



Latin American Journal of Energy Research – Lajer (2023) v. 10, n. 2, pp. 115–130
<https://doi.org/10.21712/lajer.2023.v10.n2.p115-130>

Análise técnica e econômica entre o veículo elétrico Nissan Leaf e o veículo a combustão interna Nissan Versa

Technical and economic analysis between the Nissan Leaf electric vehicle and the Nissan Versa internal combustion vehicle

Fabrcio Cristiano Pangoni^{1,*}, Ramon Eduardo Pereira Silva²

¹ Aluno do Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade - Curso de Mestrado Profissional, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, campus Campo Grande, MS, Brasil

² Professor do Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade - Curso de Mestrado Profissional, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, campus Campo Grande, MS, Brasil

*Autor para correspondência, E-mail: fabriciopangoni@gmail.com

Received: 14 November 2023 | Accepted: 4 December 2023 | Published online: 28 December 2023

Resumo: Este artigo apresenta uma proposta técnica e econômica comparativa entre a utilização do veículo a combustão interna (VCI) Nissan Versa com o veículo elétrico (VE) Nissan Leaf para a utilização por uma família com residência na cidade de Campo Grande – MS, alimentada ou não por um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFVCR) em 5 cenários baseados na distância diária percorrida pelo VE, desde 100% até 10% da sua autonomia. Para a análise técnica, foi considerado o dimensionamento do SFVCR, do circuito elétrico para a estação de recarga e consumo dos veículos. Para a análise econômica, utilizou-se a projeção de 96 meses, custos com o SFVCR, infraestrutura para a instalação da estação de recarga, custos de aquisição, revisão, licenciamento, IPVA e combustível. Sendo feito a separação e rateio dos custos para a residência e o veículo. Para o estudo da viabilidade financeira utilizou-se o Payback, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa interna de Retorno (TIR). Como resultado, a análise concluiu que, para as 15 situações estudadas, o VCI é mais viável financeiramente, seguido pelo VE usando o SFVCR e por último o uso do VE.

Palavras-chave: Nissan Leaf, Nissan Versa, análise técnica, análise econômica, veículo elétrico, mobilidade elétrica.

Abstract: This article presents a technical and economic comparative proposal between the use of the internal combustion vehicle (VCI) Nissan Versa with the electric vehicle (EV) Nissan Leaf for use by a family living in the city of Campo Grande – MS, powered or not, by a grid-connected photovoltaic system (SFVCR) in 5 scenarios. For the technical analysis, the sizing of the SFVCR, sizing of the circuit for the charging station and vehicle consumption were considered. For the economic analysis, a 96-month projection was used, costs with the SFVCR, infrastructure for installing the charging station, acquisition, maintenance, licensing, IPVA and fuel costs. The apportionment was made for the residence and the vehicle. To study the financial expense used, Payback, Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR) are used. As a result, the analysis concluded that, for the 15 situations studied, the VCI is more financially viable, followed by the VE using the SFVCR and finally the use of the VE.

Keywords: Nissan Leaf, Nissan Versa, technical analysis, economic analysis, electric vehicle, electric mobility.

1 Introdução

Os veículos elétricos (VE) têm sido implementados ao redor do mundo como solução para a redução das emissões dos gases do efeito estufa para veículos de transporte de pessoas, conforme o acordo de Paris de 2015, em que tem sido proposto a substituição dos atuais veículos a combustão interna (VCI) pelos VE (Nealer et al., 2015).

Para sua aceitação no mercado, vários países têm implementado medidas de incentivos econômicos para a aquisição dos veículos elétricos pelo consumidor, entre os quais a isenção de taxas de importação, o bônus ambiental que se reverte em desconto para a aquisição do veículo, a revisão do regime tributário de veículos, sendo reduzidos os valores com registro de veículos e licenciamento, a possibilidade de utilização das faixas do transporte público, estacionamentos exclusivos, estações de recarga públicas e isenção de pagamento de pedágios em rodovias (Vieira et al., 2021).

Segundo notícia veiculada por Rádio e Televisão Record S.A. (2023), no Brasil, porém, ainda não foram promulgadas leis federais, estaduais e municipais com incentivos econômicos para os VEs, tais como redução no Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA), Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) e Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI).

Conforme Vieira et al. (2021), uma das preocupações dos consumidores referentes aos veículos elétricos são: o custo elevado para aquisição, falta de infraestrutura para recarga e autonomia do veículo. Sendo que o custo elevado tem um fator impeditivo na substituição da frota de VCIs por Ves.

Estudos sobre eficiência energética utilizando a metodologia Wheel to Well (WTW), o VCI a gasolina apresentou índices de eficiências entre 11% e 27% (Hinrichs, Kleinbach e Reis, 2014; Albateyneh et al. 2020; Curran et al. 2014), e o VEB, 22 % a 35 % de eficiência (Curran et al. 2014; Albateyneh et al. 2020). Utilizando um sistema fotovoltaico conectado à rede, a eficiência varia entre 42% e 72% (Albateyneh et al. 2020). Conforme INMETRO (2022), no Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PVEB), utilizando apenas a fase de uso dos veículos, os VCIs apresentam uma média de consumo maior do que os Ves, de 284,86% para os Flex e 371,48% para os a gasolina.

Dado o custo maior de aquisição dos Ves, que é um dos fatores decisórios na implementação da nova tecnologia e dado sua maior eficiência em comparação aos VCIs, esse trabalho se propôs a estudar essa relação, analisando a viabilidade econômica entre o o VE Nissan Leaf modelo 2023, líder mundial de venda, e o VCI Nissan Versa 1.6 Sense CVT 2023 que possuem características similares, para um estudo de caso para uma família com uma residência em Campo Grande-MS.

Outros autores investigaram sobre esse tema, com análises de custos de operação do veículo (Antunes, 2018; Andrade, 2022; Galeski, 2023; Dutra, 2020; Pezerico, 2020), alguns apresentaram a solução com a utilização de sistema fotovoltaico para fornecer energia ao VE (Casagrande Junior, et al. 2019; Thomé, 2021; Pezerico, 2020; Lucca, 2021; Sousa et al., 2022; Zanella, 2022; Oliveira et al., 2018) e para a análise financeira utilizaram VPL, TIR e *Payback* (Cavalcante Júnior and Couras, 2021; Sousa et al., 2022; Zanella, 2022; Félix, 2021; Coimbra et al., 2020). As conclusões dos autores variam sobre a utilização do VE ser mais vantajosa ou não do que o VCI.

Porém, os referidos trabalhos não apresentam uma análise de custos integrais sobre o tema. Assim, esse trabalho se justifica por apresentar a análise de custos desde a compra do veículo, manutenção, impostos, e a utilização da energia. Além de promover a sustentabilidade com a proposta de utilização do sistema fotovoltaico, uma fonte renovável de energia, juntamente com o VE. Ainda está envolvido nesse trabalho a análise técnica da infraestrutura necessária para a instalação de uma estação de recarga veicular e SFVCR.

2 Metodologia de análise

A pesquisa quanto ao procedimento de coleta de dados se caracteriza como Estudo de Caso, pois é o mais indicado para estudo profundo e exaustivo de um objeto, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. Sendo, portanto, o mais apropriado quando se deseja investigar um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto real, que nesse caso é verificar o consumo de energia, as características dos equipamentos e ações de eficiência energética possíveis de serem realizadas no estudo de caso.

Para realizar o levantamento de dados no local de estudo de caso, que possibilitaram uma análise da eficiência energética, fizeram-se levantamentos bibliográficos em livros (Viana, et al., 2021, Gitman, 2017; Pinho e Galdino, 2014) em normas técnicas (ABNT NBR 5410, 2018; ABNT NBR 16690, 2019), em artigos científicos, em dissertações, resoluções (ANEEL, 2021), leis e outros materiais. Desta forma, informações relevantes sobre o tema foram adquiridas, para que as obtenções de dados e recomendações de procedimentos técnicos fossem adequados. Com a busca por informações relevantes em outros trabalhos, obteve-se auxílio sobre o tema em estudo, sendo esses, portanto, fontes de dados secundários.

Observa-se que o objetivo da pesquisa era exploratório porque fez investigação do que ocorre no ambiente de estudo para obter maior familiaridade com a situação-problema diagnosticada. Também é

descritivo, pois foi investigado como ocorre, os valores obtidos com cálculos específicos e com descrições reais dos parâmetros elétricos dentro da escola, para fazer sua análise.

A pesquisa teve caráter interdisciplinar, pois integrou informações, dados, técnicas, perspectivas, conceitos e teorias de engenharia elétrica, física, eficiência energética, entre outros, na busca de análises e soluções da pesquisa.

A área de conhecimento é da ciência exata, com natureza do tipo quantitativa, com valores numéricos obtidos através de cálculos, entre outros. Observa-se que pesquisa quantitativa se centra na objetividade, compreendida com base na análise de dados brutos, que foram utilizados para descrever as causas dos fenômenos e as relações entre variáveis.

Também é uma ciência aplicada, a qual buscou um estudo sistemático, visando a solução de problemas práticos, concretos e operacionais de eficiência energética, com ênfase na análise da fatura de energia e do consumo dos veículos. Além disso, pode-se caracterizar a coleta de dados através de observações do ambiente como sendo primária, pois estes dados foram coletados pelo próprio pesquisador no ambiente, com objetivo de atender as necessidades específicas da pesquisa em andamento.

Dessa forma, com a caracterização da pesquisa, foram realizadas visitas *in loco* onde caracterizou-se o ambiente de estudo, além de se verificar as condições da instalação elétrica do local e determinação do SFVCR.

A proposta do trabalho é fazer a análise de viabilidade econômica, com obtenção de valores que são descritos com maiores detalhes a seguir.

2.1 Cenários, hipóteses, delimitação do período

Foram propostos 5 cenários de estudo e baseados na distância diária percorrida pelos veículos, visto que isto influencia no consumo de energia, no tamanho do SFVCR e nos custos envolvidos. E estão mostrados na Tabela 1

Tabela 1. Dados de consumo e geração de energia elétrica (EE) para o cenário 1.

Cenários	1	2	3	4	5
Distância diária percorrida (km)	272,00	204,00	136,00	68,00	27,20
Carregamento diário da bateria (%)	100,00	75,00	50,00	25,00	10,00

Além disso, foram considerados três hipóteses.

- Hipótese 1: utilização do VCI Nissan Versa;
- Hipótese 2: utilização do VE Nissan Leaf sem a geração proveniente do SFVCR;
- Hipótese 3: utilização do VE Nissan Leaf com um SFVCR.

Foi considerado o período de análise de 96 meses, iniciado em janeiro de 2022.

2.2 Caracterização do ambiente de estudo

O local estudado é uma residência localizada no bairro Nova Campo Grande em Campo Grande, MS, onde moram 2 pessoas. Possui 113 m de perímetro de terreno e uma área de 794 m², em que a área da casa com a área dos fundos é de 151m², com as seguintes coordenadas, latitude -20.458075° e longitude -54.692725° com azimute para o SFVCR de 3° e inclinação do telhado de 15°.

2.3 Caracterização dos veículos

O VCI é o *Nissan Versa* 2023, modelo *1.6 Sense CVT* e o VE modelo 2023 com bateria de 40 kWh. Foi utilizada a autonomia do VE, conforme Nissan (2023a). Os consumos dos veículos conforme Inmetro (2022) e considerado o consumo combinado, isto é, 45% da distancia percorrida na área urbana e 55% na rodovia.

2.4 Dimensionamento do SFVCR

Para os 5 cenários foi considerada a utilização do painel fotovoltaico Empalux MF00500 que possui uma potência pico de 500 Wp segundo STC. Foi utilizado o programa *Solar Edge Designer* para o dimensionamento do sistema fotovoltaico.

2.5 Custo da energia elétrica

Para a análise dos gastos com energia elétrica, fez-se os cálculos de faturamento para o Grupo B, classe residencial e para a Hipótese 3, a utilização da geração distribuída tipo I (GD I).

Para o Programa de Integração Social (PIS) e Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), possuem uma média aritmética para o PIS de 0,886% e COFINS de 4,083%, para os meses de agosto de 2021 a fevereiro de 2023, conforme consta em Energisa MS (2023).

O imposto estadual de Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), baseia-se no Decreto nº 9.203, de 18 de setembro de 1998 de Mato Grosso do Sul, que pode ser consultado em LEGISWEB (2022). Para a classe residencial, o ICMS cobrado depende do consumo: 17% para o consumo de 1 a 200 kWh; 20% para a faixa de 201 a 500 kWh; 25% com consumos superiores a 501 kWh.

A COSIP é um imposto municipal que para Campo Grande MS, obedece a Lei complementar nº 58 de 30 de setembro de 2003, na qual cria faixas de consumo com alíquotas que se refletem no custo total mensal do serviço de iluminação pública do município.

Foi considerada a bandeira tarifária verde.

A Aneel (2016) determinou a cobrança de impostos pelo “método por dentro”. Posteriormente esse método foi contestado judicialmente, e segundo Brasil (2023), foi retirada a incidência do ICMS sobre as parcelas do PIS e COFINS. Assim, a Eq. (1) apresenta a tarifa de energia a Eq. (2) o valor do consumo de energia do consumidor. Foi feito o custeio por absorção, adotando-se o critério do consumo de energia elétrica tanto do veículo elétrico quanto da residência, sendo descrito conforme as Eq. (3) e (4).

$$T_{EE(n)} = \frac{TUSD(n) + TE(n)}{(1 - PIS(n) - COFINS(n)) * (1 - ICMS(n))} \quad (1)$$

$$C_{EE(n)} = T_{EE(n)}E(n) + E(n)B_{Tarifária(n)} + COSIP(n) \quad (2)$$

$$C_{VEE(n)} = (E_{V(n)}/E(n)) \cdot C_{EE(n)} \quad (3)$$

$$C_{REE(n)} = (E_{R(n)}/E(n)) \cdot C_{EE(n)} \quad (4)$$

Sendo,

n : mês de referência;

$C_{EE(n)}$: Custo com energia elétrica no mês n (R\$);

$T_{EE(n)}$: Valor da tarifa cobrado do consumidor no mês n (R\$/kWh);

$B_{Tarifária(n)}$: Valor da bandeira tarifária cobrado do consumidor no mês n (R\$/kWh);

$E(n)$: Energia elétrica consumida no mês n ; para o uso do sistema fotovoltaico foi denominada EGD. (kWh);

$COSIP$: Imposto para a contribuição da iluminação pública (R\$);

$PIS(n)$ (R\$): Programa de Integração Social incidente no mês n (%);

$E_{R(n)}$: Energia elétrica consumida pela residência no mês n (kWh)

$COFINS(n)$: Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social incidente no mês n (%);

$ICMS(n)$: Imposto Estadual de Circulação de Mercadorias e Serviços incidente no mês n (%);

$TUSD(n)$: Valor da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição divulgado pela ANEEL para o mês n (R\$/kWh);

$TE(n)$: Valor da Tarifa de Energia divulgado pela ANEEL para o mês n (R\$/kWh)

$C_{EE(n)}$: Custo com energia elétrica no mês n (R\$);

$C_{VEE(n)}$: Custo com energia elétrica apropriado ao veículo no mês n (R\$);

$E_{V(n)}$: Energia elétrica consumida pelo veículo no mês n (kWh);

Para os cálculos dos custos referentes aos veículos, foi utilizada a Eq. (5), para o custo por km a Eq. (6) e a Eq. (7) para o valor acumulado no período. A Eq. (8) apresenta os custos que são comuns as

hipóteses. Para a residência as Eq. (9) e (10). Para o custo total, a Eq. (11) e o custo acumulado, a Eq. (12).

$$C_{V(n)} = C_{VAq(n)} + C_{VInfr(n)} + C_{VEn(n)} + C_{VRev(n)} + C_{VIPVA(n)} + C_{VLic(n)} + C_{VSFVCR(n)} \quad (5)$$

$$C_{Vkm(n)} = C_{V(n)}/da_{(n)} \quad (6)$$

$$C_{VA(n)} = \sum_n^0 C_{V(n)} \quad (7)$$

$$C_{VC(n)} = C_{VAq(n)} + C_{VInfr(n)} + C_{VRev(n)} + C_{VIPVA(n)} + C_{VLic(n)} \quad (8)$$

$$C_{R(n)} = C_{RSFVCR(n)} + C_{REE(n)} \quad (9)$$

$$C_{RA(n)} = \sum_n^0 C_{R(n)} \quad (10)$$

$$C_{T(n)} = C_{V(n)} + C_{R(n)} \quad (11)$$

$$C_{TA(n)} = \sum_n^0 C_{T(n)} \quad (12)$$

Sendo,

n : mês de referência;

$C_{V(n)}$: Custo do veículo no mês n (R\$);

$C_{VAq(n)}$: Custo de aquisição do veículo que se aplica somente no mês 0 (R\$);

$C_{VInfr(n)}$: Custo com a infraestrutura para a instalação da estação de recarga que se aplica somente no mês 0 (R\$);

$C_{VEn(n)}$: Custo com o consumo de energia pelo veículo no mês n (R\$). Para o VE, energia elétrica (C_{VEE}) e para o VCI a gasolina pelo veículo (C_{Vgas});

$C_{VRev(n)}$: Custo com as revisões de 10 mil km ou 12 meses no mês n (R\$);

$C_{VIPVA(n)}$: Custo com o IPVA no mês n (R\$);

$C_{VLic(n)}$: Custo com a taxa de Licenciamento do veículo no mês n (R\$);

$C_{Vkm(n)}$: Custo médio por km (R\$);

C_{VSFVCR} : Custo apropriado para o veículo com a aquisição e instalação do sistema fotovoltaico no mês n (R\$);

$C_{RSFVCR(n)}$: Custo apropriado para o veículo com a aquisição e instalação do sistema fotovoltaico no mês n (R\$);

$C_{VA(n)}$: Custo total acumulado referente ao veículo no mês n (R\$).

$C_{REE(n)}$: Custo de energia elétrica da residência no mês n (R\$).

$C_{R(n)}$: Custo referente a residência no mês n (R\$).

$C_{RA(n)}$: Custo total acumulado referente a residência no mês n (R\$).

$C_{T(n)}$: Custo total no mês n (R\$).

$C_{TA(n)}$: Custo total acumulado no mês n (R\$).

$Da_{(n)}$: Distância acumulada para o período (km).

Foi feito o levantamento dos custos de revisão dos veículos (C_{VRev}), utilizando-se a página oficial da Nissan (2023b). Ela permite consultar os custos referentes as revisões a cada 10.000 km dos veículos até 60.000 km. Esses custos se referem apenas a serviços determinados e não estão incluídas as trocas de peças do veículo.

O Licenciamento se baseia em um valor determinado pelo DETRAN MS (2022) com o custo de 4,53 Unidade Fiscal de Referência de Mato Grosso do Sul (UFERMS) que podem ser consultados conforme Mato Grosso do Sul (2023). Foram adotados os valores da UFERMS para janeiro de cada ano, esse custo foi denominado de C_{VLic} e é calculado conforme a Eq. (13).

$$C_{VLic(n)} = 4,53 \cdot UFERMS_{(n)} \quad (13)$$

Ainda em acordo ao DETRAN MS (2023b), o valor percentual referente a Automóvel (carro de passeio) é de 5%, porém, possuem um desconto de 40% e segundo a Secretaria de Fazenda do Estado de MS (2023) o percentual a ser aplicado é de 3%. Sendo assim, os preços médios dos veículos foram pesquisados na tabela FIPE (2023). Sendo cobrado conforme a Eq. (14).

$$C_{VIPVA(n)} = 3\% \cdot C_{Vaq(n)} \quad (14)$$

Sendo:

n : mês de referência;

$C_{Vaq(n)}$: Preço médio do veículo conforme tabela

$C_{VIPVA(n)}$: Custo do IPVA de acordo ao mês n (R\$);

FIPE referente ao mês n (R\$);

2.6 Custo de aquisição e infraestrutura da estação de recarga (C_{VInfr})

O C_{VInfr} envolve custos com os materiais, equipamentos, projeto elétrico e mão de obra, que foram orçados em 24 de fevereiro de 2023. Foram pesquisados os custos com materiais e equipamentos em páginas na Internet.

Tabela 2. Relação de materiais com as fontes de referência.

Descrição	Referência
1 x Carregador ABB Terra AC Wall Box 7,4kW, cabo e conector AC tipo 2, RFID.	(ABB, 2023)
1 x Caixa de proteção ABB para carregadores de 7,4 kW, conexão FF.	(ABB, 2023)
42 m de Cabo CU isolado XLPE 90° 6mm ² SIL.	(Mercado Livre, 2023a)
1 Eletroduto Galvanizado Zincado Leve 3/4 - 3 metros.	(Mercado Livre, 2023b)
Acessórios (parafusos, fita isolante, abraçadeira, terminal cabos).	Autoria Própria
Mão de obra eletricitista (diária).	Autoria Própria
Projeto Engenheiro.	Autoria Própria

2.7 Custos com o sistema fotovoltaico conectado à rede

Foram solicitados orçamentos a empresas do setor de energia fotovoltaica localizadas na cidade de Campo Grande – MS em em 01/2023 e efetuada a regressão linear dos custos médios, conforme Cia, Vartanian e Silva (2013).

Foi feito o custeio por absorção para o VE e a residência, adotando-se como base de rateio o critério do consumo de energia elétrica, tanto do VE, quanto da residência, dado pelas Eq. (16) e (17). (Martins, 2018)

$$C_{SFVCR(n)} = C_{AQSFVCR(n)} + C_{LSFVCR(n)} + C_{SINV(n)} \quad (15)$$

$$C_{VSFVCR(n)} = \frac{E_V(n)}{G_{SFVCR(n)}} * C_{SFVCR(n)} \quad (16)$$

$$C_{RSFVCR(n)} = \frac{E_R(n)}{G_{SFVCR(n)}} * C_{SFVCR(n)} \quad (17)$$

2.8 Atualização monetária

Para a atualização monetária foi utilizada a fórmula dos juros compostos, conforme a Eq. (18) (SAMANEZ, 2002).

$$M = C (1 + a)^t \quad (18)$$

Sendo,

M: Montante que é a soma do capital com os juros (R\$);

a: Taxa de juros (atualização) que é a porcentagem cobrada em cima do capital a cada instante (%);

C: Capital que é o valor inicial o qual incidirá os juros (taxa de atualização) (R\$);

t: é o tempo que será aplicado o capital.

Os valores da tarifa de energia elétrica, preço do combustível, COSIP, Licenciamento, IPVA, e mão de obra de limpeza do SFV, sofreram atualizações monetárias durante o cálculo dos custos para o período estudado. A Tabela 3 apresenta os índices das atualizações monetárias utilizados e qual a periodicidade de incidência para cada um dos componentes de custo.

Tabela 3. Atualização monetária praticada nos diversos componentes do custo.

Mês	Tarifa de energia elétrica	Preço do combustível	COSIP	Licenciamento	IPVA Nissan Leaf	IPVA Nissan Versa	SFVCR
Periodicidade	12 meses	Mensal	12 meses	12 meses	12 meses	12 meses	Mensal
Valor (%)	8,200%	0,468%	3,965%	13,649%	0,235%	1,482%	0,762%

Para a determinação da taxa de atualização monetária das tarifas de energia elétrica, foi feito o levantamento das tarifas de energia elétrica para clientes residenciais B1 da Energisa MS consultando o relatório presente na página da ANEEL (2023), desde 2016 até 2023.

Para o valor do combustível, foi feito o levantamento dos preços mensais da gasolina de 2016 a 2022 por meio dos relatórios do Governo Federal do Brasil (2023). Foram selecionados os preços praticados pelos postos de combustíveis referentes a cidade de Campo Grande/MS e efetuado uma média aritmética mensal. Determinou-se, assim, uma taxa de crescimento médio mensal do valor do combustível de janeiro 2016 até dezembro de 2022.

Para a COSIP, conforme notícia divulgada pela A Crítica (2017), em julho de 2016 o custo total do serviço (Cil) era de R\$ 369,03, e no final de 2022 o valor é de R\$ 466. Assim, no período de 6 anos houve um aumento de 3,965% anuais.

Para o Licenciamento, foi adotado a média aritmética da UFERMS de janeiro de 2018 a janeiro de 2023, que estão contidos em Mato Grosso do Sul (2023).

Para o IPVA, utilizou-se a Tabela FIPE que fornece os preços médios de veículos. Ressalta-se que os modelos 2023 somente se encontram os valores dos carros novos. Então, foi feito uma busca com modelos e anos anteriores para saber o percentual de atualização monetária. Para o Nissan Leaf, encontrou-se o modelo de 2020 e foi feito a busca para janeiro de 2020 para esse veículo como um carro zero e sendo repetido a busca para os anos de 2021 a 2023.

Os SFVCR, sofreram a atualização baseada na média aritmética mensal do índice IGP-M de janeiro de 2016 a dezembro de 2022.

2.9 Análise financeira

Conforme Viana *et al.* (2021), na análise econômica de projetos de eficiência energética destacam-se os indicadores entre eles: a VPL, TIR e *Payback* descontado que são calculados conforme as Eq. (19), (20) e (21) respectivamente. Caso o VPL seja maior que zero ou $i > k$, o projeto é economicamente viável (Samanez, 2002).

O investimento (I) necessário foi a diferença entre os custos iniciais das hipóteses. O fluxo de caixa mensal é a diferença entre os custos totais mensais ($C_{T(n)}$). Utilizou-se a taxa de atratividade (TA) de 1,0719% ao mês que é a taxa Selic de 01/02/2023, para o período de 96 meses.

$$I = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad (19)$$

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} \quad (20)$$

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (21)$$

Sendo,

I: Investimento;
 n: Número de períodos;
 FC_i: Fluxo de Caixa no enésimo período;

i: Taxa de juros que iguala o valor da entrada das entradas e saídas de caixa (TIR);
 k: taxa de atratividade para atualizar o fluxo de caixa.

3 Resultados e discussões

Com a definição da metodologia foi possível obter os dados *in loco* e transformá-los em informações úteis para a avaliação técnica e econômica. Esses dados, informações e as análises serão apresentados a seguir.

3.1 Dimensionamento e custo do sistema fotovoltaico

A partir dos orçamentos recebidos pelas empresas de Campo Grande MS, foi criada a Figura 1 e efetuada a regressão linear, conforme Cia, Vartanian e Silva (2013), chegando-se à Equação da Reta (22), a qual foi utilizada na determinação do custo de aquisição e instalação do sistema fotovoltaico ($C_{AQSFVCR}$) para cada um dos cenários.

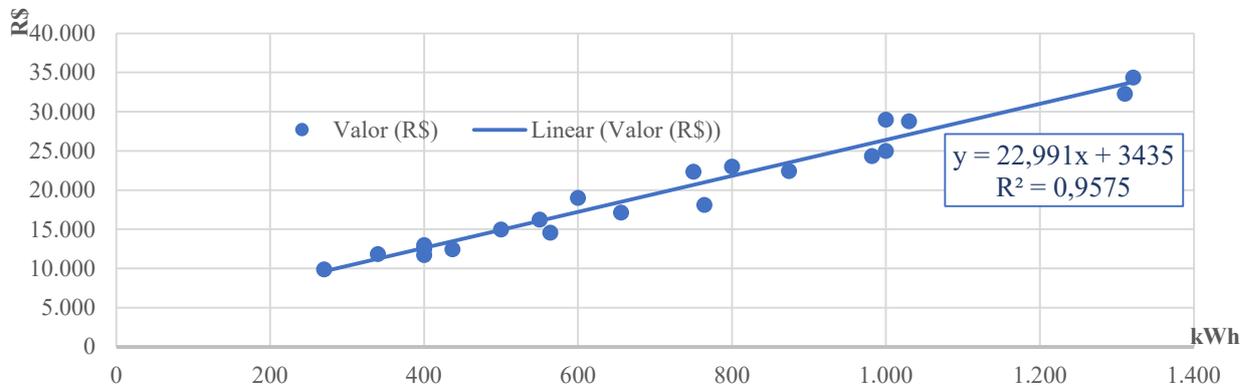


Figura 1. Regressão linear para a determinação do custo de aquisição do SFV. Sendo Eixo Y: Custo de aquisição. X: Geração média do sistema fotovoltaico (E_{SFVCR}).

$$y = 22,991x + 3435 \tag{22}$$

O SFVCR dimensionado para os cenários e atendimento da Hipótese 3, está mostrado na Tabela 4.

Tabela 4. Dimensionamento do sistema fotovoltaico. G_{SFVCR} : Geração fotovoltaica necessária. E_{SFVCR} : Geração média mensal do sistema fotovoltaico. n : rendimento.

Cenário	1	2	3	4	5
G_{SFVCR} (kWh/mês)	1.394,76	1.066,32	737,88	409,44	212,38
E_{SFVCR} (kWh/mês)	1.429,17	1.070,00	758,33	445,00	254,29
Paineis (Quant.)	23	17	12	7	4,00
Inversor (Quant.)	2	1	1	1	1
n (%)	80%	82%	81%	83%	83%

Como o SFVCR é utilizado tanto para atender o consumo da residência (C_{RSFVCR}), de 181 kWh, como a recarga da bateria do VE (C_{VSFVCR}), que varia para cada cenário, foi feito o rateio do custo do sistema fotovoltaico (C_{SFVCR}) baseado no consumo deles descontado o custo de disponibilidade de 100 kWh (G_{SFVCR}). Dado a maior participação do consumo, a residência apresenta valores inversamente proporcionais à distância percorrida pelo VE.

Tabela 5. Custos com o sistema fotovoltaico. $C_{AQSFVCR}$: Custo de aquisição do sistema fotovoltaico. C_{LSFVCR} : Custo de limpeza do sistema fotovoltaico. C_{SFVCR} : Custo do sistema fotovoltaico. E_V : Energia consumida pelo veículo. E_R : Energia consumida pela residência. E_T : Energia total consumida. VE : Veículo Elétrico. C_{VSFVCR} : Custo absorvido pelo veículo para o sistema fotovoltaico. C_{RSFVCR} : Custo absorvido pela residência para o sistema fotovoltaico.

$C_{AQSFVCR}$ (R\$)	36.292,97	28.035,37	20.869,84	13.666,00	9.281,28
C_{LSFVCR} (R\$)	6.158,56	6.158,56	6.158,56	6.158,56	6.158,56
C_{SFVCR} (R\$)	42.451,53	34.193,93	27.028,40	19.824,56	15.439,84
E_V (kWh)	1.313,76	985,32	656,88	328,44	131,38
E_R (kWh)	181,00	181,00	181,00	181,00	181,00
E_T (kWh)	1.494,76	1.166,32	837,88	509,44	312,38
Custo % VE	87,89%	84,48%	78,40%	64,47%	42,06%
Custo % Residência	12,11%	15,52%	21,60%	35,53%	57,94%
C_{VSFVCR} (R\$)	37.311,09	28.887,41	21.189,69	12.781,05	6.493,54
C_{RSFVCR} (R\$)	5.140,44	5.306,52	5.838,71	7.043,51	8.946,31

3.2 Custos comuns

A Tabela 6 mostra as componentes de custos comuns do veículo obtidos para todos os cenários. O custo com a aquisição do veículo (C_{VAq}) do VE é aproximadamente 3 vezes o valor do VCI o que reflete no custo com o IPVA (3% do valor do veículo). Os custos com revisão (C_{VRev}) tem uma diferença de R\$ 36,00 e os custos com licenciamento (C_{VLic}) são os mesmos entre os veículos. Outras pesquisas (Pg Abas et al, 2019; Vieira, et al., 2021; Sinigaglia, 2023; Ferreira, 2012; Santos, 2017; Dutra, 2020), afirmam que o custo de aquisição do VE é um critério impeditivo na sua adoção.

Tabela 6. Custos comuns a todos os cenários. C_{VAq} : Custo de aquisição do veículo. C_{VInfr} : Custo com a infraestrutura e aquisição da estação de recarga veicular. C_{VRev} : Custo de revisão do veículo. C_{VIPVA} : Custo com IPVA. C_{VLic} : Custo com o licenciamento. C_{VC} : Custo comum aos veículos.

Hipótese	C_{VAq} (R\$)	C_{VInfr} (R\$)	C_{VRev} (R\$)	C_{VIPVA} (R\$)	C_{VLic} (R\$)	C_{VC} (R\$)
1	100.190,00	0,00	4.167,00	28.711,78	3.388,33	136.457,11
2	298.490,00	10.530,16	4.131,00	81.354,80	3.388,33	397.894,29
3	298.490,00	10.530,16	4.131,00	81.354,80	3.388,33	397.894,29

3.3 Custos cenários

Na Tabela 7, Tabela 8, Tabela 9, Tabela 10 e Tabela 11 estão apresentados os custos para cada cenário e hipótese considerando os 96 meses de estudo.

Tabela 7. Resumo dos custos para o Cenário 1. C_{RSFVCR} : Custo absorvido pela residência para o sistema fotovoltaico. C_{REE} : Custo da residência com energia elétrica. C_R : Custo da residência. C_{VC} : Custo comum ao veículo. C_{VEn} : Custo do veículo com energia, podendo ser combustível para o veículo a combustão interna ou energia elétrica para o veículo elétrico. C_{VSFVCR} : Custo absorvido pelo veículo para o sistema fotovoltaico. C_V : Custo do veículo. C_T : Custo total. C_{Vkm} : Custo do veículo por km.

Hipótese	C_{RSFVCR} (R\$)	C_{REE} (R\$)	C_R (R\$)	C_{VC} (R\$)	C_{VEn} (R\$)	C_{VSFVCR} (R\$)	C_V (R\$)	C_T (R\$)	C_{Vkm} (R\$)
1	0,00	25.036,63	25.036,63	136.457,11	360.349,29	0,00	496.806,39	521.843,03	0,63
2	0,00	25.481,73	25.481,73	397.894,29	184.955,13	0,00	582.849,41	608.331,14	0,74
3	5.140,44	12.360,55	17.501,00	397.894,29	0,00	37.311,09	435.205,38	452.706,37	0,56

Tabela 8. Resumo dos custos para o Cenário 2. C_{RSFVCR} : Custo absorvido pela residência para o sistema fotovoltaico. C_{REE} : Custo da residência com energia elétrica. C_R : Custo da residência. C_{VC} : Custo comum ao veículo. C_{VEn} : Custo do veículo com energia, podendo ser combustível para o veículo a combustão interna ou energia elétrica para o veículo elétrico. C_{VSFVCR} : Custo absorvido pelo veículo para o sistema fotovoltaico. C_V : Custo do veículo. C_T : Custo total. C_{Vkm} : Custo do veículo por km.

Hipótese	C_{RSFVCR} (R\$)	C_{REE} (R\$)	C_R (R\$)	C_{VC} (R\$)	C_{VEn} (R\$)	C_{VSFVCR} (R\$)	C_V (R\$)	C_T (R\$)	C_{Vkm} (R\$)
1	0,00	25.036,63	25.036,63	397.894,29	270.261,96	0,00	406.719,07	431.755,70	0,69
2	0,00	25.727,00	25.727,00	397.894,29	140.051,55	0,00	537.945,83	444.448,77	0,92
3	5.306,52	12.360,55	17.667,08	0,00	0,00	28.887,41	426.781,70	444.448,77	0,73

Tabela 9. Resumo dos custos para o Cenário 3. C_{RSFVCR} : Custo absorvido pela residência para o sistema fotovoltaico. C_{REE} : Custo da residência com energia elétrica. C_R : Custo da residência. C_{VC} : Custo comum ao veículo. C_{VEn} : Custo do veículo com energia, podendo ser combustível para o veículo a combustão interna ou energia elétrica para o veículo elétrico. C_{VSFVCR} : Custo absorvido pelo veículo para o sistema fotovoltaico. C_V : Custo do veículo. C_T : Custo total. C_{Vkm} : Custo do veículo por km.

Hipótese	C_{RSFVCR} (R\$)	C_{REE} (R\$)	C_R (R\$)	C_{VC} (R\$)	C_{VEn} (R\$)	C_{VSFVCR} (R\$)	C_V (R\$)	C_T (R\$)	C_{Vkm} (R\$)
1	0,00	25.036,63	25.036,63	397.894,29	180.174,64	0,00	316.631,75	341.668,38	0,81
2	0,00	25.934,37	25.934,37	0,00	94.120,26	0,00	492.014,55	437.283,24	1,26
3	5.838,71	12.360,55	18.199,27	0,00	0,00	21.189,69	419.083,98	437.283,24	1,07

Tabela 10. Resumo dos custos para o Cenário 4. C_{RSFVCR} : Custo absorvido pela residência para o sistema fotovoltaico. C_{REE} : Custo da residência com energia elétrica. C_R : Custo da residência. C_{VC} : Custo comum ao veículo. C_{VEn} : Custo do veículo com energia, podendo ser combustível para o veículo a combustão interna ou energia elétrica para o veículo elétrico. C_{VSFVCR} : Custo absorvido pelo veículo para o sistema fotovoltaico. C_V : Custo do veículo. C_T : Custo total. C_{Vkm} : Custo do veículo por km.

Hipótese	C_{RSFVCR} (R\$)	C_{REE} (R\$)	C_R (R\$)	C_{VC} (R\$)	C_{VEn} (R\$)	C_{VSFVCR} (R\$)	C_V (R\$)	C_T (R\$)	C_{Vkm} (R\$)
1	0,00	25.036,63	25.036,63	0,00	90.087,32	0,00	226.544,43	251.581,06	1,16
2	0,00	26.409,11	26.409,11	0,00	47.921,60	0,00	445.815,88	430.079,40	2,28
3	7.043,51	12.360,55	19.404,06	0,00	0,00	12.781,05	410.675,33	430.079,40	2,10

Tabela 11. Resumo dos custos para o Cenário 5. C_{RSFVCR} : Custo absorvido pela residência para o sistema fotovoltaico. C_{REE} : Custo da residência com energia elétrica. C_R : Custo da residência. C_{VC} : Custo comum ao veículo. C_{VEn} : Custo do veículo com energia, podendo ser combustível para o veículo a combustão interna ou energia elétrica para o veículo elétrico. C_{VSFVCR} : Custo absorvido pelo veículo para o sistema fotovoltaico. C_V : Custo do veículo. C_T : Custo total. C_{Vkm} : Custo do veículo por km.

Hipótese	C_{RSFVCR} (R\$)	C_{REE} (R\$)	C_R (R\$)	C_{VC} (R\$)	C_{VEn} (R\$)	C_{VSFVCR} (R\$)	C_V (R\$)	C_T (R\$)	C_{Vkm} (R\$)
1	0,00	25.036,63	25.036,63	0,00	36.034,93	0,00	172.492,04	197.528,67	2,20
2	0,00	25.632,31	25.632,31	C_{Comun} (R\$)	18.604,81	0,00	416.499,09	425.694,68	5,32
3	8.946,31	12.360,55	21.306,86	0,00	0,00	6.493,54	404.387,82	425.694,68	5,16

A distância influencia diretamente nos custos totais e na viabilidade econômica do veículo. Quanto maior a distância percorrida, mais atrativo se torna o VE. O que está de acordo aos resultados alcançados por Abas et al. (2019)

Para o Cenário 1, a ordem dos menores custos calculados foi: Hipótese 3, Hipótese 1, Hipótese 2. Na análise não está contemplado os custos com a substituição de peças e equipamentos. No entanto, conforme Nissan (2023c), a troca da bateria do VE deve acontecer com 160.000 km ou 96 meses, ou seja, para esse cenário de 272 km diários percorridos ou um total de 794.240 km, seriam necessárias 5 substituições de bateria. O preço de cada bateria do VE é estimado em R\$ 41.428,00 por Revista Carro (2019) com cotação do dólar para fevereiro de 2023 de R\$ 5,1785, conforme Banco Central do Brasil (2023).

Para os Cenários 2 a 5, repetiu-se a mesma ordem para os menores custos: Hipótese 1, Hipótese 3 e Hipótese 2.

As Tabelas 7 a 11 mostram que o C_{VEn} possui um valor superior com a utilização da gasolina se comparada a energia elétrica em todo o período analisado, o que está de acordo a outros pesquisadores (Antunes, 2018; Pg Abas et al., 2019; Galeski, 2023; Menezes, 2022; Cavalcante Júnior e Couras, 2021; Antunes, 2018; Dallepiane et al., 2022).

Sendo que a utilização do SFVCR permite que o custo com energia elétrica para a recarga da bateria seja zero, considerado que o custo de disponibilidade de 100 kWh fique absorvido somente pela residência. Por exemplo, para o Cenário 1, o C_{SFVCR} foi de R\$ 42.451,53, porém, o comparativo entre a Hipótese 2 e 3 do custo com energia elétrica C_{VEn} e C_{REE} permitiu uma economia de R\$ 198.076,30. Outros estudos também confirmam que a utilização do SFVCR traz economias se comparados somente a utilização da energia elétrica proveniente da concessionária (Souza et al., 2022; Lucca, 2021; Thomé, 2021; Félix, 2021; Coimbra, Araujo e Faesarella, 2020; Pezerico, 2020).

Para as 3 hipóteses, o consumo de energia elétrica da residência é o mesmo, isto é, 181 kWh, porém o consumo do VE, para a Hipótese 2, faz com que os impostos incidentes ICMS e COSIP sejam maiores, fazendo com que os custos da residência com energia elétrica (C_{REE}) também sejam maiores do que a Hipótese 1, dado o rateio realizado.

3.4 Análise das componentes dos custos

A Tabela 12, Tabela 13 e Tabela 14, foram criadas para a análise do comportamento das componentes de custos comparadas percentualmente ao custo total do cenário de cada hipótese. As cores permitem ressaltar a direção do aumento dos valores, sendo o maior valor na cor vermelha e o menor na cor verde. As distâncias diárias percorridas foram de 272 km, 204 km, 136 km, 68 km e 27,2 km para os cenários 1 a 5, respectivamente.

Tabela 12. Resumo percentual comparativo entre a componente do custo com o custo total para a Hipótese 1. C_{RSFVCR} : Custo absorvido pela residência para o sistema fotovoltaico. C_{REE} : Custo da residência com energia elétrica. C_R : Custo da residência. C_{VEn} : Custo do veículo com energia, podendo ser combustível para o veículo a combustão interna ou energia elétrica para o veículo elétrico. C_{VRev} : Custo de revisão do veículo. C_{VIPVA} : Custo com IPVA. C_{VLic} : Custo com o licenciamento. C_{VSFVCR} : Custo absorvido pelo veículo para o sistema fotovoltaico. C_V : Custo do veículo.

Cenário	C_{RSFVCR} (R\$)	C_{REE} (R\$)	C_R (R\$)	C_{VAq} (R\$)	C_{VEn} (R\$)	C_{VRev} (R\$)	C_{VIPVA} (R\$)	C_{VLic} (R\$)	C_{VSFVCR} (R\$)	C_V (R\$)
1	0,00%	4,80%	4,80%	19,20%	69,05%	0,80%	5,50%	0,65%	0,00%	95,20%
2	0,00%	5,80%	5,80%	23,21%	62,60%	0,97%	6,65%	0,78%	0,00%	94,20%
3	0,00%	7,33%	7,33%	29,32%	52,73%	1,22%	8,40%	0,99%	0,00%	92,67%
4	0,00%	9,95%	9,95%	39,82%	35,81%	1,66%	11,41%	1,35%	0,00%	90,05%
5	0,00%	12,67%	12,67%	50,72%	18,24%	2,11%	14,54%	1,72%	0,00%	87,33%

Tabela 13. Resumo percentual comparativo entre a componente do custo com o custo total para a Hipótese 2. C_{RSFVCR} : Custo absorvido pela residência para o sistema fotovoltaico. C_{REE} : Custo da residência com energia elétrica. C_R : Custo da residência. C_{VEn} : Custo do veículo com energia, podendo ser combustível para o veículo a combustão interna ou energia elétrica para o veículo elétrico. C_{VRev} : Custo de revisão do veículo. C_{VIPVA} : Custo com IPVA. C_{VLic} : Custo com o licenciamento. C_{VSFVCR} : Custo absorvido pelo veículo para o sistema fotovoltaico. C_V : Custo do veículo.

Cenário	C_{RSFVCR} (R\$)	C_{REE} (R\$)	C_R (R\$)	C_{VAq} (R\$)	C_{VEn} (R\$)	C_{VRev} (R\$)	C_{VIPVA} (R\$)	C_{VLic} (R\$)	C_{VSFVCR} (R\$)	C_V (R\$)
1	0,00%	4,19%	4,19%	49,07%	30,40%	0,68%	13,37%	0,56%	0,00%	95,81%
2	0,00%	4,56%	4,56%	52,95%	24,85%	0,73%	14,43%	0,60%	0,00%	95,44%
3	0,00%	5,01%	5,01%	57,63%	18,17%	0,80%	15,71%	0,65%	0,00%	94,99%
4	0,00%	5,59%	5,59%	63,21%	10,15%	0,87%	17,23%	0,72%	0,00%	94,41%
5	0,00%	5,80%	5,80%	67,51%	4,21%	0,93%	18,40%	0,77%	0,00%	94,20%

Tabela 14. Resumo percentual comparativo entre a componente do custo com o custo total para a Hipótese 3. C_{RSFVCR} : Custo absorvido pela residência para o sistema fotovoltaico. C_{REE} : Custo da residência com energia elétrica. C_R : Custo da residência. C_{VEn} : Custo do veículo com energia, podendo ser combustível para o veículo a combustão interna ou energia elétrica para o veículo elétrico. C_{VRev} : Custo de revisão do veículo. C_{VIPVA} : Custo com IPVA. C_{VLic} : Custo com o licenciamento. C_{VSFVCR} : Custo absorvido pelo veículo para o sistema fotovoltaico. C_V : Custo do veículo.

Cenário	C_{RSFVCR} (R\$)	C_{REE} (R\$)	C_R (R\$)	C_{VAq} (R\$)	C_{VEn} (R\$)	C_{VRev} (R\$)	C_{VIPVA} (R\$)	C_{VLic} (R\$)	C_{VSFVCR} (R\$)	C_V (R\$)
1	1,14%	2,73%	3,87%	65,93%	0,00%	0,91%	17,97%	0,75%	8,24%	96,13%
2	1,19%	2,78%	3,98%	67,16%	0,00%	0,93%	18,30%	0,76%	6,50%	96,02%
3	1,34%	2,83%	4,16%	68,26%	0,00%	0,94%	18,60%	0,77%	4,85%	95,84%
4	1,64%	2,87%	4,51%	69,40%	0,00%	0,96%	18,92%	0,79%	2,97%	95,49%
5	2,10%	2,90%	5,01%	70,12%	0,00%	0,97%	19,11%	0,80%	1,53%	94,99%

O aumento da distância percorrida gera o aumento da participação das componentes C_{VEn} e C_V no custo total, o que está de acordo a (Antunes, 2018; Pg Abas *et al.*, 2019; Galeski, 2023; Menezes, 2022; Cavalcante Júnior e Couras, 2021; Antunes, 2018; Dallepiane *et al.*, 2022).

Para a Hipótese 3, também gera aumento na C_{VSFVCR} . Contudo, o aumento da distância é inversamente proporcional a participação do C_{VRev} , C_{VIPVA} , C_{VLic} , C_{REE} , C_R e para a Hipótese 3, a C_{RSFVCR} .

Para a Hipótese 1, para os cenários 4 e 5 com uma distância percorrida menor ou igual a 25% da autonomia do VE, o C_{VAq} possui a maior participação nos custos, o que se altera a partir do Cenário 3 até o 1, quando o C_{VEn} se torna o maior custo percentual, seguido por C_{VIPVA} , C_{VRev} e C_{VLic} .

Para a Hipótese 2, o C_{VAq} possui os maiores valores, porém, para os Cenários 1 a 3, C_{VEn} é o maior custo percentual, seguido por C_{VIPVA} , C_{VRev} e C_{VLic} . Para os Cenários 4 e 5, o C_{VIPVA} é o maior custo percentual, seguido por C_{VEn} , C_{VRev} e C_{VLic} .

Para a Hipótese 3, o C_{Vaq} possui os maiores valores em todos os cenários, seguido por C_{VIPVA} , C_{VSFVCR} , C_{VRev} e C_{VLic} .

3.5 Análise de viabilidade econômica

A Tabela 15, Tabela 16 e Tabela 17 mostram os valores da análise financeira comparativa entre as hipóteses para cada cenário. Para as 15 situações estudadas no período de 96 meses, a utilização do Nissan Versa (Hipótese 1) se demonstrou mais viável economicamente do que as outras hipóteses em todos os cenários, para uma taxa de atratividade (TA) de 1,0719% ao mês que é a taxa Selic de 01/02/2023. E no caso da utilização do Nissan Leaf, a instalação do SFVCR na residência, mostra-se mais viável do que somente a utilização do VE com o consumo de energia proveniente da distribuidora.

Tabela 15. Resumo da análise financeira para o comparativo das Hipóteses 1 e 2.

Cenário	1	2	3	4	5
Investimento (R\$)	-214.779,16	-214.779,16	-214.779,16	-214.779,16	-214.779,16
VPL (R\$)	-135.671,24	-161.587,30	-188.307,01	-215.014,10	-229.472,59
TIR	-0,966%	-1,715%	-2,991%		
Pay-Back (meses)					
Projeto Viável?	Não	Não	Não	Não	Não

Tabela 16. Resumo da análise financeira para o comparativo das Hipóteses 1 e 3

Cenário	1	2	3	4	5
Investimento (R\$)	-251.072,13	-242.814,53	-235.649,00	-228.445,15	-224.060,44
VPL (R\$)	-58.370,15	-103.009,38	-149.351,21	-195.642,51	-223.344,78
TIR	0,489%	-0,103%	-0,946%	-2,567%	
Pay-Back (meses)					
Projeto Viável?	Não	Não	Não	Não	Não

Tabela 17. Resumo da análise financeira para o comparativo das Hipóteses 2 e 3

Cenário	1	2	3	4	5
Investimento (R\$)	-36.292,97	-28.035,37	-20.869,84	-13.666,00	-9.281,28
VPL (R\$)	77.301,10	58.577,92	38.955,80	19.371,59	6.127,81
TIR	4,561%	4,546%	4,245%	3,612%	2,411%
Pay-Back (meses)	27	27	29	34	52
Projeto Viável?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Para a análise de viabilidade financeira, em todos os cenários, a Hipótese 1, com a utilização do Nissan Versa, mostrou-se mais vantajosa do que as outras. A utilização do Nissan Leaf será mais vantajosa financeiramente com a utilização do SFVCR (Hipótese 3). Concluindo assim, que para todos os cenários a melhor opção financeira é a da Hipótese 1, seguida pela Hipótese 3 e, por último, a Hipótese 2.

4 Conclusão

Este artigo baseou-se em uma análise técnica e econômica comparativa entre a utilização do veículo a combustão interna a gasolina (VCI) *Nissan Versa 2023 1.6 Sense CVT* com o veículo elétrico (VE) *Nissan Leaf 2023* utilizados por uma família com residência na cidade de Campo Grande – MS, alimentada ou não por um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFVCR) em 5 cenários baseados na distância diária percorrida pelo VE dado a sua autonomia, 100%, 75%, 50%, 25% e 10%, cenários 1 a 5, respectivamente. Para a análise técnica, foi considerado o dimensionamento do SFVCR, dimensionamento do circuito para a estação de recarga e consumo dos veículos. Para a análise econômica, utilizou-se a projeção de 96 meses, custos com o SFVCR, infraestrutura para a instalação da estação de recarga, custos de aquisição, revisão, licenciamento, IPVA e combustível. Foram criadas 3 hipóteses, sendo a Hipótese 1 com a utilização do VCI Nissan Versa; a Hipótese 2 com utilização do VE Nissan Leaf sem a geração proveniente do SFVCR; e a Hipótese 3 com utilização do VE Nissan Leaf com um SFVCR.

Para a análise de custos totais, a ordem dos custos do maior para o menor, referente aos Cenários 2 a 5, foi: Hipótese 2, Hipótese 3 e Hipótese 1. O Cenário 1 apresentou uma alteração de ordem, com a Hipótese 3, seguida pelas Hipóteses 1 e 3. Vale ressaltar que o trabalho não avaliou a troca de peças,

BRASIL (2023). *Lei complementar nº 194, de 23 de junho de 2022. Altera a Lei nº 5.172, de 25 de outubro de 1966 (Código Tributário Nacional), e a Lei Complementar nº 87, de 13 de setembro de 1996 (Lei Kandir)*. Brasília. [online] Available at: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp194.htm [Accessed 15 October 2023].

Casagrande Junior, EF, Urbanetz Junior, J, Seratiuk, AR, Tonolo, EA (2019). Energia solar fotovoltaica e automóveis elétricos: a combinação de um modelo para redução de emissões de carbono na cidade de Curitiba. Curitiba: *Revista Tecnologia e Sociedade*, [e-journal], v. 15, n. 37, 2019. 653-678 p. DOI 10.3895/rts.v15n37.9811

Cavalcante Júnior, LCP, Couras, DJNP (2021). *Análise comparativa da substituição de motores a combustão por motores elétricos no setor de transportes*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia), Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.

Cia, JC, Vartanian, PR, Silva, WM (2013). *Econometria - Análise de dados com regressão linear em Excel e Gretl*. São Paulo: Saint Paul.

Coimbra, APM, Araujo, KB, Faesarella, AS (2020). *Recarga elétrica automotiva em estacionamento com sistema de energia fotovoltaico*. Itatiba: USF. [online] Available at: www.usf.edu.br/galeria/getImage/768/2890608669257179.pdf [Accessed 2 May 2023]

Curran, SJ et al. (2014). Well-to-wheel analysis of direct and indirect use of natural gas in. Knoxville: Elsevier. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.07.035>

DETRAN MS (2022). *Está aberto calendário de Licenciamento 2022 para veículos com placas final 1 e 2*. [online] Available at: www.detran.ms.gov.br/esta-aberto-calendario-de-licenciamento-2022-para-veiculos-com-placas-final-1-e-2/ [Accessed 18 February 2023].

DETRAN MS (2023b). *Autoatendimento IPVA*. [online] Available at: www.autoatendimento.ms.gov.br/ipva/ [Accessed 20 February 2023].

Dutra, MDS (2020). Avaliação financeira de um projeto de casa inteligente para uma residência no Ceará. *:Exacta*, [e-journal], v. 20, n.1, 2020. 176-197 p. DOI <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.17173>

Energisa MS (2023). *Impostos e outros encargos*. [online] Available at: www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/impostos-outras-encargos.aspx [Accessed 20 February 2023].

Félix, JPA (2021). *Estudo de viabilidade econômica para instalação de UPAC e adoção de veículos elétricos na indústria*. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Tecnologia de Setúbal, Setúbal.

Ferreira, FB (2012). *A evolução automobilística e aplicação de Smart Grid para utilização de energia renovável*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Elétrica), Universidade São Francisco, Itatiba.

FIPE, 2023. *Preço médio de veículos*. [online] Available at: <https://veiculos.fipe.org.br/> [Accessed em 18 February 2023].

Galeski, A (2023). Estudo sobre a viabilidade de aplicação do veículo elétrico na Polícia. Curitiba: *Brazilian Journal of Development*, [e-journal], v. 9, n.2, 2023. DOI <https://doi.org/10.34117/bjdv9n2-170>

Gitman, LJ (2017). *Princípios de Administração Financeira*. 12ª ed. São Paulo: Pearson.

Hinrichs, RA, Kleinbach, M, Reis, LB (2014). *Energia e Meio Ambiente*. 5ª ed. São Paulo: Cengage Learning.

INMETRO, 2022. *Qualidade e tecnologia Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE): Classificação quanto ao consumo energético*. [online] Available at: www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/veiculos-automotivos-pbe-veicular [Accessed 4 June 2022]

LEGISWEB (2022). Decreto Nº 9203 de 18/09/1998. [online] Available at: www.legisweb.com.br/legislacao/?id=135852 [Accessed 03 April 2023]

Lucca, V (2021). *Avaliação da capacidade de abastecimento de veículos elétricos a partir da geração solar fotovoltaica instalada na Universidade Federal de Santa Maria*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

- Mariano, JD, Urbanetz Junior, J (2022). *Energia Solar Fotovoltaica: princípios fundamentais*. Ponta Grossa: Atena.
- Martins, E (2018). *Contabilidade de custos*. 11ª ed. São Paulo: Atlas.
- Mato Grosso do Sul, 2023. *UFERMS*. [online] Available at: <https://servicos.efazenda.ms.gov.br/crd/CreditoTributario/IndicadoresSefaz/uferms> [Accessed 24 february 2023].
- Mercado Livre, 2023a. *100 metros fio cabo flexível nax flex 1000v 1kv 4mm Inmetro*. [online] Available at: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1045701223-100metros-fio-cabo-flexivel-nax-flex-1000v-1kv-4mm-inmetro-_JM#position=3&search_layout=stack&type=item&tracking_id=570b4af1-8521-4160-9687-a0d6679b9189 [Accessed em 20 february 2023].
- Mercado Livre, 2023b. *Eletroduto Galvanizado*. [online] Available at: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2185902465-eletroduto-galvanizado-zincado-leve-34-3-metros-5-pcs-_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=dc6c922b-afc6-4cb2-aa46-1f5569e597bc [Accessed 20 february 2023].
- Nealer, R, Reichmuth, D, Anair, D (2015). *Cleaner cars from cradle to grave: How electric cars beat gasoline cars on lifetime global warming emissions*. s.l.: Union of Concerned Scientists. [online] Available at: www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2015/11/Cleaner-Cars-from-Cradle-to-Grave-full-report.pdf [Accessed em 10 february 2023].
- Nissan, (2023a). *Especificações técnicas Nissan Leaf*. s.l.: Nissan.
- Nissan, (2023b). *Nissan Brasil*. [online] Available at: www.nissan.com.br/ [Accessed 20 february 2023].
- Nissan, (2023c). *Revisão periódica Nissan*. [online] Available at: www.nissan.com.br/servicos/revisao-periodica.html [Accessed 15 february 2023].
- Nissan, (2023e). *Nissan Leaf 2023*. [online] Available at: www.nissan.com.br/veiculos/modelos/leaf.html [Accessed 24 february 2023].
- Oliveira, BS, Kolodzei, SLF, Costa, VE (2018). *Estudo de viabilidade técnica e econômica para implantação de estacionamento fotovoltaico no campus Ecoville da UTFPR*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Elétrica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba..
- Pezerico, VNO (2020). *Estudo comparativo para carregamento de carros elétricos através de geração distribuída e análise econômica*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Pg Abas, AE, Yong, J, Mahlia, TMI., Hannan, AMA (2019). Techno-economic analysis and environmental impact of electric vehicle. *IEEE Access*. DOI 10.1109/ACCESS.2019.2929530
- Pinho, JT, Galdino, MA (2014). *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Revisada e Atualizada. ed. Rio de Janeiro: CEPEL-CRESESB.
- Rádio e Televisão Record SA (2023). *Carro elétrico deve dominar também o Brasil, dizem especialistas*. [online] Available at: <https://noticias.r7.com/economia/carro-eletrico-deve-dominar-tambem-o-brasil-dizem-especialistas-27022023> [Accessed 5 may 2023].
- Revista Carro (2019). *Teste completo: Nissan Leaf em condições reais de uso*. [online] Available at: <https://revistacarro.com.br/teste-completo-nissan-leaf-em-condicoes-reais-de-uso/> [Accessed 24 february 2023].
- Samanez, CP (2002). *Matemática Financeira, aplicações a análise de investimentos*. 3ª ed. São Paulo: Prentice Hall.
- Santos, ACFR (2017). *Análise de viabilidade técnica e econômica de um veículo elétrico versus veículo a combustão*. Monografia (Especialista em eficiência energética aplicada aos processos produtivos), Universidade Federal de Santa Maria, 2017, Santana do Livramento.
- Secretaria de Estado de Fazenda de MS, 2023. *IPVA* [online] Available at: www.sefaz.ms.gov.br/ipva/ [Accessed 20 february 2023].

Sinigaglia, T (2023). *Análise do ciclo de vida da tecnologia dos veículos com motores de combustão interna e dos veículos eletrificados*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Sousa, LN, Andrade, HGV, Souza, AB, Ochoa, AAV (2022). Estudo de viabilidade da geração fotovoltaica como fonte energética principal para a frota de veículos elétricos em Fernando de Noronha, Brasil: *Principia*. DOI <https://doi.org/10.18265/1517-0306a2021id6590>

Thomé, BA (2021). *Veículos elétricos em órgãos públicos: metodologia para substituição gradual da frota a combustão por veículos elétricos*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Viana, ANC, et al. (2021). *Eficiência energética: fundamentos e aplicações*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Neoenergia.

Vieira, MG, Ludovique, C, Monteath, L, La Rovere, RL (2021). *Análise de políticas públicas para veículos elétricos*. Rio de Janeiro: UFRJ.

Zanella, JP (2022). *Viabilidade econômica da implantação diferentes modelos de carregadores para carros elétricos, comercializando energia gerada por sistemas fotovoltaicos*. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Elétrica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2022.