



Universidade Federal de Ouro Preto
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Departamento de Engenharia Elétrica



Trabalho de Conclusão de Curso

Análise de viabilidade econômica de uma estação de recarga para carros elétricos no Brasil

Jeannie Lacerda Sales

João Monlevade, MG
2024

Jeannie Lacerda Sales

Análise de viabilidade econômica de uma estação de recarga para carros elétricos no Brasil

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica pelo Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientador: Prof. Dr. Thainan Santos Theodoro

Universidade Federal de Ouro Preto
João Monlevade
2024

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S163a Sales, Jeannie Lacerda.

Análise de viabilidade econômica de uma estação de recarga para carros elétricos no Brasil. [manuscrito] / Jeannie Lacerda Sales. - 2024. 77 f.

Orientador: Prof. Dr. Thainan Santos Theodoro.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Engenharia Elétrica .

1. Automóveis elétricos - Abastecimento de energia. 2. Energia elétrica - Consumo. 3. Estudos de viabilidade - Custo operacional. 4. Geração de energia fotovoltaica. 5. Sistemas de energia elétrica. I. Theodoro, Thainan Santos. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.5:621.31

Bibliotecário(a) Responsável: Flavia Reis - CRB6-2431



FOLHA DE APROVAÇÃO

Jeannie Lacerda Sales

Análise de viabilidade econômica de uma estação de recarga para carros elétricos no Brasil

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica

Aprovada em 01 de outubro de 2024

Membros da banca

Prof. Dr. Thainan Santos Theodoro - Departamento de Engenharia Elétrica - Ufop – Orientador
Prof. Dr. Welbert Alves Rodrigues - Departamento de Engenharia Elétrica - Ufop - Convidado
Prof. Dr. Juan Carlos Galvis Manso - Departamento de Engenharia Elétrica - Ufop - Convidado

Thainan Santos Theodoro, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 17/10/2024



Documento assinado eletronicamente por **Thainan Santos Theodoro, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/10/2024, às 20:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0799561** e o código CRC **E49B70B2**.

Agradecimentos

Expresso meu profundo agradecimento ao professor Thainan, cuja orientação foi essencial para a condução deste trabalho. Agradeço também ao professor Welbert por suas valiosas contribuições. Reconheço o papel fundamental dos professores do curso de Engenharia Elétrica, cujo conhecimento e dedicação contribuíram significativamente para minha formação acadêmica.

A todas as pessoas queridas em minha vida, que souberam lidar com minha ausência durante o processo de elaboração desta monografia, expresso minha sincera gratidão. Seu apoio e compreensão foram fundamentais para que eu pudesse dedicar-me plenamente a este trabalho acadêmico.

*"Em algum lugar, algo incrível está esperando para ser descoberto."
– Carl Sagan*

Resumo

O crescente mercado de veículos elétricos no Brasil destaca a importância de se avaliar as alternativas comerciais para seu carregamento. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar a viabilidade econômica de uma estação de recarga para carros elétricos no Brasil, na iniciativa privada. Para alcançar esse objetivo, são comparados dois cenários de aquisição de energia: o mercado cativo (tarifa convencional) e a mini-geração solar. Além disso, a taxa de vacância dos carregadores - representando o tempo em que eles permanecem ociosos - foi considerada como uma variável relevante no estudo. A estação projetada utiliza 10 carregadores de 22 kW e as métricas utilizadas para análise de viabilidade econômica foram: Período de Recuperação do Investimento (Payback), Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa) e Taxa de Mínima Atratividade (TMA). Os resultados indicam que, considerando uma TMA de 20%, a alternativa mais promissora para investimento é a estação com mini-geração solar. No cenário de energia convencional, o Payback para taxas de vacância de até 80% é inferior a um ano, o que evidencia um retorno rápido do investimento e, portanto, a viabilidade do projeto. Já no cenário de energia combinada (convencional e fotovoltaica), os resultados indicam que, para taxas de vacância de até 80%, o Payback é de até 1,24 anos. Comparativamente, o cenário de energia combinada apresenta um VPL superior ao do cenário de energia convencional, com uma diferença de 0,41 milhões de reais. Embora o investimento inicial seja maior, a economia proporcionada pela redução dos custos de energia resulta em um retorno mais elevado. Este estudo visa apoiar a tomada de decisão de profissionais do setor e incentivar pesquisas futuras, fornecendo uma base de referência para a implementação de estações de recarga de veículos elétricos.

Palavras-chave: Carros Elétricos, Carregadores, Viabilidade Econômica, Estação de recarga.

Abstract

The growing electric vehicle market in Brazil highlights the importance of evaluating commercial alternatives for their charging. In this context, the objective of this study is to analyze the economic feasibility of a privately-owned electric vehicle charging station in Brazil. To achieve this objective, two energy acquisition scenarios are compared: the captive market (conventional tariff) and solar mini-generation. Additionally, the vacancy rate of the chargers—representing the time they remain idle—was considered a relevant variable in the study. The projected station uses 10 chargers of 22 kW, and the metrics used for economic feasibility analysis were: Payback, Internal Rate of Return (IRR), Net Present Value (NPV), Annualized Net Present Value (ANPV), and Minimum Attractive Rate of Return (MARR). The results indicate that, considering a MARR of 20%, the most promising investment alternative is the station with solar mini-generation. In the conventional energy scenario, the Payback for vacancy rates of up to 80% is less than one year, indicating a quick return on investment and, therefore, the project's feasibility. In the combined energy scenario (conventional and photovoltaic), the results indicate that for vacancy rates of up to 80%, the Payback is up to 1.24 years. Comparatively, the combined energy scenario presents an NPV that is 0.47 million reais higher than that of the conventional energy scenario. Although the initial investment is higher, the savings generated by reducing energy costs result in a superior return. This study aims to support decision-making by professionals in the sector and encourage future research, providing a reference base for the implementation of electric vehicle charging stations.

Keywords: Electric Cars, Chargers, Economic viability, Charging Station.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Emplacamento dos carros elétricos em 2023.	2
Figura 2 – Tipos de carregadores.	11
Figura 3 – Etapas para estudo de viabilidade de uma estação de recarga.	21
Figura 4 – Carregador 22 kW WEG WEMOB.	25
Figura 5 – Subestação para Geração Distribuída até 300 kW.	27
Figura 6 – Exemplo de fatura da concessionária Companhia Energética do Estado de Minas Gerais Distribuição S.A (CEMIG D)	28
Figura 7 – Potência total da estação de recarga de acordo com a taxa vacância.	30
Figura 8 – Aumento do custo da energia elétrica e variação da taxa Selic nos últimos dez anos.	33
Figura 9 – Variação do VPL e Payback com a vacância.	41

Lista de tabelas

Tabela 1 – Vendas/emplacamento Veículos Eletrificados (VE's) no Brasil - 2012 a junho de 2024.	3
Tabela 2 – Tarifação sobre fio B na energia fotovoltaica injetada na rede de 2023 a 2028.	18
Tabela 3 – Levantamento dos modelos de veículos elétricos com menor custo no Brasil.	23
Tabela 4 – Custo de R\$/kW por carregador.	24
Tabela 5 – Potências máxima e mínima de carregamento da bateria.	25
Tabela 6 – Potências média dos equipamentos elétricos.	26
Tabela 7 – Valores da tarifa verde A4 da CEMIG D.	28
Tabela 8 – Investimento em usina fotovoltaica para estação de 10 carregadores 22 kW.	29
Tabela 9 – Dados para análise de viabilidade econômica para estação de 10 carregadores 22 kW com energia convencional.	31
Tabela 10 – Investimento Inicial para estação de 10 Carregadores 22 kW.	31
Tabela 11 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 90%.	31
Tabela 12 – Receita mensal para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 90%.	32
Tabela 13 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 90%.	32
Tabela 14 – VPLa e VPLa acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 90%.	34
Tabela 15 – Dados para análise de viabilidade econômica para estação de 10 carregadores 22 kW com energia fotovoltaica	35
Tabela 16 – Investimento Inicial para estação de 10 Carregadores 22 kW- Energia Fotovoltaica.	35
Tabela 17 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 90%.	35
Tabela 18 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 90%.	36
Tabela 19 – VPLa e VPLa acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 90%.	37
Tabela 20 – Cenário 1 - Avaliação dos valores de taxa de vacância para estação com energia convencional	39

Tabela 21 – Avaliação dos valores de taxa de vacância para estação com fornecimento combinado convencional e fotovoltaica.	39
Tabela 22 – Dados de Vacância, Carros Atendidos por dia, Payback e VPL.	40
Tabela 23 – Energia Convencional: variáveis por carregador mensalmente.	41
Tabela 24 – Energia combinada Convencional e Fotovoltaica: variáveis por carregador mensalmente.	42
Tabela 25 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.	49
Tabela 26 – Receitas mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.	49
Tabela 27 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.	50
Tabela 28 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.	50
Tabela 29 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.	50
Tabela 30 – Receitas mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.	51
Tabela 31 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.	51
Tabela 32 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.	51
Tabela 33 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%.	52
Tabela 34 – Receitas mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%.	52
Tabela 35 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%.	52
Tabela 36 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%.	53
Tabela 37 – Custos mensais para para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.	53
Tabela 38 – Receitas mensais para para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.	53
Tabela 39 – Fluxo de Caixa para para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.	54
Tabela 40 – VPLa e VPLa Acumulado para para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.	54

Tabela 41 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.	55
Tabela 42 – Receitas mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.	55
Tabela 43 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.	55
Tabela 44 – VPLa e VPLa Acumulado para para estação de 10 Carregadores 22 kW estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.	56
Tabela 45 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.	57
Tabela 46 – Receita mensal para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.	57
Tabela 47 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.	58
Tabela 48 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.	58
Tabela 49 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.	59
Tabela 50 – Receita mensal para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.	59
Tabela 51 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.	59
Tabela 52 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.	60
Tabela 53 – Custos mensais para Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de de 60%.	60
Tabela 54 – Receita mensal para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%.	60
Tabela 55 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%.	61
Tabela 56 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%.	61
Tabela 57 – Custos mensais para para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%	62
Tabela 58 – Receita mensal para para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.	62
Tabela 59 – Fluxo de Caixa para para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.	62

Tabela 60 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.	63
Tabela 61 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.	63
Tabela 62 – Receita mensal para Vacância de 80%.	63
Tabela 63 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.	64
Tabela 64 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.	64

Lista de Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABVE	Associação Brasileira do Veículo Elétrico
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BACEN	Banco Central
BEV	Elétrico 100 % à bateria
CA	corrente alternada
CAE	Comissão de Assuntos Econômicos
CAUE	Custo Anual Uniforme Equivalente
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CEMIG	Companhia Energética do Estado de Minas Gerais
CEMIG D	Companhia Energética do Estado de Minas Gerais Distribuição S.A
CC	corrente contínua
CCS	Combined Charging System
CHAdEMO	Charge deMove
FC	Fluxo de caixa
IBC	Índice Benefício/Custo
IL	Índice de Lucratividade
HEV	Veículo Elétrico Híbrido,
HEVFlex	Veículo Elétrico Híbrido Flex
HFP	Horário Fora de Ponta
HP	Horário de Ponta
MOVER	Programa Mobilidade Verde e Inovação
NBRIEC	Norma Brasileira desenvolvida na Comissão Eletrotécnica Internacional
NR	Norma Resolutiva

ND	Norma de Distribuição
Payback	Período de Recuperação do Investimento
PHEV	Veículo Elétrico Híbrido Plug-in
PLs	projetos de lei
PL	projeto de lei
ProGD	Programa de Desenvolvimento da Geração Dis- tribuída de Energia Elétrica
REN	Resolução Normativa
RENs	Resoluções Normativas
ROIA	Retorno Adicional sobre o Investimento
SUV	Sport Utility Vehicle
TIR	Taxa Interna de Retorno
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TMA	Taxa de Mínima Atratividade
VAL	Valor Atualizado Líquido
VPL	Valor Presente Líquido
VPLa	Valor Presente Líquido Anualizado
VE	Veículo Elétrico
VE's	Veículos Eletrificados

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Considerações iniciais	1
1.2	Problema de pesquisa	3
1.3	Estado da arte	4
1.4	Objetivos	7
1.4.1	Objetivo geral	7
1.4.2	Objetivos específicos	7
1.5	Justificativa	7
1.6	Estrutura do Trabalho	8
2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS	9
2.1	Carros Elétricos	9
2.1.1	Impacto ambiental	9
2.1.2	Carregadores	10
2.1.3	Eletropostos	12
2.1.4	Legislação	13
2.2	Comercialização de Energia	15
2.2.1	Energia cativa	15
2.2.2	Energia livre	16
2.2.3	Energia fotovoltaica	17
2.3	Considerações parciais	19
3	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA	20
3.1	Considerações iniciais	20
3.2	Análise das Normativas Vigentes	22
3.3	Análise do Mercado de Veículos Elétricos	23
3.4	Potência do carregador	24
3.5	Localização e serviços auxiliares	25
3.6	Fornecimento de energia elétrica	27
3.6.1	Energia Convencional	27
3.6.2	Energia Fotovoltaica	28
3.7	Determinação das métricas de viabilidade financeira	28
3.7.1	Viabilidade com fornecimento de energia convencional	30
3.7.2	Viabilidade com fornecimento de energia convencional/fotovoltaica	34
3.8	Considerações parciais	37

4	RESULTADOS	38
4.1	Considerações Iniciais	38
4.2	Cenário 1: Energia da concessionária	38
4.3	Cenário 2: Fornecimento combinado convencional e fotovoltaica	39
4.4	Discussão dos resultados	40
4.5	Considerações parciais	42
5	CONCLUSÃO	43

APÊNDICES 45

	APÊNDICE A – ANÁLISE ECONÔMICA	46
A.1	Introdução	46
A.2	Índice de Lucratividade (IL)	47
A.3	Período de recuperação (Payback)	47
A.4	Valor Presente Líquido (VPL)	48
A.5	Valor Presente Líquido anualizado(VPLa)	48
A.6	Taxa Interna de Retorno (TIR)	48

APÊNDICE B – TABELAS DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA - ENERGIA CONVENCIONAL 49

B.1	Introdução	49
B.2	Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%	49
B.3	Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%	50
B.4	Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%	51
B.5	Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.	52
B.6	Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.	55

APÊNDICE C – TABELAS DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA - ENERGIA COMBINADA CONVENCIONAL E FOTOVOLTAICA 57

C.1	Introdução	57
C.2	Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%	57
C.3	Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%	59
C.4	Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%	60
C.5	Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.	62
C.6	Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.	63

APÊNDICE D – APÊNDICE 65

D.1	Planilhas para cálculo de viabilidade econômica	65
-----	---	----

	ANEXOS	66
	ANEXO A – MODELO DE CARREGADOR DA ESTAÇÃO DE RECARGA	
	RECARGA	68
A.1	Carregador WEG WEMOB 22 kWh	68
	ANEXO B – SISTEMA FOTOVOLTAICO	70
B.1	Módulo Solar Trina 575 W	70
B.2	Inversor Growatt 60 kW	72
	ANEXO C – FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA	73
C.1	Fatura de energia elétrica	73
	REFERÊNCIAS	74

1 Introdução

1.1 Considerações iniciais

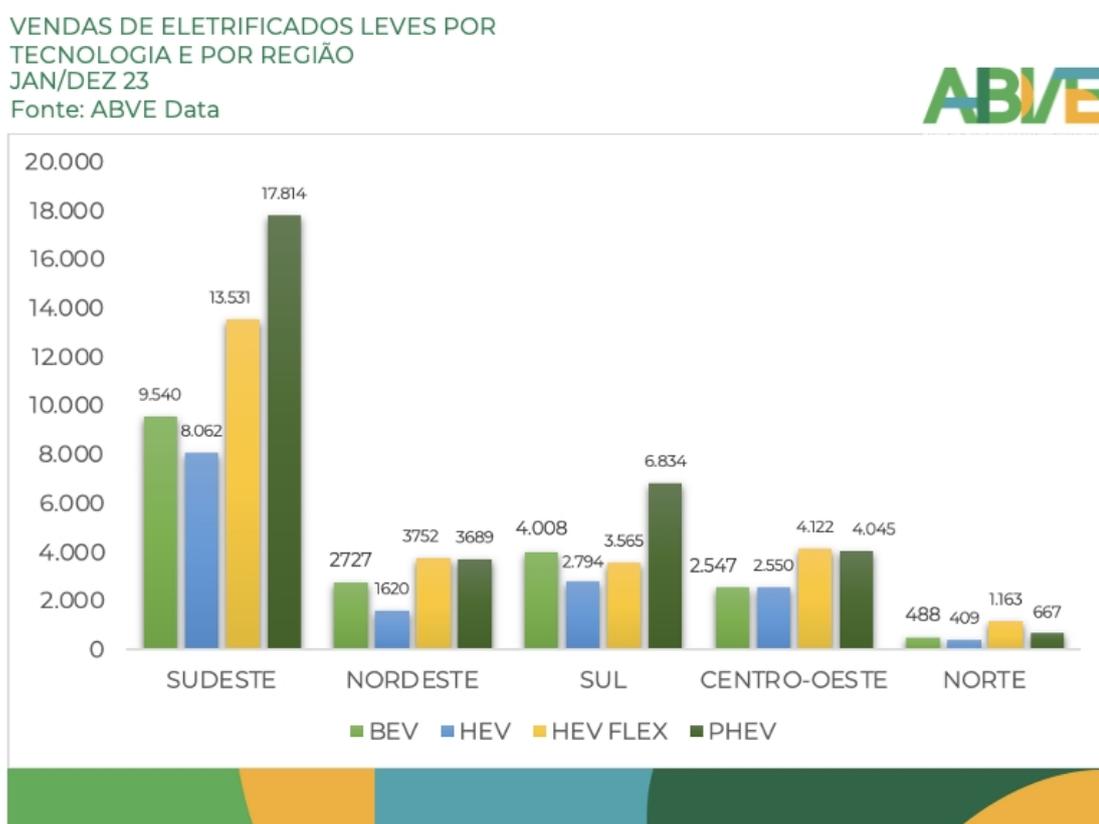
Os carros elétricos estão se tornando cada vez mais importantes, principalmente pela preocupação com o meio ambiente e a necessidade de reduzir a emissão de gases poluentes. Esses veículos não liberam poluentes diretamente e, por isso, ajudam a melhorar a qualidade do ar nas cidades e a diminuir o impacto ambiental. Além disso, o uso de carros elétricos está impulsionando o desenvolvimento de estações de recarga e o uso de energias renováveis. Com maior autonomia e mais pontos de recarga disponíveis, eles estão mudando a forma como nos deslocamos, trazendo benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a nossa qualidade de vida (MUTARRAF et al., 2022).

A existência de estações de recarga confiáveis e acessíveis ajudam a eliminar a ansiedade da autonomia e incentivar ainda mais a adoção em larga escala de carros elétricos. Além disso, as estações de recarga podem impulsionar o desenvolvimento econômico local, criando empregos na instalação, operação e manutenção dessas infraestruturas. A relevância das estações de recarga de carros elétricos está intrinsecamente ligada à promoção da sustentabilidade, redução das emissões de gases de efeito estufa e construção de um futuro com transporte mais limpo e eficiente. Estações de carregamento em casa são possíveis, porém podem ser onerosas ao proprietário e a rede de energia pode não fornecer a potência necessária para um carregamento adequado.

O incentivo ao uso de carros elétricos tem se tornado uma prioridade tanto no Brasil quanto no mundo, impulsionado pela busca por soluções de mobilidade sustentável. Em nível global, as estatísticas demonstram um crescimento significativo nesse setor. De acordo com dados da IEA (2023), o número de carros elétricos em circulação ultrapassou a marca de 10,2 milhões em 2022. Na China, líder mundial nesse segmento, mais de 5,9 milhões de carros elétricos foram vendidos até o final de 2022. Em países como Estados Unidos (UBER, 2023b) e Portugal (UBER, 2023a) a Uber criou um incentivo financeiro para transição de frota de carros de aplicativo a combustão para elétricos. O programa oferece vantagens tanto para o passageiro, que tem mais conforto devido ao veículo elétrico ser mais silencioso em relação ao de combustão, quanto aos motoristas, a remuneração para direção de veículos elétricos é um pouco maior e eles também têm descontos para recarregar os carros elétricos. No Brasil, apesar de ainda representar uma fatia pequena do mercado automobilístico, as estatísticas mostram um aumento gradual na adoção de veículos elétricos. Segundo a ABVE (2024), em 2024, até o mês de junho, foram emplacados cerca de 79.304 carros elétricos e híbridos plug-in no país. Esse número reflete o interesse crescente dos consumidores, conforme mostra a Tabela 1, e a conscientização sobre os

benefícios ambientais e econômicos dos carros elétricos, além dos incentivos governamentais, como redução de impostos e isenção de pedágios. Essas estatísticas indicam um futuro promissor para a mobilidade elétrica, tanto no Brasil quanto em todo o mundo. A Figura 1 mostra a venda de VE's em cada região do Brasil no ano de 2023. Existem 5 tipos de VE's comercializados no Brasil: Veículo Elétrico Híbrido (HEV), Veículo Elétrico Híbrido Flex (HEVFlex), Elétrico 100 % à bateria (BEV) e Veículo Elétrico Híbrido Plug-in (PHEV). O carro que mais se destaca nas vendas nas regiões Nordeste, Sul, Sudeste e Centro-Oeste é o PHEV. Já na região Norte se destaca o HEVFlex. A região Sudeste concentra o maior número de vendas de VE's.

Figura 1 – Emplacamento dos carros elétricos em 2023.



Fonte: Retirado de ABVE (2024).

A Tabela 1 mostra o aumento das vendas ao decorrer dos anos de 2012 até junho de 2024. No ano de 2012, houve apenas 117 emplacamentos, agora em 2023 já foram 93.927, um aumento de 80.279,5% aproximadamente. E em 2024, 79.304 veículos já foram emplacados até junho, sendo que essa quantidade representa 84,5% das vendas de 2023.

Tabela 1 – Vendas/emplacamento VE's no Brasil - 2012 a junho de 2024.

Ano	Quantidade
2012	117
2013	491
2014	855
2015	846
2016	1.091
2017	3.296
2018	3.970
2019	11.858
2020	19.745
2021	34.990
2022	49.245
2023	93.927
2024(junho)	79.304

Fonte: Adaptado de ABVE (2024).

Para realizar qualquer investimento, previamente é interessante estudar sua viabilidade econômica. Nesse sentido, é considerável realizar uma análise aprofundada sobre diversos aspectos, como os diferentes tipos de modelos de carregadores disponíveis no mercado. A escolha do modelo de carregador mais adequado para uma estação de recarga de carros elétricos pode impactar diretamente os custos de instalação, operação e manutenção. Além disso, é necessário considerar as diversas categorias de comercialização de energia elétrica disponíveis no mercado, como contratos de fornecimento de energia em horários de baixo custo ou a possibilidade de geração própria por meio de painéis solares. Essas escolhas podem influenciar significativamente os gastos com eletricidade ao longo do tempo. Ao considerar esses fatores, será possível tomar decisões embasadas e calcular o retorno do investimento de maneira mais precisa. Em última análise, este estudo aprofundado é o escopo deste trabalho, visando fornecer uma análise completa sobre a viabilidade econômica das estações de recarga de carros elétricos.

1.2 Problema de pesquisa

Com o aumento da demanda por veículos elétricos e a transição para uma mobilidade mais sustentável, a necessidade de uma infraestrutura adequada torna-se evidente, sendo as estações de recarga um elemento necessário. Além disso, é necessário ampliar o número de estações de recarga privadas, que se assemelham aos postos de combustíveis convencionais tanto em termos de tamanho quanto na quantidade de bombas, considerando que os carregadores do tipo totem possuem dimensões comparáveis às bombas de combustíveis tradicionais. Para estabelecer essas estações, é importante analisar fatores como o custo de instalação e operação, a quantidade de veículos elétricos disponíveis no mercado brasileiro,

o preço da energia, as políticas de incentivo governamentais e a demanda por recargas. Este trabalho, portanto, busca avaliar a viabilidade de investir em estações de recarga privadas para carros elétricos, considerando uma possível política futura que incentive a transição de frotas de carros de aplicativos movidos a combustão para elétricos no Brasil.

1.3 Estado da arte

O trabalho de Zanella (2022) realizou uma investigação sobre a viabilidade econômica de uma estação de recarga que utilizasse diferentes tipos de carregadores, variando de 7,5 kW a 150 kW. Como fonte principal de energia, foi considerada uma usina fotovoltaica com capacidade instalada de 150 kW. Utilizaram-se ferramentas de análise de viabilidade econômica, incluindo a Taxa de Mínima Atratividade (TMA), o Valor Presente Líquido (VPL), o Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa), o Índice Benefício/Custo (IBC), o Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Período de Recuperação do Investimento (Payback). O autor chegou à conclusão de que somente a estação de carregamento com um carregador de 22 kW seria viável, conjunto que atende a grande maioria dos veículos citados no estudo, devido a potência máxima de carregamento ser abaixo de 60 kW. No entanto, vale ressaltar que apenas a energia fotovoltaica foi considerada nessa análise, o que resultaria em um investimento inicial significativo, tornando o empreendimento inviável. Além disso, a precificação da energia foi estabelecida com uma margem de lucro de apenas 30% em relação à tarifa de energia, sem uma justificativa aparente para essa escolha. Nesse contexto, o valor da margem de lucro não foi estudado de forma aprofundada. É importante mencionar que outros fatores podem influenciar a viabilidade econômica de uma estação de recarga, como os custos de instalação, manutenção e operação, além da demanda esperada e os preços de mercado. Portanto, uma análise mais abrangente, considerando todos esses elementos, seria necessária para uma avaliação mais precisa da viabilidade do empreendimento.

Já Azevedo (2018) em seu estudo realizado por meio de análise bibliográfica, identificou as possíveis causas da dificuldade de crescimento da frota de veículos elétricos, bem como alternativas energéticas para garantir um futuro sustentável e humano. Foi realizado um comparativo entre os carros da marca Renault®, especificamente o modelo elétrico (Zoe®) e o modelo a combustão (Sandero®), utilizando dados provenientes de outro estudo. Nesse comparativo, foram descritos os custos de manutenção, preço de compra, quilômetros rodados, entre outros fatores relevantes. O custo por quilômetro rodado considerou tanto o custo de energia quanto o de manutenção do veículo, sendo estabelecido em R\$ 0,13 para o carro elétrico e R\$ 0,33 para o carro a combustão. No entanto, não houve um aprofundamento maior nesse comparativo. Além disso, foi abordado superficialmente, de forma qualitativa, as possíveis fontes renováveis de energia que poderiam minimizar os impactos ambientais em conjunto com os veículos elétricos. No contexto brasileiro, o autor

observou que utilizar energia elétrica vinda de fontes renováveis para propulsão de carros elétricos não era viável economicamente se comparada ao carro movido a combustíveis fósseis, apesar do Brasil possuir um grande potencial energético.

O estudo realizado por Vasco (2020) destacou a importância do avanço no desenvolvimento das baterias para impulsionar a adoção generalizada de veículos 100% elétricos no mercado. Ele ressaltou que a melhoria na densidade energética das baterias é crucial, pois quanto maior essa densidade, mais eficiente será o sistema de armazenamento de energia. O estudo realizou uma análise preliminar com dois cenários para a infraestrutura de recarga. No primeiro cenário, apenas o custo da energia por quilômetro rodado foi considerado, com o valor de R\$ 0,21 para a gasolina e R\$ 0,41/kWh para a energia elétrica. No segundo cenário, foi analisado o custo da energia com o repasse seu valor, qual é de R\$ 0,41/kWh e a cobrança de uma taxa fixa por recarga, considerando um total de 12 recargas, sendo este valor de R\$ 81,19. O estudo utilizou ferramentas como o Payback e o Fluxo de caixa (FC) para a infraestrutura de recarga, e concluiu que o atual volume de recargas não é suficiente para cobrir os custos de investimento das estações de recarga, a menos que haja um aumento significativo no número de veículos elétricos. Além disso, foi feita uma comparação entre carros elétricos e carros a combustão da empresa Renault®, especificamente o modelo elétrico (Zoe®) e o modelo a combustão (Sandero®), levando em consideração apenas o custo por quilômetro rodado, com o valor de R\$ 0,09 para a energia elétrica e R\$ 0,27 para o custo da gasolina. Um outro cenário abordado foi a comparação de um veículo de carga convencional, sendo a diesel e um elétrico da marca Tesla®, esse cenário pode prejudicar a análise de viabilidade, pois o veículo desta marca possui um maior custo comparado a outras marcas. É importante ressaltar que essas análises foram baseadas em estudos de outros autores. O estudo também analisou as legislações existentes no Brasil e observou que, apesar dos subsídios e incentivos fiscais com o objetivo de estimular o mercado de veículos elétricos, as vendas de carros elétricos eram muito baixas em comparação com outros países. É importante mencionar que o presente trabalho não analisou carros populares no Brasil, uma vez que suas escolhas foram baseadas nos mercados europeu e norte-americano, o que dificulta a análise da viabilidade econômica de veículos elétricos no mercado brasileiro.

O artigo de Francescatto e Roos (2019), realiza um estudo de viabilidade econômica da instalação de uma estação de recarga de veículos elétricos. Os parâmetros considerados foram despesas de energia elétrica, investimentos em equipamentos, custos de instalação, despesas de manutenção, depreciação, TMA e correção monetária. A partir desses parâmetros, foram modelados 60 cenários, levando em conta as quatro bandeiras tarifárias (verde, amarela, vermelha patamar 1 e vermelha patamar 2), variações nos horários de funcionamento do estacionamento (manhã, tarde e período integral) e os modelos de estações de recarga disponibilizados pelos fabricantes. Para a análise de viabilidade técnica e econômica, foi aplicado o método do Custo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), um dos

métodos de cálculo da Engenharia Econômica. Ao considerar os modelos de carregadores rápidos, foi constatado que o modelo CSI 60K750-EJA® possui o maior valor de CAUE, que é de R\$ 687.864,51 quando considerado o horário integral. No entanto, ao levar em conta os diferentes horários de funcionamento do estacionamento, o equipamento Terra 54 CJG® apresenta o CAUE mais alto no turno da manhã, enquanto o CSI 60K750-EJA® apresenta o valor mais elevado no turno da tarde, considerando a bandeira tarifária vermelha patamar 2. Por outro lado, a estação de recarga que possui o menor valor de CAUE é a 50 kW Public OCPP Ev Charger®, com valores de R\$ 224.200,22 no turno da manhã, R\$ 230.300,17 no turno da tarde e R\$ 417.276,77 no período integral. Com base nesses dados obtidos, concluiu-se que o modelo mais viável é o CSI 60K750-EJA®, devido às suas características técnicas superiores, como maior potência e capacidade de carregar um maior número de veículos simultaneamente.

A tese de Baran (2012) avaliou o impacto no consumo de gasolina e eletricidade decorrente da entrada de veículos elétricos no mercado brasileiro. Para isso, um modelo de previsão da demanda foi empregado, sendo esse o Modelo BASS ¹, considerando quatro diferentes cenários que supunham níveis distintos de adesão de veículos elétricos no mercado. Foi concluído que o uso de energia elétrica por automóveis possibilitaria uma diminuição de 40,7% no consumo de gasolina até 2031, acompanhada por um aumento de 42,1% no consumo de eletricidade em relação às projeções oficiais. Isso resultaria em uma redução de 27,5% no consumo total de energia pela frota nacional. Os resultados deste estudo indicaram que a introdução de carros elétricos no Brasil não concorreria com o etanol e o petróleo do pré-sal, mas funcionaria como um complemento ao invés de um substituto para o etanol e a gasolina. Portanto, os veículos elétricos se tornariam uma opção viável para o Brasil.

Devido a dificuldade de encontrar dissertações e teses de anos mais recentes sobre o tema, foi necessário abranger a pesquisa para outras nacionalidades. Um estudo de viabilidade foi realizado na cidade do Porto em Portugal, que foi a dissertação de LIMA (2020), que abordou a viabilidade técnico-econômica dos sistemas de produção de energias limpas para abastecimento de veículos elétricos, especificamente focando na energia fotovoltaica. Para análise de viabilidade econômica foram utilizados 6 diferentes cenários de distâncias que os carros percorressem. As distâncias percorridas são : 10 km, 20 km, 40 km, 80 km, 120 km e 150 km. As ferramentas utilizadas foram: FC, Valor Atualizado Líquido (VAL), Payback, TIR e com uma taxa de depreciação² de 10% a.a. Os resultados obtidos indicaram que existe viabilidade tanto do ponto de vista técnico quanto do aspecto ambiental. No entanto, quando se trata do aspecto econômico, embora o investimento seja rentável, ainda não é atrativo devido à baixa taxa de retorno que é

¹ Modelo matemático que descreve o comportamento de adoção de novas tecnologias de dois tipos distintos de consumidores: os inovadores, com comportamento independente de influências de outros consumidores e os imitadores, influenciados pelo comportamento de outros consumidores.

² Depreciação: é a perda de valor dos ativos ou bens de uma empresa ao longo do tempo.

10%, para a maioria dos cenários, exceto cenários 1 e 2.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho é fazer um estudo de viabilidade econômica da implementação de uma estação de recarga comercial de carros elétricos no Brasil. Para isso, serão utilizados cenários de compra de energia do mercado cativo (tarifa convencional) e mini-geração solar. As ferramentas econômicas serão TMA, Payback, Índice de Lucratividade (IL), TIR, FC, VPL, VPLa. Espera-se que esse trabalho consiga auxiliar os profissionais da área e iniciativa privada a compreender as etapas deste tipo de empreendimento.

1.4.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral, pode-se listar os seguintes objetivos específicos:

- Estudar, compreender e fazer uma revisão bibliográfica sobre viabilidade econômica.
- Pesquisar tipos de carros elétricos no Brasil e suas características como capacidade de potência suportada pela bateria durante o carregamento e potência total armazenada.
- Estudar, compreender e fazer uma revisão bibliográfica sobre comercialização de energia, por exemplo, mercado cativo, mercado livre e mini-geração.
- Pesquisar e avaliar as principais soluções de carregamentos de carros elétricos em estacionamentos privados no Brasil.
- Realizar um estudo de viabilidade econômica de estação de recarga de carros elétricos no Brasil comparando energia proveniente de diversos cenários.
- Realizar um estudo de caso visando exemplificar ou estudo de viabilidade.

1.5 Justificativa

Este presente trabalho visa incentivar/inspirar novas pesquisas adicionais no meio acadêmico sobre a viabilidade de estações de recarga comercial para carros elétricos no Brasil, com o propósito de esclarecer a indústria sobre o potencial de investimento nessa infraestrutura e demonstrar os benefícios do uso de veículos elétricos, em relação ao meio ambiente para a sociedade.

1.6 Estrutura do Trabalho

Este trabalho é constituído de mais 4 capítulos, 4 apêndice e 2 anexos, além deste capítulo introdutório. No Capítulo 2, é apresentada uma revisão bibliográfica a respeito de carros elétricos e soluções em carregamento e comercialização de energia. No Capítulo 3, é apresentado o estudo de viabilidade econômica. No Capítulo 4, é apresentado os resultados encontrados. Finalmente, a partir dos resultados encontrados, é desenvolvido o Capítulo 5 com conclusões e propostas de melhorias. No Apêndice A é apresentada uma revisão bibliográfica a respeito de análise econômica. Os Apêndices B e C contêm as tabelas de Custos Mensais, Receitas Mensais, FC, VPL e VPLa e o Apêndice D que fornece o link para as planilhas utilizadas nos cálculos das métricas. O Anexo A apresenta o manual carregador utilizado na estação de recarga, e o Anexo B apresenta os manuais de inversores e módulos solares do sistema fotovoltaico.

2 Fundamentos Teóricos

Este capítulo analisa os carros elétricos e a comercialização de energia no contexto brasileiro. Abordando desde a necessidade de diminuir o impacto ambiental dos veículos automotores até os tipos de energia disponíveis no mercado, destacando a regulação pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

2.1 Carros Elétricos

A história do carro elétrico antecede a do automóvel a combustão e a gasolina, mantendo-se relevante até os dias atuais como uma forma de minimizar impactos ambientais. Em 1837, surgiu o primeiro Veículo Elétrico (VE) precursor do carro elétrico, uma carruagem elétrica criada pelo escocês Robert Davison Anderson. Entre 1890 e 1910, houve um período de grande ascensão dos veículos elétricos, com o surgimento de diversos tipos, como carros de passeio, táxis, utilitários e ônibus. Após essa época, os carros a gasolina começaram a ganhar popularidade, enquanto os carros elétricos declinaram. Com a descoberta de poços de petróleo no Oriente Médio, os preços dos derivados, como a gasolina, tornaram-se mais acessíveis, impulsionando a produção em massa dos carros a combustão. Uma revisão de literatura abrangente sobre carros elétricos foi realizada por Baran (2012).

2.1.1 Impacto ambiental

Devido a fatores como menor custo de produção, abastecimento rápido, barato e com maior autonomia, os veículos a combustão dominaram o mercado por quase um século, tornando quase sem possibilidades de que algum outro modelo pudesse superá-los. Isso pode ser explicado devido às propagandas e campanhas promovidas pelas grandes montadoras de automóveis e redes petrolíferas (LUSA, 2023).

Uma desvantagem do carro a combustão é ser poluente, e seus gases emitidos contribuem para o efeito estufa. A conscientização sobre o aquecimento global tem levado a países a fecharem acordos para cooperação internacional, buscando estratégias para minimizar a emissão dos gases que causam o efeito estufa e o aumento do aquecimento global. Estes acordos começaram na ECO-92, uma conferência do clima sediada na cidade do Rio de Janeiro, no Brasil. Essa conferência resultou em um documento, a Agenda 21, contendo um conjunto de políticas e ações necessárias para o desenvolvimento com responsabilidade ambiental. Uma dessas ações era criar políticas que produzissem mudanças

necessárias aos padrões de consumo, especialmente em relação aos combustíveis fósseis como petróleo e carvão mineral (LUSA, 2023).

A partir desse momento, abriu-se o caminho para que o carro elétrico voltasse a concorrer com o carro a combustão. As conferências do clima voltaram a ocorrer e na Conferência da ONU sobre Mudança Climática, COP-21, em 2015, na qual foi estabelecido o Acordo de Paris - um compromisso global, onde mais de 190 países estipularam metas comuns para diminuir as emissões de gases do efeito estufa. Também na COP-21, os especialistas chegaram à conclusão de que era o momento para começar a transição para veículos de emissão zero carbono (LUSA, 2023).

Sendo assim, a frota de automóveis em todo o mundo, dos motores a combustão, aos poucos será substituída por veículos elétricos que são menos poluentes. Para cumprir essas metas do Acordo de Paris, os países que participaram do acordo vêm criando políticas de incentivo para a fabricação e compra de veículos elétricos. O Parlamento Europeu aprovou, em 14 de fevereiro de 2023, uma lei que pretende eliminar gradualmente do mercado os carros a combustão, e posteriormente, em 27 de março de 2023, essa lei foi ratificada pelo Conselho Europeu. A regulamentação exigirá que, até 2035, as montadoras atinjam a meta de emissão zero em carros novos vendidos no bloco formado por 27 países (LUSA, 2023).

Por ser o maior bloco comercial do mundo, a União Europeia tem a tradição de estabelecer padrões globais em diversos temas relacionados ao meio ambiente. É relevante destacar que alguns dos maiores fabricantes de automóveis do mundo, como a Volkswagen, a Stellantis e a Mercedes-Benz, estão sediados neste bloco.

2.1.2 Carregadores

A popularidade dos carros elétricos tem impulsionado a demanda por sistemas de carregamento eficientes e versáteis. Existem diversos tipos de carregadores disponíveis no mercado, cada um com suas características e benefícios distintos, conforme mostra a Figura 2. Entre os principais tipos de carregadores, destacam-se (NEOCHARGE, 2023a):

- A) carregador de emergência,
- B) o carregador portátil,
- C) o carregador residencial WallBox,
- D) o carregador de carga rápida *DC Fast*, e
- E) carregador comercial ou *parking*.

Cada tipo de carregador possui suas próprias características, sendo decisivo selecionar aquele mais adequado às necessidades individuais de cada usuário. A seguir, serão abordados os diferentes tipos de carregadores e como cada um deles contribui para o crescimento da mobilidade elétrica.

Figura 2 – Tipos de carregadores.



Legenda: (a) Emergencial, (b) Portátil, (c) Residencial, (d) Comercial, (e) Carga Rápida.

Fonte: Adaptado de NeoCharge (2023c).

- A) Carregador de Emergência:** Fornecido com a compra do veículo, permite carregar o carro em tomadas comuns de 10 A, encontradas em residências, conforme Figura 2 (a). São compactos e leves, podendo ser facilmente transportados no porta-malas. Úteis em situações não planejadas, nas quais carregadores de maior potência não estão disponíveis, porém, sua baixa potência resulta em tempos de recarga mais longos para as baterias.
- B) Carregador Portátil:** Assemelham-se aos carregadores de emergência, mas com uma diferença principal em termos de potência de carregamento, conforme Figura 2 (b). Podem fornecer até 32 A em até 3 fases, aumentando em até 10 vezes a potência máxima fornecida. Isso reduz significativamente o tempo necessário para recarregar as baterias.
- C) Carregador Residencial *WallBox*:** Conhecidos como *home charger* ou *Wallbox*, são geralmente fixados na parede, conforme Figura 2 (c). São mais rápidos e seguros do que os carregadores de emergência. Hoje, o carregamento residencial representa 80% de todas as recargas feitas em veículos elétricos.

- D) Carregador de Carga Rápida *DC FAST*:** Chamados de carregadores de eletropostos, são os mais potentes disponíveis atualmente, recarregando um veículo elétrico em poucos minutos, conforme Figura 2 (d). Ideais para postos de serviço, rodovias e frotas de veículos, são maiores devido ao inversor integrado. Fornecem energia em corrente contínua (CC) e em corrente alternada (CA) quando necessário. Nem todos os veículos são capazes de carregar em corrente contínua em estações de carga rápida, exigindo proteções adicionais e controle preciso do fornecimento de energia para as baterias. O carregamento em CC é normalmente feito por meio de conectores específicos, como o combo Combined Charging System (CCS), sigla em inglês que significa sistema de carregamento combinado ou o Charge deMove (CHAdeMO), do inglês que significa carregamento rápido para veículos elétricos a bateria .
- E) Carregador Comercial ou *Parking*:** Similares aos residenciais, porém possuem maior capacidade e robustez, conforme Figura 2 (e). Projetados para áreas internas e externas, esses carregadores suportam um grande fluxo de veículos e até pequenos acidentes. Geralmente equipados com múltiplas saídas, permitem o carregamento simultâneo de vários veículos, sendo usados em estabelecimentos comerciais e condomínios. São inteligentes, permitindo monitoramento e controle, além de serem altamente confiáveis.

2.1.3 Eletropostos

Os eletropostos, ou estações de recarga para veículos elétricos, são essenciais para a expansão da mobilidade elétrica, servindo como elementos centrais na transição para transportes mais sustentáveis. Com o crescimento global da frota de veículos elétricos, a demanda por uma infraestrutura de carregamento acessível e eficiente se intensifica, e o Brasil não fica de fora dessa transformação, adaptando-se às exigências de soluções de transporte limpas e inovadoras. Esses eletropostos são fundamentais para superar obstáculos na adoção de veículos elétricos, oferecendo conveniência e autonomia aos usuários, enquanto iniciativas públicas e privadas no Brasil colaboram para expandir a rede de recarga e facilitar viagens de longa distância (MME, 2022).

No país, o setor automotivo tem experimentado um aumento gradual na oferta de veículos elétricos, ocasionando a necessidade de infraestrutura de carregamento correspondente. Os eletropostos estão sendo instalados em áreas urbanas, centros comerciais, postos de combustíveis e rodovias estratégicas, visando atender às demandas diversificadas dos usuários. Atualmente, o Brasil conta com 7.758 eletropostos, conforme informado pelo presidente da Associação Brasileira do Veículo Elétrico (ABVE), Ricardo Bastos, durante o evento Latam Mobility & NetZero Summit Brasil 2024, realizado nos dias 1 e 2 de julho de 2024. Ele destacou que houve um crescimento significativo no número de eletropostos

públicos e semipúblicos desde maio de 2023, passando de 3.200 para 7.758 em março de 2024. Esse aumento representa aproximadamente 142% no período (LOIOLA, 2023).

Além do benefício ambiental, a implementação de eletropostos também representa oportunidades econômicas, fomenta a criação de empregos e o desenvolvimento tecnológico local. A convergência de esforços entre órgãos governamentais, setor privado e instituições de pesquisa é essencial para garantir o sucesso dessa transição.

À medida que o Brasil avança na adoção de eletromobilidade, é imprescindível acompanhar as tendências globais e ajustar estratégias para otimizar a infraestrutura de eletropostos. Investir em tecnologias de carregamento rápido, integração de energias renováveis e padrões de interoperabilidade são aspectos essenciais para garantir uma rede robusta e eficiente (ABVE, 2022).

Em suma, os eletropostos são imprescindíveis para a construção de uma sociedade mais sustentável e na promoção da mobilidade elétrica no Brasil. A colaboração contínua entre setores público e privado, aliada a políticas de incentivo e investimentos estratégicos, será crucial para acelerar essa transição e colher os benefícios de um sistema de transporte mais limpo e eficiente.

2.1.4 Legislação

A legislação brasileira sobre carros elétricos tende a acompanhar o ritmo mundial de incentivo à pesquisa, reduzindo impostos sobre a fabricação e inserção desses veículos na frota automobilística. Embora as vendas de carros híbridos e elétricos no Brasil estejam aumentando significativamente, é importante destacar que ainda existem deficiências no incentivo e desenvolvimento desses tipos de veículos no país. Atualmente, no Senado brasileiro, estão em andamento projetos de lei (PLs) que buscam abordar essas questões (SENADO, 2023).

Um desses projetos é o PL 5.590/2019, que visa à criação de uma tarifa para financiar a instalação de pontos de recarga para veículos elétricos e híbridos. Além disso, o PL 6.020/2019 busca incentivar a mobilidade elétrica, promovendo o desenvolvimento e a pesquisa sobre o assunto (SENADO, 2023). O PL 5.590/2019, de autoria da Senadora Daniella Ribeiro, propõe a implementação de uma tarifa com o objetivo de financiar a instalação desses pontos de recarga. Essa medida possibilitará que as empresas responsáveis pela distribuição de energia elétrica instalem tais pontos, sendo o custo suportado por um grupo específico de consumidores interessados no serviço. O pagamento da tarifa ocorrerá por meio de um sistema de tarifação com opção de pagamento antecipado.

Outro projeto, o projeto de lei (PL) 6020/2019, teve uma avaliação positiva da Comissão de Assuntos Econômicos (CAE) do Senado. Seu objetivo é estimular o uso de veículos elétricos no país. Uma proposta desse projeto é destinar os recursos para instituições de pesquisa públicas ou coordenadas por elas, com o propósito de promover não apenas o lucro das empresas, mas também a inovação e o avanço tecnológico do país. O

PL também faz referência ao programa de inovação Rota 2030, uma iniciativa do governo brasileiro que busca fomentar a inovação e o desenvolvimento tecnológico na indústria automobilística nacional. Esse programa concedeu benefícios fiscais a diversas empresas, as quais agora são obrigadas a investir 1,5 % desses benefícios em pesquisa e desenvolvimento de veículos automotores exclusivamente elétricos (ANFAVEA, 2023).

Em 30 de dezembro de 2023, a Medida Provisória nº 1.205 instituiu o Programa Mobilidade Verde e Inovação (MOVER), que substituiu o Rota 2030. O MOVER estabelece uma tributação diferenciada para veículos ecológicos e oferece incentivos para atividades de pesquisa e desenvolvimento nas indústrias de transporte e logística. Além disso, o programa impõe novas exigências obrigatórias para a comercialização de veículos fabricados no país e para a importação de veículos novos. (PLANALTO, 2023).

A instalação e operação de estações de recarga para veículos elétricos no Brasil são regulamentadas por normas específicas emitidas pela ANEEL e pela ABNT. A ANEEL estabeleceu diretrizes importantes por meio das resoluções nº 819/2018 e nº 1.000/2021. A Resolução Normativa (REN) nº 819/2018 define as condições para o acesso e cadastramento das unidades consumidoras de recarga, além de regular aspectos técnicos como medição, tarifação e responsabilidades das partes envolvidas. Já a REN nº 1.000/2021 atualiza as normas anteriores, com aprimoramentos técnicos e operacionais, além de incluir temas sobre proteção, controle, monitoramento e a necessidade de adequação às novas regulamentações, reforçando a transparência e a interoperabilidade dos sistemas.

Em Minas Gerais, a CEMIG D adota essas regulamentações e complementa com sua norma Norma de Distribuição (ND)-5.1, que define diretrizes técnicas para o fornecimento de energia em tensão secundária para edificações. Especificamente para eletropostos, a ND-5.1 proíbe a injeção de energia na rede, permitindo apenas o consumo. Além disso, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira desenvolvida na Comissão Eletrotécnica Internacional (NBRIEC) 61851, estabelece requisitos técnicos para a segurança e desempenho das estações de recarga, garantindo compatibilidade e eficiência na integração com a infraestrutura elétrica existente.

As normas mencionadas regulam tanto os aspectos técnicos quanto operacionais, assegurando que as estações de recarga operem de forma segura, eficiente e em conformidade com a infraestrutura elétrica brasileira.

É evidente que o cenário atual favorece estudos que promovam e priorizem o uso de veículos elétricos. À medida que a produção e a venda aumentam no Brasil, surge a necessidade de uma infraestrutura básica que permita a sua circulação em todo o país. Assim, é de suma importância a instalação de estações de recarga e a criação de uma rede interconectada mais sólida para facilitar recarga dos veículos.

2.2 Comercialização de Energia

No Brasil, a diversificação do mercado energético, com a opção entre consumo cativo e consumo livre, estimula a competição e busca por melhores condições contratuais. Essa abertura do mercado de energia elétrica contribui para o desenvolvimento econômico, incentiva a eficiência energética e possibilita a expansão do uso de fontes renováveis, atendendo também às necessidades da população devido à existência de diferentes tipos de energia disponíveis. O setor energético é regulado pela ANEEL e a CCEE que atua na comercialização da energia. No mercado brasileiro, existem diferentes tipos de energia comercializada, atendendo tanto ao consumo cativo quanto ao consumo livre (ANEEL, 2023b).

O consumo cativo refere-se à energia adquirida pelos consumidores por meio das distribuidoras locais, que são responsáveis por fornecer eletricidade aos consumidores em determinadas regiões. Nesse modelo, os consumidores não têm a liberdade de escolher o fornecedor de energia, estão vinculados à distribuidora de sua área geográfica. O preço da energia é regulado pela ANEEL e varia de acordo com as tarifas estabelecidas para cada categoria de consumo (ANEEL, 2023e).

Já o consumo livre oferece aos consumidores a possibilidade de escolher seu fornecedor de energia. Nesse caso, os consumidores podem negociar diretamente com os geradores ou comercializadores de energia, buscando contratos mais favoráveis e adaptados às suas necessidades específicas. O consumo livre é voltado principalmente para grandes consumidores, como indústrias, comércios de grande porte e instituições públicas, que possuem uma demanda significativa de energia (ANEEL, 2023b).

A CCEE atua como um ambiente de negociação e contratação entre geradores e consumidores. Através dessa plataforma, são realizados leilões e contratos bilaterais, garantindo o suprimento de energia para os consumidores livres e oferecendo maior flexibilidade na gestão dos custos energéticos. Com uma diversificação crescente entre as modalidades de energia cativa e livre, e a incorporação cada vez maior de fontes alternativas, como a energia solar, o Brasil avança em direção a um sistema energético mais robusto e sustentável. Essa transição promove a eficiência energética e mitiga os impactos ambientais relacionados ao consumo de eletricidade (ANEEL, 2023b).

2.2.1 Energia cativa

A energia cativa é aquela consumida por meio das tarifas convencionais e da tarifa branca. A **tarifa Convencional** é a modalidade padrão de tarifação de energia elétrica. Nesse tipo de tarifa, o preço da energia é fixo e não varia ao longo do dia, independentemente do horário em que o consumo ocorre. Os valores da tarifa convencional podem ser diferentes para cada faixa de consumo, sendo mais caros à medida que o consumo aumenta. Essa tarifa é comumente utilizada por residências e pequenos estabelecimentos comerciais.

Por outro lado, a **tarifa Branca** é uma opção mais recente oferecida aos consumidores pela CEMIG D e por outras distribuidoras de energia elétrica. Com a tarifa branca, o preço da energia varia de acordo com o horário de consumo. Geralmente, há três faixas de horário: (i) ponta, (ii) intermediário e (iii) fora de ponta. Durante o horário de ponta, que geralmente ocorre nos períodos de maior demanda, como à tarde ou à noite, o preço da energia é mais alto. No horário intermediário, o preço é intermediário, e no horário fora de ponta, que geralmente ocorre durante a madrugada e fins de semana, o preço é mais baixo. A tarifa branca tem o objetivo de incentivar os consumidores a deslocarem o consumo para os horários de menor demanda, buscando uma melhor utilização do sistema elétrico. Esta tarifa está disponível para diversos setores dentre eles o Industrial, Comércio, Serviços e outras atividades, Serviço Público, Poder Público e Consumo Próprio, entre outros (ANEEL, 2023c).

Neste trabalho, optou-se por considerar a energia cativa convencional, uma vez que seus valores são inferiores aos da tarifa branca. A tarifa branca não foi adotada, pois o funcionamento da estação de recarga ocorre 24 horas por dia, o que resultaria no uso de energia durante os horários de pico, elevando os custos com energia elétrica.

2.2.2 Energia livre

A energia livre refere-se à possibilidade de escolher a fonte de energia para abastecer um determinado estabelecimento ou consumidor. A CCEE operam o mercado de energia elétrica no Brasil, permitindo aos consumidores negociar diretamente com os geradores ou comercializadores de energia. A energia livre reduz custos, diversifica as fontes de energia e aumenta a autonomia e flexibilidade no consumo. Nesse contexto, as fontes alternativas de energia, como a energia solar e a energia eólica, surgem como possibilidades economicamente mais atrativas devido a incentivos governamentais para sua utilização (CCEE, 2023). Existem dois tipos de consumidores que podem acessar o mercado livre de energia: livres e especiais. A principal diferença entre consumidores livres e especiais está na autonomia e na gama de opções disponíveis.

De acordo com a REN nº 1.059/2023 (ANEEL, 2023d), para se qualificar como consumidor livre, é necessário ter uma demanda superior a 2,5 MW ou ser atendido em alta tensão (acima de 36 kV). Os consumidores livres têm a liberdade de negociar diretamente com fornecedores e escolher entre diversas fontes de energia, como hidrelétrica, eólica e solar. Eles podem personalizar contratos em termos de duração, volume e preços. Por outro lado, os consumidores especiais, com demanda entre 0,5 MW e 2,5 MW, podem acessar o Mercado Livre de Energia, mas com condições mais restritas do que os consumidores livres, principalmente em termos de escolha de fornecedores e fontes de energia. Geralmente optando por fontes incentivadas, como energia eólica e solar. No contexto deste trabalho, a estação de carregamento analisada não teve demanda suficiente para se qualificar como consumidor livre ou especial, ficando limitada ao mercado cativo.

2.2.3 Energia fotovoltaica

No Brasil, a geração de energia fotovoltaica tem crescido consideravelmente, impulsionada pela abundância de radiação solar e pela redução nos custos dos sistemas fotovoltaicos. Entretanto, há questões regulatórias importantes a considerar. Uma delas é a cobrança de tarifas de uso do sistema de distribuição, na qual os consumidores com sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica geralmente pagam uma tarifa, mesmo quando geram parte ou toda a sua eletricidade (ANEEL, 2022).

Existem programas de incentivo para promover a geração distribuída de energia fotovoltaica, como o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, conhecido como *Net Metering*. Esse sistema permite que os consumidores com sistemas fotovoltaicos recebam créditos pela energia excedente que injetam na rede, os quais podem ser utilizados para abater o consumo em momentos de baixa geração solar, como à noite.

Outro programa relevante é o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), que visa incentivar a instalação de sistemas fotovoltaicos de pequeno porte, como em residências e estabelecimentos comerciais, oferecendo linhas de financiamento e incentivos fiscais. Pode-se citar algumas propostas desse programa como: desenvolvimento de linhas de financiamento específicas, em especial para pessoas físicas, bem como expansão dos consórcios e a aumento do prazo máximo para 12 anos de financiamento, diminuição de taxas de juros e limites maiores, uso de recursos via fundos administrados pelo Governo Federal como FGTS entre outros (MME, 2023).

A Lei Nº 14.300, sancionada em 6 de janeiro de 2022, estabelece um novo marco legal para a instalação e uso de energia proveniente de fontes renováveis no Brasil, com foco em regulamentar a microgeração e minigeração distribuída. Essa legislação garante ao consumidor o direito de produzir e gerenciar sua própria eletricidade a partir de fontes como solar, eólica, hidráulica e biomassa. Contudo, a lei também introduz mudanças significativas no modelo de compensação de energia, incluindo uma nova taxa que passou a vigorar em 2023.

Até dezembro de 2022, os consumidores que geravam sua própria energia e precisavam recorrer à rede elétrica para suprir eventuais déficits de geração podiam compensar esse consumo com créditos obtidos pela injeção de energia excedente na rede. Esse sistema permitia uma utilização equilibrada da infraestrutura elétrica sem custos adicionais para os geradores distribuídos.

A partir de janeiro de 2023, com a entrada em vigor das novas regras estabelecidas pela Lei Nº 14.300, foi imposta uma taxa específica sobre o uso da rede de distribuição, conhecida como Fio B. O Fio B representa uma das componentes da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), que cobre os custos associados à infraestrutura necessária para transportar a energia elétrica das unidades geradoras até os consumidores finais. A lei determinou que os produtores de energia distribuída, como os proprietários de sistemas fotovoltaicos, devem agora pagar uma tarifa proporcional à quantidade de energia injetada

na rede, o que representa um custo adicional para esses sistemas.

Esse novo encargo visa compensar as concessionárias de energia pelo uso contínuo da rede de distribuição, uma vez que, mesmo os consumidores que produzem sua própria energia, ainda dependem da rede para garantir o fornecimento em momentos em que sua geração é insuficiente, como em períodos nublados ou durante a noite, no caso de sistemas solares.

A taxa sobre o Fio B será implementada de forma progressiva, com porcentagens que aumentam ano a ano, de 2023 até 2028. Esse cronograma escalonado permite uma adaptação gradual dos consumidores às novas regras, enquanto garante que a infraestrutura elétrica seja mantida de forma sustentável. A Tabela 2 apresenta as porcentagens cobradas sobre o Fio B ao longo desse período (BRASIL, 2022), evidenciando o impacto financeiro crescente para os geradores distribuídos.

Além de regularizar o uso da rede, a Lei N^o 14.300 reforça a importância da sustentabilidade e da diversificação da matriz energética brasileira. Ela incentiva o uso de fontes renováveis, mas também busca equilibrar os interesses dos diferentes atores envolvidos no setor elétrico, garantindo a viabilidade econômica das concessionárias e o acesso seguro e contínuo à energia para todos os consumidores.

Em suma, enquanto a Lei N^o 14.300 promove a democratização do acesso à geração de energia renovável, ela também introduz novos desafios e responsabilidades para os produtores de energia distribuída, refletindo a complexidade do equilíbrio entre inovação tecnológica e sustentabilidade econômica.

Tabela 2 – Tarifa sobre fio B na energia fotovoltaica injetada na rede de 2023 a 2028.

Ano	Porcentagem
2023	15%
2024	30%
2025	45%
2026	60%
2027	75%
2028	90%

Fonte: Adaptado de Brasil (2022).

Abaixo um exemplo de como calcular o valor do fio B na fatura de energia elétrica. Uma estação de recarga de carros elétricos consome 250 kWh mensais. Sua usina fotovoltaica injeta mensalmente 350 kWh, para consumo posterior. Em Minas Gerais, a TUSD é 28% da tarifa de energia elétrica. O valor da taxa sobre o Fio B em 2024 é 30%. Então para calcular o valor extra na fatura de energia seria necessário:

1^o Calcular o valor da TUSD em R\$ / kWh:

$$TUSD = 0,28 \times \text{kWh} \quad (2.1)$$

$$TUSD = 0,28 \times R\$ 0,80 \quad (2.2)$$

$$TUSD = R\$ 0,224/ \text{ kW h} \quad (2.3)$$

2º Calcular o valor da taxa do fio B em R\$ / kW h:

$$Fio_B = 0,30 \times TUSD \quad (2.4)$$

$$Fio_B = 0,30 \times R\$ 0,224 = R\$ 0,0672/ \text{ kW h} \quad (2.5)$$

$$Fio_B = R\$ 0,0672/ \text{ kW h} \quad (2.6)$$

3º Calcular a energia injetada na rede :

$$E_{inj} = \text{ kW h produzido} - \text{ kW h consumido} \quad (2.7)$$

$$E_{inj} = 350 \text{ kW h} - 250 \text{ kW h} = 100 \text{ kW h} \quad (2.8)$$

$$E_{inj} = 100 \text{ kW h} \quad (2.9)$$

4º Calcular o Custo da Taxa do Fio B total em R\$:

$$C_{Fio_B} = E_{inj} \times Fio_B(R\$) \quad (2.10)$$

$$C_{Fio_B} = 100 \text{ kW h} \times R\$ 0,0672 \quad (2.11)$$

$$C_{Fio_B} = R\$ 6,72 \quad (2.12)$$

Assim o custo total do fio B na fatura seria de R\$ 6,72.

É essencial observar que as regulamentações e políticas relacionadas à energia fotovoltaica podem variar entre os estados brasileiros, uma vez que a legislação é estabelecida em nível estadual. Portanto, é fundamental verificar as normas específicas do estado em questão para obter informações atualizadas sobre encargos, regulamentações e programas de incentivo disponíveis (ANEEL, 2022). Neste trabalho, a minigeração solar considerada não ultrapassa o consumo em nenhum momento, dessa forma, a tarifa de Fio B não foi relevante.

2.3 Considerações parciais

Neste capítulo, foram abordados três principais tópicos: (i) carros elétricos, (ii) comercialização de energia. Na seção sobre Carros Elétricos, foi contextualizado o surgimento desse tipo de veículo, a necessidade de reduzir o impacto ambiental causado pelos automóveis, além de discutir a legislação brasileira relacionada aos veículos elétricos, descrever os tipos de carregadores disponíveis e abordou-se a quantidade de eletropostos existentes no Brasil e suas Resoluções Normativas (RENS) e NDs, adotadas pela CEMIG D. Já na seção sobre Comercialização de Energia, foram explorados os diversos tipos de energia disponíveis no mercado, como a energia cativa, a energia livre e a energia fotovoltaica. Também foi destacado que esse mercado é regulado pela ANEEL, e que possui normas específicas conforme cada estado brasileiro.

3 Estudo de viabilidade econômica

Este capítulo apresenta as principais considerações para elaboração do estudo de viabilidade econômica de uma estação de recarga. São discutidas as resoluções normativas da concessionária de energia, os principais veículos no mercado, determinação das potências do carregador, definição do fornecimento de energia e estabelecimento das métricas de viabilidade.

3.1 Considerações iniciais

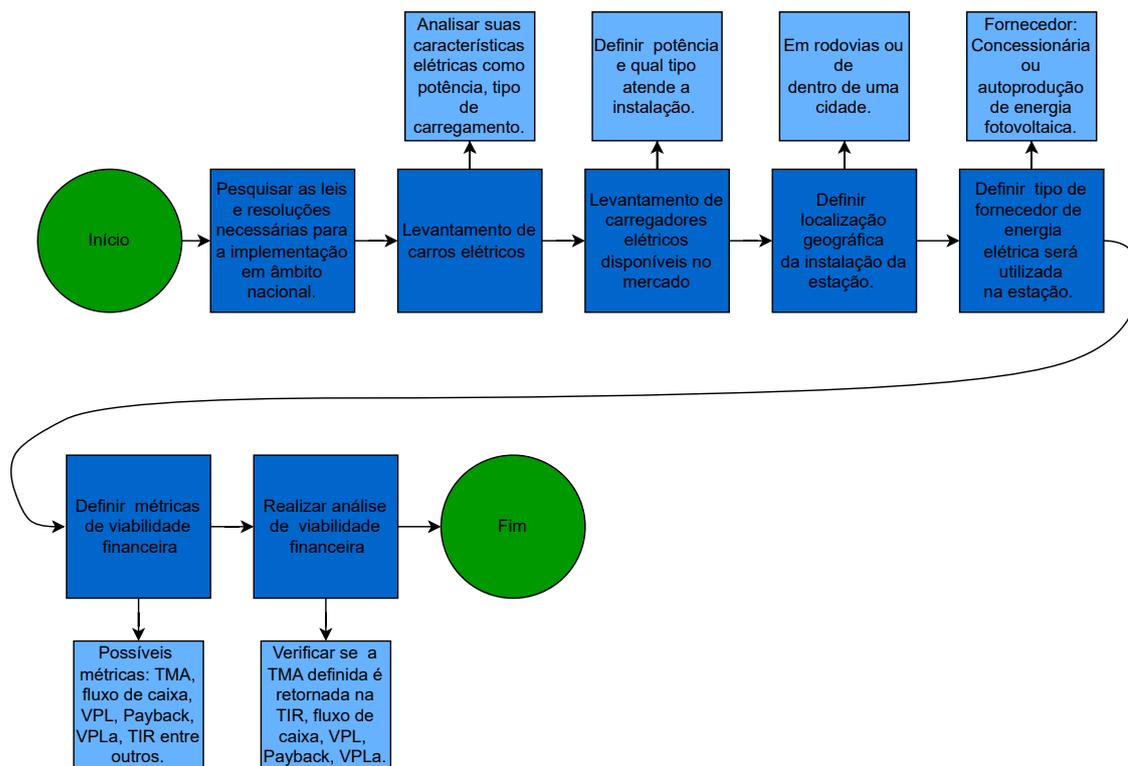
Neste estudo, foi conduzida uma pesquisa descritiva. Segundo LAKATOS (2021), esse tipo de pesquisa se baseia na descrição, registro, análise e interpretação de fenômenos contemporâneos, com o objetivo de compreender seu funcionamento no presente. Quanto à abordagem utilizada, adotou-se uma perspectiva quantitativa, a qual prioriza a análise estatística e matemática, buscando obter um entendimento racional da essência dos objetos e fenômenos examinados. Dados primários e documentais também foram utilizados neste trabalho.

Para a implementação de uma estação de recarga é preciso avaliar itens que são de grande relevância para a instalação sendo:

- Normas regulamentadoras para o funcionamento de uma estação de recarga elétrica.
- Fornecimento de energia elétrica da concessionária:
 - Mercado cativo com a tarifa convencional.
 - Autoprodução de energia com um sistema fotovoltaico.
- Carregador:
 - Vida útil.
 - Consumo por recarga.
 - Quantidade.
 - Dias de funcionamento por mês.
 - Vacância.
- Métricas de viabilidade financeira do investimento.

A Figura 3 mostra o fluxograma das etapas para elaboração do estudo de viabilidade deste trabalho. A cor verde indica início e fim, a cor azul escuro indica a etapa e a cor azul claro indica explicação breve da etapa. A seguir, uma breve relato de cada etapa:

Figura 3 – Etapas para estudo de viabilidade de uma estação de recarga.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

1. **Análise das Normativas Vigentes:** Nesta etapa, são analisadas as regulamentações vigentes que impactam a implementação da estação de recarga. São consideradas as normas da concessionária de energia, as regulamentações da ANEEL, e as exigências locais, como as leis municipais e diretrizes da prefeitura.
2. **Análise do Mercado de Veículos Elétricos:** Aqui, é feita a identificação dos principais modelos de carros elétricos disponíveis no mercado nacional. O objetivo é avaliar a demanda potencial de recarga, priorizando veículos com maior penetração no mercado.
3. **Determinação das potências do carregador:** Esta etapa envolve a pesquisa dos diferentes tipos de carregadores de veículos elétricos disponíveis no mercado. São considerados fatores como potência, compatibilidade com os modelos de carros elétricos e eficiência energética.
4. **Definição da localização:** A escolha da localização da estação de recarga é crucial para a viabilidade do projeto. Nesta fase, são analisadas opções de cidades e bairros, levando em conta fatores como proximidade de rodovias, centros comerciais e áreas de grande fluxo de veículos elétricos.
5. **Definição do tipo de fornecimento de energia:** Nessa etapa, define-se o modelo

de fornecimento de energia para a estação. As opções incluem o uso de energia convencional, fornecida pela concessionária, ou um sistema combinado, que entre energia convencional e geração fotovoltaica.

6. Definição de métricas de viabilidade: São estabelecidos os parâmetros financeiros que serão utilizados na análise de viabilidade. As principais métricas incluem TMA, IL, VPL, VPLa, TIR e Payback.

7. Análise de viabilidade financeira: Com base nas métricas definidas, é realizada a análise financeira do projeto. São calculados os indicadores de viabilidade, levando em consideração diferentes cenários de fornecimento de energia e taxas de vacância, a fim de fornecer uma decisão fundamentada sobre a implantação da estação de recarga. Parte desta etapa é apresentada no Capítulo 4.

Neste trabalho, foi considerada uma estação de recarga composta por 10 carregadores. A escolha desse número baseou-se na semelhança com o número de bombas de combustível encontradas em postos convencionais, que geralmente possuem entre quatro e seis bombas, servindo como referência para o abastecimento de veículos. Os carregadores analisados são de 22 kW. Isso porque, foi considerado que os carros elétricos possuem baterias que podem ser recarregadas em um tempo médio de 1,86 h, devido a potência média da bateria é 41 kW, de acordo com a Tabela 3, assim, considerando a estação se situar dentro de uma cidade, é possível realizar atividades físicas em academias, compras, idas ao cinema, entre outros, enquanto ocorre a recarga.

Nas seções abaixo serão apresentados os dados levantados para implementação de uma estação de recarga para carros elétricos assim como apresentados os tipos de veículos, equipamentos, carregadores, fornecimento de energia e as métricas necessárias para análise de viabilidade econômica.

3.2 Análise das Normativas Vigentes

A primeira etapa do estudo de viabilidade consiste em verificar a autorização para funcionamento. Para que uma estação de recarga de veículos elétricos seja autorizada, o proprietário deve realizar o cadastro junto à ANEEL. O registro das estações de recarga é acessível a qualquer interessado, seja o equipamento destinado a uso privado ou público. As normativas aplicáveis são as RENs da ANEEL de número 819/2018 e 1.000/2021, que estabelecem as diretrizes regulamentares para este serviço. A ANEEL disponibiliza um formulário eletrônico para o registro em seu site (ANEEL, 2023a).

As principais informações solicitadas incluem:

- Número de estações de carregamento e suas respectivas potências nominais;
- Número de pontos de recarga por estação (conforme definição da REN 819/2018);

- Tipo(s) de recarga suportada(s).

O processo de autorização para funcionamento de uma estação de recarga pode levar até 30 dias. No caso de novas conexões à rede elétrica, especialmente quando a carga instalada individual excede 75 kW, o prazo pode ser maior. A inspeção técnica e as etapas necessárias para a efetivação da conexão à rede podem exigir até 120 dias, devido aos procedimentos regulamentares e de segurança que devem ser observados (CEMIG, 2024a).

3.3 Análise do Mercado de Veículos Elétricos

A segunda etapa do estudo de viabilidade envolve a análise do mercado de veículos elétricos, garantindo que o eletroposto atenda à maior parte dos modelos disponíveis. Com o intuito de fornecer informações atualizadas sobre os veículos elétricos em circulação no Brasil, foi elaborada uma tabela com os modelos de menor custo, conforme relatado por MIRAGAYA (2021) e AUTOESPORTE (2023). A Tabela 3 inclui os principais modelos disponíveis no país, com seus respectivos preços aproximados, capacidade de carregamento, autonomia e a média de quilômetros por quilowatt-hora (km/kW h).

Tabela 3 – Levantamento dos modelos de veículos elétricos com menor custo no Brasil.

Modelo	Preço (R\$)	Baterias (kW h)	Autonomia (km)	Carregamento Rápido (h)	Carregamento Wallbox (h) ¹	Carregamento tomada (h) ²	Consumo (km/kWh)	Fator de carregamento (kWh/min)
Renault E-Kwid	99.990,00	27	185	0,8	3,6	8,9	6,9	0,6
BYD Dolphin	115.800,00	39	280	0,8	5,2	13	7,2	0,9
Mini								
Caoa Chery Arrizo 5e	119.990,00	31	197	N	4,1	20	6,4	1,0
JAC E-JS1	126.900,00	30	161	0,8	4,0	10	5,3	0,6
BYD Dolphin	149.800,00	45	291	0,5	6,0	15	6,5	1,5
GWM Ora 03	150.000,00	48	232	0,8	6,4	16	4,8	1,0
Hyundai Kona Electric	189.990,00	39	252	0,6	5,2	13	6,4	1,1
Seres 3	199.990,00	53	300	0,6	7,0	18	5,7	1,4
Fiat 500e	214.990,00	42	227	0,9	5,6	29	5,4	0,8
BYD Yuan Plus	229.800,00	60	295	0,5	8,1	20	4,9	2,0
MÉDIA	149.900,00	41	232	0,8	5,4	16,0	6,4	1,1

¹ Posto de carregamento doméstico, Wallbox 7,4 kW h.

² Carregamento tomada comum (220V).

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

O tempo de carregamento da bateria, T_c , é dado por,

$$T_c = \frac{C_a}{P_c} \quad (3.1)$$

em que C_a é a capacidade de armazenamento da bateria e P_c é a potência do carregador.

No entanto, existe uma limitação prática da bateria quanto ao tempo de carregamento. Nesse sentido, é importante definir o fator de carregamento médio, F_c , é dado por

(ZANELLA, 2022),

$$F_c = \frac{C_a}{T_c} \quad (3.2)$$

em que C_a é a capacidade de armazenamento da bateria e T_c o tempo de carregamento. O F_c para a carga rápida é a maior taxa de energia em kW h que pode ser entregue à bateria. Quanto maior esse valor, mais energia pode ser entregue por unidade de tempo. Cada veículo tem seu fator de carregamento máximo.

A título de exemplo, considere o BYD Dolphin com $C_a = 45$ kW h e sendo $t_{c,r}$ o tempo de carregamento rápido, que é de 30 min, então seu fator de carregamento rápido é de $F_c = 45/30 = 1,5$ kW h/min. Considerando todos os carros, o tempo médio de carregamento é de 45,6 min e a capacidade da bateria de 45kW h, produzindo um fator de carregamento de 0,99 kW h/min.

3.4 Potência do carregador

A terceira etapa do estudo de viabilidade envolve a determinação da potência do carregador a ser utilizado no posto, levando em consideração fatores como o custo do equipamento, o tempo de carregamento e o tipo de carregamento. O carregamento em CA geralmente é mais lento em comparação ao carregamento em CC, que pode completar a carga do veículo em menos de 1 hora (NEOCHARGE, 2023b).

Com base nos dados de carregamento rápido apresentados na Tabela 3 e na potência máxima suportada pelos veículos, conforme descrito na Tabela 5, verifica-se que apenas três carros possuem uma potência de carregamento superior a 60 kW. No mercado, estão disponíveis carregadores com potências de 7,4 kW, 22 kW, 30 kW, 60 kW, 75 kW e 150 kW.

Tabela 4 – Custo de R\$/kW por carregador.

Tipo de corrente	kW	R\$	R\$/ kW
CA	7,4	2.899,00	392,00
CA	22	26.000,00	1182,00
CC	30	59900,00	1997,00
CC	60	119.900,00	1999,00
CC	75	159.900,00	2132,00
CC	150	366.125,00	2441,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Um fator decisivo na escolha do carregador a ser instalado na estação de recarga é garantir que a potência atenda ao maior número possível de carros de menor custo. Outro fator foi o custo de R\$/kW de cada carregador, presente na Tabela 4, considerando que os carregadores CA, possuem menor custo por R\$/kW. A partir das informações da Tabela 5, definiu-se que a potência mais adequada seria de 22 kW.

Optou-se, portanto, pelo modelo WEMOB da WEG (Figura 4), com plugue tipo J2 (padrão europeu), adequado para uso comercial ou em estacionamentos. Essa

Tabela 5 – Potências máxima e mínima de carregamento da bateria.

Modelo	Potência Máxima de Carregamento Suportada (kW)	Potência Mínima de Carregamento para posto comercial (kW)
Renault Kwid E-TECH	48	7,4
BYD Dolphin Mini	40	6,6
Caoa Chery Arrizo 5e	6,7	6,7
JAC E-JS1	45,3	6
BYD Dolphin	60	6,6
GWM Ora 03	64	11
Hyundai Kona Electric	50	7,2
Seres 3	50	7
Fiat 500e	48,5	6
BYD Yuan Plus	80	7
MÉDIA	49,25	7,15

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

escolha foi também motivada pela predominância de carregadores de baixa potência na Europa, onde 87% das estações de carga utilizam potências semelhantes de 7,4 kW e 22 kW (LEICHSENRING, 2022), resultando em um tempo médio de carregamento de aproximadamente 1,86 horas, sendo este valor obtido realizando a divisão da potência média obtida na Tabela 3, pela potência do carregador que consome 22 kWh. Dessa forma, a estação de recarga contará com 10 carregadores de 22 kW, o que atende a demanda de 9 dos 10 veículos listados na Tabela 5, visto que apenas um veículo possui capacidade máxima de recarga inferior a 22 kW.

Figura 4 – Carregador 22 kW WEG WEMOB.



Fonte: Retirado de WEG (2024).

3.5 Localização e serviços auxiliares

A localização escolhida para a estação de recarga é na zona centro-sul de Belo Horizonte. Com base nessa definição, estabeleceu-se que a concessionária responsável pelo fornecimento de energia será a Companhia Energética do Estado de Minas Gerais (CEMIG).

Além da potência dos carregadores, é comum que haja uma loja de conveniência. A Tabela 6 apresenta o consumo de alguns equipamentos típicos dessas lojas, estimando-se uma potência instalada de 20,23 kW. Dessa forma, a potência total instalada da estação de carregamento, somada à loja de conveniência, será de 240,23 kW. Para solicitar a conexão à concessionária, foi considerada uma demanda de 250 kW, adicionando uma margem de 10 kW à potência instalada, visando a possível aquisição de novos equipamentos no futuro.

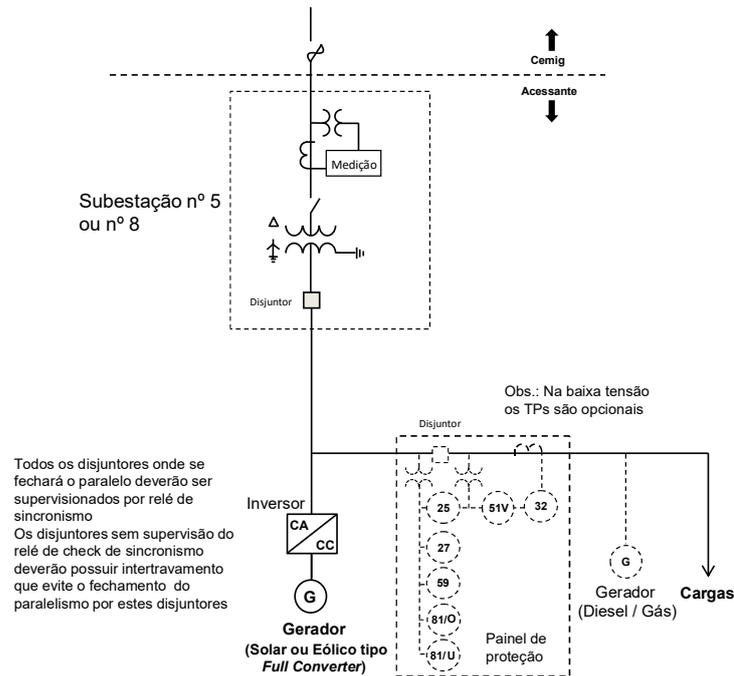
Tabela 6 – Potências média dos equipamentos elétricos.

Equipamento	Potência Média (W)
Chuveiro	6.500
Grill	1.200
Cafeteira	1.200
Geladeira	300
Freezer	500
Micro-ondas	750
Iluminação	2.400
Lavadora de alta pressão	1.500
Forno elétrico	4.500
Liquidificador	200
Espremedor de frutas	200
Impressora	90
Sanduícheira	640
Ventilador grande	250
Total	20.230

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Considerando que a potência instalada da estação de carregamento é de 250 kW, superior a 75 kW, torna-se necessária a instalação de um transformador para atender a estação, conforme a ABNT (2004). Para realizar conexões em média tensão em Belo Horizonte, é obrigatório seguir a ND-5.31 da CEMIG D, que estabelece os requisitos para a conexão de acessantes produtores de energia elétrica ao sistema de distribuição da CEMIG D em média tensão. Essa norma abrange os procedimentos de acesso, padrões, critérios técnicos e operacionais, bem como os contratos e acordos necessários para a conexão de acessantes geradores. A Figura 5 ilustra a conexão do transformador com as cargas (estação de recarga) e com um sistema de geração de energia (fotovoltaica ou eólica), conforme a ND-5.31 da CEMIG D, aplicável a subestações de até 300 kVA (CEMIG, 2024b).

Figura 5 – Subestação para Geração Distribuída até 300 kW.



Fonte: Retirado de CEMIG (2024b).

3.6 Fornecimento de energia elétrica

Após determinar a configuração da estação de recarga, inicia-se o processo de escolha do tipo de fornecimento de energia que atenderia estação de recarga. Optou-se por duas opções: a primeira é a energia proveniente da concessionária, denominada energia de consumo cativo, enquanto a segunda é a energia renovável, na qual a estação será autossuficiente por meio da geração fotovoltaica.

3.6.1 Energia Convencional

Ao analisar as tarifas disponíveis de acordo com o consumo, verificou-se que a tarifa que melhor se encaixa é a tarifa Verde A4 para consumidores de média/alta tensão. O valor da tarifa no consumo cativo está presente na Tabela 7 foram obtidos do estado de Minas Gerais da empresa CEMIG D, de acordo com a ANEEL (2023c). A Figura 6 apresenta parte de uma fatura de consumo de energia da CEMIG D, referente ao mês de dezembro de 2023, de um consumidor do setor hospitalar. A fatura indica uma demanda contratada de 480 kW no Horário de Ponta (HP) (valor do kW R\$ 95,20) e 440 kW no Horário Fora de Ponta (HFP) (valor do kW R\$ 19,62). Observa-se que houve uma ultrapassagem de 80 kW em relação à demanda contratada (valor do kW R\$ 190,40), resultando em um aumento de R\$ 15.231,87 no valor total da fatura. Além disso, a cobrança inclui o consumo de energia tanto no HP quanto no HFP. Por se tratar de um órgão do governo estadual, a

Tabela 7 – Valores da tarifa verde A4 da CEMIG D.

Tarifa Verde A4-2,3 kV a 25 kV	Demanda	Demanda ultrapassada	Consumo fora de ponta	Consumo ponta
Demanda R\$/kW h	28,37	56,75	0,54	2,80

Fonte: Adaptado de CEMIG (2024c).

fatura conta com uma redução de impostos.

Figura 6 – Exemplo de fatura da concessionária CEMIG D

Classe Poder Público	Subclasse Poder Publico Estadual	Modalidade Tarifária THS Azul AS	Datas de Leitura						
			Anterior 30/11	Atual 31/12	Nº de dias 31	Próxima 31/01			
Valores Faturados									
Itens da Fatura	Unid.	Quant.	Preço Unit. (R\$)	Valor (R\$)	PIS/COFINS	Base Calc. ICMS	Aliq. ICMS	ICMS	Tarifa Unit.
Demanda Ativa HFP s/ ICMS	kW	10	19,62137852	196,21	8,61	0,00	0,00	0,00	18,76000000
Demanda Ativa HFP	kW	440	19,62137852	8.633,40	379,00	0,00	0,00	0,00	18,76000000
Demanda Ativa HP	kW	480	95,19924694	45.695,63	2.006,03	0,00	0,00	0,00	91,02000000
Ultrapassagem HP	kW	80	190,39849388	15.231,87	668,67	0,00	0,00	0,00	182,04000000
Energia Ativa HFP	kWh	181.600	0,47664470	86.558,66	3.799,91	0,00	0,00	0,00	0,45572000
Energia Ativa HP	kWh	18.800	0,65348813	12.285,56	539,32	0,00	0,00	0,00	0,62480000
Contrib Ilum Publica Municipal				40,45					
Imposto Retido - IRPJ				-4.534,46					
TOTAL				164.107,32	7.401,54	0,00		0,00	

Fonte: Adaptado de CEMIG (2024c).

3.6.2 Energia Fotovoltaica

Para suprir toda a demanda da estação de carregamento com energia fotovoltaica, seria necessária uma usina *on-grid* com capacidade para 132 kW h. Contudo, a área disponível para a instalação é de apenas 300 m², enquanto a usina requer uma área de 3000 m². Portanto, a produção de energia será limitada à área disponível de 300 m², gerando aproximadamente 8.719,65 kW h por mês. O principal custo do investimento em uma usina fotovoltaica está associado aos módulos fotovoltaicos e inversores. A instalação e a infraestrutura representam cerca de 40% do custo total dos módulos e inversores, conforme estimado utilizando o aplicativo Solares On, parte do projeto Solares do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo (SOLARES; UFES, 2021). O detalhamento do custo do investimento pode ser visualizado a seguir:

3.7 Determinação das métricas de viabilidade financeira

Ao determinar as métricas para realizar a análise de viabilidade financeira, foram selecionadas aquelas que fornecem informações essenciais sobre a rentabilidade, retorno

Tabela 8 – Investimento em usina fotovoltaica para estação de 10 carregadores 22 kW.

Produto	Quantidade
Módulo 575W Trina TSM	111
Growatt 63282-9 60KW	1
Inversores +módulos	R\$ 107.913,91
Preço final do kit fotovoltaico (instalação+infraestrutura 40%)	R\$ 150.431,99

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

do investimento, lucratividade ao longo do tempo e eficiência do projeto. As métricas escolhidas incluem:

- Taxa de Mínima Atratividade (TMA),
- Fluxo de caixa (FC),
- Índice de Lucratividade (IL)
- Período de Recuperação do Investimento (Payback),
- Taxa Interna de Retorno (TIR),
- Valor Presente Líquido (VPL) e
- Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa).

Essas métricas são de fácil compreensão e fornecem uma avaliação abrangente e confiável dos aspectos financeiros do projeto e uma revisão sobre elas está presente no Apêndice A.

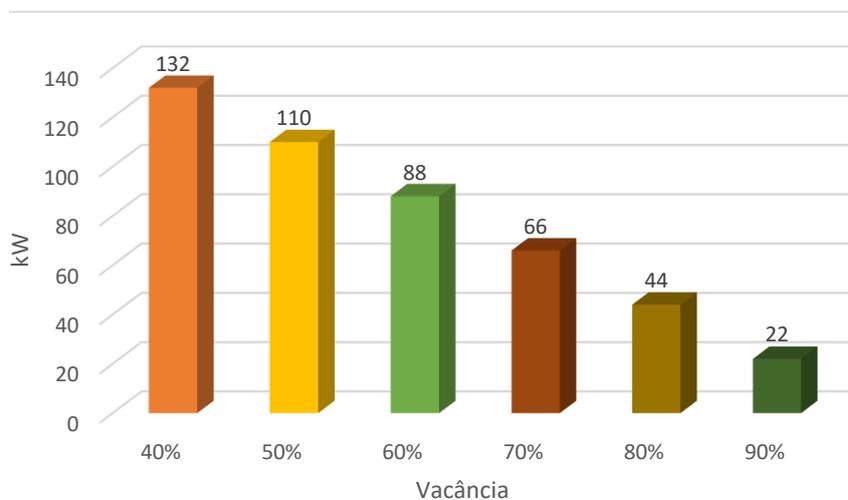
A vacância ¹ é um conceito importante para este trabalho. Ela se refere à taxa de tempo em que um equipamento, como máquinas, dispositivos ou ferramentas, permanece desocupado, inativo ou não utilizado. Essa condição pode surgir por várias razões, como manutenção, reparo, falta de demanda ou condições específicas que impedem a operação do equipamento. Por exemplo, uma taxa de vacância de 40% em um dia significa que, das 24 horas do dia, o equipamento esteve indisponível por 9,6 horas.

Como a estação é composta por 10 carregadores 22 kW, a potência instalada é de 220 kW. O estudo será conduzido para diversas taxas de vacância, de 40%, 50%, 60%, 70% e 80% e 90%. A potência da estação em função da taxa de vacância é dada por,

$$P_e = P_I \cdot (1 - i_v) \quad (3.3)$$

em que P_I é a potência instalada, em W; e i_v é a taxa de vacância.

Figura 7 – Potência total da estação de recarga de acordo com a taxa vacância.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Para a taxa de vacância de 40%, a potência é de 132 kW, enquanto com uma taxa de vacância de 90%, a potência é reduzida para 22 kW. A Figura 7 ilustra a potência total da estação de acordo com as taxas de vacância.

Além disso, foi definida a TMA com um valor de 20%, devido a taxa SELIC ter fechado no ano de 2023 em 11,75% (AGUIAR, 2023). Esse valor representa a taxa mínima de retorno necessária para considerar este investimento atrativo.

3.7.1 Viabilidade com fornecimento de energia convencional

Para fazer a análise financeira da energia convencional, foram considerados os itens da Tabela 9. Esses dados ajudam a entender os custos e receitas mensais, além de calcular o tempo de retorno do investimento e outros indicadores econômicos. Um dos pontos mais importantes é a vida útil do carregador, que é de 15 anos, dado necessário para a análise do VPLa. O preço do carregador e do transformador também são essenciais para calcular o investimento inicial. Além disso, as horas de funcionamento da estação, os dias de operação e o consumo de energia em kWh por mês permitem definir tanto os custos quanto a receita mensal.

Com base nos itens avaliados, foi possível calcular o investimento inicial. A Tabela 10 apresenta o valor total do investimento para a estação de recarga composta por 10 carregadores de 22 kW, alimentados por energia elétrica convencional.

Nessa tabela, estão incluídos o custo total dos carregadores e do transformador, além dos gastos com infraestrutura e instalação, que correspondem a aproximadamente

¹ Vacância: termo comumente usado em contextos industriais, empresariais ou logísticos para descrever a inatividade temporária de equipamentos.

Tabela 9 – Dados para análise de viabilidade econômica para estação de 10 carregadores 22 kW com energia convencional.

Parâmetro	Valor
Carregador	WEMOB 2x22 kW
Vida útil do carregador (anos)	15
Consumo por recarga (kW h)	22
Quantidade de carregadores por equipamento	2
Quantidade de equipamento	5
Total de carregadores	10
Dias de funcionamento por mês	30
Vacância	40 a 90%
Horas disponíveis de carregamento por dia (h)	24
Demanda HFP (kW h)	250
Demanda HP (kW h)	250
Quantidade de kW h consumido por carregador/dia	Variável
Consumo de kW h mensal	Variável
Potencia média bateria do carro (kW)	41
Taxa de depreciação(%)	12
Custo da energia médio: Tarifa Verde A4 (R\$/kW h)	0,80
Preço do carregador unitário(R\$)	26.000,00
Preço do Transformador (R\$)	32.560,00
Preço do disjuntor 700 A(R\$)	3.223,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 10 – Investimento Inicial para estação de 10 Carregadores 22 kW.

Parâmetro	Valor
Custo total carregadores (R\$)	130.000,00
Custo infraestrutura (15%) + Instalação (10%) Carregadores (R\$)	32.500,00
Transformador(R\$)	32.560,00
Custo infraestrutura + Instalação (50%) Transformador (R\$)	16.280,00
Investimento Inicial (R\$)	211.340,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

50% do custo do transformador (GILL, 2009). A infraestrutura envolve cabos, disjuntores e outros itens, como alvenaria e conexões. O valor total do investimento foi de R\$ 211.340,00.

Em seguida, foram estimados os valores das saídas de caixa mensais para a estação de recarga, conforme apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 90%.

Parâmetro	Valor (R\$)
Manutenção mensal (10% valor do carregador manutenção anual)	216,67
Funcionário(salário+encargos)	4.000,00
Aluguel(300 m ² BH região centro-sul)	5.000,00
Impostos	3.536,28
Demanda Tarifa Verde A4	14.453,17
Custo total da energia por mês	12.989,12
Custo total mensal	39.889,97

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Para simplificar os cálculos, utilizou-se uma média entre as tarifas aplicadas fora e no horário de ponta, resultando em um custo de recarga de R\$ 0,80 por kW h. Os custos mensais de manutenção dos carregadores e do sistema fotovoltaico foram definidos com base nas recomendações dos fabricantes, correspondendo a 0,83% do valor do carregador.

Além disso, os impostos foram considerados de acordo com as regras do Simples Nacional, calculados conforme a receita gerada pelo empreendimento (CGSN, 2018). A área alugada foi estabelecida em 300 m², levando em consideração as dimensões dos veículos Sport Utility Vehicle (SUV), que medem 5,5 m de comprimento por 2,5 m de largura. Além disso, foi incluída a área necessária para a abertura das portas, de 0,5 m de cada lado, e uma área de manobra de 2,5 m. Como o projeto contempla 10 carregadores, a área individual necessária para cada veículo, de 28 m², foi multiplicada por 10, resultando em um total de 280 m². O custo mensal total estimado foi de R\$ 39.889,97 para uma taxa de vacância de 90%.

Após concluir a análise dos custos, iniciaram-se os cálculos referentes à receita mensal, conforme descrito na Tabela 12.

Tabela 12 – Receita mensal para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 90%.

Parâmetro	Valor
Consumo por recarga (kW h)	22
Quantidade de carregadores	10
Consumo mensal em kW h	15.840
Valor da recarga (R\$/kW h)	2,35
Receita das recargas (R\$)	37.224,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

O valor estabelecido para a recarga foi de R\$ 2,35 por kW h, com base em pesquisa realizada pela autora, que identificou que o preço médio praticado nos Estados Unidos e na Alemanha é de aproximadamente US\$ 0,40 e EU\$ 0,40 por kW h, respectivamente, com dados de 30 de julho de 2024 (FONTANA, 2023). Assim, a receita total estimada para as recargas, considerando uma taxa de vacância de 90%, é de R\$ 37.224,00.

Definidos os dados de custos e receitas, a próxima etapa foi calcular o FC. Esse cálculo foi realizado utilizando a equação (A.1), e os resultados foram organizados na tabela de fluxo de caixa apresentada na Tabela 13.

Tabela 13 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 90%.

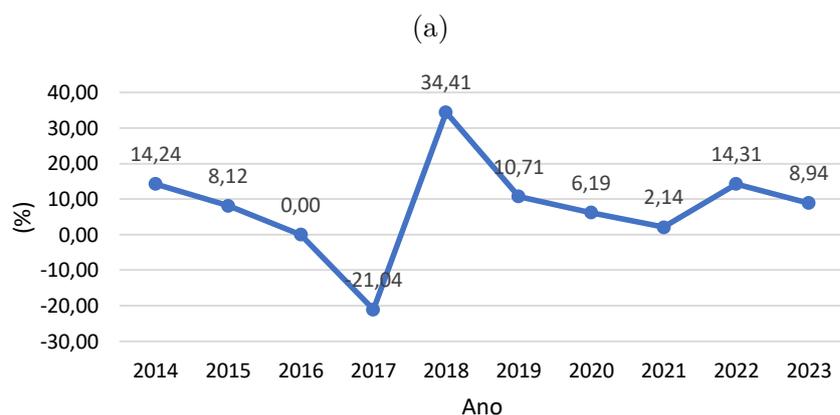
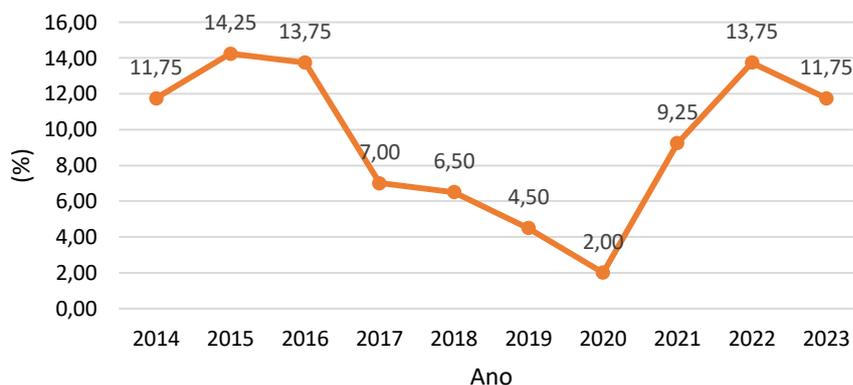
Mês	Receita(R\$)	Despesas(R\$)	Fluxo de Caixa(R\$)	Saldo Acumulado(R\$)
0	0,00	-211.340,00	-211.340,00	-211.340,00
1	37.224,00	-39.889,97	-2.665,97	-214.005,97
2	37.224,00	-39.889,97	-2.665,97	-216.671,94
3	37.224,00	-39.889,97	-2.665,97	-219.337,91
4	37.224,00	-39.889,97	-2.665,97	-222.003,88
5	37.224,00	-39.889,97	-2.665,97	-224.669,85
6	37.224,00	-39.889,97	-2.665,97	-227.335,82
7	37.224,00	-39.889,97	-2.665,97	-230.001,79
8	37.224,00	-39.889,97	-2.665,97	-232.667,76
9	37.224,00	-39.889,97	-2.665,97	-235.333,73
10	37.224,00	-39.889,97	-2.665,97	-237.999,70
11	37.224,00	-39.889,97	-2.665,97	-240.665,67
12	37.224,00	-39.889,97	-2.665,97	-243.331,64
Total em 1 ano	446.688,00	-690.019,64	-31.991,64	

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

O FC no primeiro ano apresentou um valor de -R\$ 31.991,64, resultando em um saldo acumulado de -R\$ 243.331,64.

Após a elaboração do FC, para o cálculo do VPL e VPLa considerou-se a vida útil média dos carregadores, estimada em 15 anos, e uma taxa de depreciação anual de 12%, com base na taxa Selic de 2023. Essa taxa foi adotada, uma vez que o aumento anual no custo da energia elétrica tem sido inferior à Selic nos últimos três anos, conforme mostrado na Figura 8. Os dados apresentados nessa figura foram obtidos dos sites da ANEEL (2024) e Economia (2024), que detalham a variação da taxa Selic e do custo da energia elétrica no Brasil entre 2014 e 2023. Ao analisar esses dados, observa-se que entre 2017 e 2018 houve um aumento significativo no custo da energia elétrica, que se estabilizou nos anos subsequentes. Em contraste, a taxa Selic permaneceu abaixo de 10% entre 2017 e 2021.

Figura 8 – Aumento do custo da energia elétrica e variação da taxa Selic nos últimos dez anos.



Legenda: (a) Taxa SELIC, (b) porcentagem de reajuste energia elétrica.

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Como pode ser observado na Tabela 14, que apresenta o VPL e VPLa, os resultados mostram que ao fim de 15 anos o VPLa é de -R\$ 429.230,74.

Tabela 14 – VPLa e VPLa acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 90%.

Tempo(Anos)	Fluxo de Caixa Anual(R\$)	Valor Presente (R\$)	VP Acumulado (R\$)
0	-211.340,00	-211.340,00	-211.340,00
1	-31.991,64	-28.563,97	-239.903,97
2	-31.991,64	-25.503,54	-265.407,51
3	-31.991,64	-22.771,02	-288.178,53
4	-31.991,64	-20.331,27	-308.509,79
5	-31.991,64	-18.152,92	-326.662,71
6	-31.991,64	-16.207,96	-342.870,67
7	-31.991,64	-14.471,39	-357.342,06
8	-31.991,64	-12.920,89	-370.262,95
9	-31.991,64	-11.536,51	-381.799,46
10	-31.991,64	-10.300,45	-392.099,91
11	-31.991,64	-9.196,83	-401.296,74
12	-31.991,64	-8.211,46	-409.508,20
13	-31.991,64	-7.331,66	-416.839,86
14	-31.991,64	-6.546,12	-423.385,98
15	-31.991,64	-5.844,75	-429.230,74

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Para avaliar a viabilidade econômica sob diferentes taxas de vacância (40%, 50%, 60%, 70% e 80%), foram realizados cálculos das Receita Mensal, Saídas Mensais, FC, VPL e VPLa. Essas análises foram conduzidas de maneira análoga àquelas realizadas para a taxa de vacância de 90%. Os resultados foram compilados em tabelas disponíveis no Apêndice B.

3.7.2 Viabilidade com fornecimento de energia convencional/fotovoltaica

De forma semelhante à análise realizada com o fornecimento de energia convencional, procedeu-se à avaliação para o cenário de energia convencional combinada com energia fotovoltaica. A principal diferença foi a inclusão do valor do investimento em uma usina fotovoltaica. Na Tabela 15 estão listados os dados necessários para analisar os custos mensais, a receita mensal e o tempo de retorno do investimento, entre outros indicadores. Um fator importante é a vida útil do carregador, estimada em 15 anos, que é essencial para a análise do VPLa. Além disso, os custos do carregador, transformador e sistema fotovoltaico são elementos fundamentais para o cálculo do investimento inicial. Informações como horas e dias de funcionamento da estação, assim como o consumo de energia em kW por mês, são usadas para definir tanto os custos operacionais quanto a receita mensal.

A Tabela 16 mostra o investimento inicial para a estação de recarga de 10 carregadores de 22 kW h, com fornecimento de energia elétrica Fotovoltaica. Incluindo o custo total do conjunto de carregadores, do transformador, do sistema fotovoltaico, como também o custo com infraestrutura e instalação. O investimento inicial foi de R\$ 361.771,99.

Tabela 15 – Dados para análise de viabilidade econômica para estação de 10 carregadores 22 kW com energia fotovoltaica .

Parâmetro	Valor
Carregador	WEMOB 2x 22 kW
Vida útil do carregador (anos)	15
Consumo por recarga (kW h)	22
Quantidade de carregadores por equipamento	2
Quantidade de equipamento	5
Total de carregadores	10
Dias de funcionamento por mês	30
Vacância	40 a 90%
Horas disponíveis carregamento por dia (h)	24
Demanda HFP (kW h)	250
Demanda HP (kW h)	250
Quantidade de kW h consumido por carregador/dia	Variável
Consumo mensal em kW h	Variável
Potência média bateria do carro (kW)	41
Taxa de depreciação(%)	12
Custo da energia médio: Tarifa Verde A4(R\$/kW h)	0,80
Preço do carregador unitário(R\$)	26.000,00
Preço do transformador (R\$)	32.560,00
Sistema fotovoltaico (R\$)	150.431,99

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 16 – Investimento Inicial para estação de 10 Carregadores 22 kW- Energia Fotovoltaica.

Parâmetro	Valor (R\$)
Custo total carregadores	130.000,00
Custo infraestrutura (15%) + Instalação (10%) Carregadores	32.500,00
Transformador	32.560,00
Custo infraestrutura + Instalação (50%) Transformador	16.280,00
Kit fotovoltaico + Instalação + Infraestrutura (40%)	150.431,99
Investimento Inicial	361.771,99

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Posteriormente, foram estimados os custos mensais para a estação de recarga, conforme detalhado na Tabela 17. Os custos de manutenção dos carregadores e do sistema

Tabela 17 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 90%.

Parâmetro	Valor (R\$)
Manutenção mensal	216,67
Funcionário(salário+encargos)	4.000,00
Aluguel(300 meter ² BH região centro-sul)	5.000,00
Impostos	3.536,28
Demanda Tarifa Verde A4	14.453,17
Energia	5.838,83
Manutenção do sistema fotovoltaico	62,68
Custo total mensal	32.970,40

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

fotovoltaico foram definidos com base nas recomendações dos fabricantes, sendo de 0,83% do valor do carregador e 0,416% do custo do sistema fotovoltaico. Em relação aos impostos, foi considerado o regime do Simples Nacional, que é calculado com base na receita do empreendimento (CGSN, 2018).A área alugada foi estabelecida em 300 m², levando em

consideração as dimensões dos veículos SUV, que medem 5,5 m de comprimento por 2,5 m de largura. Além disso, foi incluída a área necessária para a abertura das portas, de 0,5 m de cada lado, e uma área de manobra de 2,5 m. Como o projeto contempla 10 carregadores, a área individual necessária para cada veículo, de 28 m², foi multiplicada por 10, resultando em um total de 280 m². O custo mensal total estimado para a operação com uma vacância de 90% é de R\$ 25.748,61, o que representa o maior nível de vacância possível para o funcionamento da estação. É importante destacar que o custo da energia poderá variar ao longo do tempo, devido à tarifa do Fio B, que atualmente (2024) cobra 30% de seu valor por kW injetado na rede elétrica, conforme estabelecido na lei 14.300 (BRASIL, 2022).

Concluída a análise dos custos, iniciou-se o cálculo da receita mensal. Os valores utilizados são os mesmos apresentados na Tabela 12. Assim, a receita total das recargas, considerando uma vacância de 90%, é de R\$ 37.224,00.

Com os dados de receita e custo estabelecidos, a próxima etapa consistiu no cálculo do FC. Este cálculo foi realizado utilizando a equação (A.1), resultando na tabela de fluxo de caixa apresentada na Tabela 18. O FC para o primeiro ano foi de R\$ 51.043,16, e o saldo acumulado ficou em R\$ -310.728,83.

Tabela 18 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 90%.

Mês	Receita(R\$)	Despesas(R\$)	Fluxo de Caixa(R\$)	Saldo Acumulado(R\$)
0	0,00	-361.771,99	-361.771,99	-361.771,99
1	37.224,00	-32.970,40	4.253,60	-357.518,39
2	37.224,00	-32.970,40	4.253,60	-353.264,80
3	37.224,00	-32.970,40	4.253,60	-349.011,20
4	37.224,00	-32.970,40	4.253,60	-344.757,60
5	37.224,00	-32.970,40	4.253,60	-340.504,01
6	37.224,00	-32.970,40	4.253,60	-336.250,41
7	37.224,00	-32.970,40	4.253,60	-331.996,82
8	37.224,00	-32.970,40	4.253,60	-327.743,22
9	37.224,00	-32.970,40	4.253,60	-323.489,62
10	37.224,00	-32.970,40	4.253,60	-319.236,03
11	37.224,00	-32.970,40	4.253,60	-314.982,43
12	37.224,00	-32.970,40	4.253,60	-310.728,83
Total em 1 ano	446.688,00	-757.416,83	51.043,16	

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Após a elaboração do FC e de acordo com tempo de vida útil média dos carregadores é de 15 anos, e uma taxa de depreciação anual de 12%, sendo que esta representa a taxa mínima de retorno necessária para considerar um investimento atrativo, procedeu-se ao cálculo do VPLa e do VPLa acumulado conforme a equação (A.5). Ao fim de 15 anos o VPLa é de $-R\$ 14.123,971$. Os resultados desses cálculos estão detalhados na Tabela 19.

Para avaliar a viabilidade econômica sob diferentes taxas de vacância (40%, 50%, 60%, 70% e 80%), foram realizados cálculos das receita mensal, saídas mensais, FC, VPL e VPLa. Essas análises foram conduzidas de maneira análoga às realizadas para a taxa de vacância de 90%. Os resultados foram compilados em tabelas disponíveis no Apêndice B.

Tabela 19 – VPLa e VPLa acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 90%.

Tempo(Anos)	Fluxo de Caixa Anual(R\$)	Valor Presente (R\$)	VP Acumulado (R\$)
0	-361.771,99	-361.771,99	-361.771,99
1	51.043,16	45.574,25	-316.197,74
2	51.043,16	40.691,29	-275.506,45
3	51.043,16	36.331,51	-239.174,94
4	51.043,16	32.438,85	-206.736,09
5	51.043,16	28.963,26	-177.772,83
6	51.043,16	25.860,05	-151.912,78
7	51.043,16	23.089,33	-128.823,45
8	51.043,16	20.615,47	-108.207,98
9	51.043,16	18.406,67	-89.801,30
10	51.043,16	16.434,53	-73.366,77
11	51.043,16	14.673,69	-58.693,08
12	51.043,16	13.101,51	-45.591,58
13	51.043,16	11.697,77	-33.893,80
14	51.043,16	10.444,44	-23.449,36
15	51.043,16	9.325,39	-14.123,97

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

3.8 Considerações parciais

Neste capítulo, foram descritas as resoluções normativas pertinentes, assim como os modelos de carros elétricos com menor custo disponíveis no Brasil, abordando suas características como potência da bateria, tempo de carregamento, fator de carregamento e potências máximas e mínimas de carregamento, além do fornecimento de energia elétrica. Com base nessas informações, foi possível determinar a potência dos carregadores e o tipo e a potência da estação de recarga. Por fim, foram iniciados os cálculos das métricas financeiras, tais como FC, IL, Payback, TIR, VPL e VPLa, visando realizar uma análise da viabilidade econômica do projeto.

4 Resultados

Neste capítulo são apresentados os resultados do estudo de viabilidade econômica, considerando as métricas Payback, TIR, IL e VPL, além de variações do fornecimento de energia elétrica.

4.1 Considerações Iniciais

Para o estudo, foram analisados dois cenários para a obtenção de energia elétrica: (i) o fornecimento integral pela concessionária e (ii) o fornecimento combinado, com parte da energia vinda da concessionária e parte gerada de forma fotovoltaica. Ambos os cenários consideram os seguintes aspectos:

- (a) a estação possui 10 carregadores de 22 kW com potência total de 220 kW.
- (b) a taxa de depreciação é fixa de 12%.
- (c) a taxa de vacância com valores de 40 a 90%.

Devido ao tamanho das tabelas e à complexidade dos cálculos envolvidos, este capítulo apresenta apenas os resultados. Os cálculos detalhados podem ser consultados no Apêndice B, Apêndice C e nas planilhas correspondentes (10,11, 12, 13, 14, 16, 17, 18,19).

4.2 Cenário 1: Energia da concessionária

Neste cenário, o investimento para implantação estação é de R\$ 211.340,00, conforme calculado no Capítulo 3 e mostrado na Tabela 10. Devido à variação da vacância, o custo da energia se altera. O cálculo é mostrado no Capítulo 3 na Tabela 11 e no Apêndice B nas Tabelas 25, 29, 33, 37 e 41.

A Tabela 20 apresenta os resultados da análise de viabilidade para diferentes taxas de vacância no empreendimento. As colunas exibem os valores de Payback, TIR, IL e VPL para cada taxa de vacância. Por exemplo, com uma vacância de 40%, o empreendimento de R\$ 211.340,00 seria recuperado em menos de 2,28 meses. Em contrapartida, com uma vacância de 90%, o empreendimento não seria viável, já que todos os indicadores apresentaram valores negativos. A TIR, em todas as taxas de vacância, exceto 90%, supera a TMA de 20%, e o VPL permanece positivo para todas as taxas de vacância abaixo de 90%, evidenciando a viabilidade do empreendimento nessas condições.

Tabela 20 – Cenário 1 - Avaliação dos valores de taxa de vacância para estação com energia convencional

Classificação		Baixa	Moderada	Média	Alta	Elevada	Crítica
Vacância	%	40	50	60	70	80	90
Payback	anos	0,19	0,24	0,30	0,46	1,01	-6,61
TIR	%	520,30	411,18	332,50	215,78	99,05	N/A ²
IL	-	34,43	27,00	21,64	13,69	5,74	-2,03
VPL	MR\$ ¹	7,27	5,70	4,57	2,89	1,21	-0,43

¹ O termo *MR\$* significa milhões de reais.

² Neste caso, o empreendimento é inviável e o TIR não se aplica.

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

4.3 Cenário 2: Fornecimento combinado convencional e fotovoltaica

Neste cenário, o investimento para implantação estação é de R\$ 211.340,00, conforme calculado no Capítulo 3 e mostrado na Tabela 16. Analogamente ao caso 1, a vacância altera o custo da energia. O cálculo é mostrado no Capítulo 3 na Tabela 17 e no Apêndice B nas Tabelas 17, 45, 49, 53, 57, 61.

A Tabela 21 apresenta os resultados da análise de viabilidade considerando diferentes valores da taxa de vacância no empreendimento. As colunas mostram os valores de Payback, TIR, IL e VPL para cada taxa de vacância. Por exemplo, na primeira coluna, com uma taxa de vacância de 40%, o empreendimento de R\$ 361.771,99 teria um Payback de menos de 3,67 meses, com uma TIR de 326,9%. Em contraste, para uma taxa de vacância de 90%, o mesmo empreendimento teria um Payback de 7,09 anos, com um VPL e IL negativo, e uma TIR de 11,26%, que está abaixo da TMA estabelecida (20%).

Tabela 21 – Avaliação dos valores de taxa de vacância para estação com fornecimento combinado convencional e fotovoltaica.

Classificação		Baixa	Moderada	Média	Alta	Elevada	Crítica
Vacância	%	40	50	60	70	80	90
Payback	anos	0,31	0,38	0,46	0,67	1,24	7,09
TIR	%	326,90	263,16	217,19	149,00	80,80	11,26
IL	-	21,26	16,92	13,79	9,15	4,50	-0,03
VPL	MR\$ ¹	7,69	6,12	4,98	3,31	1,63	-0,014

¹ O termo *MR\$* significa milhões de reais.

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

4.4 Discussão dos resultados

Para o empreendimento ser atrativo, a TMA definida foi de 20%, a TIR acima do valor estabelecido da TMA para as taxas de vacância de 40 a 80%, apenas a vacância de 90% ficou abaixo de 20%. A TIR para a vacância de 80%, é entre 4 a 5 vezes o valor da TMA, tanto para estação de recarga com fornecimento de energia convencional e combinada convencional e fotovoltaica. O IL mostrou-se com valores interessantes para os dois cenários, para cada R\$ 1,00 investido no empreendimento, para uma vacância de 40%, o lucro é de R\$ 34,43 e R\$ 21,26, para o caso 1 e caso 2 respectivamente. Ao analisar o Payback em relação à taxa de vacância, é possível determinar o número de carros atendidos por dia para uma recarga completa, com base na potência média da bateria, conforme mostrado na Tabela 3.

Os resultados indicam que o empreendimento possui um Payback menor quando a estação é abastecida por energia convencional, em comparação com a fotovoltaica (0,19 contra 0,31 quando a vacância é de 40%). Isso ocorre pois o uso de energia fotovoltaica eleva os custos do empreendimento em decorrência da construção de uma usina de mini-geração.

Por outro lado, o VPL apresentou uma diferença de 0,47 milhões de reais a favor do empreendimento com energia fotovoltaica, para um horizonte de 15 anos. Essa diferença é explicada pela economia de R\$ 7.150,29 mensais proveniente da geração de energia fotovoltaica. Essa economia de energia ocorre para todas as vacâncias, justificando a diferença constante entre as curvas do caso 1 e 2 da Figura 9. Isso sugere que, embora a energia convencional apresente um retorno financeiro mais rápido, a opção por energia fotovoltaica pode oferecer benefícios sustentáveis a longo prazo. Ao analisar a Tabela 22 pode-se concluir que quanto maior a vacância menor o número de carros atendidos. A uma vacância de 40% são atendidos 77 carros por dia, e a uma vacância de 80% esse número cai para 26.

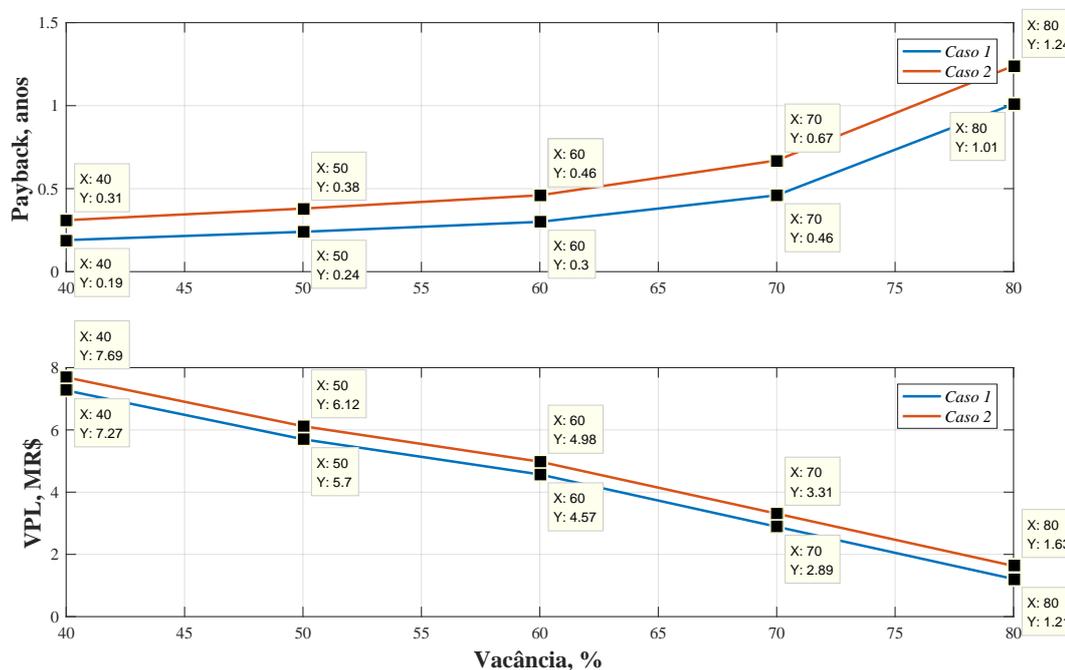
Tabela 22 – Dados de Vacância, Carros Atendidos por dia, Payback e VPL.

Vacância (%)	Carros Atendidos/dia	Payback Convencional (anos)	Payback fotovoltaica (anos)	VPL Convencional (MR\$)	VPL fotovoltaica (MR\$)
40	77	0,19	0,31	7,27	7,69
50	64	0,24	0,38	5,70	6,12
60	52	0,30	0,46	4,57	4,98
70	39	0,46	0,67	3,31	2,89
80	26	1,01	1,24	1,63	1,21
90	13	-6,61	7,09	-0,01	-0,42

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

A Tabela 23 e a Tabela 24 apresentam a relação entre diferentes itens e a taxa de vacância por carregador. Observa-se que, à medida que a taxa de vacância diminui, o lucro

Figura 9 – Variação do VPL e Payback com a vacância.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

por carregador aumenta. Uma diferença importante entre as duas tabelas é que, quando a estação é abastecida por uma combinação de energia convencional e fotovoltaica, os custos variáveis são menores em comparação com uma estação que utiliza apenas energia convencional. Isso ocorre devido à economia proporcionada pelo uso da energia fotovoltaica. O valor do investimento na estação de recarga é fixo; no entanto, ao optar pela combinação de energia convencional e fotovoltaica, o investimento total será maior devido ao custo da instalação da usina fotovoltaica.

Outro fator importante a ser considerado é que, se o custo da energia elétrica aumentar a uma taxa superior à Selic, o uso de um sistema fotovoltaico pode se tornar mais vantajoso. No entanto, neste trabalho, não foi realizada uma projeção aprofundada sobre esse cenário, mas essa análise pode ser abordada em estudos futuros.

Tabela 23 – Energia Convencional: variáveis por carregador mensalmente.

Classificação		Baixa	Moderada	Média	Alta	Elevada	Crítica
Vacância	%	40	50	60	70	80	90
Custo fixo	R\$	-5.560,80	-5.028,50	-3.960,17	-3.561,87	-3.163,58	-2.720,61
Custo variável	R\$	-7.610,31	-6.341,93	-5.073,54	-3.805,16	-2.536,77	-1.268,39
Imposto	R\$	-1.116,72	-930,60	-744,48	-558,36	-372,24	-186,12
Receita	R\$	22.334,40	18.612,00	14.889,60	11.167,20	7.444,80	3.722,40
Lucro	R\$	8.046,56	6.310,97	5.111,41	3.241,81	1.372,21	-452,72

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 24 – Energia combinada Convencional e Fotovoltaica: variáveis por carregador mensalmente.

Classificação		Baixa	Moderada	Média	Alta	Elevada	Crítica
Vacância	%	40	50	60	70	80	90
Custo fixo	R\$	-5.567,07	-5.034,77	-3.966,44	-3.568,14	-3.169,85	-2.726,88
Custo variável	R\$	-6.912,09	-5.643,70	-4.375,32	-3.106,93	-1.838,55	570,16
Imposto	R\$	-1.116,72	-930,60	-744,48	-558,36	-372,24	-186,12
Receita	R\$	22.334,40	18.612,00	14.889,60	11.167,20	7.444,80	3.722,40
Lucro	R\$	8.738,52	12.646,63	5.803,36	3.933,77	2.064,17	1.379,56

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

4.5 Considerações parciais

Neste capítulo, foram descritos os resultados obtidos para os cenários 1 e 2. Nestes cenários foram demonstrados os resultados da avaliação econômica em relação a vacância. Os resultados apresentados foram das métricas Payback, TIR, IL e VPL. Após apresentar os dados obtidos, foi realizado a discussão dos resultados, onde foi verificado se a estação de recarga seria viável.

5 Conclusão

Este trabalho teve o objetivo de realizar um estudo de viabilidade econômica da implementação de uma estação de recarga de carros elétricos no Brasil. Para isso, utilizou-se cenários de compra de energia do mercado cativo tarifa convencional e mini-geração solar.

No Capítulo 2, foi realizada uma revisão sobre o surgimento dos carros elétricos e a crescente necessidade de reduzir o impacto ambiental causado por veículos automotores. Além disso, foram discutidos aspectos da legislação brasileira relativa a veículos elétricos, os diferentes tipos de carregadores disponíveis e os eletropostos. Quanto à aquisição de energia, foram revisados os principais tipos de energia disponíveis no mercado: energia cativa, energia livre e energia fotovoltaica, além de sua regulamentação no Brasil.

Nos Capítulos 3 e 4, foi realizada a análise de viabilidade para a implementação de uma estação de recarga. As principais características definidas para a estação incluem 10 carregadores de 22 kW, tarifa convencional e as métricas Payback, TIR, VPL, VPLa e TMA. O estudo considerou dois cenários: o cenário 1, com fornecimento exclusivamente de energia convencional, e o cenário 2, com uma combinação de energia convencional e fotovoltaica. Em ambos os casos, foi analisada a variação da vacância, uma métrica de utilização dos carregadores, que variou entre 40 % e 90 %. Os resultados indicam que, embora o cenário 1 tenha apresentado um Payback mais rápido, o cenário 2 se mostrou mais vantajoso a longo prazo, com um VPL superior. Por exemplo, com uma vacância de 80%, o cenário 1 apresentou um Payback de 1,01 anos, enquanto o cenário 2 alcançou 1,24 anos. Para a mesma vacância, o VPL do cenário 1 foi de 1,21 milhões de reais, comparado a 1,63 milhões de reais no cenário 2. Finalmente, para taxas de vacâncias superiores a 90%, ambos cenários são inviáveis.

Uma das contribuições deste trabalho é proporcionar às pessoas e profissionais uma referência útil para a implementação de uma estação de recarga, ao abordar aspectos como viabilidade econômica, seleção de carregadores adequados e as normas resolutivas que regem sua operação e autorização de seu funcionamento. A outra contribuição é a disponibilização das planilhas para cálculo da viabilidade econômica, de forma simplificada, no Apêndice D.

Para trabalhos futuros, há diversas possibilidades de pesquisa que ampliem o escopo deste tema. Uma delas consiste em investigar a variação dos preços da energia elétrica ao longo da vida útil dos carregadores. Além disso, seria relevante realizar uma análise de viabilidade econômica relacionada à localização de eletropostos em rodovias, especialmente aqueles que oferecem carregamento rápido. Outra área de estudo promissora seria a análise de viabilidade de uma estação de recarga alimentada por um sistema fotovoltaico *off-grid*. Adicionalmente, futuras pesquisas poderiam considerar a implementação de tarifas flexíveis ao longo do dia, ajustando os preços conforme a demanda energética, o que potencialmente

otimizaria o uso da rede elétrica. Também seria interessante investigar o armazenamento de energia, permitindo que as estações de recarga acumulem eletricidade durante períodos de menor demanda para utilizá-la em horários de pico. Estas investigações poderiam contribuir significativamente para o desenvolvimento e aprimoramento da infraestrutura de recarga para veículos elétricos.

Apêndices

APÊNDICE A – ANÁLISE ECONÔMICA

A.1 Introdução

A análise econômica desempenha um papel fundamental na avaliação da viabilidade de um projeto. Assim ao analisar a rentabilidade de um investimento, é necessário definir uma taxa mínima a ser alcançada, sendo essa taxa é definida como Taxa Mínima de Atratividade (TMA), que auxilia na tomada de decisões financeiras e na alocação eficiente de recursos. A TMA também conhecida como custo de oportunidade, é a taxa mais favorável, com baixo risco, disponível para investir o capital em análise (SOUZA; CLEMENTE, 2008). Portanto, a TMA representa uma taxa quase livre de risco e é considerada a melhor opção de investimento (Souza e Clemente, 2009). Nesse sentido, o retorno obtido será considerado como lucro apenas se exceder o valor já existente, ou seja, o ganho além do que seria obtido com a aplicação da taxa TMA.

A TMA é definida de acordo com a política da organização, pode ter como base taxas do Banco Central (BACEN): taxa de juros livre de risco (SELIC, no caso brasileiro), remuneração da caderneta de poupança, entre outras fontes (FILHO; KOPITTKKE, 2019). A proposta do empreendimento deve render, no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco para que se torne atrativa. Essa taxa é representada pela remuneração dos títulos de baixo risco e deve ser compatível com o perfil do investidor. Além da TMA, de acordo com SOUZA e CLEMENTE (2008), outros indicadores são importantes para análise de projetos de investimento e estes estão divididos em dois grupos principais: no primeiro grupo em relação à rentabilidade do projeto e o segundo em relação ao risco do projeto. Os indicadores de rentabilidade incluem o VPL, o VPLa, a TIR, o IL e o ROIA. Já os indicadores de risco incluem a TIR, o Payback e o Ponto de Fisher.

As métricas como o Fluxo de Caixa (FC), o IL, o Payback, a TIR, o VPL, o VPLa, são de simples compreensão e fornecem uma avaliação completa dos aspectos financeiros do projeto. Essas métricas fornecem informações valiosos sobre a rentabilidade, o retorno do investimento, a lucratividade ao longo do tempo e a eficiência do projeto. Com base nessa análise, é possível tomar decisões embasadas, identificar os melhores projetos para investimento e otimizar a alocação de recursos, buscando o máximo retorno financeiro para a organização. A análise econômica se torna, assim, uma ferramenta indispensável para a tomada de decisões estratégicas e o sucesso de um projeto. A seguir será descrito as métricas citadas.

sectionFluxo de Caixa(FC) O Fluxo de Caixa é uma ferramenta utilizada para acompanhar e controlar as entradas e saídas de dinheiro de uma empresa em um determi-

nado período de tempo. Ele registra todas as transações financeiras, como recebimentos de vendas, pagamentos de fornecedores, salários, impostos, investimentos, entre outros.

As entradas de caixa representam o dinheiro que entra na empresa, como receitas de vendas, empréstimos, investimentos ou qualquer outra fonte de dinheiro. Já as saídas de caixa são os valores gastos ou pagos pela empresa, incluindo custos de produção, salários, impostos, pagamentos de fornecedores, entre outros.

O fluxo de caixa pode ser calculado em diferentes períodos, como diário, semanal, mensal ou anual, dependendo das necessidades e da complexidade da empresa. Ele fornece uma visão clara das finanças da empresa, permitindo o monitoramento do desempenho financeiro, a identificação de problemas de liquidez e a tomada de decisões mais informadas relacionadas às finanças.

Dessa forma, o FC é definido como,

$$FC = E_C - S_C \quad (\text{A.1})$$

em que E_C é entradas de caixa e S_C é saídas de caixa.

A.2 Índice de Lucratividade (IL)

A lucratividade é um parâmetro que reflete a eficácia operacional de uma empresa, expressa como um valor percentual que demonstra o lucro gerado em relação ao esforço empregado. Ela representa um dos principais indicadores econômicos da empresa e está intimamente ligada à competitividade do negócio. Dessa forma, o IL é definido como,

$$IL = \frac{L_l}{E_C} * 100 \quad (\text{A.2})$$

em que L_l é o lucro líquido E é entradas de caixa .

A.3 Período de recuperação (Payback)

O Payback, também conhecido como Período de Recuperação, é uma métrica utilizada para calcular o tempo necessário para recuperar o investimento inicial em um projeto. É determinado pelo período de tempo em que os fluxos de caixa gerados pelo projeto se igualam ao investimento inicial. O Payback é uma ferramenta útil para avaliar a rapidez com que um projeto pode gerar retorno financeiro e é amplamente utilizado na tomada de decisões de investimento. Dessa forma, o Payback é definido como,

$$Payback = \frac{I}{FC} \quad (\text{A.3})$$

em que I é o investimento , FC o fluxo de caixa anual.

A.4 Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido, ou VPL, é uma medida financeira utilizada para avaliar a viabilidade de um projeto de investimento, que calcula o valor presente de todos os fluxos de caixa futuros esperados de um projeto, descontando-os a uma taxa de desconto adequada. Sendo este uma métrica comumente utilizada em análises de investimentos, onde um VPL positivo indica que o projeto tem um retorno financeiro líquido positivo e é considerado viável. Dessa forma, a VPL é definido como,

$$VPL = \sum FC \frac{1}{(1+i)^n} - I \quad (\text{A.4})$$

em que FC é o fluxo de caixa anual, i é taxa de juros ao ano, n é o período em anos e I é o investimento.

A.5 Valor Presente Líquido anualizado(VPLa)

O Valor Presente Líquido anualizado(VPLa) é uma variação do VPL que leva em consideração a duração do projeto. Ele calcula o VPL anualizado do projeto, dividindo o VPL pelo número de anos do projeto. Essa métrica permite comparar projetos com diferentes durações e é útil para a tomada de decisões em que se deseja avaliar a rentabilidade anual de cada projeto. Dessa forma, a VPLa é definido como,

$$VPLa = VPL(1+i)^v \frac{1}{(i)} \quad (\text{A.5})$$

em que $VPLa$ é o valor presente líquido i é taxa de juros ao ano, v é o período de vida útil em anos

A.6 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno, ou TIR, é uma métrica financeira que mede a rentabilidade de um projeto de investimento. Ela representa a taxa de desconto na qual o Valor Presente Líquido (VPL) de um projeto se torna igual a zero. Em outras palavras, é a taxa que torna o investimento inicial igual aos fluxos de caixa esperados do projeto ao longo de sua vida útil. A TIR é usada para comparar a rentabilidade de diferentes projetos e quanto maior a TIR, mais atrativo é o projeto, pois indica uma taxa de retorno mais elevada.

Dessa forma, a TIR é definido como,

$$VPL = \sum FC \frac{1}{(1+TIR)^n} - I = 0 \quad (\text{A.6})$$

em que FC é o fluxo de caixa anual, i é taxa de juros ao ano, n é o período em anos e I é o investimento.

APÊNDICE B – Tabelas da avaliação econômica - Energia Convencional

B.1 Introdução

Este apêndice apresenta as tabelas de custos mensais, receita mensal, fluxo de caixa e VPL e VPLa, para as taxas de vacância de 40%, 50%, 60%, 70% e 80%, para avaliação econômica de estação de recarga com energia convencional.

B.2 Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%

Tabela 25 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.

Parâmetro	Valor
Manutenção mensal (10% valor do carregador manutenção anual)(R\$)	216,67
Funcionário(salário+encargos)(R\$)	4.000,00
Aluguel(300m ² BH região centro-sul) (R\$)	5.000,00
Impostos(R\$)	31.938,19
Demanda Tarifa Verde A4(R\$)	14.453,17
Energia Elétrica (R\$)	76.103,14
Custo total mensal(R\$)	131.711,16

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 26 – Receitas mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.

Parâmetro	Valor
Consumo por recarga (kW h)	22
Quantidade de carregadores	10
Consumo mensal em (R\$)	95.040
Valor da recarga (R\$/kW h)	2,35
Receita das recargas (R\$)	223.344,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 27 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.

Mês	Receitas(R\$)	Despesas(R\$)	Fluxo de Caixa(R\$)	Saldo Acumulado(R\$)
0	0,00	-211.340,00	-211.340,00	-211.340,00
1	223.344,00	-131.711,16	91.632,84	-119.707,16
2	223.344,00	-131.711,16	91.632,84	-28.074,32
3	223.344,00	-131.711,16	91.632,84	63.558,51
4	223.344,00	-131.711,16	91.632,84	155.191,35
5	223.344,00	-131.711,16	91.632,84	246.824,19
6	223.344,00	-131.711,16	91.632,84	338.457,03
7	223.344,00	-131.711,16	91.632,84	430.089,87
8	223.344,00	-131.711,16	91.632,84	521.722,70
9	223.344,00	-131.711,16	91.632,84	613.355,54
10	223.344,00	-131.711,16	91.632,84	704.988,38
11	223.344,00	-131.711,16	91.632,84	796.621,22
12	223.344,00	-131.711,16	91.632,84	888.254,06
Total em 1 ano	2.680.128,00	-1.791.873,94	1.099.594,06	

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 28 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.

Tempo(Anos)	Fluxo de Caixa Anual(R\$)	Valor Presente (R\$)	VP Acumulado (R\$)
0	-211.340,00	-211.340,00	-211.340,00
1	1.099.594,06	981.780,41	770.440,41
2	1.099.594,06	876.589,65	1.647.030,06
3	1.099.594,06	782.669,33	2.429.699,38
4	1.099.594,06	698.811,90	3.128.511,29
5	1.099.594,06	623.939,20	3.752.450,48
6	1.099.594,06	557.088,57	4.309.539,05
7	1.099.594,06	497.400,51	4.806.939,56
8	1.099.594,06	444.107,60	5.251.047,16
9	1.099.594,06	396.524,64	5.647.571,80
10	1.099.594,06	354.039,86	6.001.611,65
11	1.099.594,06	316.107,02	6.317.718,67
12	1.099.594,06	282.238,41	6.599.957,07
13	1.099.594,06	251.998,58	6.851.955,65
14	1.099.594,06	224.998,73	7.076.954,38
15	1.099.594,06	200.891,72	7.277.846,10

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

B.3 Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%

Tabela 29 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.

Parâmetro	Valor
Manutenção mensal (10% valor do carregador manutenção anual) (R\$)	216,67
Funcionário(salário+encargos)(R\$)	4.000,00
Aluguel(300m ² BH região centro-sul)(R\$)	5.000,00
Impostos(R\$)	26.615,16
Demanda Tarifa Verde A4 (R\$)	14.453,17
Energia Elétrica (R\$)	63.419,28
Custo total mensal (R\$)	113.704,27

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 30 – Receitas mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.

Parâmetro	Valor
Consumo por recarga (kW h)	22
Quantidade de carregadores	10
Consumo mensal em kW h	79.200
Valor da recarga (R\$/kW h)	2,35
Receita das recargas (R\$)	186.120,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 31 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.

Mês	Receitas(R\$)	Despesas(R\$)	Fluxo de Caixa(R\$)	Saldo Acumulado(R\$)
0	0,00	-211.340,00	-211.340,00	-211.340,00
1	186.120,00	-113.704,27	72.415,73	-138.924,27
2	186.120,00	-113.704,27	72.415,73	-66.508,55
3	186.120,00	-113.704,27	72.415,73	5.907,18
4	186.120,00	-113.704,27	72.415,73	78.322,90
5	186.120,00	-113.704,27	72.415,73	150.738,63
6	186.120,00	-113.704,27	72.415,73	223.154,36
7	186.120,00	-113.704,27	72.415,73	295.570,08
8	186.120,00	-113.704,27	72.415,73	367.985,81
9	186.120,00	-113.704,27	72.415,73	440.401,53
10	186.120,00	-113.704,27	72.415,73	512.817,26
11	186.120,00	-113.704,27	72.415,73	585.232,99
12	186.120,00	-113.704,27	72.415,73	657.648,71
Total em 1 ano	2.233.440,00	-1.575.791,29	868.988,71	

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 32 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.

Tempo(Anos)	Fluxo de Caixa Anual(R\$)	Valor Presente (R\$)	VP Acumulado (R\$)
0	-211.340,00	-211.340,00	-211.340,00
1	868.988,71	775.882,78	564.542,78
2	868.988,71	692.752,48	1.257.295,26
3	868.988,71	618.529,00	1.875.824,26
4	868.988,71	552.258,04	2.428.082,29
5	868.988,71	493.087,53	2.921.169,83
6	868.988,71	440.256,72	3.361.426,55
7	868.988,71	393.086,36	3.754.512,91
8	868.988,71	350.969,97	4.105.482,88
9	868.988,71	313.366,04	4.418.848,92
10	868.988,71	279.791,11	4.698.640,03
11	868.988,71	249.813,49	4.948.453,52
12	868.988,71	223.047,76	5.171.501,27
13	868.988,71	199.149,78	5.370.651,06
14	868.988,71	177.812,31	5.548.463,37
15	868.988,71	158.760,99	5.707.224,35

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

B.4 Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%

Tabela 33 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%.

Parâmetro	Valor
Manutenção mensal (10% valor do carregador manutenção anual)(R\$)	216,67
Funcionário(R\$(salário+encargos)	4.000,00
Aluguel(300m ² BH região centro-sul) (R\$)	5.000,00
Impostos (R\$)	15.931,87
Demanda Tarifa Verde A4 (R\$)	14.453,17
Energia Elétrica (R\$)	50.735,42
Custo total mensal (R\$)	90.337,13

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 34 – Receitas mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%.

Parâmetro	Valor
Consumo por recarga (kW h)	22
Quantidade de carregadores	10
Consumo mensal em	63.360
Valor da recarga (R\$/kW h)	2,35
Receita das recargas (R\$)	148.896,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 35 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%.

Mês	Receitas(R\$)	Despesas(R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	Saldo Acumulado(R\$)
0	0,00	-211.340,00	-211.340,00	-211.340,00
1	148.896,00	-90.337,13	58.558,87	-152.781,13
2	148.896,00	-90.337,13	58.558,87	-94.222,26
3	148.896,00	-90.337,13	58.558,87	-35.663,39
4	148.896,00	-90.337,13	58.558,87	22.895,48
5	148.896,00	-90.337,13	58.558,87	81.454,35
6	148.896,00	-90.337,13	58.558,87	140.013,22
7	148.896,00	-90.337,13	58.558,87	198.572,09
8	148.896,00	-90.337,13	58.558,87	257.130,96
9	148.896,00	-90.337,13	58.558,87	315.689,83
10	148.896,00	-90.337,13	58.558,87	374.248,70
11	148.896,00	-90.337,13	58.558,87	432.807,57
12	148.896,00	-90.337,13	58.558,87	491.366,44
Total em 1 ano	1.786.752,00	-1.295.385,56	702.706,44	

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

B.5 Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.

Tabela 36 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%.

Tempo(Anos)	Fluxo de Caixa Anual(R\$)	Valor Presente (R\$)	VP Acumulado (R\$)
0	-211.340,00	-211.340,00	-211.340,00
1	702.706,44	627.416,46	416.076,46
2	702.706,44	560.193,27	976.269,73
3	702.706,44	500.172,56	1.476.442,30
4	702.706,44	446.582,65	1.923.024,94
5	702.706,44	398.734,51	2.321.759,45
6	702.706,44	356.012,95	2.677.772,40
7	702.706,44	317.868,71	2.995.641,11
8	702.706,44	283.811,34	3.279.452,45
9	702.706,44	253.402,99	3.532.855,44
10	702.706,44	226.252,67	3.759.108,10
11	702.706,44	202.011,31	3.961.119,41
12	702.706,44	180.367,24	4.141.486,65
13	702.706,44	161.042,18	4.302.528,83
14	702.706,44	143.787,66	4.446.316,49
15	702.706,44	128.381,84	4.574.698,33

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 37 – Custos mensais para para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.

Parâmetro	Valor
Manutenção mensal (10% valor do carregador manutenção anual) (R\$)	216,67
Funcionário(salário+encargos)(R\$)	4.000,00
Aluguel(300m ² BH região centro-sul) (R\$)	5.000,00
Impostos(R\$)	11.948,90
Demanda Tarifa Verde A4 (R\$)	14.453,17
Energia Elétrica (R\$)	38.051,57
Custo total mensal(R\$)	73.670,31

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 38 – Receitas mensais para para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.

Parâmetro	Valor
Consumo por recarga (kW h)	22
Quantidade de carregadores	10
Consumo mensal em	47.520
Valor da recarga (R\$/kW h)	2,35
Receita das recargas (R\$)	111.672,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 39 – Fluxo de Caixa para para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.

Mês	Receitas(R\$)	Despesas(R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	Saldo Acumulado(R\$)
0	0,00	-211.340,00	-211.340,00	-211.340,00
1	111.672,00	-73.670,31	38.001,69	-173.338,31
2	111.672,00	-73.670,31	38.001,69	-135.336,61
3	111.672,00	-73.670,31	38.001,69	-97.334,92
4	111.672,00	-73.670,31	38.001,69	-59.333,22
5	111.672,00	-73.670,31	38.001,69	-21.331,53
6	111.672,00	-73.670,31	38.001,69	16.670,16
7	111.672,00	-73.670,31	38.001,69	54.671,86
8	111.672,00	-73.670,31	38.001,69	92.673,55
9	111.672,00	-73.670,31	38.001,69	130.675,24
10	111.672,00	-73.670,31	38.001,69	168.676,94
11	111.672,00	-73.670,31	38.001,69	206.678,63
12	111.672,00	-73.670,31	38.001,69	244.680,33
Total em 1 ano	1.340.064,00	-1.095.383,67	456.020,33	

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 40 – VPLa e VPLa Acumulado para para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.

Tempo(Anos)	Fluxo de Caixa Anual(R\$)	Valor Presente (R\$)	VP Acumulado (R\$)
0	-211.340,00	-211.340,00	-211.340,00
1	456.020,33	407.161,01	195.821,01
2	456.020,33	363.536,61	559.357,62
3	456.020,33	324.586,26	883.943,88
4	456.020,33	289.809,16	1.173.753,04
5	456.020,33	258.758,18	1.432.511,22
6	456.020,33	231.034,09	1.663.545,31
7	456.020,33	206.280,44	1.869.825,75
8	456.020,33	184.178,96	2.054.004,71
9	456.020,33	164.445,50	2.218.450,21
10	456.020,33	146.826,34	2.365.276,55
11	456.020,33	131.094,95	2.496.371,50
12	456.020,33	117.049,06	2.613.420,56
13	456.020,33	104.508,09	2.717.928,65
14	456.020,33	93.310,79	2.811.239,44
15	456.020,33	83.313,21	2.894.552,65

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

B.6 Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.

Tabela 41 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.

Parâmetro	Valor
Manutenção mensal (10% valor do carregador manutenção anual) (R\$)	216,67
Funcionário(salário+encargos) (R\$)	4.000,00
Aluguel(300m ² BH região centro-sul)(R\$)	5.000,00
Impostos(R\$)	7.965,94
Demanda Tarifa Verde A4 (R\$)	14.453,17
Energia Elétrica(R\$)	25.367,71
Custo total mensal(R\$)	57.003,48

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 42 – Receitas mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.

Parâmetro	Valor
Consumo por recarga (kW h)	22
Quantidade de carregadores	10
Consumo mensal em	31.680
Valor da recarga (R\$/kW h)	2,35
Receita das recargas (R\$)	74.448,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 43 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.

Mês	Receitas(R\$)	Despesas(R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	Saldo Acumulado(R\$)
0	0,00	-211.340,00	-211.340,00	-211.340,00
1	74.448,00	-57.003,48	17.444,52	-193.895,48
2	74.448,00	-57.003,48	17.444,52	-176.450,96
3	74.448,00	-57.003,48	17.444,52	-159.006,45
4	74.448,00	-57.003,48	17.444,52	-141.561,93
5	74.448,00	-57.003,48	17.444,52	-124.117,41
6	74.448,00	-57.003,48	17.444,52	-106.672,89
7	74.448,00	-57.003,48	17.444,52	-89.228,37
8	74.448,00	-57.003,48	17.444,52	-71.783,86
9	74.448,00	-57.003,48	17.444,52	-54.339,34
10	74.448,00	-57.003,48	17.444,52	-36.894,82
11	74.448,00	-57.003,48	17.444,52	-19.450,30
12	74.448,00	-57.003,48	17.444,52	-2.005,79
Total em 1 ano	893.376,00	-895.381,79	209.334,21	

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 44 – VPLa e VPLa Acumulado para para estação de 10 Carregadores 22 kW estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.

Tempo(Anos)	Fluxo de Caixa Anual(R\$)	Valor Presente (R\$)	VP Acumulado (R\$)
0	-211.340,00	-211.340,00	-211.340,00
1	209.334,21	186.905,55	-24.434,45
2	209.334,21	166.879,95	142.445,50
3	209.334,21	148.999,96	291.445,46
4	209.334,21	133.035,68	424.481,14
5	209.334,21	118.781,86	543.262,99
6	209.334,21	106.055,23	649.318,22
7	209.334,21	94.692,17	744.010,39
8	209.334,21	84.546,58	828.556,97
9	209.334,21	75.488,02	904.044,98
10	209.334,21	67.400,01	971.445,00
11	209.334,21	60.178,58	1.031.623,58
12	209.334,21	53.730,88	1.085.354,46
13	209.334,21	47.974,00	1.133.328,46
14	209.334,21	42.833,93	1.176.162,39
15	209.334,21	38.244,58	1.214.406,97

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

APÊNDICE C – Tabelas da avaliação econômica - Energia Combinada Convencional e Fotovoltaica

C.1 Introdução

Este apêndice apresenta as tabelas de custos mensais, receita mensal, fluxo de caixa e VPL e VPLa, para as taxas de vacância de 40%, 50%, 60%, 70% e 80%, para avaliação econômica de estação de recarga com energia combinada convencional e fotovoltaica.

C.2 Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%

Tabela 45 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.

Parâmetro	Valor
Manutenção mensal (10% valor do carregador manutenção anual) (R\$)	216,67
Funcionário(salário+encargos) (R\$)	4.000,00
Aluguel(300m ² - BH - região centro-sul) (R\$)	5.000,00
Impostos(R\$)	31.938,19
Demanda Tarifa Verde A4(R\$)	14.453,17
Manutenção sistema fotovoltaico(R\$)	62,68
Custo total da energia mensal(R\$)	69.120,89
Custo total mensal(R\$)	124.791,60

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 46 – Receita mensal para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.

Parâmetro	Valor
Consumo por recarga (kW h)	22
Quantidade de carregadores	10
Consumo mensal em (R\$)	95.040
Valor da recarga (R\$/kW h)	2,35
Receita das recargas (R\$)	223.344,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 47 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.

Mês	Receitas (R\$)	Despesas (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	Saldo Acumulado (R\$)
0	0,00	-361.771,99	-361.771,99	-361.771,99
1	223.344,00	-124.791,60	98.552,40	-263.219,59
2	223.344,00	-124.791,60	98.552,40	-164.667,18
3	223.344,00	-124.791,60	98.552,40	-66.114,78
4	223.344,00	-124.791,60	98.552,40	32.437,63
5	223.344,00	-124.791,60	98.552,40	130.990,03
6	223.344,00	-124.791,60	98.552,40	229.542,44
7	223.344,00	-124.791,60	98.552,40	328.094,84
8	223.344,00	-124.791,60	98.552,40	426.647,25
9	223.344,00	-124.791,60	98.552,40	525.199,65
10	223.344,00	-124.791,60	98.552,40	623.752,05
11	223.344,00	-124.791,60	98.552,40	722.304,46
12	223.344,00	-124.791,60	98.552,40	820.856,86
Total em 1 ano	2.680.128,00	-1.859.271,14	1.182.628,85	

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 48 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 40%.

Tempo(Anos)	Fluxo de Caixa Anual(R\$)	Valor Presente (R\$)	VP Acumulado (R\$)
0	-361.771,99	-361.771,99	-361.771,99
1	1.182.628,85	1.055.918,62	694.146,63
2	1.182.628,85	942.784,48	1.636.931,11
3	1.182.628,85	841.771,86	2.478.702,97
4	1.182.628,85	751.582,02	3.230.284,99
5	1.182.628,85	671.055,37	3.901.340,36
6	1.182.628,85	599.156,58	4.500.496,94
7	1.182.628,85	534.961,23	5.035.458,17
8	1.182.628,85	477.643,96	5.513.102,13
9	1.182.628,85	426.467,82	5.939.569,95
10	1.182.628,85	380.774,84	6.320.344,79
11	1.182.628,85	339.977,54	6.660.322,33
12	1.182.628,85	303.551,37	6.963.873,70
13	1.182.628,85	271.028,01	7.234.901,71
14	1.182.628,85	241.989,29	7.476.891,00
15	1.182.628,85	216.061,87	7.692.952,87

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

C.3 Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%

Tabela 49 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.

Parâmetro	Valor
Manutenção mensal (10% valor do carregador manutenção anual) (R\$)	216,67
Funcionário(salário+encargos)(R\$)	4.000,00
Aluguel(300m ² - BH - região centro-sul) (R\$)	5.000,00
Impostos(R\$)	26.615,16
Demanda Tarifa Verde A4(R\$)	14.453,17
Manutenção sistema fotovoltaico(R\$)	62,68
Custo total da energia mensal(R\$)	56.437,03
Custo total mensal(R\$)	106.784,71

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 50 – Receita mensal para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.

Parâmetro	Valor
Consumo por recarga (kW h)	22
Quantidade de carregadores	10
Consumo mensal em (kW h)	79.200
Valor da recarga (R\$/ kW h)	2,35
Receita das recargas (R\$)	186.120,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 51 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.

Mês	Receitas (R\$)	Despesas (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	Saldo Acumulado (R\$)
0	0,00	-361.771,99	-361.771,99	-361.771,99
1	186.120,00	-106.784,71	79.335,29	-282.436,70
2	186.120,00	-106.784,71	79.335,29	-203.101,41
3	186.120,00	-106.784,71	79.335,29	-123.766,11
4	186.120,00	-106.784,71	79.335,29	-44.430,82
5	186.120,00	-106.784,71	79.335,29	34.904,47
6	186.120,00	-106.784,71	79.335,29	114.239,76
7	186.120,00	-106.784,71	79.335,29	193.575,06
8	186.120,00	-106.784,71	79.335,29	272.910,35
9	186.120,00	-106.784,71	79.335,29	352.245,64
10	186.120,00	-106.784,71	79.335,29	431.580,93
11	186.120,00	-106.784,71	79.335,29	510.916,23
12	186.120,00	-106.784,71	79.335,29	590.251,52
Total em 1 ano	2.233.440,00	-1.643.188,48	952.023,51	

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 52 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 50%.

Tempo(Anos)	Fluxo de Caixa Anual(R\$)	Valor Presente (R\$)	VP Acumulado (R\$)
0	-361.771,99	-361.771,99	-361.771,99
1	952.023,51	850.020,99	488.249,00
2	952.023,51	758.947,31	1.247.196,31
3	952.023,51	677.631,53	1.924.827,84
4	952.023,51	605.028,15	2.529.855,99
5	952.023,51	540.203,71	3.070.059,70
6	952.023,51	482.324,74	3.552.384,44
7	952.023,51	430.647,09	3.983.031,53
8	952.023,51	384.506,33	4.367.537,85
9	952.023,51	343.309,22	4.710.847,08
10	952.023,51	306.526,09	5.017.373,17
11	952.023,51	273.684,01	5.291.057,18
12	952.023,51	244.360,72	5.535.417,90
13	952.023,51	218.179,22	5.753.597,11
14	952.023,51	194.802,87	5.948.399,99
15	952.023,51	173.931,14	6.122.331,12

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

C.4 Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%

Tabela 53 – Custos mensais para Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de de 60%.

Parâmetro	Valor
Manutenção mensal (10% valor do carregador manutenção anual)(R\$)	216,67
Funcionário(R\$)(salário+encargos)	4.000,00
Aluguel(300m ² - BH - região centro-sul)	5.000,00
Impostos(R\$)	15.931,87
Demanda Tarifa Verde A4(R\$)	14.453,17
Manutenção sistema fotovoltaico (R\$)	62,68
Custo total da energia mensal(R\$)	43.753,18
Custo total mensal(R\$)	83.417,56

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 54 – Receita mensal para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%.

Parâmetro	Valor
Consumo por recarga (kW h)	22
Quantidade de carregadores	10
Consumo mensal em (kW h)	63.360
Valor da recarga (R\$/kW h)	2,35
Receita das recargas (R\$)	148.896,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 55 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%.

Mês	Receitas (R\$)	Despesas (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	Saldo Acumulado (R\$)
0	0,00	-361.771,99	-361.771,99	-361.771,99
1	148.896,00	-83.417,56	65.478,44	-296.293,55
2	148.896,00	-83.417,56	65.478,44	-230.815,12
3	148.896,00	-83.417,56	65.478,44	-165.336,68
4	148.896,00	-83.417,56	65.478,44	-99.858,24
5	148.896,00	-83.417,56	65.478,44	-34.379,81
6	148.896,00	-83.417,56	65.478,44	31.098,63
7	148.896,00	-83.417,56	65.478,44	96.577,06
8	148.896,00	-83.417,56	65.478,44	162.055,50
9	148.896,00	-83.417,56	65.478,44	227.533,94
10	148.896,00	-83.417,56	65.478,44	293.012,37
11	148.896,00	-83.417,56	65.478,44	358.490,81
12	148.896,00	-83.417,56	65.478,44	423.969,25
Total em 1 ano	1.786.752,00	-1.362.782,75	785.741,24	

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 56 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 60%.

Tempo(Anos)	Fluxo de Caixa Anual(R\$)	Valor Presente (R\$)	VP Acumulado (R\$)
0	-361.771,99	-361.771,99	-361.771,99
1	785.741,24	701.554,68	339.782,69
2	785.741,24	626.388,10	966.170,79
3	785.741,24	559.275,09	1.525.445,88
4	785.741,24	499.352,76	2.024.798,64
5	785.741,24	445.850,68	2.470.649,32
6	785.741,24	398.080,96	2.868.730,29
7	785.741,24	355.429,43	3.224.159,72
8	785.741,24	317.347,71	3.541.507,43
9	785.741,24	283.346,17	3.824.853,59
10	785.741,24	252.987,65	4.077.841,24
11	785.741,24	225.881,83	4.303.723,07
12	785.741,24	201.680,21	4.505.403,28
13	785.741,24	180.071,61	4.685.474,89
14	785.741,24	160.778,22	4.846.253,11
15	785.741,24	143.551,99	4.989.805,10

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

C.5 Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.

Tabela 57 – Custos mensais para para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70% .

Parâmetro	Valor
Manutenção mensal (10% valor do carregador manutenção anual)(R\$)	216,67
Funcionário(salário+encargos)(R\$)	4.000,00
Aluguel(300m ² - BH - região centro-sul) (R\$)	5.000,00
Impostos(R\$)	11.948,90
Demanda Tarifa Verde A4 (R\$)	14.453,17
Manutenção sistema fotovoltaico(R\$)	62,68
Custo total da energia mensal(R\$)	31.069,32
Custo total mensal(R\$)	66.750,74

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 58 – Receita mensal para para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.

Parâmetro	Valor
Consumo por recarga (kW h)	22
Quantidade de carregadores	10
Consumo mensal em (kW h)	47.520
Valor da recarga (R\$/kW h)	2,35
Receita das recargas (R\$)	111.672,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 59 – Fluxo de Caixa para para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.

Mês	Receitas (R\$)	Despesas (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	Saldo Acumulado (R\$)
0	0,00	-361.771,99	-361.771,99	-361.771,99
1	111.672,00	-66.750,74	44.921,26	-316.850,73
2	111.672,00	-66.750,74	44.921,26	-271.929,47
3	111.672,00	-66.750,74	44.921,26	-227.008,21
4	111.672,00	-66.750,74	44.921,26	-182.086,95
5	111.672,00	-66.750,74	44.921,26	-137.165,69
6	111.672,00	-66.750,74	44.921,26	-92.244,43
7	111.672,00	-66.750,74	44.921,26	-47.323,17
8	111.672,00	-66.750,74	44.921,26	-2.401,91
9	111.672,00	-66.750,74	44.921,26	42.519,35
10	111.672,00	-66.750,74	44.921,26	87.440,61
11	111.672,00	-66.750,74	44.921,26	132.361,87
12	111.672,00	-66.750,74	44.921,26	177.283,13
Total em 1 ano	1.340.064,00	-1.162.780,87	539.055,12	

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 60 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 70%.

Tempo(Anos)	Fluxo de Caixa Anual(R\$)	Valor Presente (R\$)	VP Acumulado (R\$)
0	-361.771,99	-361.771,99	-361.771,99
1	539.055,12	481.299,22	119.527,23
2	539.055,12	429.731,45	549.258,67
3	539.055,12	383.688,79	932.947,46
4	539.055,12	342.579,28	1.275.526,74
5	539.055,12	305.874,35	1.581.401,10
6	539.055,12	273.102,10	1.854.503,20
7	539.055,12	243.841,16	2.098.344,36
8	539.055,12	217.715,32	2.316.059,68
9	539.055,12	194.388,68	2.510.448,37
10	539.055,12	173.561,32	2.684.009,69
11	539.055,12	154.965,47	2.838.975,16
12	539.055,12	138.362,02	2.977.337,18
13	539.055,12	123.537,52	3.100.874,70
14	539.055,12	110.301,36	3.211.176,06
15	539.055,12	98.483,36	3.309.659,42

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

C.6 Estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.

Tabela 61 – Custos mensais para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.

Parâmetro	Valor
Manutenção mensal (10% valor do carregador manutenção anual)(R\$)	216,67
Funcionário(R\$(salário+encargos) (R\$)	4.000,00
Aluguel(300m ² - BH - região centro-sul)	5.000,00
Impostos(R\$)	7.965,94
Demanda Tarifa Verde A4(R\$)	14.453,17
Manutenção sistema fotovoltaico(R\$)	62,68
Custo total da energia mensal(R\$)	18.385,47
Custo total mensal(R\$)	50.083,92

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 62 – Receita mensal para Vacância de 80%.

Parâmetro	Valor
Consumo por recarga (kW h)	22
Quantidade de carregadores	10
Consumo mensal em(kW h)	31.680
Valor da recarga (R\$/kW h)	2,35
Receita das recargas (R\$)	74.448,00

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 63 – Fluxo de Caixa para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.

Mês	Receitas (R\$)	Despesas (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	Saldo Acumulado (R\$)
0	0,00	-361.771,99	-361.771,99	-361.771,99
1	74.448,00	-50.083,92	24.364,08	-337.407,91
2	74.448,00	-50.083,92	24.364,08	-313.043,82
3	74.448,00	-50.083,92	24.364,08	-288.679,74
4	74.448,00	-50.083,92	24.364,08	-264.315,65
5	74.448,00	-50.083,92	24.364,08	-239.951,57
6	74.448,00	-50.083,92	24.364,08	-215.587,48
7	74.448,00	-50.083,92	24.364,08	-191.223,40
8	74.448,00	-50.083,92	24.364,08	-166.859,31
9	74.448,00	-50.083,92	24.364,08	-142.495,23
10	74.448,00	-50.083,92	24.364,08	-118.131,15
11	74.448,00	-50.083,92	24.364,08	-93.767,06
12	74.448,00	-50.083,92	24.364,08	-69.402,98
Total em 1 ano	893.376,00	-962.778,98	292.369,01	

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 64 – VPLa e VPLa Acumulado para estação de 10 Carregadores 22 kW com vacância de 80%.

Tempo(Anos)	Fluxo de Caixa Anual(R\$)	Valor Presente (R\$)	VP Acumulado (R\$)
0	-361.771,99	-361.771,99	-361.771,99
1	292.369,01	261.043,76	-100.728,23
2	292.369,01	233.074,79	132.346,56
3	292.369,01	208.102,49	340.449,05
4	292.369,01	185.805,79	526.254,84
5	292.369,01	165.898,03	692.152,87
6	292.369,01	148.123,24	840.276,11
7	292.369,01	132.252,89	972.529,00
8	292.369,01	118.082,94	1.090.611,94
9	292.369,01	105.431,20	1.196.043,14
10	292.369,01	94.135,00	1.290.178,14
11	292.369,01	84.049,10	1.374.227,24
12	292.369,01	75.043,84	1.449.271,09
13	292.369,01	67.003,43	1.516.274,52
14	292.369,01	59.824,49	1.576.099,01
15	292.369,01	53.414,73	1.629.513,74

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

APÊNDICE D – Apêndice

D.1 Planilhas para cálculo de viabilidade econômica

Para realizar os cálculos de viabilidade econômica, de uma estação de recarga de carros elétricos, utilizou-se planilhas do Excel. Duas planilhas foram criadas: uma para a estação abastecida de energia convencional da concessionária e uma de energia convencional mais fotovoltaica on-grid. Uma versão simplificada dessas planilhas é disponibilizada no link a seguir: <<https://drive.google.com/drive/folders/15rk-3dEBmXpaw6kptHc7f3RUc9hktoOo?usp=sharing>>.

Anexos

ANEXO A – Modelo de carregador da estação de recarga

A.1 Carregador WEG WEMOB 22 kW h



ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

GERAL	Modelo
	Código
ENTRADA CA	Tensão de alimentação
	Frequência
	Corrente máxima de entrada
SAÍDA CA	Potência máxima consumida
	Potência máxima de saída
CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS	Tensão de saída
	Corrente de saída
	Quantidade de tomadas
	Tipo de conector
	Tamanho do cabo de conexão com plugue
	Tela LCD alta resolução
	Temperatura
	Grau de proteção
	Proteção contra impactos mecânicos externos
	Dimensão sem conector/soquete A x L x P
	Dimensão com conector/soquete A x L x P
	Peso
	PROTEÇÕES ELÉTRICAS
Sobretensão	
Falha de comunicação com o VE	
Deteção de falta à terra	
Surtos de tensão (controle)	
CARACTERÍSTICAS ADICIONAIS	Medição de energia
	Identificação
	Interação com o usuário
NORMAS ATENDIDAS	ANATEL
	IEC 62955
	IEC 61851-1
	IEC 61439-7
COMUNICAÇÃO	OCPP 1.6 JSON
	RFID
	WEMOB® Management Platform
	Wi-Fi
	4G (LTE Cat M1 ou LTE Cat NB1)
	Ethernet

WALL

PARKING

				
WEMOB-W-007-W-R-1T1	WEMOB-W-007-W-R-1T2	WEMOB-P-023-W-R-1T2	WEMOB-P-023-W-E-4G-R-1T2	WEMOB-P-046-W-E-4G-R-HMI-2T2
16089163	15744306	15846064	15709966	15361450
100-240 V CA ±10% F+N+T/F+F+T		100-240V CA F+N+T/F+F+T ou 196-415V CA ± 10% 3F+N+T		
50/60 Hz ±5%				
6 a 32 A				
7,4 kW até 7,4 kW ¹⁾		22 kW até 22 kW ¹⁾		44 kW 2 x até 22 kW ¹⁾
Conforme tensão de alimentação				
6 até 32 A por fase				
1 cabo com conector			2 cabos com conectores	
Tipo 1	Tipo 2			
	5 metros			Inclusa
- 25 °C a 50 °C				
IP65				
IK10				
426 x 293 x 144 mm		536 x 355 x 156 mm		
426 x 293 x 254 mm		536 x 355 x 266 mm		
6 kg		12 kg	14 kg	
Incluso				
Incluso				
Incluso				
RCD - 30 mA CA e 6 mA CC				
Incluso - via varistor				
Inclusa				
LEDs			LEDs e Tela LCD	
Automático / RFID / Software de gestão ²⁾				
Sim				
Incluso				
Incluso (cartões RFID não inclusos, podem ser adquiridos separadamente)				
Opcional ²⁾ (assinatura não inclusa, pode ser adquirida separadamente)				
Incluso				
-			Incluso ³⁾ (cartão SIM e plano de dados não inclusos)	
-			Incluso	

Notas: 1) A potência de saída depende da tensão e corrente de alimentação. Para obter a potência máxima, é necessário alimentar na tensão e corrente máximas.

2) O software de gestão não é obrigatório para o funcionamento da estação, mas pode ser adquirido caso desejado. Consulte mais informações na página 15, seção "Plataforma WEMOB".

3) Deverá ser providenciado pelo cliente um chip bem como a escolha da operadora e o pagamento pelos serviços de comunicação de dados são de responsabilidade do cliente.

ANEXO B – Sistema Fotovoltaico

B.1 Módulo Solar Trina 575 W

Mono Multi Solutions



BIFACIAL DUAL GLASS MONOCRYSTALLINE MODULE

PRODUCT: TSM-XXXDEG19RC.20

PRODUCT RANGE: 555-575W

575W

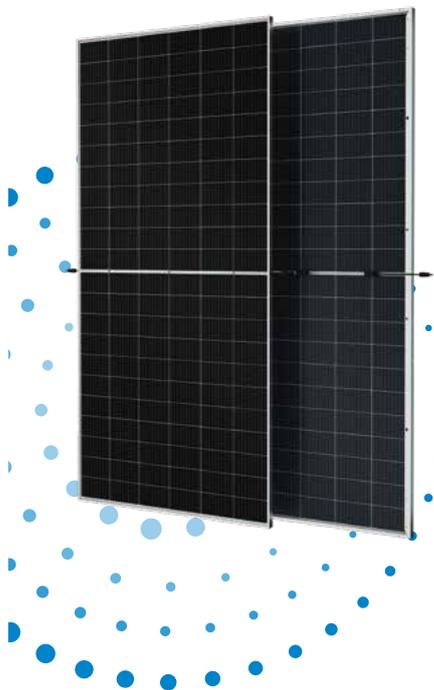
MAXIMUM POWER OUTPUT

0~+5W

BINNING TOLERANCE

21.3%

MAXIMUM EFFICIENCY



High customer value

- Lower LCOE (Levelized Cost Of Energy), reduced BOS (Balance of System) cost, shorter payback time
- Lowest guaranteed first year and annual degradation;
- Designed for compatibility with existing mainstream system components
- Higher return on Investment



High power Mono Perc up to 575W

- Up to 21.3% module efficiency with high density interconnect technology
- Multi-busbar technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection



High reliability

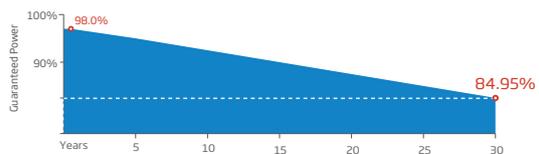
- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
- Fire class rating C
- Mechanical performance up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load



High energy yield

- Excellent IAM (Incident Angle Modifier) and low irradiation performance, validated by 3rd party certifications
- The unique design provides optimized energy production under inter-row shading conditions
- Lower temperature coefficient (-0.34%) and operating temperature
- Up to 25% additional power gain from back side depending on albedo

Trina Solar's Vertex Bifacial Dual Glass Performance Warranty

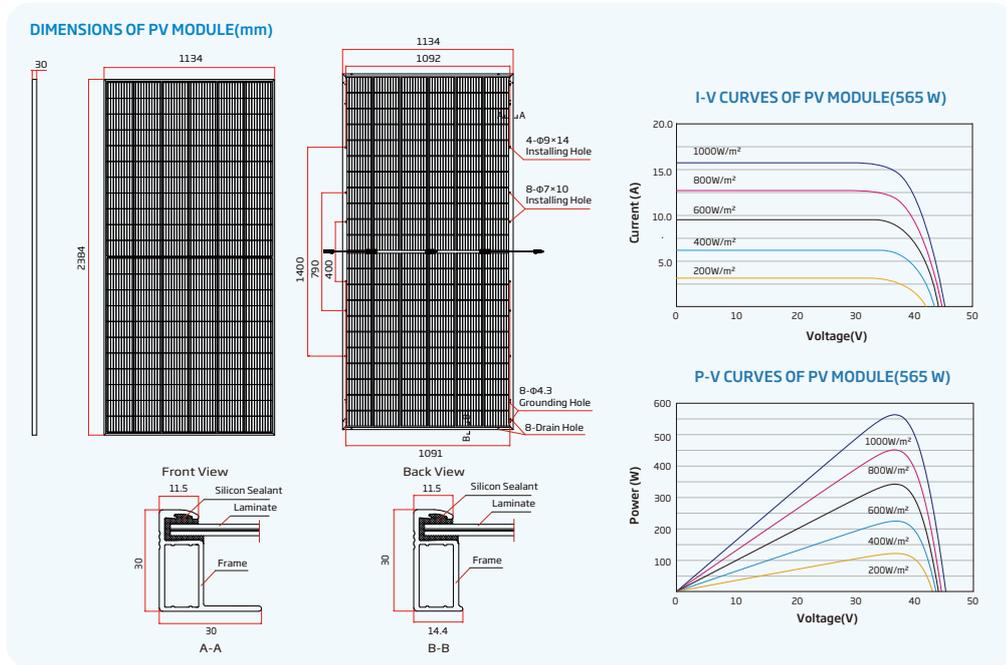


Comprehensive Products and System Certificates



IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716
 ISO 9001: Quality Management System
 ISO 14001: Environmental Management System
 ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
 ISO45001: Occupational Health and Safety Management System





ELECTRICAL DATA (STC) TSM-XXXDEG19RC.20 (XXX=555-575)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	555	560	565	570	575
Binning Tolerance- P_{MAX} (W)	0 ~ +5				
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	37.4	37.7	37.9	38.2	38.4
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	14.82	14.86	14.90	14.94	14.97
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	45.0	45.2	45.5	45.7	46.0
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	15.87	15.87	15.90	15.93	16.05
Module Efficiency η_m (%)	20.5	20.7	20.9	21.1	21.3

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5. *Measuring tolerance: ±3%.

Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

Total Equivalent power - P_{MAX} (Wp)	594	599	605	610	615
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	37.7	37.9	38.2	38.4	38.7
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	15.75	15.81	15.83	15.88	15.90
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	45.0	45.2	45.5	45.7	46.0
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	16.91	16.97	17.01	17.05	17.09
Irradiance ratio (rear/front)	10%				

Power Bifaciality:70±5%.

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	420	424	428	431	436
Maximum Power Voltage- V_{MPP} (V)	34.8	34.9	35.2	35.4	35.7
Maximum Power Current- I_{MPP} (A)	12.07	12.12	12.15	12.18	12.22
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	42.4	42.6	42.8	43.0	43.3
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	12.73	12.78	12.81	12.84	12.87

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384×1134×30 mm (93.86×44.65×1.18 inches)
Weight	33.7 kg (74.30 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA/POE
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	30mm(1.18 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 6B rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 350/280 mm(13.78/11.02 inches) Length can be customized
Connector	Staubli MC4 EVO2 / Trina TS4

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C (±2°C)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	-0.34%/°C
Temperature Coefficient of V_{OC}	-0.25%/°C
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	35A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
30 year Power Warranty
2% first year degradation
0.45% Annual Power Attenuation

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 36 pieces
Modules per 40' container: 720 pieces

(Please refer to product warranty for details)



CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.

© 2022 Trina Solar Co., Ltd. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

Version number: TSM_EN_2022_Aus_A
Country of Origin: China

www.trinasolar.com

B.2 Inversor Growatt 60 kW

Dados Técnicos 10

Erro 425	Falha no autolteste do AFCI	1. Reinicie o inversor. 2. Se mensagem de erro ainda existir, entre em contato com o fabricante.
Erro 426	Falha de amostra de corrente FV	1. Reinicie o inversor. 2. Se mensagem de erro ainda existir, entre em contato com o fabricante.
Erro 427	Falha de amostra da corrente CA	1. Reinicie o inversor. 2. Se mensagem de erro ainda existir, entre em contato com o fabricante.

Modelo	MAC 30KTL3-X LV	MAC 40KTL3-X LV	MAC 50KTL3-X LV	MAC 60KTL3-X LV
Dados de entrada				
Potência máx. recomendada de FV para o módulo STC	39000W	52000W	65000W	78000W
Máx. Tensão CC	1100 V			
Tensão de partida	250V			
Tensão nominal	600 V			
Faixa de tensão MPP	200V-1000V			
Tensão MPP de carga total	600V-850V			
Máx. corrente de entrada por rastreadores MPP	37,5A/3,5A /25A	37,5A/37,5A /37,5A	50A/37,5A /37,5A	50A/50A/ 50A
Máx. corrente de curto-circuito por rastreadores MPP	45A/45A/ 45A	45A/45A/ 45A	55A/55A/ 55A	55A/55A/ 55A
Numero de rastreadores MPP	3			
Numero de cabos FV por rastreador MPP	3/3/2	3/3/3	4/3/3	4/4/4
Dados de saída (CA)				
Potência nominal CA	30000W	40000W	50000W	60000W
Máx. Potência aparente CA	33300 VA	44400 VA	55500 VA	66600 VA
Tensão CA nominal/Faixa	230V/400V/340-440VCA			
Frequência da rede CA/Faixa	50/60 Hz 45-55Hz/55-65 Hz			
Máx. corrente de saída	43,5A (cos φ=1) 48,3A (cos φ=0,9)	56,0A (cos φ=1) 64,4A (cos φ=0,9)	72,5A (cos φ=1) 80,5A (cos φ=0,9)	87,0A (cos φ=1) 96,6A (cos φ=0,9)

ANEXO C – Fatura de energia elétrica

C.1 Fatura de energia elétrica



DOCUMENTO AUXILIAR DA NOTA FISCAL DE ENERGIA ELÉTRICA ELETRÔNICA
CEMIG DISTRIBUIÇÃO S.A. CNPJ 06.981.180/0001-16 / INSC. ESTADUAL 062.322136.0087.
AV. BARBACENA, 1.220 - 17º ANDAR - ALA 1 - BARRIO SANTO AGOSTINHO
CEP: 30190-131 - BELO HORIZONTE - MG.

TARIFA SOCIAL DE ENERGIA ELÉTRICA - TSEE FOI CRIADA PELA LEI Nº 10.438, DE 26 DE ABRIL DE 2002

		Referente a	Vencimento	Valor a pagar(R\$)
		DEZ/2023	19/01/2024	164.107,32
Nº DO CLIENTE	Nº DA INSTALAÇÃO			

Classe	Subclasse	Modalidade Tarifária	Datas de Leitura			
Poder Público	Poder Publico Estadual	THS Azul AS	Anterior	Atual	Nº de dias	Próxima
			30/11	31/12	31	31/01

Itens da Fatura	Unid.	Quant.	Valores Faturados						Tarifa Unit.
			Preço Unit. (R\$)	Valor (R\$)	PIS/COFINS	Base Calc. ICMS	Aliq. ICMS	ICMS	
Demanda Ativa HFP s/ ICMS	kW	10	19,62137852	196,21	8,61	0,00	0,00	0,00	18,76000000
Demanda Ativa HFP	kW	440	19,62137852	8.633,40	379,00	0,00	0,00	0,00	18,76000000
Demanda Ativa HP	kW	480	95,19924694	45.695,63	2.006,03	0,00	0,00	0,00	91,02000000
Ultrapassagem HP	kW	80	190,39849388	15.231,87	668,67	0,00	0,00	0,00	182,04000000
Energia Ativa HFP	kWh	181.600	0,47664470	86.558,66	3.799,91	0,00	0,00	0,00	0,45572000
Energia Ativa HP	kWh	18.800	0,65348813	12.285,56	539,32	0,00	0,00	0,00	0,62480000
Contrib Ilum Publica Municipal				40,45					
Imposto Retido - IRPJ				-4.534,46					
TOTAL				164.107,32	7.401,54	0,00		0,00	

NOTIFICAÇÃO DE DÉBITO(S)
Até 02/01/2024 constava(m) o(s) seguinte(s) débito(s):

Mês/Ano	Valor (R\$)	Débitos que sujeitam ao corte:
Mês/Ano	Valor (R\$)	Prev. Corte

A religação estará condicionada à inexistência de débitos vencidos na unidade consumidora. No mês em que ocorrer suspensão/religação será cobrado, no mínimo, o custo de disponibilidade.

Grandezas Contratadas	
Demanda Fora Ponta	450
Demanda Ponta	400

Informações Gerais

Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 3.202, de 23/05/2023. Retenção de 1,2%, valor R\$ 1.196,13, conforme Art. 64 da lei nº 9430, de 27/12/96. Retenção de 4,8%, valor R\$ 3.348,33, conforme Art. 64 da lei nº 9430, de 27/12/96. Conforme DECRETO Nº 46.213, DE 11 DE ABRIL DE 2013, não será exigido o recolhimento do ICMS sobre a parcela de Demanda de Potência não utilizada. Bandeira tarifária DEZ/2023: Band. Verde Ocorrência de demanda de ultrapassagem - entrar em contato com o seu Agente Comercial.

Histórico de Consumo

Mês/Ano	Demanda(kW)		Energia(kWh)		
	HP	HFP	HP	HFP	HR
DEZ/23	480	440	18.800	181.600	0
NOV/23	420	456	18.800	180.800	0
OUT/23	388	420	20.400	186.800	0
SET/23	396	448	18.000	163.600	0
AGO/23	320	352	17.200	146.400	0
JUL/23	260	276	13.200	126.000	0
JUN/23	248	300	13.600	119.600	0
MAI/23	324	388	17.600	152.000	0
ABR/23	348	384	15.200	163.600	0
MAR/23	392	416	21.200	186.800	0
FEV/23	408	476	16.800	164.800	0
JAN/23	380	416	18.000	160.800	0
DEZ/22	340	404	16.800	156.400	0

Reservado ao Fisco

	Base de cálculo (R\$)	Alíquota (%)	Valor (R\$)
PASEP	168.601,33	0,78	1.315,06
COFINS	168.601,33	3,61	6.086,48

Fale com CEMIG: 116 - CEMIG Torpedo 29810 - Ouvidoria CEMIG: 0800 7283838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 167 - Ligação gratuita de telefones fixos e móveis.



Código de Débito Automático
Dezembro/2023

Instalação

Vencimento
19/01/2024

Total a pagar
R\$ 164.107,32

Referências

- ABNT. *NORMA BRASILEIRA- NBR 5410*. 2004. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/jeangaldino/disciplinas/2015.1/instalacoes-eletricas/nbr-5410>>. Acesso em: 12 janeiro 2024. 26
- ABVE. *ABVE e IE publicam a Carta da Eletromobilidade*. 2022. Disponível em: <<http://www.abve.org.br/abve-e-ie-divulgam-a-carta-da-eletromobilidade/>>. Acesso em: 12 dezembro 2024. 13
- ABVE, A. B. do V. E. *https://abve.org.br/80-mil-eletrificados-so-no-primeiro-semester/*. 2024. Disponível em: <<https://abve.org.br/80-mil-eletrificados-so-no-primeiro-semester/>>. Acesso em: 3 julho 2024. 1, 2, 3
- AGUIAR, V. *Mercado reduz previsão da taxa Selic para menos de 12ano*. 2023. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2023-08/mercado-reduz-previ-sao-da-taxa-selic-para-menos-de-12-ao-ano>>. Acesso em: 13 agosto de 2023. 30
- ANEEL. *Micro e Minigeração Distribuída Saiba mais sobre micro e minigeração distribuída*. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>>. Acesso em: 12 junho de 2023. 17, 19
- ANEEL. *Formulário de autorização*. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/veiculos-eletricos>>. Acesso em: 21 dezembro 2023. 22
- ANEEL. *Mercado Saiba mais sobre comercialização de energia*. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/mercado>>. Acesso em: 20 agosto de 2023. 15
- ANEEL. *Ranking da Tarifa Residencial*. 2023. Disponível em: <<https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/rankingtarifas>>. Acesso em: 13 julho 2023. 16, 27
- ANEEL. *RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.059, DE 7 DE FEVEREIRO DE 2023*. 2023. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20231059.html>>. Acesso em: 21 outubro 2023. 16
- ANEEL. *Tarifas*. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/mercado>>. Acesso em: 30 junho 2023. 15
- ANEEL. *Base de Dados das Tarifas das Distribuidoras de Energia Elétrica*. 2024. Disponível em: <<https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/basestarifas>>. Acesso em: 20 abril de 2024. 33
- ANFAVEA. *O QUE É O PROGRAMA ROTA 2030*. 2023. Disponível em: <<https://anfavea.com.br/site/rota-2030/>>. Acesso em: 20 agosto de 2023. 14
- AUTOESPORTE, R. *Veja os 10 carros eletricos mais baratos do brasil em 2023*. 2023. Disponível em: <<https://autoesporte.globo.com/eletricos-e-hibridos/noticia/2023/01/veja-os-10-carros-eletricos-mais-baratos-do-brasil-em-2023.ghtml>>. Acesso em: 23 junho 2023. 23

- AZEVEDO, M. H. de. *Carros elétricos: viabilidade econômica e ambiental de inserção competitiva no mercado brasileiro*. 51 f. Monografia (Bacharel em Engenharia de Controle e Automação) — Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018. 4
- BARAN, R. *A Introdução de Veículos Elétricos no Brasil: Avaliação do Impacto no Consumo de Gasolina e Eletricidade*. Tese (Doutorado) — UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 2012. 6, 9
- BRASIL. *LEI Nº 14.300, DE 6 DE JANEIRO DE 2022*. 2022. Disponível em: <<https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>>. Acesso em: 12 janeiro de 2024. 18, 36
- CCEE. *Painel de preços*. 2023. Disponível em: <<https://www.ccee.org.br/web/guest/prec-os/painel-precos>>. Acesso em: 13 julho 2023. 16
- CEMIG. *Conexão Nova (ligação nova) e Aumento de Carga*. 2024. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/atendimento/ligacao-nova-e-aumento-de-carga/>>. Acesso em: 30 de julho de 2024. 23
- CEMIG. *Requisitos Para Conexão de Acessantes Produtores de Energia Elétrica ao Sistema de Distribuição da Cemig D – Média Tensão*. 2024. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2024/04/ND_5.31_Conexao-em-MT.pdf>. Acesso em: 13 abril 2024. 26, 27
- CEMIG. *VALORES DE TARIFAS E SERVIÇOS*. 2024. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/>>. Acesso em: 07 julho 2024. 28
- CGSN, C. G. do S. N. *RESOLUÇÃO CGSN Nº 140, DE 22 DE MAIO DE 2018*. 2018. Disponível em: <http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?visao=a_notado&idAto=92278>. Acesso em: 20 janeiro de 2024. 32, 35
- ECONOMIA, M. da. *SELIC*. 2024. Disponível em: <<https://sicalc.receita.economia.gov.br/sicalc/selic/consulta>>. Acesso em: 13 abril de 2024. 33
- FILHO, N. C.; KOPITTKKE, B. H. *Análise de Investimentos - Manual Para Solução de Problemas e Tomadas de Decisão*. Grupo GEN, 2019. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597023299/>>. Acesso em: 11 jul. 2023. 46
- FONTANA, G. *Redes de postos começam a cobrar por recarga de carros elétricos no Brasil*. 2023. Disponível em: <<https://quatorrodas.abril.com.br/carros-eletricos/redes-de-posto-s-comecam-a-cobrar-por-recarga-de-carros-eletricos-no-brasil>>. Acesso em: 20 janeiro de 2024. 32
- FRANCESCATTO, M.; ROOS, C. Viabilidade econômica de estações de recarga de veículos elétricos: foco em equipamentos de carregamento rápido. 2019. Disponível em: <http://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/10122019_101000_5da1d288ba556.pdf>. 5
- GILL, P. *Electrical power equipment maintenance and testing*. 2nd ed. ed. CRC Press, 2009. (Power engineering 32). ISBN 9781574446562,1574446568. Disponível em: <<http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=55b24d4ef59e5b7aaecd232e786b978e>>. 31

- IEA. *Electric car sales break new records wit momentum expected to continue through 2023*. 2023. Disponível em: <<https://www.iea.org/fuels-and-technologies/electric-vehicles>>. Acesso em: 28 maio 2023. 1
- LAKATOS, E. M. *Técnicas de Pesquisa*. Grupo GEN, 2021. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597026610/>>. Acesso em: 08 jul. 2023. 20
- LEICHSENDRING, S. *57% dos pontos de carregamento na Europa estão na Holanda ou Alemanha*. 2022. Disponível em: <<https://insideevs.uol.com.br/news/583571/estacao-recarga-carros-eletricos-europa/>>. Acesso em: 12 novembro 2023. 25
- LIMA, M. A. T. *Carregamento De Veículos Elétricos Através De Um Sistema Fotovoltaico: Operação E Viabilidade Económica*. Dissertação (Mestrado) — Instituto Superior de Engenharia do Porto- ISEP, Porto-Portugal, 2020. 6
- LOIOLA, V. *Brasil pode produzir baterias de carros elétricos até 2028*. 2023. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/noticias/tecnologia/armazenamento/brasil-pod-e-produzir-baterias-de-carros-eletricos-ate-2028>>. Acesso em: 27 de julho de 2024. 13
- LUSA. *É oficial. Parlamento Europeu aprova proibição da venda carros a gasolina e gasóleo a partir de 2035*. 2023. Disponível em: <<https://www.jornaldenegocios.pt/empresas/automovel/detalhe/e-oficial-parlamento-europeu-aprova-proibicao-da-venda-carros-a-gasolina-e-gasoleo-a-partir-de-2035/>>. Acesso em: 13 junho 2023. 9, 10
- MIRAGAYA, F. *Carros elétricos no Brasil: veja todos os modelos e preços*. 2021. Disponível em: <<https://autopapo.uol.com.br/noticia/carros-eletricos-modelos-precos/>>. Acesso em: 23 junho 2023. 23
- MME. *Plano Nacional de Eletromobilidade*. 2022. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/pnee>>. Acesso em: 25 outubro 2023. 12
- MME. *ProGD: Confira o relatório final do Grupo de Trabalho*. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/progd-confira-o-relatorio-final-do-grupo-de-trabal-1>>. Acesso em: 25 junho 2023. 17
- MUTARRAF, M. U. et al. Electric cars, ships, and their charging infrastructure – a comprehensive review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, v. 52, p. 102177, 2022. ISSN 2213-1388. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213138822002296>>. 1
- NEOCHARGE. *CARREGADOR DE CARRO ELÉTRICO: O QUE É E COMO FUNCIONA*. 2023. Disponível em: <<https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carregador-carro-eletrico/o-que-e-carregador-veiculo-eletrico>>. Acesso em: 20 junho 2023. 10
- NEOCHARGE. *TEMPO DE CARGA DE UM CARRO ELÉTRICO*. 2023. Disponível em: <<https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carro-eletrico/tempo-carga-veiculo-eletrico>>. Acesso em: 15 junho 2023. 24
- NEOCHARGE. *TIPOS DE CARREGADORES PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS*. 2023. Disponível em: <<https://www.neocharge.com.br/tudo-sobre/carregador-carro-eletrico/tipo-carregador-ve>>. Acesso em: 20 janeiro de 2023. 11

- PLANALTO. *Mover: Programa de Mobilidade Verde é lançado*. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2023/12/mover-novo-programa-amplia-aco-es-para-mobilidade-verde-e-descarbonizacao>>. Acesso em: 27 de julho de 2024. 14
- SENADO, A. *Carros do futuro: projetos do Senado buscam acelerar uso de veículos elétricos*. Agência Senado, 2023. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2022/07/carros-do-futuro-projetos-do-senado-buscam-acelerar-uso-de-veiculos-eletricos>>. 13
- SOLARES, P.; UFES. *Conheça o Solares On*. 2021. Disponível em: <<https://www.projetosolares.com.br/>>. Acesso em: 22 de dezembro de 2023. 28
- SOUZA, A.; CLEMENTE, A. *DECISÕES FINANCEIRAS E ANÁLISE DE INVESTIMENTOS: Fundamentos, Técnicas e Aplicações*. Grupo GEN, 2008. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597023466/>>. Acesso em: 11 jul. 2023. 46
- UBER. *Incentivos para apoiar os parceiros a trocarem os seus veículos a combustão fóssil por veículos 100% elétricos*. 2023. Disponível em: <<https://www.uber.com/pt/blog/incentivos-para-apoiar-os-parceiros-a-trocarem-os-seus-veiculos-a-combustao-fossil-por-veiculos-100-eletricos/>>. Acesso em: 10 de novembro de 2023. 1
- UBER. *Uber leva opção de veículos elétricos para mais 14 cidades dos EUA*. 2023. Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/2023/03/30/pro/uber-leva-opcao-de-veiculos-eletricos-para-mais-14-cidades-dos-eua/>>. Acesso em: 9 de novembro de 2023. 1
- VASCO, M. N. *Carros elétricos: viabilidade econômica e ambiental de inserção competitiva no mercado brasileiro*. 54 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Elétrica) — Universidade Federal Do Tocantins, PALMAS, 2020. 5
- WEG. *Estação de Recarga para Veículos Elétricos*. 2024. Disponível em: <<https://www.weg.net/catalog/weg/BR/ptAutoma%C3%A7%C3%A3o-e-Control-Industrial>>. Acesso em: 30 de julho de 2024. 25
- ZANELLA, J. P. *Viabilidade Econômica Da Implantação De Diferentes Modelos De Carregadores Para Carros Elétricos, Comercializando Energia Gerada Por Sistemas Fotovoltaicos*. 96 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Elétrica) — Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Pato Branco, 2022. 4, 24