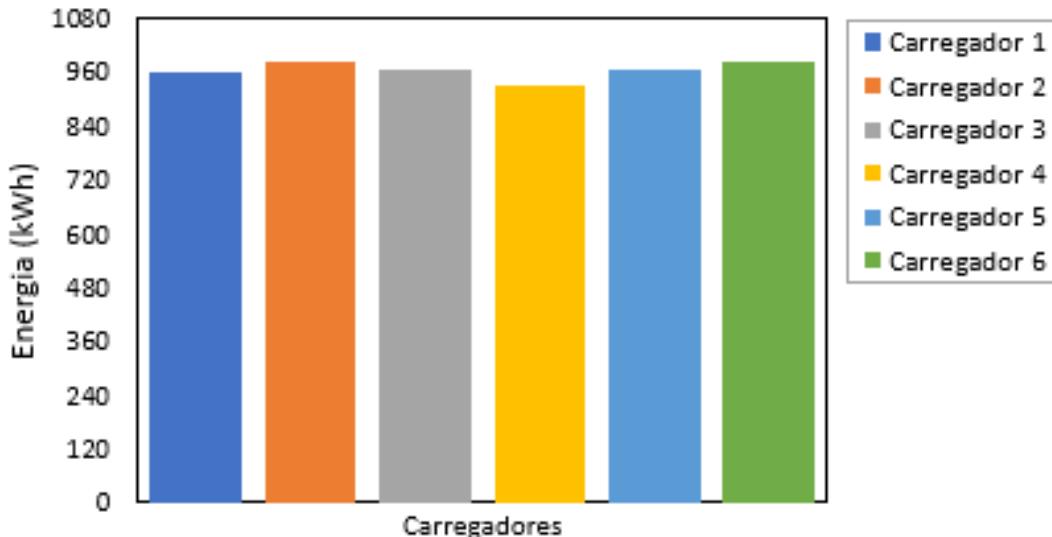
**Fonte:** Autoria própria.

Observando a figura 4.10 é possível constatar que o carregador 3 apresenta o maior consumo, 1055,38 kWh, enquanto o carregador 1 tem o menor consumo com 968,14 kWh.

**Figura 4.11.** Energia Total Consumida - Outubro

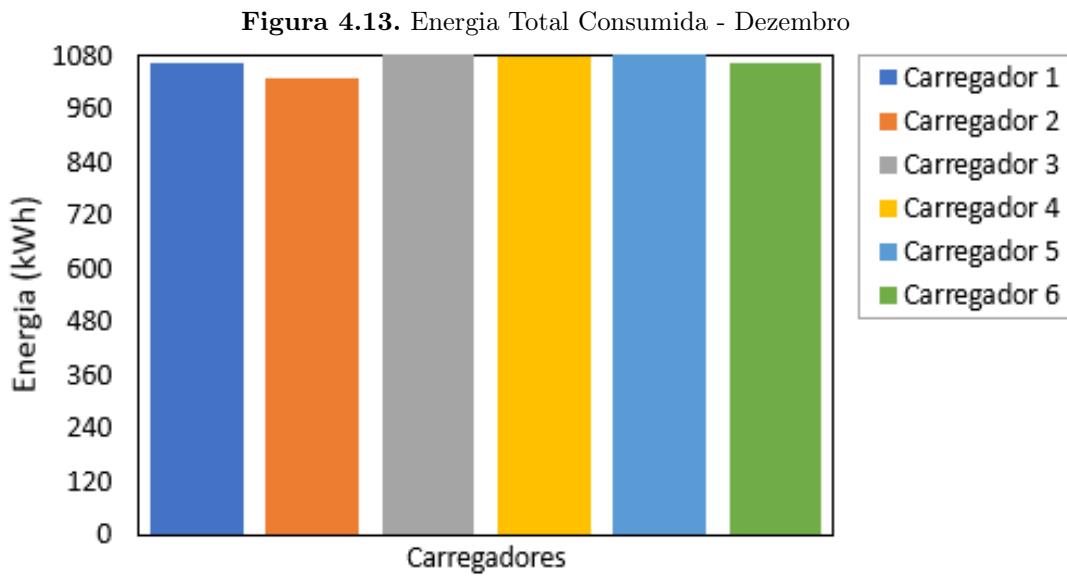
**Fonte:** Autoria própria.

Observando a figura 4.11 é possível constatar que o carregador 2 apresenta o maior consumo, 1065,09 kWh, enquanto o carregador 6 tem o menor consumo com 1009,39 kWh.

**Figura 4.12.** Energia Total Consumida - Novembro

**Fonte:** Autoria própria.

Observando a figura 4.12 é possível constatar que o carregador 2 apresenta o maior consumo 983,53 kWh, enquanto o carregador 4 tem o menor consumo com 928,64 kWh.



**Fonte:** Autoria própria.

Observando a figura 4.13 é possível constatar que o carregador 3 apresenta o maior consumo, 1122,66 kWh, enquanto o carregador 2 tem o menor com 1029,69 kWh. Essas variações podem estar relacionadas a fatores como a frequência de uso, o tempo médio de carregamento e o tipo de veículo atendido. Essa análise é relevante para entender a distribuição da demanda e otimizar a operação dos carregadores, contribuindo para a gestão eficiente do sistema de recarga.

#### 4.3.3 Anual

Utilizando os valores coletados nas tabelas 3.19 a A.11 referente a energia consumida nos carregadores de acordo com o dia de cada mês. Na tabela 4.10 é apresentado o consumo mensal de energia ao longo do ano, estes dados são fundamentais para analisar o comportamento do consumo e embasar cálculos sobre a demanda energética.

O consumo varia ao longo do ano, indicando períodos de maior e menor demanda. O pico de consumo ocorre em julho, 6506,15 kWh, enquanto o menor consumo acontece em janeiro, 4284,91 kWh. Essas variações podem estar relacionadas ao aumento do uso de veículos elétricos em determinadas épocas do ano, como férias. Observa-se que os carregadores continuam funcionando durante 24 horas por dia.

**Tabela 4.10.** Energia Anual Consumida

Mês	$E_{consumida}$ (MWh)
Jan	4,284
Fev	4,876
Mar	5,607
Abr	5,791
Mai	6,072
Jun	5,673
Jul	6,506
Ago	6,150
Set	6,089
Out	6,176
Nov	5,782
Dez	6,071
Total	69,083

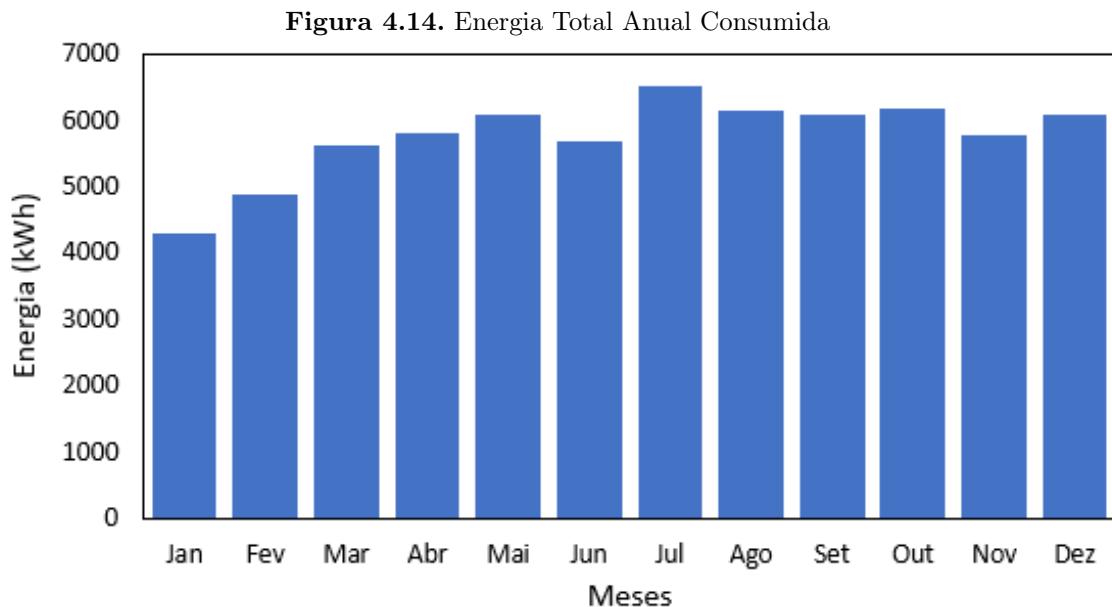
**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela 4.11.** Energia Total Consumida nos Carregadores

	Carregador 1	Carregador 2	Carregador 3	Carregador 4	Carregador 5	Carregador 6
	$E_{consumida}$ (MWh)	$E_{consumida}$ (MWh)	$E_{consumida}$ (MWh)	$E_{consumida}$ (MWh)	$E_{consumida}$ (MWh)	$E_{consumida}$ (MWh)
Total dos carregadores	11,386	11,468	11,573	11,673	11,664	11,752

**Fonte:** Autoria própria.

Na tabela 4.10 apresenta a energia elétrica total, em MWh, consumida pelos carregadores ao longo do ano. Esses valores permitem avaliar a distribuição do consumo entre os carregadores. Todos os carregadores possuem valores semelhantes de consumo, variando entre 11,386 MWh e 11,752 MWh, essa pequena diferença pode indicar que os carregadores foram utilizados de maneira balanceada. Mediante essa análise é possível afirmar que a energia total anual consumida no eletroposto é de 69,084 MWh.



**Fonte:** Autoria própria.

#### 4.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

O processo de dimensionamento do sistema fotovoltaico, inclui os cálculos para determinar a quantidade de módulos necessários, a potência de pico do sistema, a energia gerada e a compensação energética. O objetivo é analisar a viabilidade da instalação de um sistema fotovoltaico para amenizar a demanda dos carregadores no eletroposto.

Com todos os parâmetros definidos primeiramente é necessário calcular  $P_{FV}$ , utilizando a equação (3.3), a qual está determinada em (4.1).

$$P_{FV} = \frac{189,27kWh}{5,41kWh/m^2.dia}^{0,8} = 43,731 \cdot kWp \quad (4.1)$$

Utilizando o valor de  $P_{FV}$ , pode-se encontrar a quantidade de módulos necessário para gerar esta potência, considerando a potência de cada módulo fotovoltaico de 600Wp. Utilizando a equação (3.6), a qual está determinada em (4.2).

$$N^{\circ}_{módulos} = \frac{43,731 \cdot 10^3}{600} = 73 \text{ módulos} \quad (4.2)$$

Utilizando a área do módulo que é de aproximadamente  $2,83\ m^2$ , logo a área necessária comportar a quantidade de módulos calculados é de  $206,59\ m^2$ , para atender a demanda calculada, o eletroposto terá uma área disponível para a construção de aproximadamente  $1.140\ m^2$ , assim conseguindo alocar todos os módulos necessários.

De acordo com normas de segurança e afim de evitar o sombreamento nas placas instaladas é necessário calcular o espaçamento entre elas utilizando a equação (3.7), a qual está determinada em (4.3). O valor adotado para  $\alpha$  é de  $43^\circ$  conforme utilizado por projetos padrões em Brasília-DF.

$$D = \frac{2,172 \cdot \sin(15)}{\tan(43)} = 0,60m \quad (4.3)$$

Respeitando as normas e o espaçamento calculado de 0,60 m necessário para garantir segurança, manutenção e diminuir a influência de sombras nos módulos fotovoltaicos.

Assim a potência gerada será de 43.800 Wp, para atender a demanda do eletroposto que anualmente é de 69,084 MWh. Pode-se calcular a compensação da potência gerada e a potência calculada, utilizando as equações (3.9) e (3.8), a qual está determinada em (4.4) e (4.5). O valor padrão adotado para HSE para Brasília é de 5,5h/dia.

$$E_{gerada} = 43800 \text{ Wp} \cdot 5,5\text{h}/\text{dia} \cdot 365 \text{ dia} = 87,928 \text{ MWh} \quad (4.4)$$

$$\text{Compensação Energética} = \frac{87,928}{69,084} \times 100\% = 127\% \quad (4.5)$$

Após a análise, o sistema fotovoltaico projetado será capaz de suprir 100% da demanda ao longo do ano. Para que o sistema dimensionado funcione plenamente é necessário a escolha de um inversor que atenda a potência dimensionada de 43.800 Wp. Desta forma, foi cotado e pesquisado um inversor de 50 kW sendo necessário um dispositivo.

Os carregadores instalados no eletroposto possuem uma potência de 22kW, sendo seis carregadores, que funcionam 24h durante os dias. A demanda energética dos carregadores mensalmente é de aproximadamente 5,76 MWh, em cada carregador é de aproximadamente 11,586 MWh

Sabe-se que o sistema não irá gerar todos os meses a potência de pico (Wp) calculada, pois nos meses de maio, junho e julho tem-se uma menor incidência de radiação solar, em compensação nos meses de setembro, outubro e novembro são os meses com maior incidência de radiação solar gerando a maior potência.

Afim de calcular a energia compensada pelo sistema fotovoltaico, precisamos considerar a radiação solar média diária e o desempenho do sistema. O cálculo pode ser feito como:

$$E_{gerada,dia} = P_{FV} \cdot HSP \cdot TD = 43.800 \cdot 5,5 \cdot 0,8 = 192,72 \text{ kWh/dia} \quad (4.6)$$

Logo a energia gerada por mês é de 5,781 MWh/mês e por ano é de 69,379 MWh/ano. Logo, o sistema de 43 kWp pode gerar aproximadamente 69,379 MWh por ano, considerando uma média de 5,5 horas de sol pleno por dia e uma taxa de desempenho de 80%.

A radiação média diária medida no local é de  $5,41\text{ kWh}/\text{m}^2$ . Aplicando esse valor à área dos módulos fotovoltaicos, obtém-se:

$$\text{Radiation in } \text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{area FV in } \text{m}^2 = 5,41\text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot 206,59\text{ m}^2 = 1.117,65\text{ kWh} \quad (4.7)$$

Para calcular o rendimento nominal do sistema, calcula-se utilizando o resultado da equação (4.7) multiplicado pela a eficiência dos módulos fotovoltaicos. De acordo com o *datasheet* disponibilizado do fabricante é de 21,4 %, realizando o cálculo:

$$1.117,65 \text{ kWh} \cdot 21,4\% = 1.117,65\text{ kWh} \cdot 0,215 = 240,29\text{ kWh} \quad (4.8)$$

Para 365 dias, o rendimento anual esperado é de 87,705MWh. A relação entre o rendimento real e o rendimento nominal permite calcular o *Performance Ratio (PR)*, indicador da taxa de desempenho do sistema (TD).

$$\text{PR} = \frac{69,379\text{ MWh}}{87,705\text{ MWh}} = 79,10\% \quad (4.9)$$

O desempenho de um sistema fotovoltaico é tipicamente medido pela a taxa de desempenho, calculada por PR, que é definida como a relação entre o desempenho real do sistema sobre o desempenho máximo teórico possível.

Essa relação é um parâmetro para avaliar a geração da energia elétrica de um dado sistema, por levar em consideração a potência real do sistema sob condições de operação e todas as perdas envolvidas, como perdas por queda de tensão devido à resistência de conectores e cabamento, sujeira no painel, sombreamento, eficiência do inversor, carregamento do inversor, temperatura operacional, dentre outras.

O valor calculado aproximado do PR é de 79%, o que indica que cerca de 21% está relacionado as perdas listadas.

## 4.5 COMPARAÇÃO DE EMISSÕES DE $CO_2$ E CUSTOS ENTRE VEÍCULOS ELÉTRICOS E A COMBUSTÃO

Utilizando o valor de emissão média de  $CO_2$  por unidade de energia elétrica gerada no Brasil, considerando a matriz energética do país, de acordo com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação esta emissão média em 2023 foi de 38,5 kg/MWh, ou seja 38,5 g/kWh (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2024). Considerando que um veículo elétrico consome 0,2 kWh/km, a emissão associada ao uso pode ser calculado como:

$$\text{Emissões Veículo Elétrico por km} = 38,5 \text{ g}CO_2/\text{kWh} \cdot 0,2 \text{ kWh/km} = 7,7 \text{ g}CO_2/\text{km} \quad (4.10)$$

O valor fornecido pelos documentos da ANEEL, IBAMA e outros órgãos, a quantidade de  $CO_2$  emitida na queima de 1 litro de gasolina é em média 2,28 kg de  $CO_2$ . Um carro a combustão eficiente consome em média 12km/l de gasolina. Assim, a emissão por km por ser calculada como:

$$\text{Emissões Veículo Combustão por km} = \frac{2,28 \text{ kg}CO_2}{12 \text{ km}} = 190 \text{ g}CO_2/\text{km} \quad (4.11)$$

Comparando os dois resultados o veículo elétrico emite 24 vezes menos  $CO_2$  do que os carros a combustão na matriz energética do Brasil.

Um veículo a combustão que utiliza gasolina, consome em média 12km/l, e o preço médio da gasolina é de R\$ 5,80 o litro, logo o custo médio por km é de aproximadamente R\$ 0,48. Para o veículo elétrico, o consumo é de aproximadamente 0,2 kWh/km, em que a tarifa média de energia no Brasil é de aproximadamente R\$ 0,70/kWh de acordo com (Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2024), logo o custo médio por km é de aproximadamente R\$ 0,14.

$$Custo_{comb} \text{ por km} = \frac{5,80}{12} = R\$ 0,48/\text{km} \quad (4.12)$$

$$Custo_{ele} \text{ por km} = 0,2 \cdot 0,70 = R\$ 0,14/\text{km} \quad (4.13)$$

O carro elétrico reduz os custos operacionais como combustível em 71% comparada a um veículo a gasolina. Há alguns fatores que tornam os veículos elétricos mais vantajosos financeiramente como: economia de energia, menor custo de manutenção, incentivos fiscais e menor impacto da inflação do combustível.

## 4.6 COMPARAÇÃO DE EMISSÕES DE $CO_2$

A comparação de emissões de  $CO_2$  será feita entre as emissões evitadas com a geração de energia renovável e as emissões de veículos elétricos em relação aos veículos a combustão. A energia gerada pelo sistema fotovoltaico reduz a necessidade de geração de eletricidade por fontes fósseis, evitando a emissão de  $CO_2$ . Realiza-se o cálculo utilizando a equação (3.10).

$$CO_2 \text{ evitado} = 69,379 MWh/\text{ano} \cdot 38,5 \text{ kgCO}_2/\text{ano} = 2,671 \text{ toneladas de CO}_2 \quad (4.14)$$

Esse valor representa a quantidade de dióxido de carbono que deixaria de ser emitida devido a energia gerada no eletroposto.

A substituição de veículos a combustão por veículos elétricos impacta diretamente a redução das emissões de  $CO_2$ . De acordo com a ANEEL e Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC) um veículo a combustão emite cerca de 2,3 kg de  $CO_2$  por litro de gasolina consumido, pode-se calcular o impacto da substituição.

Supondo um veículo a combustão com consumo médio de 12 km/L e um veículo elétrico com consumo de 6km/kWh, podemos estimar as emissões para percorrer 1.000 km.

Para veículo a combustão:

$$\frac{1.000 \text{ km}}{12 \text{ km/L}} = 83,33 \text{ L de gasolina} \quad (4.15)$$

$$83,33 \cdot 2,3 = 191 \text{ kgCO}_2 \quad (4.16)$$

Para veículo elétrico, considerando a matriz energética do Brasil, que emite 50kg $CO_2$ /MWh ou 0,05kg $CO_2$ /kWh:

$$\frac{1.000 \text{ km}}{6 \text{ km/kWh}} = 166,7 \text{ kWh} \quad (4.17)$$

$$166,7 \cdot 0,05 = 8,3 \text{ kgCO}_2 \quad (4.18)$$

Logo a redução de emissões será a diferença entre os dois valores calculados sendo 182,7 kg $CO_2$ /1.000km, ou seja, um veículo elétrico emite 96% menos  $CO_2$  do que um veículo a combustão no Brasil.

A eletrificação da frota de veículos combinada com o uso de fontes renováveis, como a energia solar, reduz significativamente as emissões de poluente. Além da redução de  $CO_2$ , essa transição também diminui a emissão de outros gases e componentes que são prejudiciais à saúde humana.

## 4.7 ANÁLISE ECONÔMICA E RETORNO DO INVESTIMENTO (ROI)

A análise econômica do sistema visa determinar a viabilidade financeira do investimento, considerando o custo inicial do sistema, a economia gerada ao longo do tempo, o retorno de investimento e o tempo de *payback*.

**Tabela 4.12.** Valor dos Componentes Totais Utilizados

Componentes	Quantidade	Preço (R\$)
Módulo solar Risen Monocristalino 600Wp	73	53.144,00
Inversor Solar Trifásico 40kW Growatt	1	13.584,05
Estação de Recarga para Carros Elétricos Duplo 2X 22kW	3	55.375,23
Valor total Investido (R\$)		122.103,28

**Fonte:** Autoria própria.

Para a implementação do sistema proposto, serão necessários 73 módulos solares, um inversor e três estações de recarga. O investimento total estimado para a parte operacional do eletroposto é de R\$ 122.103,28. Além desse valor, deve-se considerar custos adicionais relacionados à manutenção, à estrutura de suporte, à infraestrutura elétrica, aos condutores e à instalação, o que eleva o montante necessário para o investimento inicial.

Em relação à vida útil dos principais componentes, os módulos fotovoltaicos possuem expectativa de aproximadamente 25 anos, enquanto os inversores têm vida útil estimada em torno de 10 anos. Já as estações de recarga do tipo *parking* apresentam uma durabilidade que pode variar entre 8 e 15 anos, dependendo das condições de uso e manutenção.

Uma parte importante da análise econômica é a comparação entre o custo do abastecimento elétrico e o custo do abastecimento a combustão. Para isso, foram considerados os seguintes parâmetros:

- Custo do abastecimento elétrico: A tarifa média comercial de energia elétrica foi adotada, no valor de R\$ 0,76620/kWh ((Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 2024)),

para os valores no período ponta de R\$ 1,43007/kWh e fora ponta de R\$ 0,69547/kWh. Utilizando o valor da tarifa média para calcular o custo de abastecimento dos veículos elétricos. Para um consumo de energia de 5,8 kWh por 100 km, o custo por quilômetro rodado de um veículo elétrico seria de aproximadamente R\$ 0,044/km. Para o valor da tarifa em período de ponta o custo por quilômetro rodado de um veículo elétrico seria de aproximadamente R\$ 0,083/km. Para o valor da tarifa em período de fora ponta o custo por quilômetro rodado de um veículo elétrico seria de aproximadamente R\$ 0,040/km.

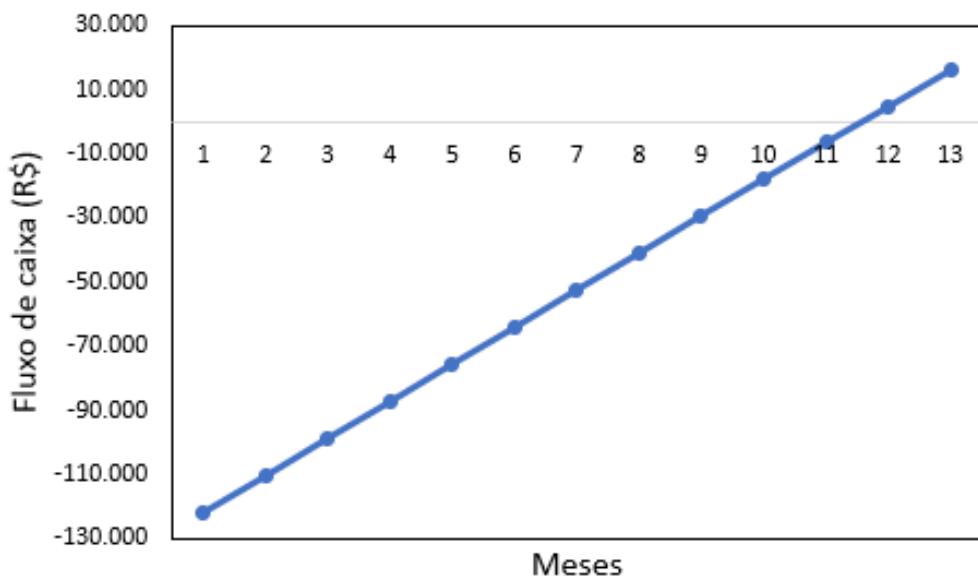
- Custo do abastecimento a combustão: Considerando um veículo a combustão com um consumo médio de 10 km por litro e o preço do combustível de R\$ 5,80 por litro, o custo por quilômetro rodado seria de R\$ 0,58/km.

A comparação entre esses valores demonstra que o uso do veículo elétrico resulta em uma economia de aproximadamente R\$ 0,39/km quando comparando a veículos a combustão.

O cálculo do tempo de retorno do investimento (*payback*) consiste em estimar o número de anos necessários para que o valor investido no sistema fotovoltaico seja compensado pelas economias geradas na conta de energia elétrica e pelo uso de veículos elétricos.

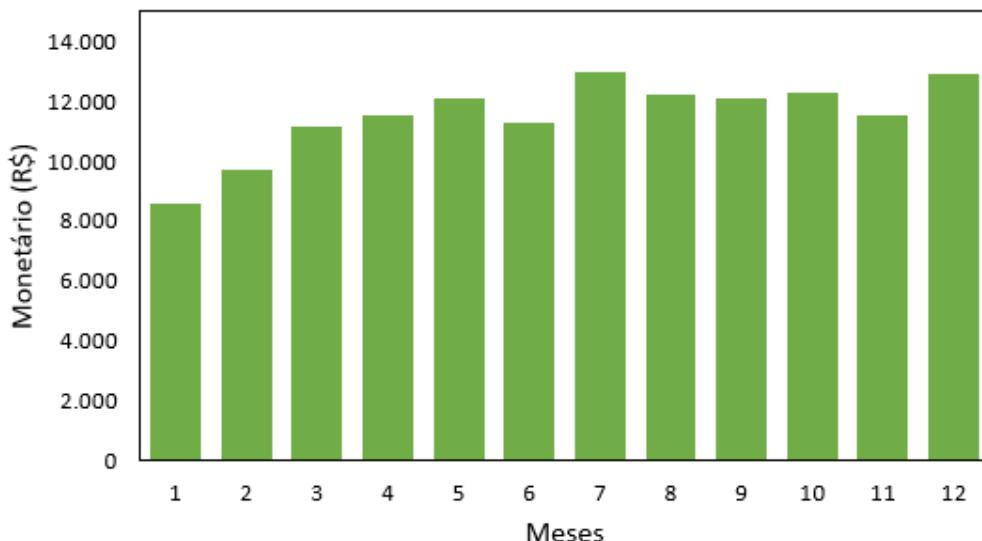
Outra fonte de renda do retorno do valor investido será a cobrança para a utilização do carregador, baseado em pesquisas geralmente é cobrado um valor para a liberação do *plug-in* do carregador que será considerado de R\$ 2,99 e cobrado por kWh consumido que será considerado de R\$ 1,99. Para o ano que é consumido 69,084 MWh, logo o ganho é de R\$ 138.568,51 por ano. Visando o investimento ao longo de 10 anos esse valor é de R\$ 1.385.685,10 e ao longo de 25 anos é de R\$ 3.464.212,75.

Sabe-se que o valor de investimento inicial para o eletroposto é de R\$ 122.103,28, e o lucro gerado por mês é de R\$ 11.547,37, assim em 11 meses o valor do investimento é totalmente pago. Assim é possível afirmar que ao fim deste período o investimento inicial é pago gerando apenas lucro efetivamente após isso, conforme é possível observar na figura 4.15.

**Figura 4.15.** Gráfico do *Payback*

**Fonte:** Autoria própria.

Ao analisar o fluxo de caixa ao longo dos 12 meses simulados, considerando a repetição dos perfis mensais, observa-se um saldo positivo médio de aproximadamente R\$ 11.000,00. Essa tendência pode ser visualizada na Figura 4.16.

**Figura 4.16.** Fluxo de Caixa para o período de 12 meses

**Fonte:** Autoria própria.

## 4.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Finalmente, o sistema proposto irá atender a população da região de Samambaia e entorno, podendo assim lucrar com o tempo de carregamento de cada veículo que utilizar o eletroposto, bem como a compensação gerada pelo sistema fotovoltaico instalado no posto. Assim, a instalação do sistema fotovoltaico no eletroposto contribui para a redução do consumo de energia da rede elétrica, mesmo com o limitante da área disponível.

Sabe-se que a compensação total da energia consumida pelo eletroposto é possível. O uso de veículos elétricos em comparação aos veículos a combustão reduz significativamente as emissões de  $CO_2$ , além de diminuir os custos operacionais com combustíveis. Apesar do investimento inicial elevado, os custos podem ser compensados em poucos meses, considerando a economia gerada ao longo do tempo e os benefícios ambientais associados.

## CAPÍTULO 5

# CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi realizar o estudo de viabilidade para um eletroposto que atende seis veículos elétricos analisando os cenários diário, mensal e anual e propondo um dimensionamento de uma usina de módulos fotovoltaicos *on-grid* para suprir a energia consumida. A partir da definição dos critérios técnicos e ambientais, pode-se definir o local de implementação do estudo, assim como os componentes que fariam parte do sistema. O local de realização do estudo foi então a região próxima ao hospital regional de Samambaia (HRSAM) localizado no Distrito Federal e os seus componentes: três carregadores duplos de 22 kW, uma usina de módulos fotovoltaicos, inversores de 40 kW e o eletroposto.

A análise dos resultados obtidos com o dimensionamento do sistema fotovoltaico demonstrou a viabilidade da implementação de uma estação de carregamento veicular com a compensação de energia solar. O sistema foi projetado considerando uma demanda energética média dos veículos elétricos que utilizariam o eletroposto, bem como a disponibilidade da radiação solar na região e espaço disponível.

Com base nos cálculos realizados, a potência gerada pelo sistema fotovoltaico, de 43.800 W<sub>p</sub>, foi estimado um investimento de R\$ 53.144,00, o que permite atender 100% da demanda dos veículos durante os períodos de maior incidência solar. No entanto, a área disponível do eletroposto é possível realizar uma expansão futuramente.

A utilização da energia solar reduz significativamente a pegada de carbono da estação, evitando a emissão de aproximadamente 2,671 toneladas de *CO<sub>2</sub>* por ano em comparação com o de fontes não renováveis. Esse benefício é fundamental para a transição da mobilidade urbana mais sustentável, alinhando-se às metas globais de redução de emissões de gases do efeito estufa e a ODS 13 - Ação contra a mudança global do clima.

A viabilidade econômica do eletroposto também foi analisada. A adoção de um sistema fotovoltaico reduz os custos operacionais a longo prazo, uma vez que a energia gerada pelo sol não possui custos variáveis. Assim, como em aproximadamente 11 meses o valor investido inicialmente de R\$ 122.103,28 será abatido gerando apenas lucros em diante, por ano o lucro será de R\$ 138.568,51.

O presente estudo reforça a importância da infraestrutura de carregamento sustentável para

veículos elétricos, destacando a viabilidade técnica e os benefícios ambientais. A crescente adoção de veículos elétricos exige soluções eficientes para suprir a demanda energética, e este trabalho contribui para a disseminação de alternativas renováveis que reduzem o impacto ambiental.

Por fim, os resultados obtidos podem servir de referência para projetos futuros de eletropostos sustentáveis, auxiliando na definição de parâmetros para o dimensionamento e otimização de sistemas fotovoltaicos aplicados à mobilidade elétrica. O estudo também evidencia a necessidade de políticas públicas e incentivos que favoreçam a expansão dessa infraestrutura, possibilitando um crescimento da frota de veículos elétricos no Brasil.

## 5.1 TRABALHOS FUTUROS

- Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico para atender 100% da demanda do eletroposto sem conexão à rede (*off-grid*);
- Estudo de viabilidade para a implementação de eletropostos ao longo de rodovias federais visando a atuação em viagens interestaduais de longo percurso;
- Armazenamento de energia e sistemas híbridos com o uso de baterias para armazenar energia solar excedente para garantir recarga noturna dos veículos elétricos;
- Modelagem e simulação do consumo energético em diferentes cenários do eletroposto em função do número de veículos e padrões de uso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABSOLAR. *Posto solar para abastecer carros elétricos é inaugurado na Capital.* 2020. Acesso em: 10 abr. 2025. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticia/posto-solar-para-abastecer-carros-eletricos-e-inaugurado-na-capital>>. Citado na página 1.
- Agência Internacional de Energia (AIE). *Produção em Massa de Baterias.* Local de Publicação: Agência Internacional de Energia (AIE), 2017. Disponível em: <<https://www.iea.org>>. Acesso em: novembro 2024. Citado na página 13.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). *Ranking da Tarifa Residencial.* 2024. Acesso em: 11 mar. 2025. Disponível em: <<https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/rankingtarifas>>. Citado 2 vezes nas páginas 68 and 70.
- Albioma. *Estação de carregamento de veículos elétricos solares autônomos na Ilha da Reunião.* 2025. Acesso em: 10 abr. 2025. Disponível em: <<https://www.albioma.com/pt/unidad/ilha-da-reuniao/estacao-de-carregamento-de-veiculos-eletricos-solares-autonomos>>. Citado na página 1.
- Battery University. *BU-903: How to Measure State of Charge.* 2024. Acesso em: novembro 2024. Disponível em: <<https://batteryuniversity.com/article/bu-903-how-to-measure-state-of-charge>>. Citado na página 13.
- BRASIL, C. *57% dos motoristas terão um carro elétrico nos próximos 10 anos.* 2025. Acesso em: 31 jan. 2025. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/auto/57-dos-motoristas-terao-um-carro-elettrico-nos-proximos-10-anos>>. Citado 2 vezes nas páginas 8 and 9.
- BRASÍLIA, A. *Pontos públicos de recarga de veículos elétricos serão reativados no DF.* 2023. Disponível em: <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2023/08/15/pontos-publicos-de-recarga-de-veiculos-eletricos-serao-reactivados-no-df>>. Citado na página 9.
- CANALVE. *Infográfico reúne dados da atual situação de eletrificados no Brasil.* 2025. Acesso em: 31 jan. 2025. Disponível em: <<https://canalve.com.br/infografico-reune-dados-da-atual-situacao-de-eletrificados-no-brasil>>. Citado na página 8.
- CASARIN, R. *BMW Brasil cria estação de recarga que utiliza energia solar e baterias.* 2021. Acesso em: 10 abr. 2025. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/noticias/tecnologia/mobilidade-eletrica/bmw-brasil-cria-estacao-de-recarga-que-utiliza-energia-solar-e-baterias>>. Citado na página 1.
- CASTRO, B. H. R. d.; BARROS, D. C.; VEIGA, S. G. d. Baterias automotivas: panorama da indústria no brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global. *BNDES Setorial, n. 37, mar. 2013, p. 443-496,* Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2013. Citado na página 13.

CAVAGLIANO, L. Análise da viabilidade técnica e econômica da substituição de veículos a combustão interna por veículos elétricos e veículos elétricos híbridos no brasil. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2021. Citado na página 7.

COMMISSION, I. E. *IEC 61215:2016 - Módulos fotovoltaicos - Requisitos de desempenho.* [S.l.]: IEC, 2016. Disponível em: <https://www.iec.ch>. Citado na página 41.

Cresesb. *Cresesb - Centro de Referência para Estudos de Energia Solar e Biomassa.* 2025. Acessado em: 7 mar. 2025. Disponível em: <<https://cresesb.cepel.br/index.php#data>>. Citado na página 39.

DEISS, E.; HÄRINGER, D.; NOVAK, P.; HAAS, O. Modeling of the charge-discharge dynamics of lithium manganese oxide electrodes for lithium-ion batteries. *Electrochimica Acta*, Elsevier, v. 46, n. 26-27, p. 4185–4196, 2001. Citado na página 15.

DEPUTADOS, C. dos. *Comissão aprova projeto que cria medidas para incentivar o uso de veículos elétricos.* 2024. Acessado em: setembro de 2024. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/1073133-comissao-aprova-projeto-que-cria-medidas-para-incentivar-o-uso-de-veiculos-eletricos>>. Citado na página 6.

EV Institute. *EV Institute - Mobilidade elétrica.* 2025. Acesso em: 31 jan. 2025. Disponível em: <<http://www.ev-institute.com/index.html>>. Citado 3 vezes nas páginas 2, 11, and 12.

FERREIRA, J.; LIMA, R.; SOUSA, A. Internal combustion engine vehicles: Technical aspects and environmental impact. *Journal of Automotive Engineering*, v. 35, n. 7, p. 567–580, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0954407019874448>>. Citado na página 6.

GADSDEN, S. A.; AL-SHABI, M.; HABIBI, S. R. Estimation strategies for the condition monitoring of a battery system in a hybrid electric vehicle. *International Scholarly Research Notices*, Wiley Online Library, v. 2011, n. 1, p. 120351, 2011. Citado na página 15.

Genyx. *Módulo Solar Risen Monocristalino 600Wp.* 2025. Acessado em: 7 mar. 2025. Disponível em: <<https://genyx.com.br/produto/modulo-solar-risen-monocristalino-600wp>>. Citado na página 40.

Google Maps. *Localização no Google Maps.* 2025. Acessado em: 7 mar. 2025. Disponível em: <[https://www.google.com.br/maps/@-15.8497549,-48.073324,184m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g\\_ep=EgoyMDI1MDMwNC4wIKXMDSoASAFAQw%3D%3D](https://www.google.com.br/maps/@-15.8497549,-48.073324,184m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDMwNC4wIKXMDSoASAFAQw%3D%3D)>. Citado 2 vezes nas páginas 38 and 40.

GROWATT. *Ficha de Dados - Inversor MAC 50-60KTL3 LV.* 2024. Acessado em: 10 mar. 2025. Disponível em: <[https://minhacasasolar.fbtsstatic.net/media/01.datasheet.mac\\_50-60ktl3\\_lv\\_ficha\\_de\\_dados\\_pt\\_202312\\_compressed\\_\(1\).pdf?v=202409261056](https://minhacasasolar.fbtsstatic.net/media/01.datasheet.mac_50-60ktl3_lv_ficha_de_dados_pt_202312_compressed_(1).pdf?v=202409261056)>. Citado na página 42.

(IPEA), I. de P. E. A. *Os desafios para consolidação dos veículos elétricos no Brasil.* 2025. Acesso em: 31 jan. 2025. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/360-os-desafios-para-consolidacao-dos-veiculos-eletricos-no-brasil>>. Citado na página 8.

- LEI nº 14.902, de 27 de junho de 2024. 2024. <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2023-2026/2024/lei/l14902.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/l14902.htm)>. Dispõe sobre [inserir breve descrição da lei, se desejado]. Citado na página 5.
- LI, J.; WANG, L.; LIU, X. Electric vehicle technology: Advances, challenges, and prospects. *Energy Reports*, v. 6, p. 123–135, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.01.008>>. Citado na página 7.
- LI, Y.; ZHANG, X.; WANG, Y.; LIU, Z. Battery state of health estimation based on incremental capacity analysis using gaussian process regression. *Heliyon*, Elsevier, v. 10, n. 4, p. e24097, 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024020978>>. Citado na página 16.
- LinkedIn Pulse. *Carros elétricos e SKF: sistema de transmissão*. 2025. Acesso em: 31 jan. 2025. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/carros-el%C3%A9tricos-e-skf-sistema-de-transmiss%C3%A3o-3o->>. Citado na página 14.
- MARTINS, J.; BRITO, F. Carros elétricos. *Publindústria, Porto, Portugal, Dez*, 2011. Citado na página 5.
- MEDINA, M. *Aparcamientos solares: la nueva tendencia de los ‘parkings’ es cubrirse con placas para impulsar la movilidad sostenible*. 2024. Acesso em: 10 abr. 2025. Disponível em: <<https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2024-09-28/aparcamientos-solares-la-nueva-tendencia-de-los-parkings-es-cubrirse-con-placas-para-impulsar-la-mov.html>>. Citado na página 1.
- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. *Fator de emissão de CO<sub>2</sub> na geração de energia elétrica no Brasil em 2023 é o menor em 12 anos*. 2024. <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/02/fator-de-emissao-de-co2-na-geracao-de-energia-eletrica-no-brasil-em-2023-e-o-menor-em-12-anos>>. Acesso em: 5 mai. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/02/fator-de-emissao-de-co2-na-geracao-de-energia-eletrica-no-brasil-em-2023-e-o-menor-em-12-anos>>. Citado na página 68.
- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). *Fator de emissão de CO<sub>2</sub> na geração de energia elétrica no Brasil em 2023 é o menor em 12 anos*. 2024. Acesso em: 04 mai. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/02/fator-de-emissao-de-co2-na-geracao-de-energia-eletrica-no-brasil-em-2023-e-o-menor-em-12-anos>>. Citado na página 43.
- MISYRIS, G. S.; DOUKAS, D. I.; PAPADOPOULOS, T. A.; LABRIDIS, D. P.; AGELIDIS, V. G. State-of-charge estimation for li-ion batteries: A more accurate hybrid approach. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, IEEE, v. 34, n. 1, p. 109–119, 2018. Citado na página 14.
- MOBILIDADE, E. *Frota global de veículos elétricos pode superar 100 milhões até 2026*. 2025. Acesso em: 31 jan. 2025. Disponível em: <<https://mobilidade.estadao.com.br/planeta-eletro/100-milhoes-veiculos-eletricos/>>. Citado na página 8.
- Mobility Open Blockchain Initiative (MOBI). *Battery State of Health: A MOBI Standard*. [S.l.], 2022. Disponível em: <<https://dlt.mobi/wp-content/uploads/2023/07/MOBI-SOH0001WP2022-Version-1.3.pdf>>. Citado na página 16.

- MURRAY, J.; WRIGHT, L. Hybrid electric vehicles: Design and control. *Journal of Electric Vehicle Technology*, v. 12, n. 4, p. 240–248, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jevt.2020.03.004>>. Citado na página 7.
- NeoCharge. *Tipo de Conector para Veículo Elétrico*. 2024. Acesso em: outubro 2024. Disponível em: <<https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carregador-carro-elettrico/tipo-conector-veiculo-elettrico?srsltid=AfmBOorCoWV8HSJCeY-t9JfXn8z-KAzOvGV8vX0KT-VEpokJM7L687wK>>. Citado na página 10.
- NOTÍCIAS, R. *Frota de carros elétricos e híbridos aumenta 787% em cinco anos no Brasil*. 2024. Acesso em: 31 jan. 2025. Disponível em: <<https://noticias.r7.com/brasilia/frota-de-carros-eletricos-e-hibridos-aumenta-787-em-cinco-anos-no-brasil-03032024/>>. Citado na página 8.
- PLUGSHARE. *Mapa de Estações de Recarga de Veículos Elétricos*. 2024. Acesso em: 30 jan. 2025. Disponível em: <<https://www.plugshare.com/>>. Citado 2 vezes nas páginas 9 and 45.
- POP, V.; BERGVELD, H. J.; NOTTEN, P.; REGTIEN, P. P. State-of-the-art of battery state-of-charge determination. *Measurement science and technology*, IOP Publishing, v. 16, n. 12, p. R93, 2005. Citado na página 14.
- PORCHERA, G. d. S. O.; LOSS, M. E. S.; MIRANDA, P. H. R. de; LEAL, É. Vantagens e barreiras à utilização de veículos elétricos. *SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA*, v. 13, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 5 and 6.
- Renovigi Energia Solar. *Renovigi apresenta estação solar para carregar veículos elétricos*. 2021. Acesso em: 10 abr. 2025. Disponível em: <<https://blog.renovigi.com.br/2021/10/18/renovigi-apresenta-estacao-solar-para-carregar-veiculos-eletricos/>>. Citado na página 2.
- REUTERS. *Hybrid, electric car sales to outpace rest of the market in Brazil by 2030, study shows*. 2024. Acesso em: 31 jan. 2025. Disponível em: <<https://www.reuters.com/business/autos-transportation/hybrid-electric-car-sales-outpace-rest-market-brazil-2030-study-shows-2024-09-27/>>. Citado na página 8.
- REUTERS. *EV car sales to top 20 million in 2025, research firm says*. 2025. Acesso em: 31 jan. 2025. Disponível em: <<https://www.reuters.com/business/autos-transportation/ev-car-sales-top-20-million-2025-research-firm-says-2025-01-28/>>. Citado na página 8.
- REVIEW, M. T. *Veículos elétricos representarão 25% das novas vendas na União Europeia até 2025*. 2025. Acesso em: 31 jan. 2025. Disponível em: <<https://mittechreview.com.br/veiculos-eletricos-2025>>. Citado na página 8.
- Revista Carro. *Carregador de carro elétrico: conheça os tipos e conectores*. 2024. Acesso em: outubro 2024. Disponível em: <<https://revistacarro.com.br/carregador-de-carro-elettrico-conheca-os-tipos-e-conectores/>>. Citado na página 9.
- SANTOS, B. A. dos; FIGUEIRA, R. G.; FLORIAN, F. Carregadores para veículos elétricos: Revisão bibliográfica. *RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218*, v. 5, n. 1, p. e516106–e516106, 2024. Citado na página 9.

TÉCNICAS, A. B. D. N. *NBR 16274:2014 - Sistemas fotovoltaicos de geração de energia elétrica - Requisitos para projetos, execução e manutenção.* [S.l.]: ABNT, 2014. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br>. Citado na página 41.

U.S. Environmental Protection Agency. *Greenhouse Gas Equivalencies Calculator - Calculations and References.* 2023. <<https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator-calculations-and-references>>. Accessed: 2024-06-04. Citado na página 43.

WEG S.A. *Estações de Recarga de Veículos Elétricos WEMOB.* 2023. Acessado em: novembro 2024. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h1c/h57/WEG-estacoes-de-recarga-de-veiculos-eletricos-WEMOB-50105757-pt.pdf>>/. WEG-estacoes-de-recarga-de-veiculos-eletricos-WEMOB-%2050105757-pt.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 20 and 21.

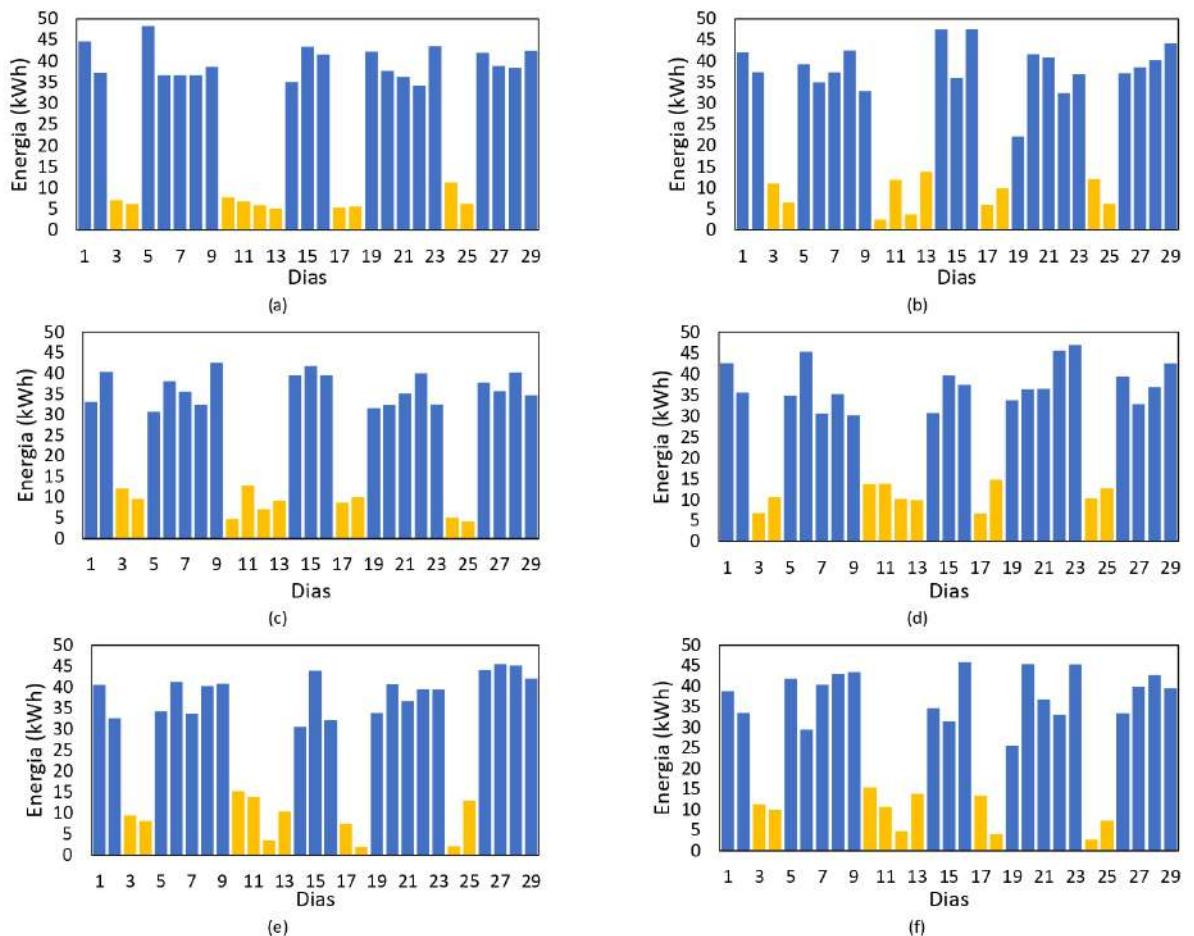
ZHANG, Q.; CHEN, X.; CAI, Y.; CAI, Y.; LIU, W.; LIAO, Q. A simple method for state of health estimation of lithium-ion batteries based on the constant voltage charging curves. *Electrochemistry*, The Electrochemical Society of Japan, v. 92, n. 7, p. 077008–077008, 2024. Citado na página 15.

## APÊNDICE A

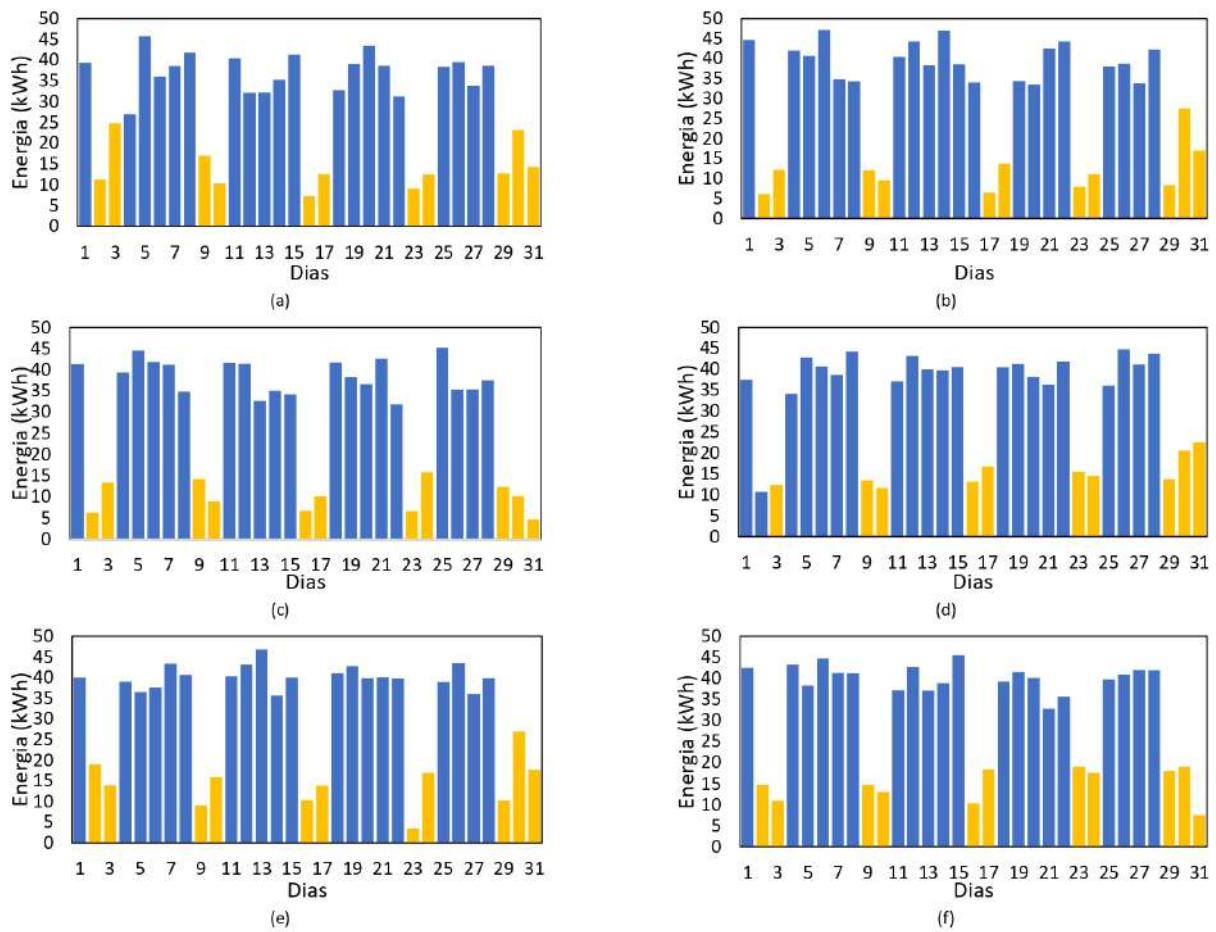
## APÊNDICE

### A.1 ENERGIA CONSUMIDA NOS CARREGADORES MENSALMENTE

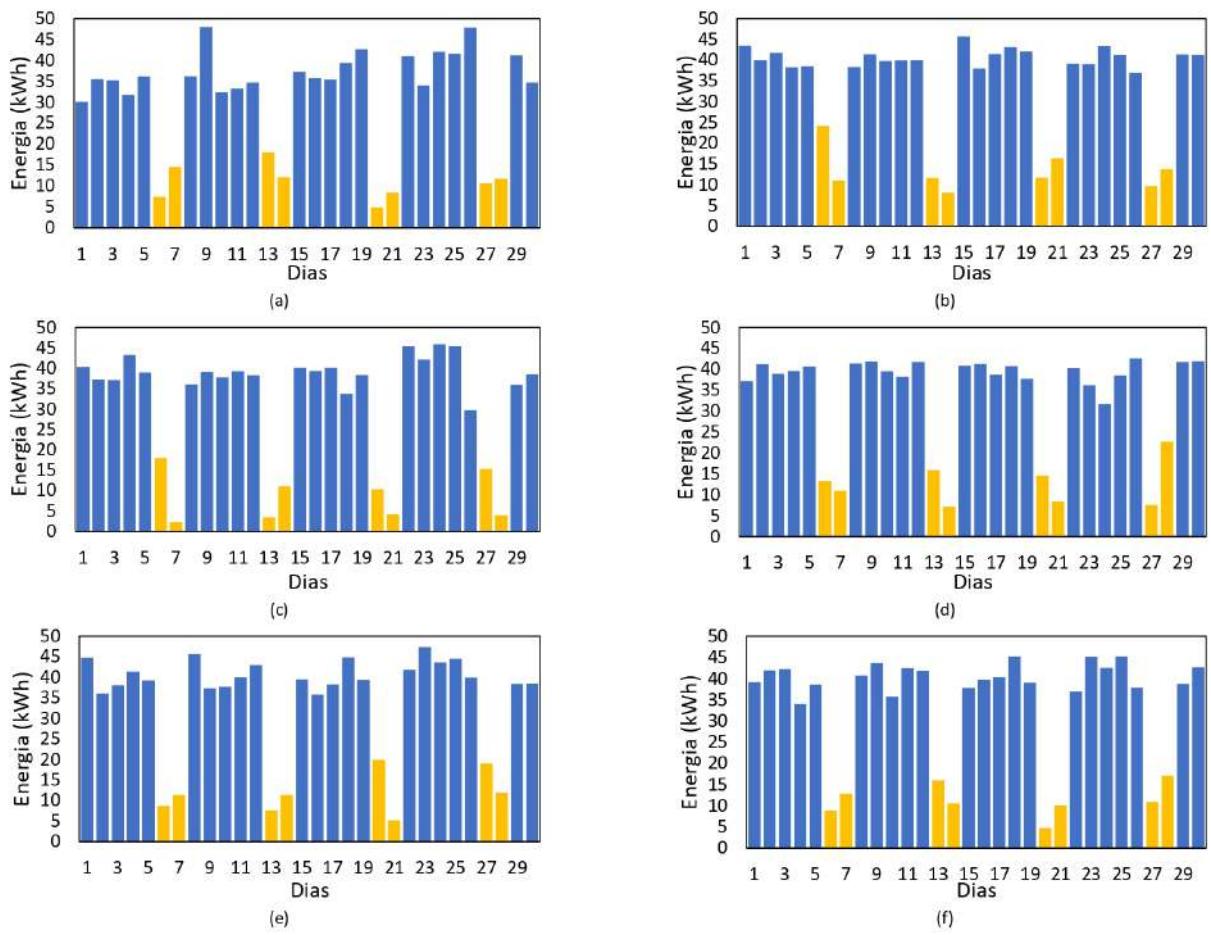
**Figura A.1.** Energia Consumida nos Carregadores - Fevereiro



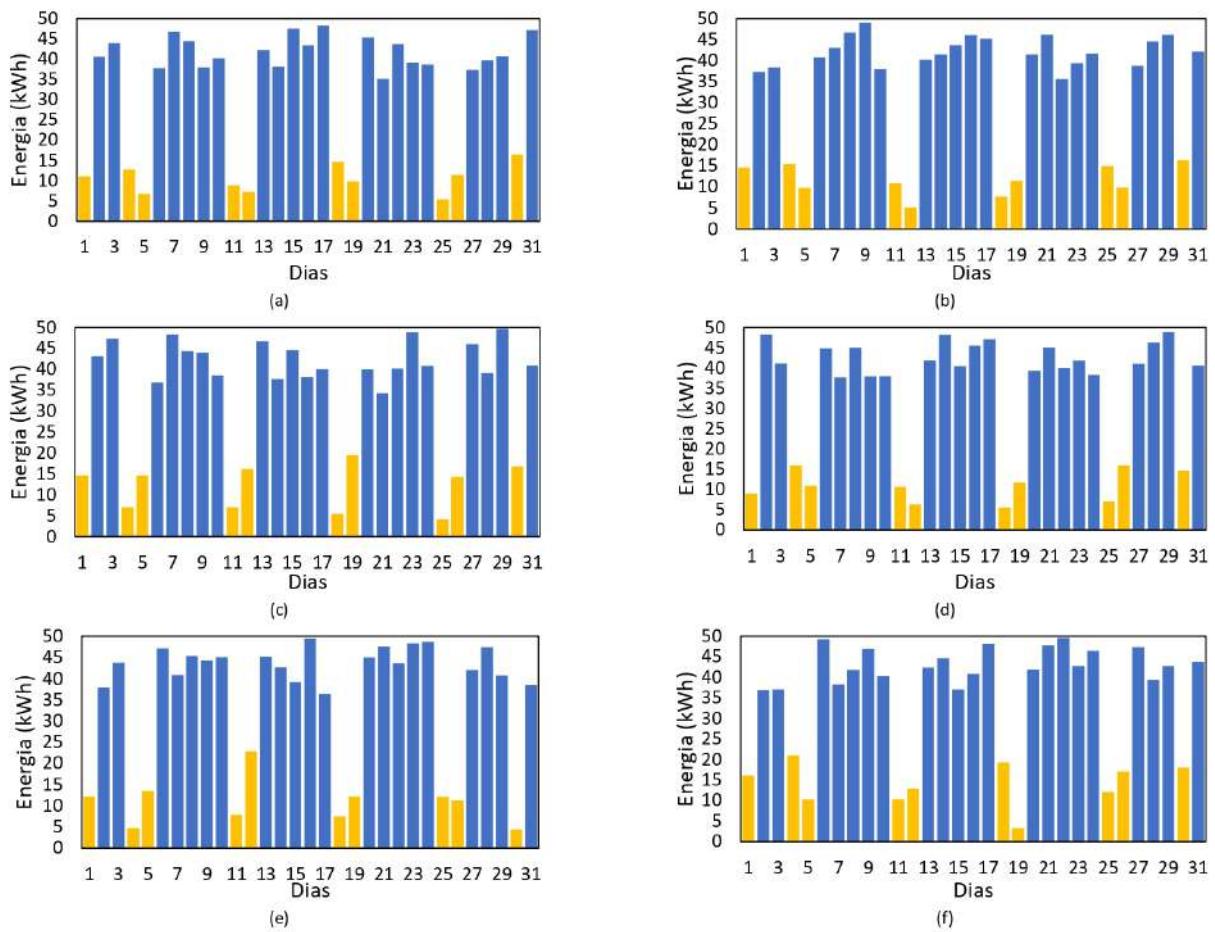
Fonte: Autoria própria.

**Figura A.2.** Energia Consumida pelos Carregadores - Março

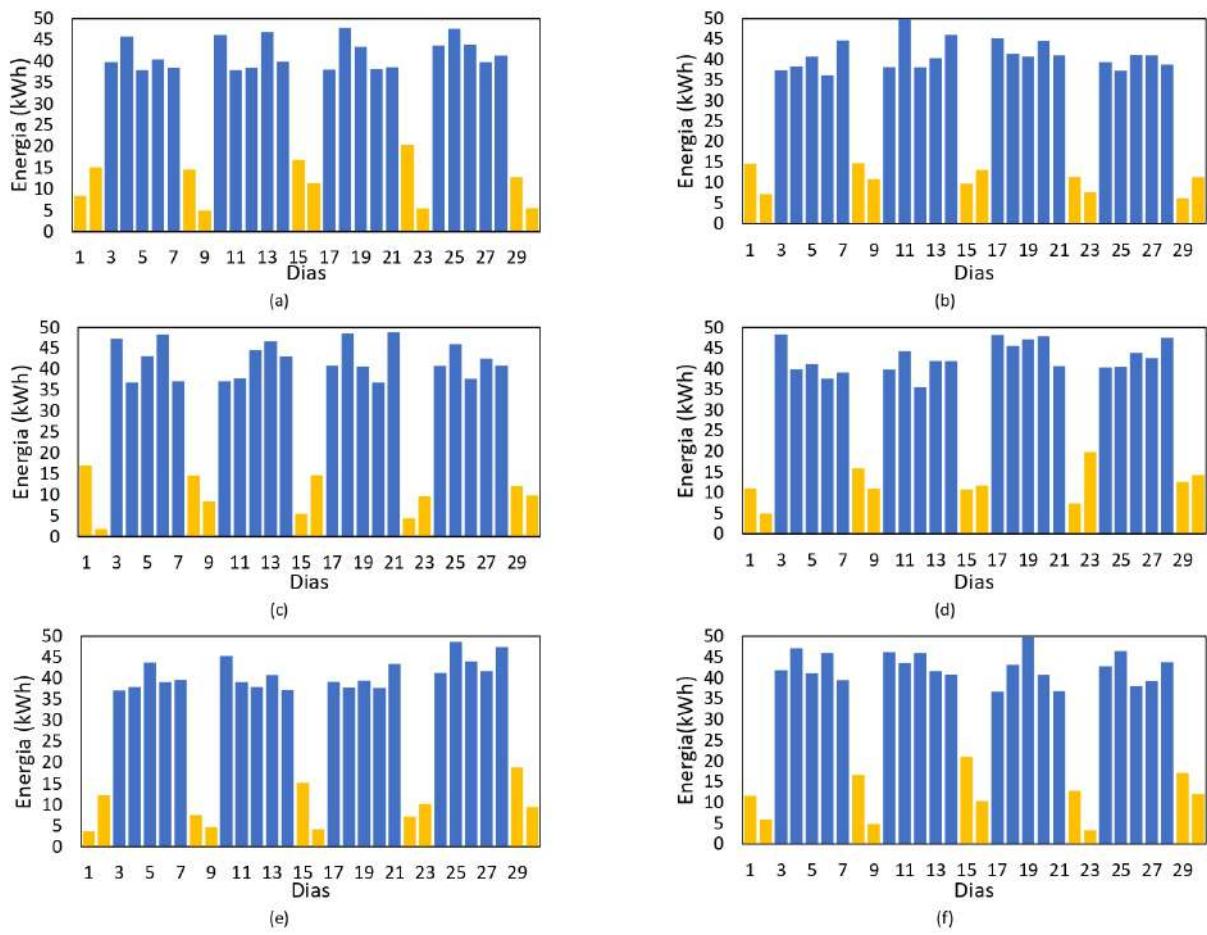
**Fonte:** Autoria própria.

**Figura A.3.** Energia Consumida pelos Carregadores - Abril

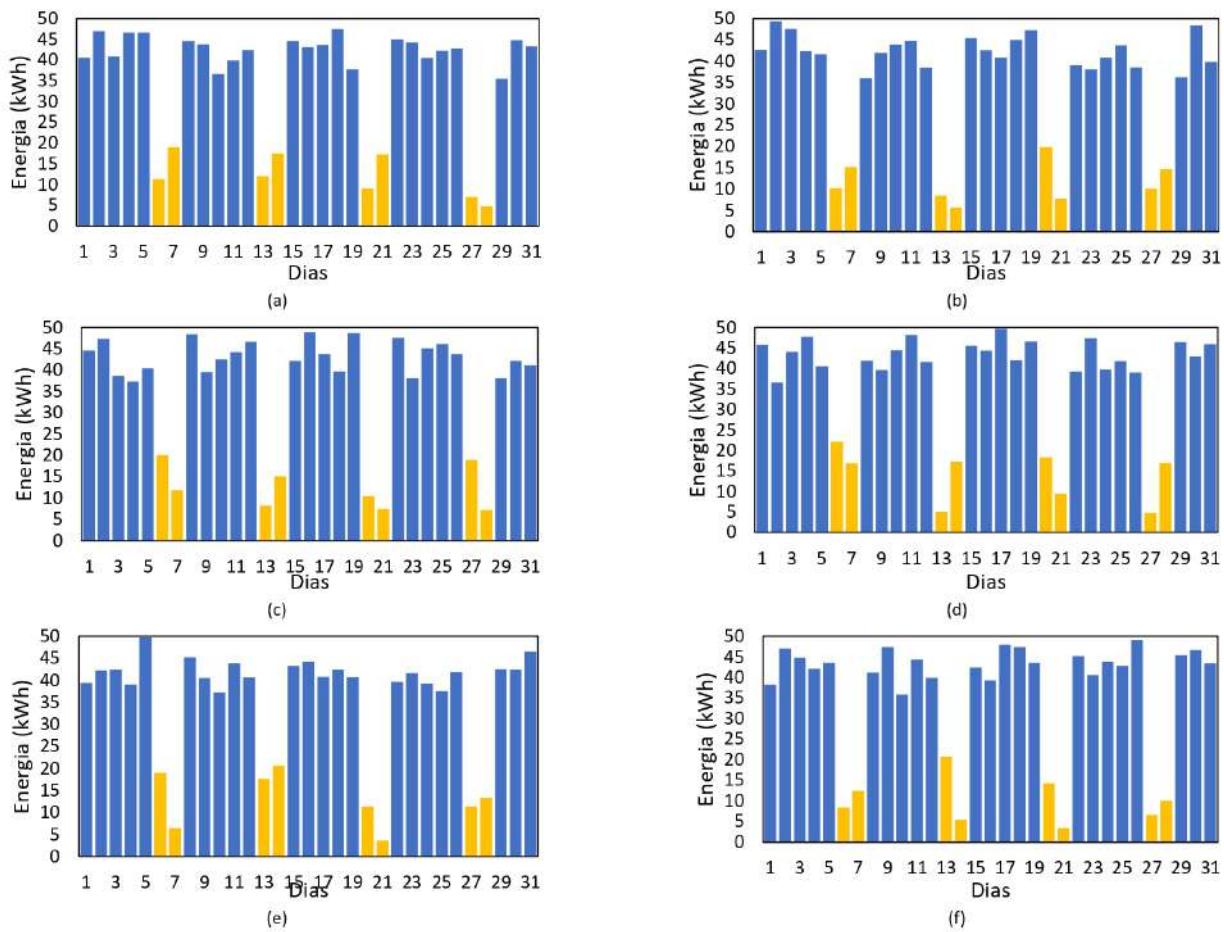
Fonte: Autoria própria.

**Figura A.4.** Energia Consumida pelos Carregadores - Maio

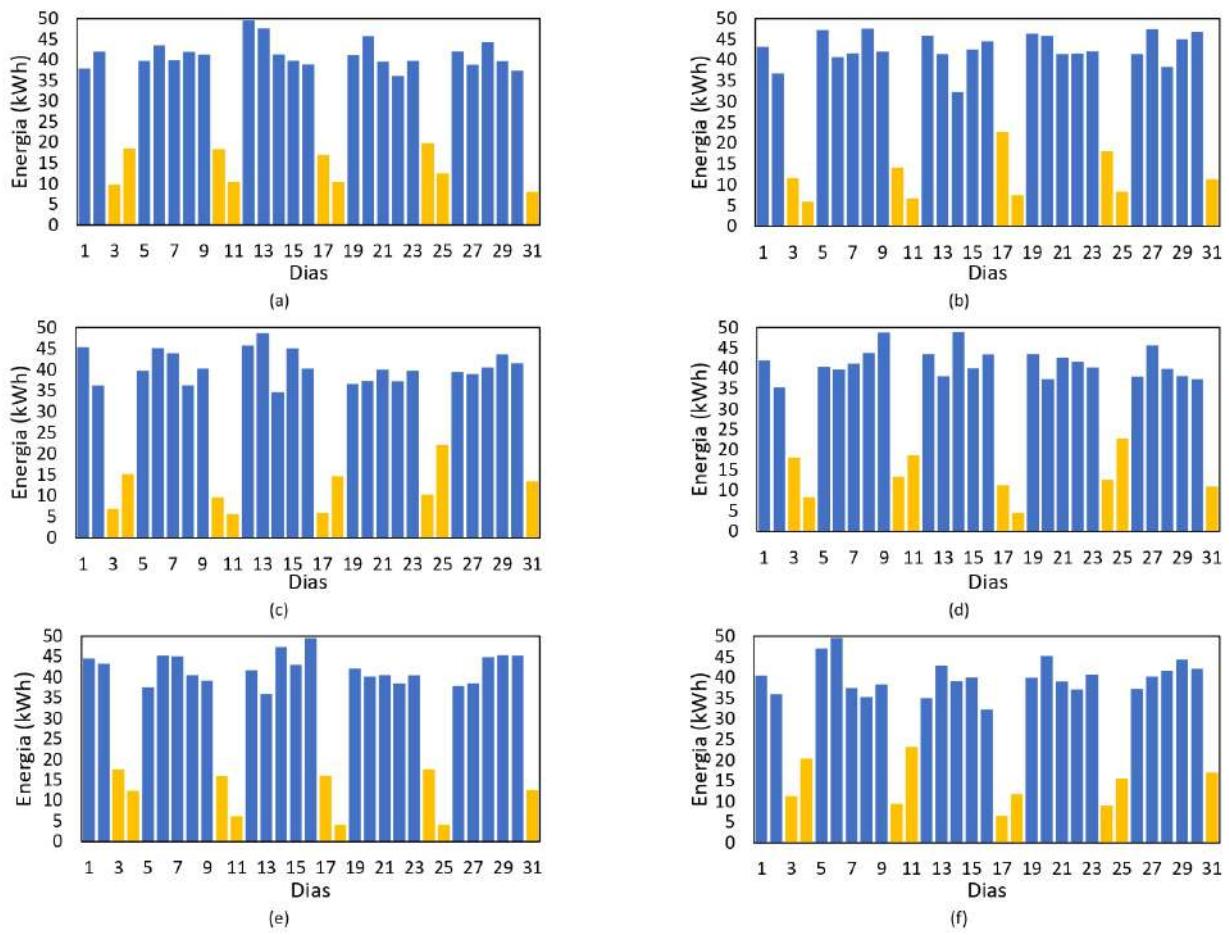
Fonte: Autoria própria.

**Figura A.5.** Energia Consumida pelos Carregadores - Junho

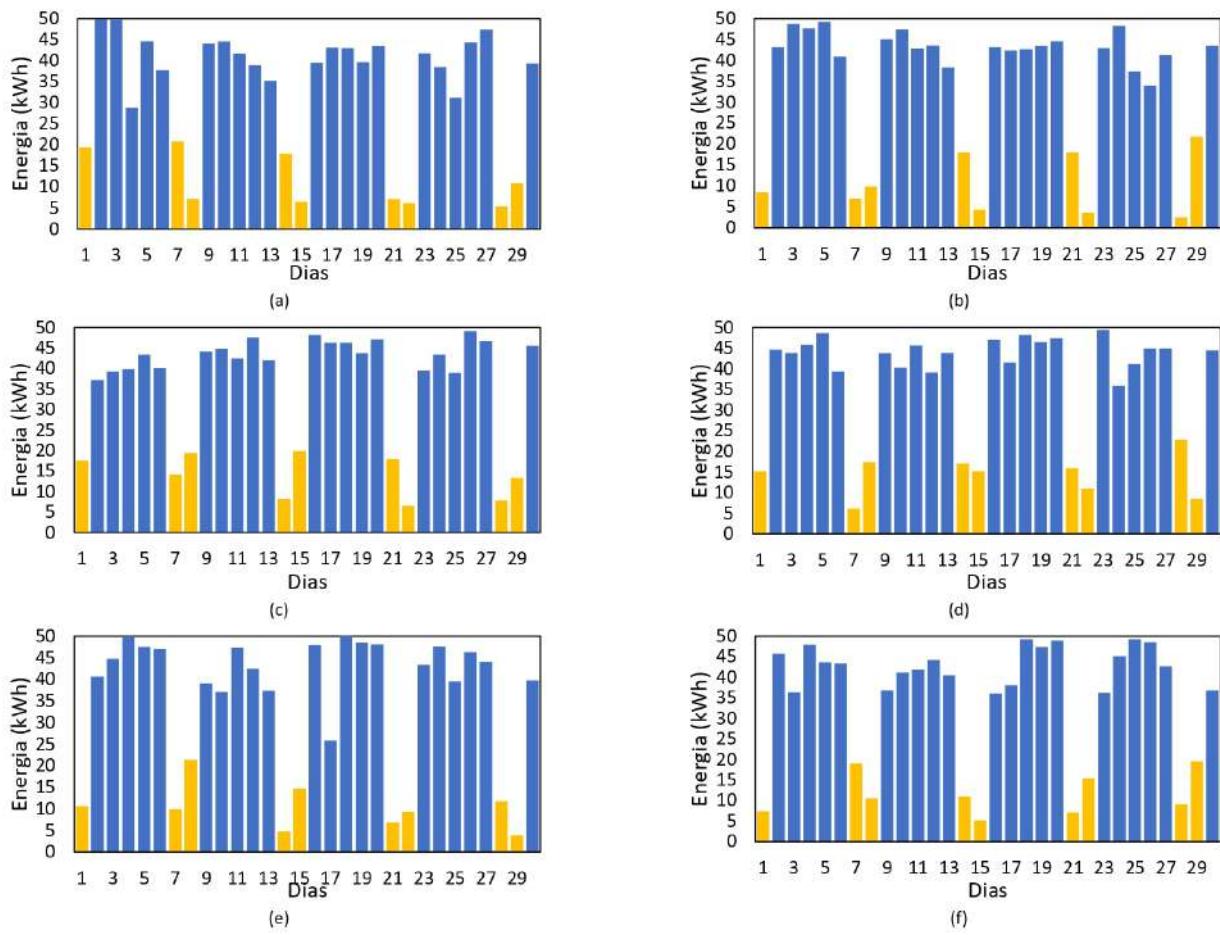
Fonte: Autoria própria.

**Figura A.6.** Energia Consumida pelos Carregadores - Julho

**Fonte:** Autoria própria.

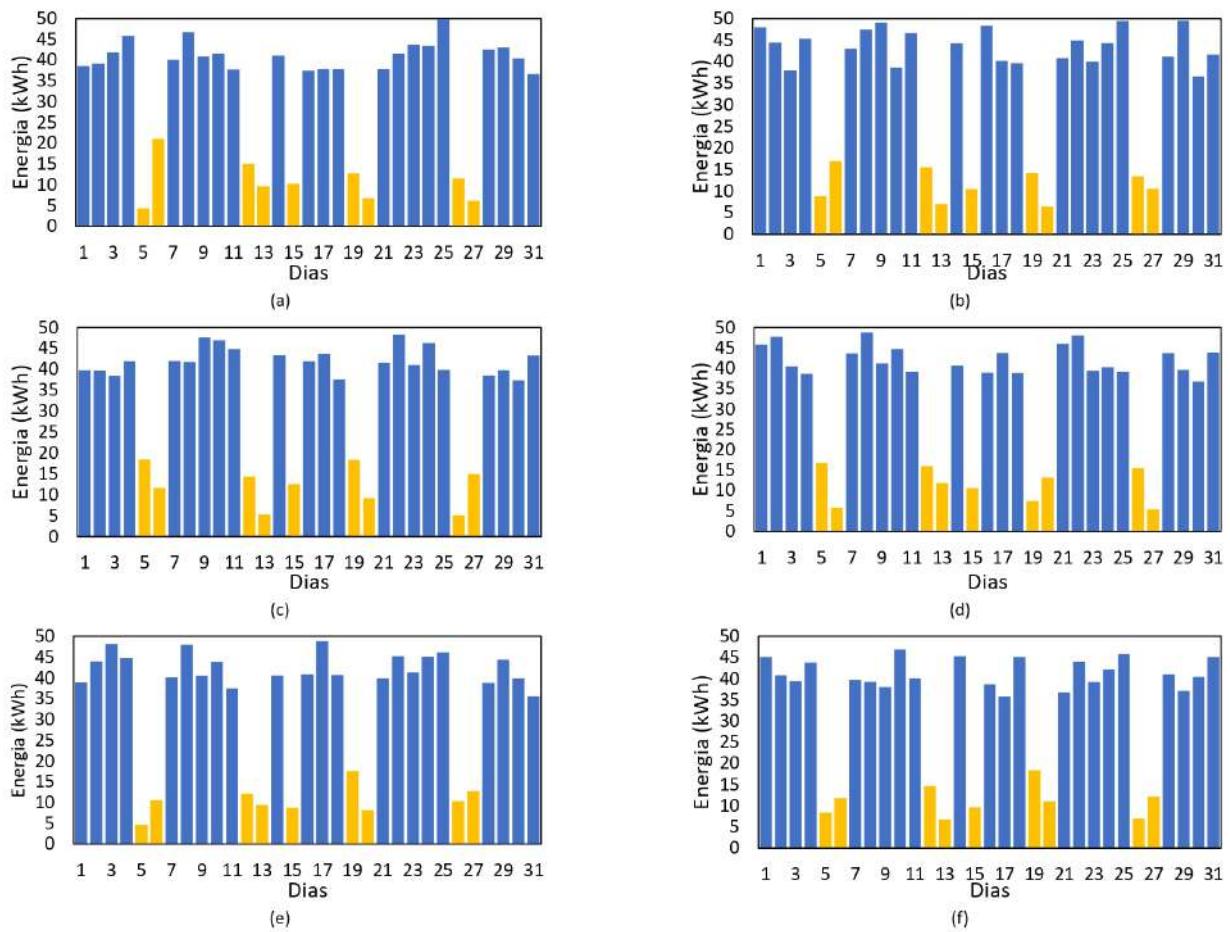
**Figura A.7.** Energia Consumida pelos Carregadores - Agosto

Fonte: Autoria própria.

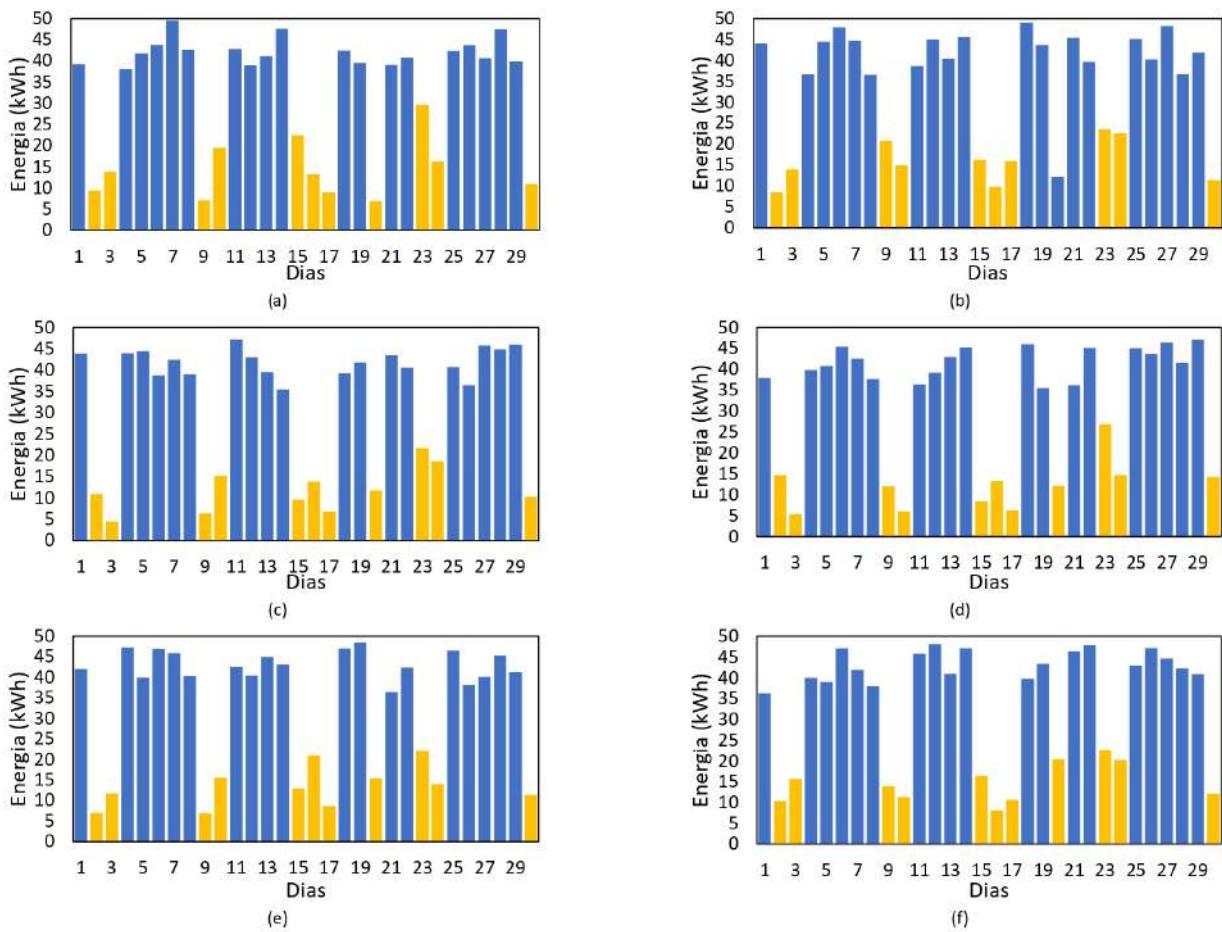
**Figura A.8.** Energia Consumida pelos Carregadores - Setembro

Fonte: Autoria própria.

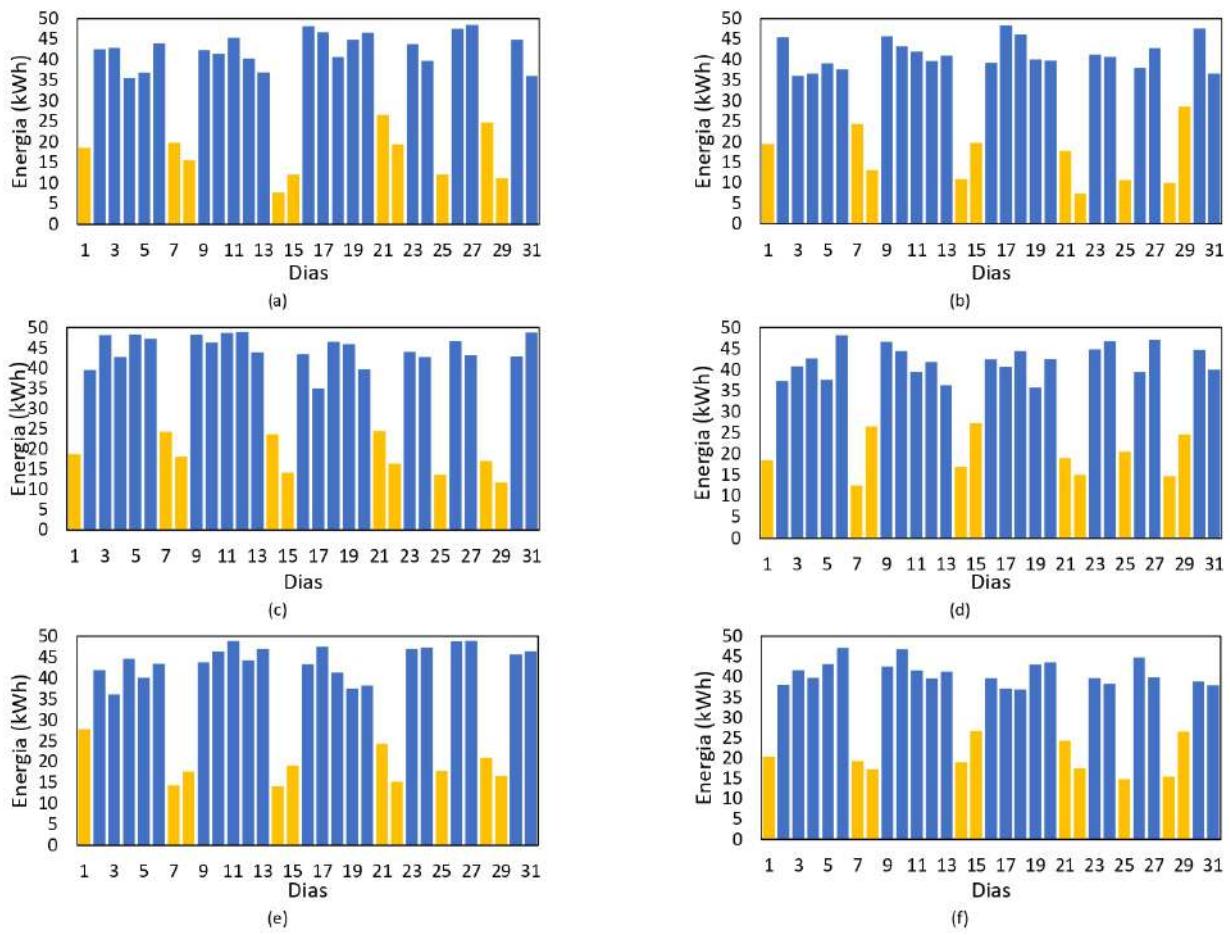
**Figura A.9.** Energia Consumida pelos Carregadores - Outubro



Fonte: Autoria própria.

**Figura A.10.** Energia Consumida pelos Carregadores - Novembro

**Fonte:** Autoria própria.

**Figura A.11.** Energia Consumida pelos Carregadores - Dezembro

**Fonte:** Autoria própria.

## A.2 TABELAS PARA A ANALISE DOS CARREGADORES AO LONGO DOS MESES EM FUNÇÃO DE CADA DIA

**Tabela A.1.** Energia consumida - Fevereiro

	Carregador 1	Carregador 2	Carregador 3	Carregador 4	Carregador 5	Carregador 6
Data	$E_{Consumida}$ (kWh)					
1	44,70	42,01	33,18	42,57	40,53	38,80
2	37,26	37,39	40,44	35,58	32,59	33,52
3	7,14	10,98	12,10	6,77	9,45	11,35
4	6,22	6,43	9,59	10,62	8,16	9,93
5	48,30	39,23	30,67	34,74	34,31	41,81
6	36,69	34,95	38,13	45,39	41,24	29,45
7	36,69	37,38	35,54	30,51	33,58	40,38
8	36,69	42,54	32,37	35,20	40,26	43,08
9	38,65	32,93	42,63	30,19	40,87	43,46
10	7,81	2,43	4,74	13,74	15,18	15,41
11	6,80	11,81	12,80	13,79	13,84	10,61
12	5,90	3,70	7,11	10,16	3,52	4,75
13	5,08	13,84	9,14	9,91	10,46	13,85
14	35,07	47,53	39,58	30,69	30,65	34,69
15	43,44	36,08	41,80	39,67	43,90	31,50
16	41,57	47,57	39,56	37,45	32,08	45,88
17	5,35	5,90	8,77	6,68	7,51	13,43
18	5,68	9,88	10,04	14,79	1,92	4,08
19	42,25	22,06	31,61	33,73	33,82	25,63
20	37,74	41,62	32,33	36,29	40,71	45,36
21	36,25	40,87	35,19	36,44	36,65	36,82
22	34,18	32,33	40,06	45,59	39,57	33,09
23	43,50	36,86	32,38	46,90	39,53	45,30
24	11,29	12,06	5,12	10,26	2,13	2,78
25	6,27	6,20	4,17	12,70	12,92	7,38
26	41,95	37,11	37,73	39,36	44,03	33,37
27	38,86	38,49	35,69	32,77	45,45	39,93
28	38,36	40,28	40,21	36,94	45,17	42,73
29	42,49	44,13	34,63	42,55	42,01	39,50
Energia Total Consumida						437,13

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela A.2.** Energia consumida pelos os carregadores - Março

	Carregador 1	Carregador 2	Carregador 3	Carregador 4	Carregador 5	Carregador 6
Data	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)
1	39,44	44,65	41,34	37,48	40,08	42,55
2	11,26	6,17	6,26	10,66	18,96	14,72
3	24,78	12,16	13,34	12,36	13,88	10,91
4	26,97	42,04	39,37	34,19	39,04	43,21
5	45,75	40,73	44,59	42,80	36,47	38,27
6	36,02	47,12	41,79	40,65	37,64	44,69
7	38,60	34,85	41,22	38,74	43,35	41,28
8	41,79	34,28	34,86	44,26	40,71	41,17
9	17,03	12,04	14,19	13,48	9,10	14,72
10	10,32	9,47	8,95	11,65	15,95	12,99
11	40,42	40,49	41,70	37,17	40,31	37,21
12	32,09	44,33	41,39	43,21	43,11	42,66
13	32,19	38,26	32,68	40,03	46,78	37,13
14	35,25	46,93	35,03	39,67	35,62	38,90
15	41,33	38,53	34,21	40,48	40,07	45,58
16	7,26	34,04	6,68	13,15	10,32	10,34
17	12,54	6,49	10,24	16,75	13,79	18,36
18	32,78	13,73	41,73	40,44	41,03	39,25
19	39,06	34,33	38,24	41,24	42,78	41,49
20	43,42	33,59	36,60	38,13	39,87	40,16
21	38,63	42,49	42,67	36,34	40,17	32,78
22	31,27	44,33	31,82	41,77	39,78	35,71
23	9,09	7,89	6,58	15,50	3,43	18,98
24	12,45	11,02	15,84	14,48	16,93	17,55
25	38,40	38,03	45,24	36,05	38,94	39,69
26	39,56	38,73	35,25	44,77	43,50	40,93
27	33,86	33,80	35,29	41,16	36,03	41,95
28	38,60	42,35	37,55	43,74	39,86	41,86
29	12,73	8,36	12,40	13,74	10,26	18,09
30	23,15	27,43	10,26	20,57	26,96	18,98
31	14,29	17,02	4,65	22,52	17,67	7,46

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela A.3.** Energia consumida pelos os carregadores - Abril

	Carregador 1	Carregador 2	Carregador 3	Carregador 4	Carregador 5	Carregador 6
Data	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)
1	30,08	43,42	40,29	37,22	44,74	39,18
2	35,56	40,03	37,19	41,23	36,02	41,86
3	35,19	41,75	37,12	38,97	38,03	42,26
4	31,79	38,25	43,20	39,56	41,35	34,03
5	36,14	38,54	38,97	40,66	39,24	38,64
6	7,40	24,21	17,94	13,32	8,73	8,81
7	14,55	10,96	2,28	10,95	11,29	12,82
8	36,21	38,35	36,04	41,39	45,68	40,71
9	48,00	41,43	39,12	41,76	37,32	43,72
10	32,36	39,78	37,73	39,52	37,69	35,78
11	33,31	40,02	39,27	38,16	40,09	42,57
12	34,70	40,04	38,31	41,69	42,98	41,77
13	17,99	11,73	3,45	15,89	7,52	15,95
14	12,08	8,15	11,01	7,16	11,29	10,57
15	37,36	45,65	40,04	40,89	39,43	37,81
16	35,88	38,00	39,31	41,25	35,80	39,70
17	35,43	41,51	40,05	38,79	38,31	40,44
18	39,44	43,20	33,78	40,77	44,80	45,25
19	42,70	42,10	38,41	37,74	39,32	39,06
20	4,85	11,77	10,25	14,59	19,88	4,80
21	8,42	16,34	4,13	8,35	5,17	10,15
22	41,12	39,14	45,32	40,20	41,84	36,94
23	34,02	39,03	42,21	36,20	47,41	45,19
24	42,03	43,36	45,89	31,66	43,67	42,58
25	41,62	41,27	45,34	38,55	44,51	45,25
26	47,93	36,99	29,71	42,63	40,02	37,92
27	10,61	9,67	15,35	7,50	18,99	10,85
28	11,76	13,82	3,95	22,70	11,81	17,09
29	41,25	41,36	35,95	41,69	38,45	38,84
30	34,70	41,25	38,58	41,86	38,54	42,68

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela A.4.** Energia consumida pelos os carregadores - Maio

	Carregador 1	Carregador 2	Carregador 3	Carregador 4	Carregador 5	Carregador 6
Data	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)
1	11,06	14,61	14,63	9,01	12,18	16,07
2	40,63	37,41	43,15	48,30	37,96	36,92
3	43,91	38,36	47,29	41,09	43,79	37,05
4	12,80	15,45	6,99	15,98	4,71	20,99
5	6,77	9,77	14,63	10,93	13,49	10,31
6	37,74	40,82	36,84	44,79	47,10	49,28
7	46,79	43,07	48,34	37,66	40,88	38,28
8	44,49	46,69	44,34	45,00	45,40	41,76
9	37,91	49,03	44,04	37,91	44,27	46,87
10	40,16	38,07	38,55	37,96	45,04	40,32
11	8,83	10,87	6,99	10,68	7,78	10,32
12	7,24	5,13	16,22	6,27	22,78	12,84
13	42,31	40,24	46,74	41,86	45,18	42,38
14	38,17	41,50	37,69	48,21	42,65	44,62
15	47,61	43,68	44,65	40,45	39,17	37,07
16	43,40	46,11	38,07	45,46	49,42	40,83
17	48,36	45,26	40,07	47,06	36,41	48,16
18	14,62	7,70	5,40	5,49	7,48	19,30
19	9,79	11,39	19,43	11,70	12,18	3,27
20	45,30	41,47	40,00	39,28	44,97	41,86
21	35,16	46,23	34,29	45,04	47,62	47,79
22	43,67	35,67	40,12	39,89	43,63	49,61
23	39,22	39,43	48,86	41,81	48,32	42,76
24	38,60	41,74	40,85	38,37	48,68	46,44
25	5,40	15,04	4,15	7,05	12,12	12,05
26	11,40	9,83	14,23	15,99	11,25	17,09
27	37,38	38,76	46,04	41,00	42,01	47,37
28	39,73	44,61	39,12	46,25	47,45	39,30
29	40,79	46,21	49,70	48,91	40,78	42,76
30	16,40	16,40	16,77	14,59	4,35	18,01
31	47,14	42,18	40,96	40,66	38,51	43,84

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela A.5.** Energia consumida pelos os carregadores - Junho

	Carregador 1	Carregador 2	Carregador 3	Carregador 4	Carregador 5	Carregador 6
Data	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)
1	8,38	14,61	17,05	10,99	3,70	11,62
2	15,07	7,26	1,78	4,92	12,18	5,91
3	39,83	37,41	47,29	48,30	37,17	41,76
4	45,73	38,36	36,84	39,87	37,96	47,06
5	37,91	40,82	43,15	41,09	43,79	41,07
6	40,41	36,22	48,35	37,66	39,12	46,02
7	38,41	44,72	37,21	39,10	39,58	39,42
8	14,62	14,77	14,62	15,98	7,48	16,66
9	4,96	10,87	8,39	10,93	4,71	4,81
10	46,21	38,16	37,21	39,83	45,40	46,17
11	37,90	50,37	37,87	44,23	39,10	43,58
12	38,43	38,09	44,65	35,58	37,93	46,03
13	46,88	40,33	46,74	41,86	40,84	41,56
14	39,88	46,11	43,10	41,81	37,31	40,83
15	16,85	9,77	5,40	10,68	15,18	20,99
16	11,40	13,11	14,70	11,70	4,11	10,31
17	38,06	45,26	40,95	48,21	39,17	36,66
18	47,91	41,47	48,48	45,46	37,87	43,08
19	43,40	40,83	40,67	47,06	39,46	49,79
20	38,22	44,61	36,83	47,88	37,75	40,79
21	38,54	41,07	48,86	40,66	43,40	36,81
22	20,41	11,39	4,47	7,39	7,10	12,84
23	5,40	7,70	9,72	19,83	10,14	3,27
24	43,65	39,43	40,85	40,24	41,25	42,76
25	47,66	37,31	46,04	40,45	48,65	46,44
26	43,91	41,09	37,75	43,91	44,07	37,95
27	39,81	41,05	42,57	42,59	41,67	39,30
28	41,35	38,76	40,96	47,55	47,45	43,84
29	12,80	6,21	12,07	12,62	18,84	17,09
30	5,46	11,37	9,85	14,32	9,40	12,05

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela A.6.** Energia consumida pelos os carregadores - Julho

	Carregador 1	Carregador 2	Carregador 3	Carregador 4	Carregador 5	Carregador 6
Data	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)
1	40,54	42,74	44,61	45,76	39,44	38,25
2	46,95	49,29	47,31	36,59	42,19	46,96
3	40,96	47,62	38,66	44,09	42,40	44,74
4	46,63	42,42	37,36	47,78	39,06	42,15
5	46,63	41,65	40,36	40,57	49,80	43,55
6	11,33	10,21	20,01	22,14	18,99	8,34
7	19,04	15,18	11,77	16,91	6,46	12,45
8	44,67	36,10	48,40	41,85	45,21	41,18
9	43,79	41,96	39,56	39,59	40,57	47,42
10	36,62	43,92	42,59	44,50	37,17	35,84
11	39,94	44,84	44,27	48,19	43,85	44,40
12	42,50	38,45	46,65	41,55	40,77	39,94
13	12,03	8,43	8,18	4,96	17,59	20,74
14	17,50	5,68	15,07	17,19	20,58	5,40
15	44,67	45,47	42,12	45,47	43,29	42,43
16	43,17	42,66	48,87	44,37	44,27	39,28
17	43,69	40,82	43,74	49,69	40,85	47,92
18	47,54	45,00	39,68	42,01	42,43	47,42
19	37,84	47,23	48,66	46,60	40,80	43,55
20	9,07	19,89	10,51	18,30	11,33	14,31
21	17,26	7,72	7,48	9,47	3,63	3,41
22	44,99	39,02	47,64	39,27	39,68	45,22
23	44,24	38,14	38,15	47,40	41,62	40,63
24	40,51	40,82	45,07	39,78	39,31	43,90
25	42,29	43,70	46,17	41,75	37,58	42,82
26	42,79	38,52	43,74	39,03	41,88	49,16
27	7,03	10,11	18,96	4,76	11,34	6,53
28	4,82	14,73	7,20	16,95	13,29	10,03
29	35,54	36,24	38,15	46,44	42,52	45,48
30	44,81	48,48	42,12	42,97	42,43	46,69
31	43,32	39,84	41,21	45,96	46,46	43,45

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela A.7.** Energia consumida pelos os carregadores - Agosto

	Carregador 1	Carregador 2	Carregador 3	Carregador 4	Carregador 5	Carregador 6
Data	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)
1	37,92	43,26	45,31	41,91	44,55	40,47
2	42,00	36,78	36,19	35,38	43,30	36,00
3	9,84	11,70	6,93	18,02	17,56	11,30
4	18,54	5,93	15,21	8,37	12,34	20,36
5	39,76	47,19	39,69	40,32	37,58	46,97
6	43,54	40,77	45,08	39,73	45,38	49,64
7	39,97	41,66	43,91	41,11	45,14	37,47
8	41,94	47,65	36,25	43,81	40,54	35,29
9	41,29	42,07	40,19	48,74	39,19	38,36
10	18,40	14,11	9,67	13,33	15,92	9,43
11	10,47	6,73	5,62	18,56	6,15	23,25
12	49,57	45,86	45,69	43,48	41,66	34,98
13	47,70	41,50	48,60	38,04	35,94	42,95
14	41,32	32,34	34,58	48,93	47,40	39,19
15	39,80	42,64	45,00	39,93	42,99	40,10
16	38,89	44,57	40,20	43,39	49,52	32,31
17	16,97	22,77	5,94	11,31	15,99	6,49
18	10,47	7,49	14,63	4,51	4,05	11,78
19	41,17	46,42	36,55	43,45	42,19	40,04
20	45,70	45,83	37,37	37,31	40,21	45,28
21	39,56	41,51	40,00	42,56	40,55	39,10
22	36,13	41,63	37,27	41,52	38,58	37,13
23	39,79	42,13	39,69	40,11	40,53	40,76
24	19,89	18,12	10,28	12,61	17,56	9,07
25	12,49	8,38	22,09	22,73	4,06	15,53
26	42,07	41,49	39,47	37,91	37,86	37,22
27	38,78	47,51	39,00	45,57	38,58	40,30
28	44,28	38,38	40,42	39,83	44,89	41,54
29	39,70	45,04	43,58	38,05	45,47	44,40
30	37,42	46,86	41,52	37,31	45,38	42,22
31	8,06	11,36	13,47	10,99	12,55	17,01

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela A.8.** Energia consumida pelos os carregadores - Setembro

	Carregador 1	Carregador 2	Carregador 3	Carregador 4	Carregador 5	Carregador 6
Data	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)
1	19,45	8,49	17,51	15,16	10,65	7,36
2	49,79	43,24	37,21	44,67	40,70	45,77
3	49,71	48,73	39,29	43,89	44,79	36,30
4	28,82	47,74	39,87	45,80	49,87	47,91
5	44,66	49,14	43,37	48,60	47,57	43,70
6	37,77	41,00	40,01	39,34	47,00	43,37
7	20,88	6,93	14,22	6,14	9,95	18,97
8	7,16	9,81	19,46	17,34	21,35	10,53
9	43,98	45,07	44,11	43,86	39,15	36,87
10	44,62	47,42	44,76	40,21	37,07	41,17
11	41,74	42,83	42,49	45,59	47,36	41,86
12	38,90	43,53	47,62	39,13	42,55	44,22
13	35,16	38,29	42,05	43,86	37,42	40,49
14	17,87	17,97	8,14	17,06	4,81	10,98
15	6,47	4,29	19,87	15,16	14,68	5,17
16	39,54	43,24	48,17	46,94	47,96	36,05
17	43,18	42,45	46,24	41,52	25,89	38,06
18	43,01	42,71	46,24	48,19	50,43	49,29
19	39,70	43,45	43,78	46,43	48,48	47,42
20	43,46	44,61	47,02	47,43	48,13	49,01
21	7,14	17,97	17,98	15,99	6,85	7,09
22	6,14	3,62	6,51	10,98	9,35	15,40
23	41,78	42,95	39,43	49,44	43,37	36,17
24	38,50	48,29	43,36	35,86	47,70	45,18
25	31,25	37,44	38,96	41,15	39,58	49,29
26	44,30	33,99	49,17	44,84	46,30	48,49
27	47,42	41,27	46,69	44,84	44,12	42,67
28	5,45	2,46	7,88	22,76	11,73	9,01
29	10,89	21,74	13,32	8,44	3,85	19,54
30	39,38	43,46	45,49	44,49	39,77	36,86

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela A.9.** Energia consumida pelos os carregadores - Outubro

	Carregador 1	Carregador 2	Carregador 3	Carregador 4	Carregador 5	Carregador 6
Data	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)
1	38,59	48,00	39,71	45,76	38,90	45,11
2	39,17	44,44	39,64	47,77	44,00	40,81
3	41,82	38,00	38,45	40,44	48,17	39,44
4	45,81	45,38	41,87	38,69	44,72	43,84
5	4,27	8,79	18,50	16,77	4,65	8,40
6	21,09	16,97	11,65	5,70	10,59	11,80
7	40,11	43,03	41,93	43,68	40,21	39,64
8	46,76	47,46	41,72	48,74	47,94	39,24
9	40,95	49,05	47,69	41,20	40,51	38,01
10	41,60	38,59	46,90	44,68	43,90	46,83
11	37,79	46,66	44,81	39,19	37,42	40,09
12	15,07	15,51	14,31	16,02	12,12	14,60
13	9,60	7,04	5,25	11,78	9,46	6,73
14	41,12	44,22	43,32	40,71	40,56	45,32
15	10,26	10,46	12,53	10,61	8,68	9,60
16	37,50	48,39	41,85	38,91	40,87	38,69
17	37,93	40,22	43,71	43,78	48,84	35,85
18	37,93	39,69	37,54	38,83	40,70	45,09
19	12,76	14,22	18,41	7,43	17,65	18,39
20	6,79	6,50	9,14	13,15	8,14	10,99
21	37,93	40,80	41,60	46,03	39,90	36,69
22	41,60	44,97	48,30	48,00	45,23	44,07
23	43,72	40,00	41,04	39,33	41,33	39,23
24	43,40	44,26	46,27	40,21	45,09	42,16
25	49,75	49,41	39,87	39,18	46,13	45,81
26	11,61	13,45	5,11	15,58	10,29	7,01
27	6,21	10,57	15,01	5,43	12,77	12,16
28	42,62	41,27	38,52	43,78	38,81	41,05
29	43,11	49,50	39,75	39,57	44,39	37,16
30	40,38	36,59	37,40	36,78	39,90	40,47
31	36,62	41,64	43,26	43,92	35,60	45,09

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela A.10.** Energia consumida pelos os carregadores - Novembro

	Carregador 1	Carregador 2	Carregador 3	Carregador 4	Carregador 5	Carregador 6
Data	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)
1	39,24	44,01	43,91	37,94	42,06	36,24
2	9,42	8,46	10,94	14,74	6,94	10,33
3	13,87	13,99	4,47	5,34	11,68	15,67
4	38,15	36,66	44,00	39,81	47,29	40,05
5	41,81	44,47	44,44	40,82	40,01	39,02
6	43,81	47,96	38,78	45,38	46,87	47,02
7	49,52	44,76	42,45	42,59	45,93	41,89
8	42,73	36,56	39,08	37,69	40,32	37,94
9	7,17	20,80	6,39	12,01	6,86	13,86
10	19,50	15,03	15,16	5,95	15,61	11,36
11	42,85	38,66	47,12	36,41	42,53	45,81
12	38,91	44,96	43,01	39,20	40,42	48,11
13	41,21	40,36	39,55	42,94	44,92	40,95
14	47,64	45,54	35,37	45,25	43,04	47,05
15	22,50	16,23	9,60	8,44	12,86	16,43
16	13,20	9,73	13,84	13,35	21,01	8,04
17	9,01	15,90	6,75	6,28	8,66	10,71
18	42,50	49,05	39,23	46,02	46,96	39,80
19	39,58	43,68	41,76	35,53	48,37	43,35
20	6,91	12,14	11,72	12,11	15,43	20,42
21	39,02	45,41	43,45	36,19	36,38	46,35
22	40,77	39,67	40,51	45,08	42,38	47,85
23	29,65	23,56	21,66	26,94	22,06	22,64
24	16,27	22,56	18,50	14,77	14,02	20,25
25	42,42	45,13	40,66	44,99	46,54	42,97
26	43,74	40,24	36,46	43,68	38,13	47,11
27	40,64	48,21	45,71	46,38	40,17	44,65
28	47,56	36,66	44,86	41,58	45,41	42,32
29	39,89	41,82	45,95	47,03	41,30	40,91
30	10,96	11,33	10,34	14,22	11,32	12,11

**Fonte:** Autoria própria.

**Tabela A.11.** Energia consumida pelos os carregadores - Dezembro

	Carregador 1	Carregador 2	Carregador 3	Carregador 4	Carregador 5	Carregador 6
Data	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)	$E_{Consumida}$ (kWh)
1	18,64	19,52	18,74	18,52	27,74	20,38
2	42,60	45,40	39,47	37,36	41,83	38,04
3	42,93	36,10	48,13	40,77	36,08	41,57
4	35,64	36,61	42,73	42,68	44,64	39,84
5	36,91	39,13	48,30	37,57	40,15	43,09
6	43,91	37,72	47,22	48,14	43,39	47,14
7	19,87	24,31	24,28	12,49	14,32	19,27
8	15,63	13,11	18,12	26,47	17,70	17,27
9	42,42	45,68	48,24	46,59	43,83	42,54
10	41,49	43,26	46,26	44,42	46,32	46,74
11	45,34	41,97	48,60	39,48	48,89	41,52
12	40,24	39,68	48,90	41,78	44,21	39,68
13	36,95	41,05	43,92	36,30	46,90	41,27
14	7,75	10,93	23,63	16,91	14,03	19,05
15	12,07	19,80	14,16	27,29	19,03	26,71
16	48,17	39,32	43,43	42,52	43,24	39,72
17	46,72	48,40	34,96	40,66	47,58	37,08
18	40,71	46,22	46,44	44,42	41,33	36,93
19	44,86	40,05	45,91	35,82	37,44	42,97
20	46,59	39,81	39,69	42,58	38,18	43,63
21	26,55	17,83	24,50	18,99	24,31	24,33
22	19,48	7,47	16,39	15,09	15,21	17,54
23	43,79	41,23	44,01	44,81	46,87	39,74
24	39,74	40,74	42,72	46,76	47,27	38,39
25	12,07	10,64	13,74	20,52	17,87	14,77
26	47,58	37,94	46,67	39,49	48,83	44,74
27	48,48	42,83	43,10	47,01	48,94	40,02
28	24,76	10,01	17,02	14,69	20,90	15,48
29	11,27	28,66	11,71	24,62	16,58	26,56
30	44,86	47,66	42,91	44,73	45,68	38,92
31	36,11	36,61	48,73	40,02	46,36	37,91

**Fonte:** Autoria própria.