

**INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

GABRIEL DE OLIVEIRA SANTOS

**COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO ECONÔMICO REAL DE UMA MICROUSINA
FOTOVOLTAICA COM O DESEMPENHO PROJETADO POR ESTUDOS
PRELIMINARES**

Vitória
2023

GABRIEL DE OLIVEIRA SANTOS

**COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO ECONÔMICO REAL DE UMA MICROUSINA
FOTOVOLTAICA COM O DESEMPENHO PROJETADO POR ESTUDOS
PRELIMINARES**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenadoria do Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Vitória, como requisito parcial para aprovação na disciplina Pesquisa Aplicada - TCC

Orientador: Prof. Dr. Pablo Rodrigues Muniz.

Vitória
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Nilo Peçanha do Instituto Federal do Espírito Santo)

S237a Santos, Gabriel de Oliveira.
Comparação do desempenho econômico real de uma microusina
fotovoltaica com desempenho projetado por estudos preliminares /
Gabriel de Oliveira Santos – 2023.
XX f. : il. ; 30 cm

Orientador: Pablo Rodrigues Muniz.

Monografia (graduação) – Instituto Federal do Espírito Santo,
Coordenadoria do Curso de Engenharia Mecânica do Curso Superior
em Engenharia Mecânica, Vitória, 2023.

1. Energia solar. 2. Sistemas de energia fotovoltaica – Estudos de
viabilidade. 3. Habitações - Aspectos sociais. 4. Energia - Fontes
alternativas. 5. Engenharia mecânica. I. Muniz, Pablo Rodrigues. II.
Instituto Federal do Espírito Santo. III. Título.

CDD 21 – 621.473

Elaborada por Ronald Aguiar Nascimento – CRB-6/MG – 3.116



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CAMPUS VITÓRIA

Gabriel de Oliveira Santos

**COMPARAÇÃO DO DESEMPENHO ECONÔMICO REAL DE UMA MICROUSINA
FOTOVOLTAICA COM O DESEMPENHO PROJETADO POR ESTUDOS
PRELIMINARES**

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Ifes, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânica.

Aprovado em 23 de agosto de 2023.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Pablo Rodrigues Muniz
Instituto Federal do Espírito Santo
(Orientador)

Prof. Dr. André Gustavo de Sousa Galdino
Instituto Federal do Espírito Santo
(Examinador)

Prof. Dr. Clainer Bravin Donadel
Instituto Federal do Espírito Santo
(Examinador)

AGRADECIMENTOS

A Deus por ajudar em todos os momentos.

Aos meus pais, Valéria e Dinaldo, que sempre me apoiaram e acreditaram no meu potencial.

Aos meus irmãos, Willian e Thamires, que seguiram esse caminho antes de mim e me mostraram que é possível.

A toda minha família, onde me sinto privilegiado por ser parte dela.

A minha namorada, Paula, que na reta final me incentivou, ajudou e apoiou.

A todos que foram minha segunda família em São Mateus.

Ao meu orientador, Dr. Pablo Rodriguez Muniz, que aceitou a proposta e me deu o suporte com seus conhecimentos.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo, por me conceder um ensino gratuito e de qualidade.

A todos que de forma direta ou indireta me fizeram chegar nesse ponto.

RESUMO

Esta monografia faz um estudo de caso em um gerador fotovoltaico com o objetivo de analisar o *payback* descontado gerado ao longo de um período de 72 meses comparando-o com o divulgado nos estudos da revista Greener, especializada no setor fotovoltaico. Inicialmente, foi realizada uma análise detalhada dos custos relacionados à aquisição de energia elétrica junto à concessionária local, levando em consideração as diferenças nas cobranças de energia consumida instantaneamente, energia injetada na rede e o excedente adquirido para consumidores com e sem geração distribuída fotovoltaica. Em seguida, foram coletados dados sobre os custos de aquisição do gerador, manutenções, o histórico de geração e informações teóricas relacionadas à análise de investimento. Com base nesses dados, foi possível elaborar o fluxo de caixa descontado produzido pelo gerador fotovoltaico e calcular indicadores financeiros importantes, como o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *payback* descontado. Os indicadores VPL e TIR apresentaram valores negativos, mostrando que no estudo de caso analisado não houve um retorno financeiro superior à Taxa Mínima de Atratividade (TMA), sendo nesse estudo, a Selic do período apurado.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica. Gerador Fotovoltaico. Análise econômica.

ABSTRACT

This monograph makes a case study in a photovoltaic generator with the objective of analyzing the discounted payback generated over a period of 72 months comparing it with the one published in the studies of Greener magazine, specialized in the photovoltaic sector. Initially, a detailed analysis of the costs related to the acquisition of electricity from the local utility was carried out, taking into account the differences in charges for energy consumed instantly, energy injected into the grid and the surplus acquired for consumers with and without photovoltaic distributed generation. Next, data were collected on generator acquisition costs, maintenance, generation history and theoretical information related to investment analysis. Based on these data, it was possible to elaborate the discounted cash flow produced by the photovoltaic generator and calculate important financial indicators, such as the Net Present Value, the Internal Rate of Return and the discounted payback. The indicators Net Present Value and Internal Rate of Return presented negative values, showing that in the case study analyzed there was no financial return higher than the Minimum Attractiveness Rate, being in this study, the Selic of the period determined.

Keywords: Photovoltaics. Power generation. Economic analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica com rendimento energético anual do Brasil (a) e Alemanha (b)	14
Figura 2 – Partes de um sistema fotovoltaico residencial	15
Figura 3 – Crescimento anual de conexões de energia fotovoltaica à rede	16
Figura 4 – <i>Payback</i> médio por estado (anos)	21
Figura 6 – Módulos fotovoltaicos	24
Figura 7 – Inversor de 3 kWp	24
Figura 8 – Portal de Monitoramento SolarEnergy do Brasil	25
Figura 9 – Geração de energia fotovoltaica mensal	26
Figura 10 – Parâmetros utilizados pela Greener	31
Figura 11 - Fluxo de caixa descontado acumulado	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tempo médio de manutenção	19
Tabela 2 – CIP do município de Vila Velha	28
Tabela 3 – Parâmetros utilizados	32

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
BC1 – Base de Cálculo 1
BC2 – Base de Cálculo 2
CC – Corrente Contínua
CE – Consumo de Energia
CIP – Contribuição de Iluminação Pública
COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
ECI – Energia Consumida Instantaneamente
EI – Energia Injetada
EG – Energia Gerada
FS – Fator de Simultaneidade
ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
O&M – Operação e Manutenção
PER – Produção de energia real em um período de um ano em kWh
PET – Produção de energia teórica em um período de um ano em kWh
PIS – Programa de Integração Social
PR – Performance Ratio
SELIC – Sistema Especial de Liquidação e Custódia
TE – Tarifa de Energia
TIR – Taxa Interna de Retorno
TMA – Taxa Mínima de Atratividade
TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
VPL – Valor Presente Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

F_c – Fluxo de caixa

t – Momento em que o fluxo de caixa ocorreu

i – Taxa de desconto

n – Período

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivo geral	13
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 POTENCIAL SOLAR FOTOVOLTAICO DO BRASIL.....	14
2.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL.....	14
2.3 CRESCIMENTO DO MERCADO DE ENERGIA SOLAR	15
2.4 LEGISLAÇÃO MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA	17
2.5 PARÂMETROS PARA ANÁLISE ECONÔMICA DE PROJETOS	17
2.5.1 Custos de implantação.....	17
2.5.2 Custos de operação e manutenção.....	18
2.5.3 Retorno esperado.....	20
2.5.4 Viabilidade econômica.....	20
3 MÉTODO	23
3.1 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA	23
3.2 FONTE DOS DADOS.....	23
3.3 TARIFAS E BANDEIRAS TARIFÁRIAS	26
3.4 CÁLCULO DA FATURA SEM ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	28
3.5 CÁLCULO DA FATURA COM ENERGIA FOTOVOLTAICA	29
3.6 CUSTOS DE MANUTENÇÃO NO GERADOR FOTOVOLTAICO.....	29
3.7 TRATAMENTO DOS DADOS	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 COMPARAÇÃO COM A ANÁLISE DE PAYBACK POR ESTADO DO ESTUDO ESTRATÉGICO DA GREENER	31
4.3 VALOR PRESENTE LÍQUIDO	33
4.4 TAXA INTERNA DE RETORNO	33
5 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS.....	36
APÊNDICE A – Fluxo de caixa.....	41

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Pinho (2014), o processo de evaporação é fundamental para o ciclo-hídrico, pois permite que a água seja transportada da superfície para a atmosfera, alimentando as hidroelétricas e possibilitando a geração de energia elétrica. A circulação atmosférica em larga escala ocasiona os ventos, acionando as usinas eólicas. A matéria orgânica que ao longo de muitos anos produz o petróleo, carvão mineral e gás, e que hoje acionam as usinas termelétricas, também dependeram da luz solar. Dessa forma, utilizar da captação solar tem potencial para ser alternativa dos métodos atuais de produção baseados em energia não renovável (PINHO, 2014).

O Brasil é um dos destaques mundiais na produção de energia renovável, conforme o Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional. De acordo com o relatório, a participação de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira atingiu 78,1% no ano de 2022, sendo a hidráulica a fonte mais utilizada, responsável por 61,9% da geração de energia elétrica no país naquele ano (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2023).

Em 2012, a Resolução Normativa n.º 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi publicada com o objetivo de promover o uso de fontes renováveis de energia no Brasil em geração distribuída. De acordo com a ANEEL (2012), o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis, fornecer o excedente para a rede de distribuição e receber créditos de energia a serem compensados futuramente (ANEEL, 2012).

De maneira ampla, a geração distribuída refere-se a uma fonte de energia elétrica que é conectada diretamente à rede de distribuição. Isso significa que é possível utilizar diferentes fontes de energia renováveis para a geração distribuída, incluindo energia solar, eólica e hidroelétrica (VIVENZA, 2022).

Em 2022, foi sancionada a Lei 14.300/2022, conhecida como Marco Legal da Geração Distribuída. A Lei garante a manutenção dos benefícios para as unidades já existentes ou que fizerem o protocolo de acesso em até 12 meses após a publicação da lei. Além

disso, a lei define as novas regras que serão aplicadas após a transição. (BRASIL, 2022).

Em 2021, o Brasil contava com 803.900 instalações fotovoltaicas conectadas à rede, totalizando 8.591 MW de capacidade instalada. Destas, 77% eram residenciais, correspondendo a aproximadamente 618.991 geradores (GREENER, 2021).

A ANEEL prevê que até 2024 o país terá instalados mais de 1,2 milhão de geradores solares fotovoltaicos de micro e minigeração distribuída, com a maior parte sendo integrados a telhados de edificações, permitindo uma geração solar dispersa e disponível em qualquer lugar do Brasil (PEREIRA, 2017).

A Greener é uma empresa de consultoria e pesquisa especializada no setor fotovoltaico. Fundada em 2007, a empresa oferece assessorias, informação estratégica e ferramentas digitais para empreendedores e investidores. Em seu estudo do 2º semestre de 2021, a Greener relatou um aumento de 51,8% na capacidade instalada em 2021 em relação a 2020 e estima que existam cerca de 21.200 empresas integradoras fotovoltaicas ativas em 2021, sendo que cerca de 32% iniciaram suas atividades no ano anterior. A Greener é referência em módulos fotovoltaicos devido ao seu trabalho de pesquisa e consultoria no setor (GREENER, 2021).

À medida que a geração distribuída cresce no Brasil, torna-se ainda mais importante que os estudos de viabilidade econômica para micro usinas fotovoltaicas sejam precisos e confiáveis. Os consumidores finais com informações precisas sobre o desempenho de uma micro usina poderão tomar decisões mais conscientes e informadas.

É nesse contexto que a Grenner, com seus estudos semestrais abrangendo desde a importação, comercialização, custos e mão-de-obra, informa o mercado, coletando, concentrando e validando as informações acerca de valores de venda de conjuntos fotovoltaicos, volume de vendas e importação, obtidas através de pesquisas realizadas com milhares de integradores, distribuidores, fabricantes e prestadores de serviço. Portanto, comparar o desempenho real de uma micro usina fotovoltaica com

o desempenho projetado por estudos preliminares que servem de referência para um setor é crucial.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o desempenho econômico de um sistema fotovoltaico no Estado do Espírito Santo no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2022 e compará-lo com o *payback* por estado do Estudo Estratégico de Geração Distribuída da Grenner.

1.1.2 Objetivos específicos

- Investigar os registros de geração de energia e os custos elétricos ao longo do período de janeiro de 2017 a dezembro de 2022 do estudo de caso. Isso inclui a avaliação dos gastos associados às manutenções e interrupções do sistema gerador. Assim, será possível construir um fluxo de caixa detalhado capaz de avaliar se o sistema fotovoltaico é viável financeiramente.
- Realizar uma análise comparativa entre os resultados obtidos no estudo de caso e as informações sobre *payback* por estado apresentadas no Estudo Estratégico de Geração Distribuída da Greener, referente ao 1º semestre de 2021. Essa comparação permitirá identificar divergências relevantes em relação aos cenários estudados.

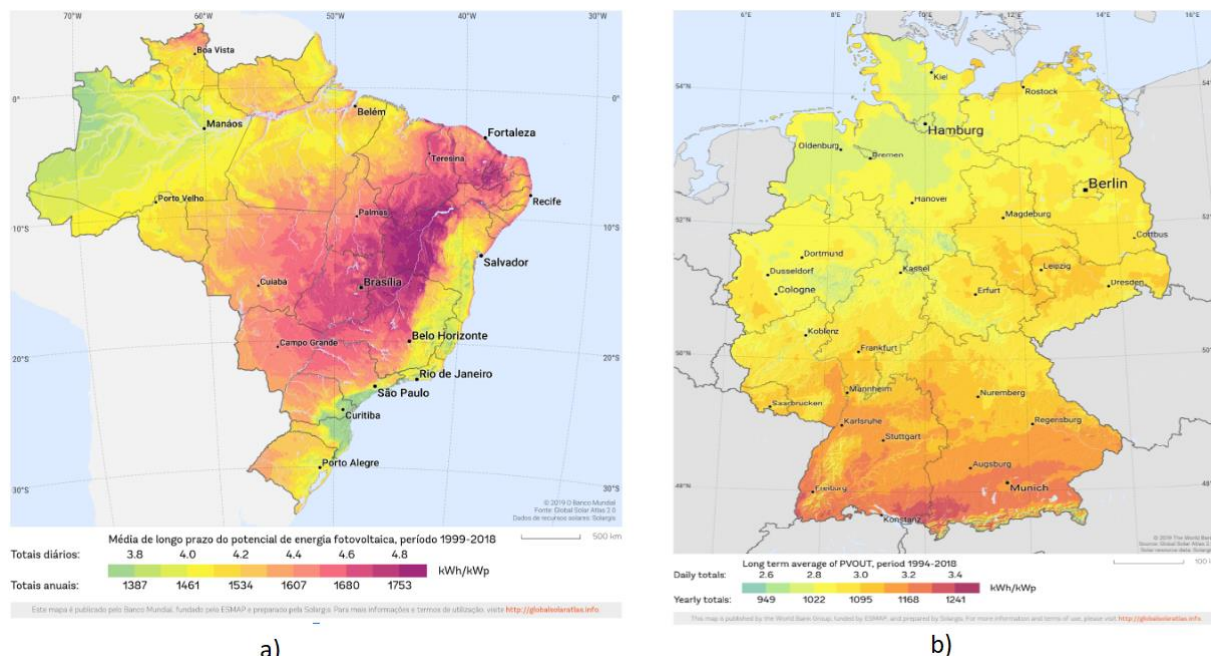
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 POTENCIAL SOLAR FOTOVOLTAICO DO BRASIL

A eficiência do gerador fotovoltaico é influenciada por fatores como a quantidade de radiação solar na área de instalação, a localização geográfica, o ângulo azimutal e a inclinação dos módulos fotovoltaicos. Além disso, é importante levar em conta fatores como a temperatura, sombra e limpeza dos módulos fotovoltaicos para garantir um desempenho ótimo do gerador (RÜTHER, 2004).

O Brasil apresenta alto potencial na produção de energia fotovoltaica. Mesmo nos locais menos ensolarados do país, é possível gerar mais energia fotovoltaica do que nas áreas mais ensolaradas na Alemanha, conhecida como um dos países mais avançados na utilização de sistemas fotovoltaicos. Isso pode ser verificado através das Figura 1 (SOLARGIS, 2022).

Figura 1 – Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica com rendimento energético anual do Brasil (a) e Alemanha (b).



Fonte: SOLARGIS (2022).

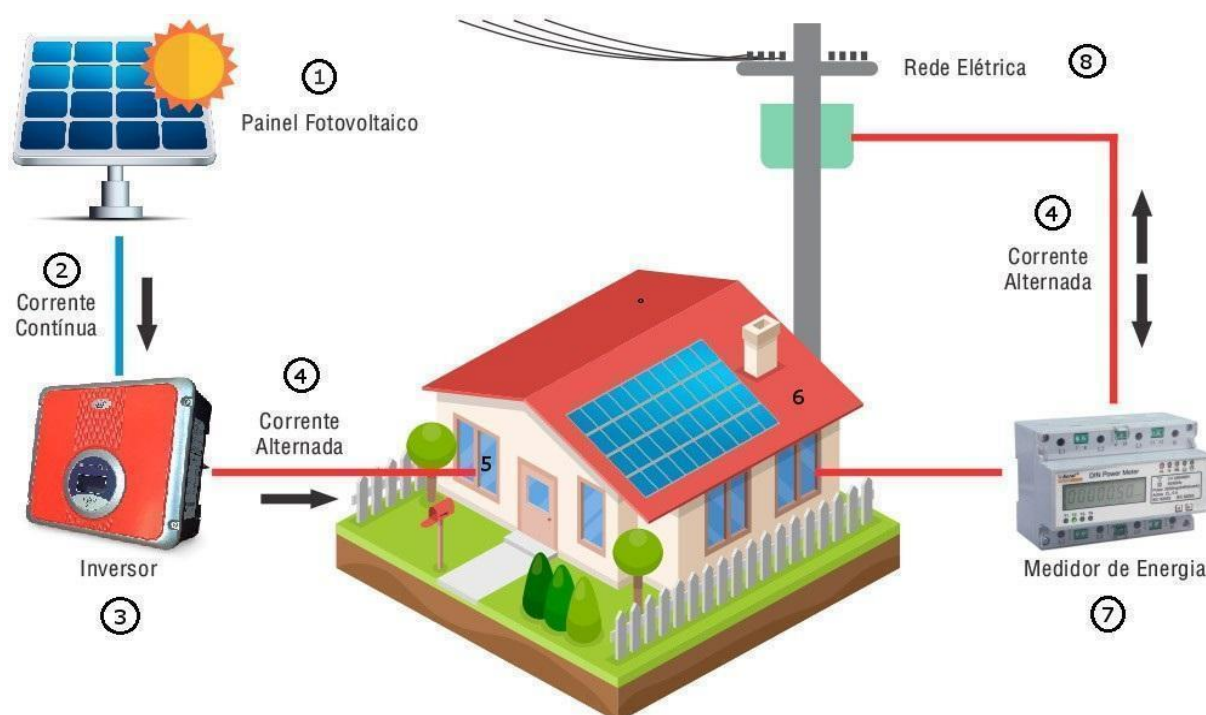
2.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL

Segundo a norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR-10899, um gerador fotovoltaico é aquele que utiliza o efeito fotovoltaico para converter

a luz do sol em energia elétrica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020).

Os sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede são compostos de módulo, inversor e caixa de proteção de CC. A Figura 3 ilustra cada componente do sistema fotovoltaico. A energia é gerada no módulo fotovoltaico na forma de corrente contínua e é então conduzida ao inversor, onde é convertida em corrente alternada. Esta energia é usada na unidade consumidora e o excedente é enviado para a rede elétrica, sendo registrado pelo medidor de energia bidirecional, que contabiliza a energia que entra e a que sai da unidade consumidora, registrando assim então a energia recebida e a energia injetada na rede (PINHO, 2014)

Figura 2 – Partes de um sistema fotovoltaico residencial.



Fonte: ECOAQUECEDORES (2022).

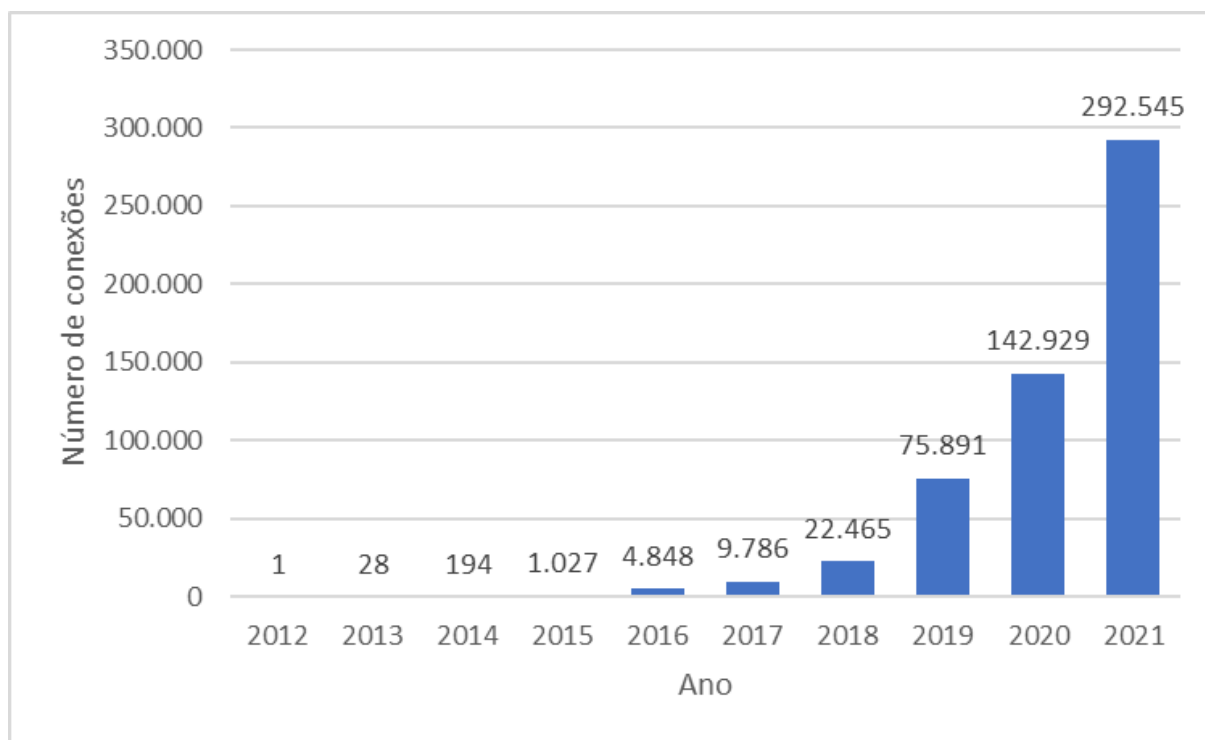
2.3 CRESCIMENTO DO MERCADO DE ENERGIA SOLAR

Os fabricantes de módulos fotovoltaicos estão bem estabelecidos e são bem-sucedidos nos países desenvolvidos, atendendo as necessidades de produção,

diminuição de gastos e avanço tecnológico. Esse sucesso é especialmente visível na Alemanha, nos Estados Unidos, no Japão, e na China, sendo este atualmente o maior fabricante de módulos fotovoltaicos do mundo (PERONI, 2018).

Apesar de ainda ser relativamente pouco significativa no cenário global, a geração de energia solar está em constante expansão no Brasil. Segundo dados da Aneel (2022), houve um aumento de 83,6% nas conexões à rede, com um salto de 142.929 para 292.545 de 2020 para 2021, conforme ilustrado na Figura 4 (ANEEL, 2022).

Figura 3 – Crescimento anual de conexões de energia fotovoltaica à rede.



Fonte: Adaptado de Aneel (2022).

De acordo com Silva (2022), o aumento no uso da energia fotovoltaica no Brasil é atribuído a vários fatores, incluindo benefícios ambientais e de saúde pública. A geração de energia solar é considerada limpa, com emissões mínimas de poluentes e gases de efeito estufa. Além disso, a segurança energética é melhorada, pois a dependência da energia hídrica e térmica é reduzida, evitando a volatilidade causada por eventos climáticos ou flutuações no preço do petróleo. Outro aspecto a ser destacado é o impacto positivo na economia e no desenvolvimento, especialmente

em áreas remotas com necessidade urgente de energia, tornando a opção da energia fotovoltaica uma solução viável (SILVA, 2022).

2.4 LEGISLAÇÃO MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Primeiramente, a lei define a modalidade de autoconsumo local, que se refere à microgeração ou minigeração distribuída de energia elétrica junto à carga, no âmbito do Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Nesse contexto, quando um consumidor-gerador, seja ele pessoa física ou jurídica, produz excedente de energia elétrica em uma unidade consumidora da qual é titular, esse excedente é compensado ou creditado para utilização na mesma unidade consumidora (BRASIL, 2022).

A legislação também estabelece a definição de microgeração distribuída, que engloba centrais geradoras de energia elétrica com potência instalada de até 75 kW, utilizando cogeração qualificada conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica. Essas centrais geradoras estão conectadas à rede de distribuição de energia elétrica através de instalações de unidades consumidoras (BRASIL, 2022).

Outro aspecto relevante da lei é o conceito de crédito de energia elétrica, o qual se refere ao excedente de energia gerado por uma unidade consumidora participante do SCEE, que não foi totalmente compensado no ciclo de faturamento em que foi produzido. Esse excedente é registrado e alocado para utilização nos ciclos de faturamento subsequentes, podendo também ser vendido para a concessionária ou permissionária responsável pela rede à qual a central consumidora-geradora está conectada. Dessa forma, a Lei 14.300 de 2022 estabelece um arcabouço legal que promove e regulamenta a geração distribuída de energia elétrica, incentivando a utilização de fontes renováveis e a eficiência energética (BRASIL, 2022).

2.5 PARÂMETROS PARA ANÁLISE ECONÔMICA DE PROJETOS

2.5.1 Custos de implantação

Os custos de implantação de sistemas fotovoltaicos residenciais em 2020 ficaram em uma média nacional de R\$ 5,16/Wp (GREENER, 2021). Essa estimativa leva em consideração a produtividade local, o custo médio dos sistemas, a tarifa de energia elétrica das concessionárias e um índice de simultaneidade de 30%. Para um sistema

de 3,12 kWp, típico de uma residência com quatro pessoas, o valor chegava a aproximadamente R\$ 16.099,20.

2.5.2 Custos de operação e manutenção

O processo conhecido como operação e manutenção (O&M) trata-se de uma gestão ativa de uma usina fotovoltaica após o início da operação. A operação começa imediatamente após o início de funcionamento da usina e é a fase principal de seu funcionamento, continuando durante toda a vida útil da usina. A manutenção, por sua vez, é composta por ações preventivas e corretivas para resolver problemas que possam surgir durante a produção de energia elétrica (EMAP SOLAR, 2020).

Todo sistema fotovoltaico necessita de inspeções e manutenções regularmente para evitar problemas futuros e alcançar uma operação eficiente. Recomenda-se ter ou elaborar um plano de operação e manutenção seguindo critérios estabelecidos pelos fabricantes dos equipamentos e normas referentes à segurança e operação dos equipamentos do gerador (PINHO, 2014).

Para garantir eficiência energética da geração em sistemas fotovoltaicos é necessária manutenção adequada. A alta disponibilidade e baixos custos de produção de energia são alcançados quando se tem uma boa gestão da manutenção aplicada ao gerador. Apesar da manutenção preventiva ser simples, ela possui um importante papel para evitar que componentes do sistema cheguem a falhar, podendo deixar a usina inoperante, alguns desses procedimentos podem e devem ser realizados inclusive pelo proprietário do sistema (DE SOUZA, 2019).

Algumas perdas de geração são esperadas em geradores fotovoltaicos. Essas perdas incluem: deposição de sujeira na superfície dos módulos fotovoltaicos; perdas nos inversores; perdas devido à temperatura nos módulos fotovoltaicos e inversor; sombreamento nos módulos; degradação dos módulos fotovoltaicos; e perdas nas conexões elétricas e cabos. Algumas dessas perdas podem ser minimizadas por meio de manutenção periódica (SOUSA, 2019).

Uma das principais fontes de problemas em sistemas fotovoltaicos são de manutenções que não são feitas periodicamente, como por exemplo a limpeza, que

pode resultar no acúmulo de excremento de pássaros, emissões ou poeira, que se instalam e se acumulam na superfície dos módulos, ocasionando uma redução de até 20% da produção. Também orienta a fazer um controle de sombreamento, pois com uma quantidade relativamente pequena de sombreamento pode reduzir significativamente a produção de energia. Outro ponto citado é a inspeção visual e limpeza do inversor, verificando se as luzes de LED estão de acordo com o manual e que os fios não estejam soltos ou desgastados (DE SOUZA, 2019).

O Portal Solar (2022) indica que a limpeza dos módulos solares deve ser realizada anualmente ou a cada seis meses, dependendo da quantidade de sujidades acumuladas nos módulos fotovoltaicos. Também destaca que a *string box* e os componentes associados a ela têm uma expectativa de vida útil de até 25 anos, mas algumas peças precisam ser inspecionadas anualmente para verificar se são necessárias substituições. Outro ponto destacado é que o inversor tem uma expectativa de duração de 10 anos, podendo chegar a 15 anos em condições ideais (PORTAL SOLAR, 2022).

A Prysmian Group (2022), fabricante de cabos para sistemas solares, afirma que os cabos possuem uma vida útil de até 25 anos (PRYSMIAN GROUP, 2022).

Com essas informações, é possível montar a Tabela 1 de programação de manutenção em cada equipamento.

Tabela 1 – Tempo médio de manutenção.

Equipamento	Tipo de manutenção	Periodicidade	Fonte
Módulos fotovoltaicas	Limpeza	Anual	Portal Solar (2022)
Cabeamento e conectores	Troca	25 anos	Prysmian Group (2022)
<i>StringBox</i>	Inspeção visual	Anual	Portal Solar (2022)
<i>StringBox</i>	Troca	25 anos	Portal Solar (2022)
Inversor	Inspeção visual	Anual	Portal Solar (2022)
Inversor	Troca	15 anos	Portal Solar (2022)

Fonte: Portal Solar (2022) e Prysmian Group (2022)

2.5.3 Retorno esperado

De acordo com a Greener (2021), o *payback* simples médio por estado utilizado por eles varia de acordo com a região, levando em conta a produtividade do local, custo médio dos sistemas, a tarifa das concessionárias e o *Performance Ratio* (PR), uma medida de eficiência de um sistema fotovoltaico, calculado como a razão entre a energia gerada pelo sistema e a energia teórica que poderia ser gerada com base nas condições climáticas e de irradiação solar, sendo PR de 75% e índice de simultaneidade de 30%. De acordo com a Figura 4, o local que tem o retorno em menor tempo seria Minas Gerais com 3,6 anos e o que levaria mais tempo para se pagar, Santa Catarina, 5,8 anos (GREENER, 2021).

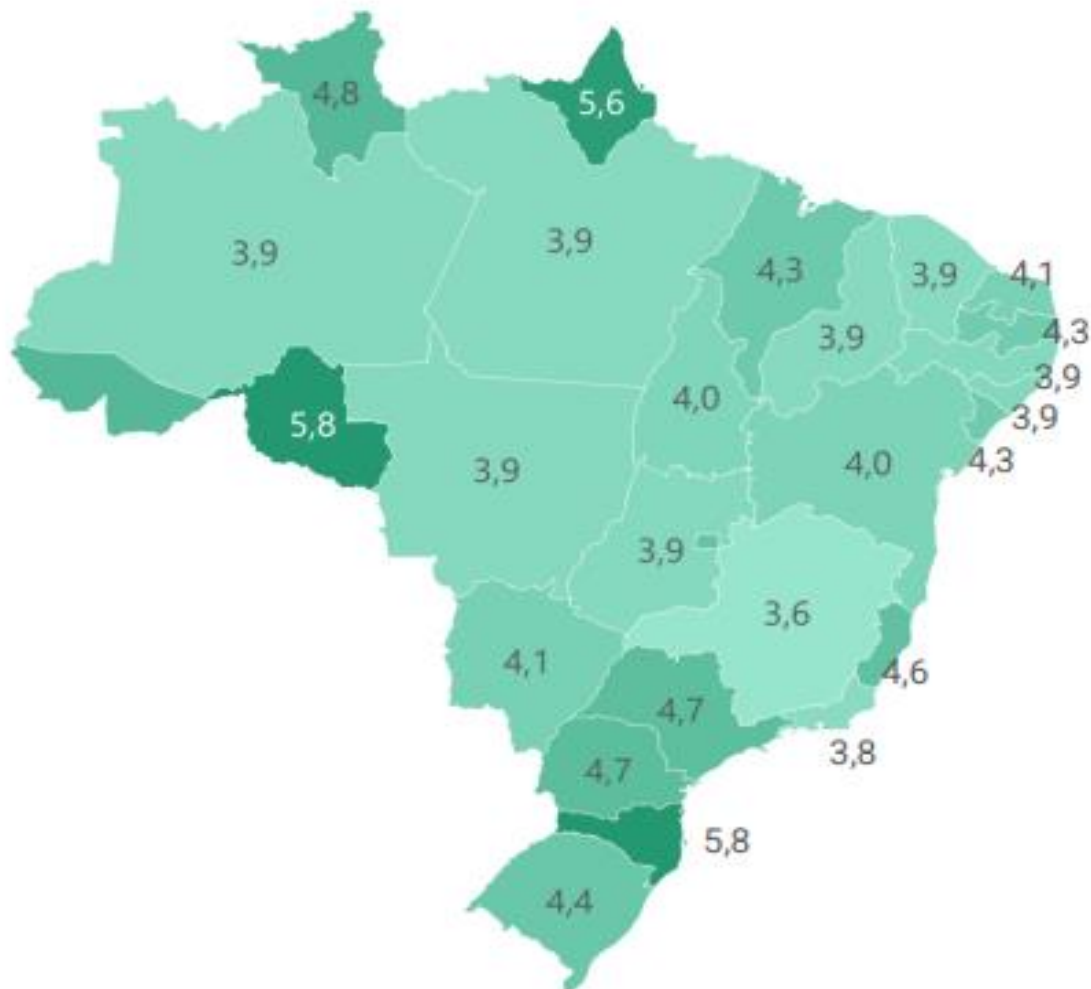
2.5.4 Viabilidade econômica

De acordo com Souza (2004), antes de se decidir por um investimento, é importante reunir informações e argumentos, e não basear a decisão apenas na intuição. É necessário construir previsões de fluxos de caixa para cada período da vida do investimento, e aplicar técnicas como *payback*, VPL (Valor Presente Líquido) e TIR (Taxa Interna de Retorno) que possam mostrar se as entradas futuras de caixa justificam a realização do projeto ou investimento. Assim, é possível realizar uma avaliação econômica de viabilidade (SOUZA, 2014).

Um método muito utilizado em viabilidade econômica trata-se do *payback*, que, segundo Motta (2009), é a quantidade de períodos que se leva para recuperar o investimento, ou o tempo que o investimento leva para zerar seu fluxo de caixa acumulado (MOTTA, 2009).

De acordo com Fonseca (2003), o VPL é amplamente utilizado na avaliação de investimentos. Esse método envolve o cálculo da diferença entre o valor presente das receitas líquidas de caixa projetadas para o projeto e o investimento inicial necessário. É considerada a avaliação mais aconselhável por especialistas em finanças para a tomada de decisões de investimento, uma vez que leva em consideração o valor temporal do dinheiro, ou seja, que dinheiro disponível hoje é mais valioso do que dinheiro disponível no futuro. Além disso, o VPL considera todos os fluxos de caixa futuros gerados pelo projeto, permitindo a visualização da dinâmica do fluxo de caixa (FONSECA, 2003).

Figura 4 – Payback médio por Estado (anos).



Fonte: Greener (2021).

O VPL, portanto, resume-se no valor presente dos fluxos de caixa futuros, reduzido do valor presente do custo do investimento.

De acordo com Miranda (2011), ao calcularmos a TIR de um investimento ou financiamento, estamos determinando o percentual de retorno que ele oferece ao investidor. Isso é alcançado movimentando todas as entradas e saídas de caixa para a data zero, ou, data inicial. A TIR, portanto, representa a remuneração efetiva do negócio em questão (MIRANDA, 2011).

De acordo com Miranda (2011), a TIR é calculada por meio de uma calculadora financeira ou *software* especializado em planilhas de cálculo financeiro. Sem a ajuda dessas tecnologias, o único método para obter resultados precisos é o método tentativa e erro (MIRANDA, 2011).

3 MÉTODO

3.1 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

O presente estudo adota uma metodologia de pesquisa quantitativa, pois, de acordo com Provdanov (2013), essa abordagem considera tudo que pode ser quantificado, transformando opiniões e informações em dados numéricos para análise e classificação através de técnicas estatísticas. Além disso, a natureza da pesquisa é aplicada, já que tem como objetivo gerar conhecimento prático para resolução de problemas específicos relacionados a verdades e interesses locais. Em termos de objetivos, a pesquisa é descritiva, pois, segundo Provdanov (2013), essa classificação se aplica quando o pesquisador apenas registra e descreve os fatos sem interferir neles. Finalmente, a pesquisa é documental quanto aos procedimentos técnicos, pois, conforme Provdanov (2013), consiste em reunir informações dispersas e conferir-lhes uma nova importância como fonte de consulta (PROVDANOV, 2013).

3.2 FONTE DOS DADOS

O estudo de caso trata-se de um gerador instalado no ano de 2016, localizado no bairro Morada do Sol em Vila Velha – ES. O sistema é composto por 12 módulos fotovoltaicos de 260 Wp cada, totalizando uma potência de 3,12 kWp. Conta com um inversor de potência de 3 kWp, conforme mostrado nas figuras 6, 7 e 8. Os equipamentos, incluindo módulos fotovoltaicos, inversor e mão de obra foram contratados pelo valor de R\$27.700,00.

Foi coletado informações sobre manutenções, custos, geração de energia, energia injetada e energia consumida instantaneamente do período de 01 de janeiro de 2017 até 31 de dezembro de 2022. Os dados foram obtidos por meio do medidor bidirecional do consumidor, enquanto informações como tarifas de energia elétrica, bandeiras tarifárias e impostos foram obtidas por meio do portal da Aneel.

Figura 6 – Módulos fotovoltaicos.



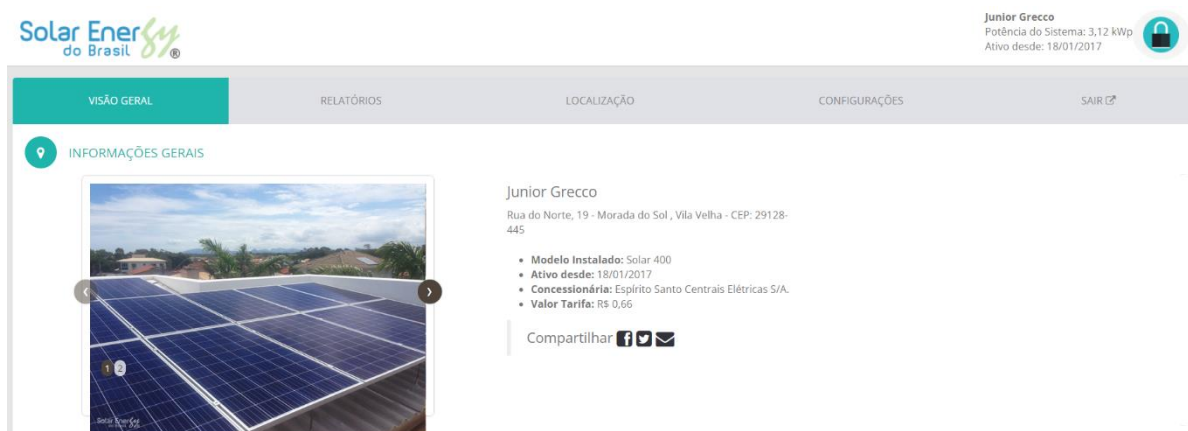
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 7 – Inversor de 3 kWp.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Figura 8 – Portal de Monitoramento SolarEnergy do Brasil.



Fonte: Monitoramento SolarEnergy do Brasil (2023).

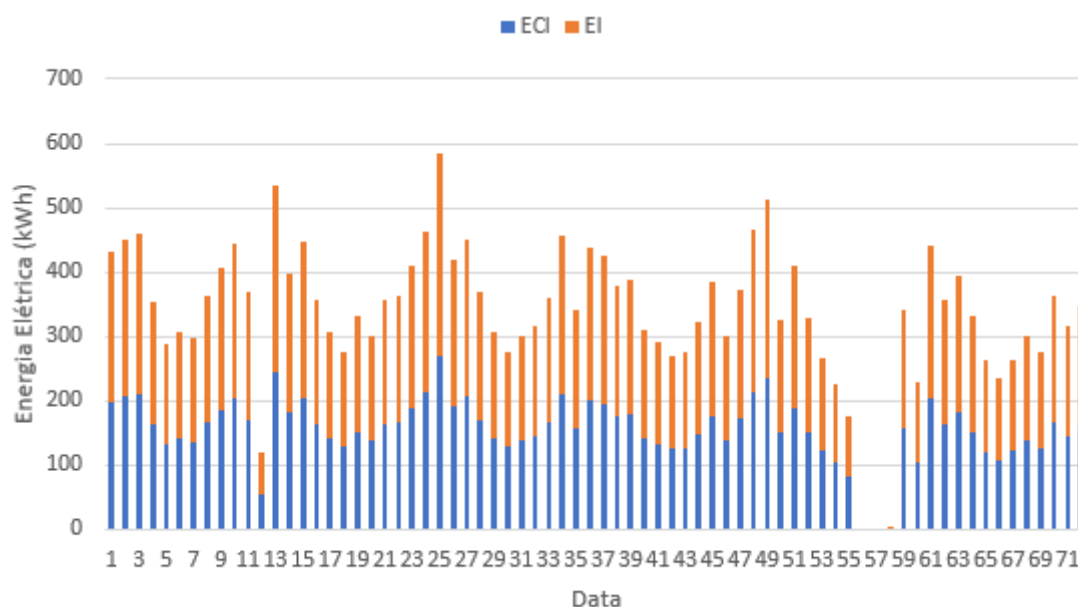
$$EG = ECI + EI \quad (1)$$

Ademais, temos o Fator de Simultaneidade (FS), que é calculado encontrando a proporção entre a ECI e a Energia Gerada, conforme a equação 2 e mostrada na figura 10. A energia gerada de janeiro de 2017 até dezembro de 2022 foi de 24.331,15 kWh, a energia consumida instantaneamente medida pelo medidor bidirecional foi de 11.265,32 kWh, então foi calculado sobre todo o período a média do período.

$$FS = \frac{ECI}{EG} = 0,46 \quad (2)$$

Na figura 10, onde as datas variam entre janeiro de 2017 e dezembro de 2022, também é possível ver que nos meses de 56 a 58, que equivale a agosto de 2021 até outubro de 2021, não houve geração. Essa parada, de acordo com o proprietário, foi devido a uma falha no inversor, onde foi enviado para a assistência técnica e retornando em operação dois meses depois.

Figura 9 – Geração de energia fotovoltaica mensal.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Portanto, temos um FS de 46% em média, ou seja, 54% do que é gerado é injetado na rede da distribuidora para ser consumido posteriormente.

3.3 TARIFAS E BANDEIRAS TARIFÁRIAS

A unidade consumidora trifásica do estudo de caso está dentro da rede elétrica da concessionária EDP ES, sendo considerada do subgrupo B1, na modalidade tarifária convencional e classe residencial.

Os dados das Tarifas de Energia (TE), que trata do valor da energia cobrada na unidade consumidora e Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) que é o valor financeiro único determinado pela ANEEL, utilizado para efetuar o faturamento mensal referente ao sistema de distribuição de energia elétrica pelo uso do sistema no período analisado, foram determinados através das resoluções homologatórias citadas na tabela 2, obtidas através do portal da Aneel, disponível para consulta *online*. No entanto, foram analisadas as resoluções vigentes no período de janeiro de 2017 a dezembro de 2022, intervalo analisado no estudo de caso.

Quadro 1 – Resoluções Homologatórias.

Resolução ANEEL	Período
REH nº 2.118, de 2 de agosto de 2016	08/2016 a 03/2017
REH nº 2.214, de 28 de março de 2017	04/2017 a 07/2017
REH nº 2.283, de 31 de julho de 2017	08/2017 a 07/2018
REH nº 2.432, de 7 de agosto de 2018	08/2018 a 07/2019
REH nº 2.589, de 6 de agosto de 2019	08/2019 a 07/2020
REH nº 2.749, de 6 de agosto de 2020	08/2020 a 07/2021
	08/2021 a 07/2021
REH nº 2.918, de 3 de agosto de 2021	
REH nº 3.091, de 2 de agosto de 2022	08/2021 a 07/2022

Fonte: Aneel (2023).

Além disso, há uma taxa de disponibilidade cobrada pelas concessionárias que é calculada a partir do tipo de ligação da unidade consumidora, seja monofásico, bifásico ou trifásico. Sendo essa uma unidade trifásica, foi observado que a cobrança é de 100 kWh de taxa de disponibilidade (ANEEL, 2021).

Ademais, verificou-se que há a cobrança da bandeira tarifária, obtida por meio do portal Dados Abertos da Aneel (ANEEL, 2023). Os impostos PIS (Programa de Integração Social) e COFINS (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) que variam mensalmente foram obtidos diretamente no portal da EDP ES, além do ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) que é fixo no valor de 25% até junho de 2022 e 17% a partir de julho de 2022 (EDP, 2023).

Outrossim, a Contribuição de Iluminação Pública (CIP) é determinada pelas prefeituras de cada cidade e varia de acordo com o consumo, conforme tabela 3. Para fins de simulação sem a energia fotovoltaica, foi analisado todo o período de 2022 e encontrada uma média de consumo de 600 kWh, número utilizado como referência do consumo mensal. Para locais onde há a instalação de sistemas fotovoltaicos, é calculado o patamar da CIP subtraindo a ECI do consumo do mês, conforme equação 3.

Tabela 2 – CIP do município de Vila Velha.

Consumo	CIP (R\$)
0 a 50	0,00
51 a 70	6,56
71 a 100	8,45
101 a 150	11,41
151 a 200	18,23
201 a 300	23,83
301 a 400	30,06
401 a 500	37,36
501 a ∞	42,58

Fonte: EDP (2023).

$$CIP = 600 - ECI \quad (3)$$

3.4 CÁLCULO DA FATURA SEM ENERGIA FOTOVOLTAICA

Para calcularmos a tarifa de energia comum, sem energia fotovoltaica, é multiplicado o Consumo de Energia (CE) da unidade consumidora à TUSD, TE e à bandeira, somado os impostos e a CIP. Para o resultado do imposto são utilizadas duas bases de apuração, uma para PIS e COFINS, Base de Cálculo 1 (BC1) e outra para ICMS, Base de Cálculo 2 (BC2), mostrado nas equações 4 e 5.

$$BC1 = \frac{TE+TUSD+Bandeira}{1-PIS-COFINS} \quad (4)$$

$$BC2 = \frac{BC1}{1-ICMS} \quad (5)$$

Portanto, a conta final mensal de uma fatura de energia comum, sem energia fotovoltaica, é vista na equação 6.

$$Fatura = CE * (TE + TUSD + Bandeira) + BC1 * (PIS + COFINS) + BC2 * (ICMS) + CIP \quad (6)$$

A equação 6 foi utilizada para simular o valor da fatura de energia sem a aplicação da energia fotovoltaica, mensalmente desde janeiro de 2017 até dezembro de 2022,

contabilizando 72 meses. No período analisado, houve um consumo total de 43.200 kWh, equivalente a R\$36.557,41, conforme mostrado no APÊNDICE A.

3.5 CÁLCULO DA FATURA COM ENERGIA FOTOVOLTAICA

Para o cálculo da economia da fatura com energia fotovoltaica, foram utilizados dois métodos de análise, a parte da EI e da ECI, utilizando o FS. A EI, que é a proporção da geração da energia que foi injetada na rede e contabilizada pelo medidor bidirecional, é mostrada na equação 7, onde é possível ver que a parte do ICMS não é contabilizada.

$$EI = GE * (1 - FS) * (TE + TUSD + Bandeira) + BC1 * (PIS + COFINS) \quad (7)$$

Portanto, no período analisado, temos um total de 13.065 kWh ou o valor de economia em EI de R\$4.971,21.

A ECI, que é a fração de energia elétrica consumida pela unidade consumidora antes de injetada na rede, é calculada conforme a equação 8.

$$ECI = GE * FS * (TE + TUSD + Bandeira) + BC1 * (PIS + COFINS) + BC2 * (ICMS) \quad (8)$$

Logo, temos um total de 11.265,32 kWh em ECI no valor total de economia de R\$ 8.423,08.

3.6 CUSTOS DE MANUTENÇÃO NO GERADOR FOTOVOLTAICO

Ao realizar uma análise econômica, é fundamental considerar os custos de manutenção e operação em projetos fotovoltaicos. No estudo de caso em questão, notou-se a ausência de manutenções e custos operacionais, conforme relatado pelo proprietário.

3.7 TRATAMENTO DOS DADOS

Após a coleta dos dados, foi realizado o tratamento para identificar os custos e variáveis relevantes na análise da viabilidade econômica. Foi definida a TMA

utilizando o Sistema Especial de Liquidação e Custódia (Selic), que foi desenvolvido pelo Banco Central em 1979 e é classificada como risco zero por operar basicamente com títulos emitidos pelo Tesouro Nacional, dando início à análise da viabilidade econômica do negócio (RECIERI, 2020). Em seguida, foram calculados os indicadores VPL, TIR e *payback* simples, permitindo a análise proposta pela pesquisa.

Para analisar os dados, foram elaboradas planilhas eletrônicas no *software* Microsoft Excel, que facilitaram a organização dos dados e realização dos cálculos necessários para iniciar o processo de análise econômica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPARAÇÃO COM A ANÁLISE DE *PAYBACK* POR ESTADO DO ESTUDO ESTRATÉGICO DA GREENER

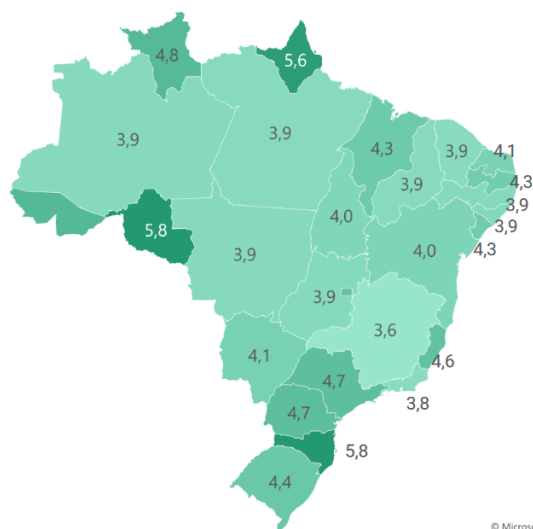
Para comparar o estudo de caso com a análise da Greener (Estudo Estratégico: Geração Distribuída 2021, Mercado Fotovoltaico 2º Semestre), foi confeccionada a tabela 4 para melhor visualização e conferência dos parâmetros utilizados nos dois casos. Os dados da Greener são possíveis de serem visualizados na figura 11. De acordo com a Aldo Solar (2023), foi encontrado que a produção de energia teórica de um sistema de 3,12 kWp, em Vila Velha - ES, em um ano, é de 5.078,44 kWh (ALDO SOLAR, 2023). No estudo de caso, foi encontrado uma produção no primeiro ano de 4.287,85 kWh, desta forma, realizando os cálculos de acordo com a equação 9, temos um *PR* de 84%.

Figura 10 – Parâmetros utilizados pela Greener.

Payback médio por Estado

Residencial (em anos)

- O valor dos sistemas residenciais foi de **R\$ 5,16/Wp** (dados médios conforme pesquisa GD 2º sem. 2021 para sistemas de **4 kWp**). O cálculo leva em consideração a produtividade do local, o custo médio dos sistemas, a tarifa das concessionárias, um *PR** de **75%** e índice de simultaneidade de **30%**.



**PR* = Performance Ratio

Fonte: Greener (2021)

$$PR = \frac{PER}{PET} = \frac{4.287,58}{5.078,44} = 84\%$$

(9)

Sendo,

PER: Produção de energia real em um período de um ano em kWh.

PET: Produção de energia teórica em um período de um ano em kWh.

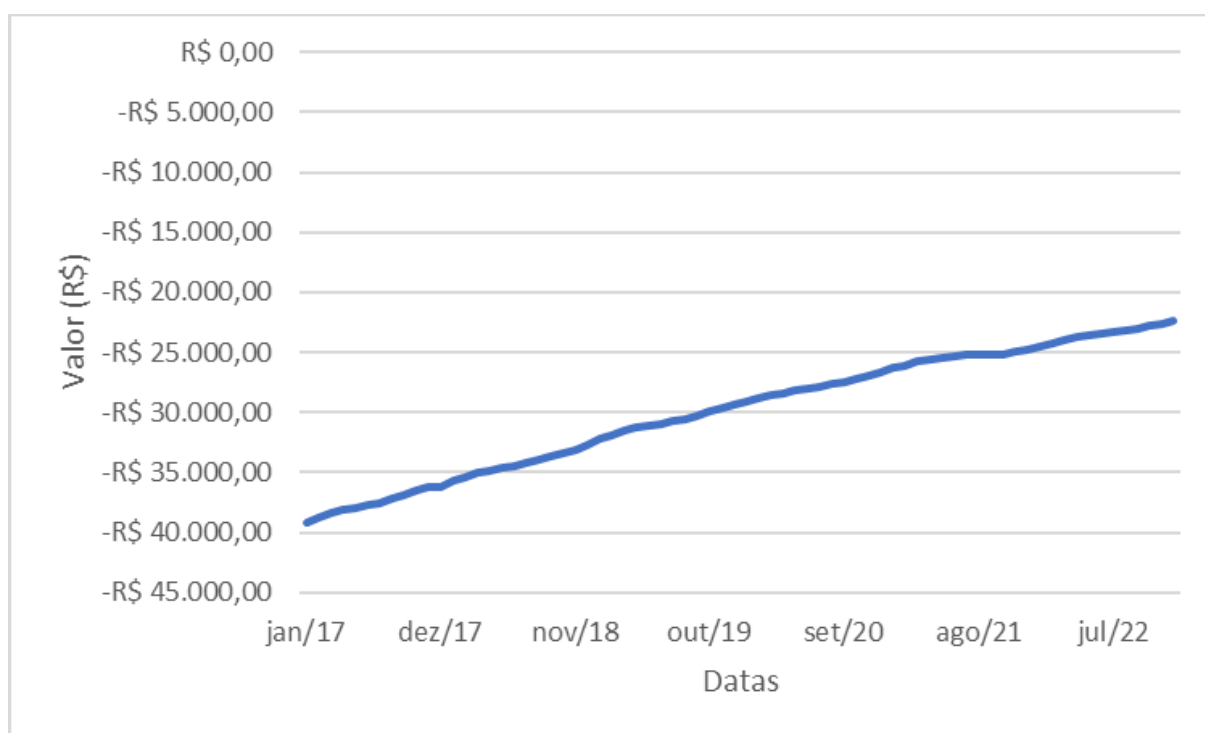
Tabela 3 – Parâmetros utilizados.

Parâmetros	Estudo de caso	Greener
R\$/Wp	8,90	5,16
PR	84%	75%
FS	46%	30%

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Ademais, utilizando os dados mensais e iniciando com o valor de custo de compra do gerador, foi encontrado um fluxo de caixa descontado conforme APÊNDICE A e um fluxo de caixa descontado acumulado conforme a figura 12. Para o cálculo do fluxo de caixa descontado, foi considerado como presente o dia 31 de dezembro de 2022.

Figura 11 – Fluxo de caixa descontado acumulado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Logo, é verificado de acordo com a figura 12 e o APÊNDICE A, que ainda não houve o alcance do *payback* descontado desse gerador fotovoltaico, restando ainda um montante de aproximadamente -R\$20.038,06 a ser pago. No mês 55 (4,6 anos), valor de referência da Greener de *payback*, temos um restante de -R\$25.216,05 no fluxo de caixa descontado acumulado.

Ademais, se calculado um fluxo de caixa simples no mês 55 (4,6 anos), terá um montante a ser pago ainda de -R\$15.749,79, estando ainda distante do pagamento total do investimento.

Outrossim, simulando um valor do mesmo investimento em R\$5,16 Wp, o valor do gerador seria de R\$16.099,20. Com base nesse mesmo valor e realizando novamente um fluxo de caixa simples, o montante ainda a ser pago no mês 55 seria de -R\$4.848,99, estando ainda distante do pagamento total do investimento. Ademais, no mês 72, último mês analisado no estudo, o montante a ser pago seria de -R\$2.166,44.

Assim, considerando o cenário mais otimista avaliado, onde o valor pago no gerador se alinha ao da Greener, sendo o *FS* e *PR* superiores, resultando em ganhos evidentes de economia e eficiência em relação à proposta da consultoria, ainda não foi possível recuperar o montante investido.

4.3 VALOR PRESENTE LÍQUIDO

Para calcular o valor presente líquido, foi utilizada a equação 1 com uma TMA de 0,53% mensal, essa taxa foi baseada no rendimento da Selic no período apurado, retirado do Banco Central (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2023). Desta forma o VPL, que foi calculado realizando a soma do fluxo de caixa descontado menos o valor do investimento ajustado, foi de -R\$22.431,62. Com esse valor, podemos afirmar que o investimento é inviável, pois o montante foi negativo.

4.4 TAXA INTERNA DE RETORNO

O cálculo da TIR, descrito na equação 2, no período de janeiro de 2017 até dezembro de 2022, foi um valor negativo e abaixo da TMA, referência para nosso estudo, portanto, indica que o investimento não é viável.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo avaliar e comparar, por meio de um estudo de caso real, a previsão de retorno de investimento realizada pela Greener, utilizando um fluxo de caixa passado e aplicando indicadores como VPL, *payback* e TIR.

Ao longo da pesquisa, foi observado que a utilização de metodologias de análise de investimento é uma atividade de extrema importância e complexidade. No entanto, ao utilizar um estudo de caso real com um histórico sólido de dados, foi possível visualizar retrospectivamente se o investimento foi bem-sucedido.

Embora o investimento tenha alcançado seu objetivo principal, que era reduzir a fatura de energia elétrica, como evidenciado ao longo da pesquisa, o retorno não atingiu as expectativas ou ultrapassou a TMA, neste caso representada pela Selic. Isso significa que o investidor está perdendo dinheiro em comparação a deixá-lo investido em um título do governo com taxa atrelada a essa referência.

A comparação com a Greener traz uma reflexão sobre a utilização de recomendações de investimentos de terceiros, mostrando que, apesar da revista referência no setor indicar um *payback* relativamente curto no estado do Espírito Santo, de 4,6 anos, o retorno financeiro do estudo de caso em questão ficou muito aquém do previsto, porém, a divergência encontrada pode ser explicada pela falta de maiores detalhes sobre como a empresa de consultoria calculou sua estimativa.

Considerando o VPL e a TIR, ferramentas muito utilizadas na análise de investimentos, obtemos um valor negativo para ambos, mostrando que em relação à Selic e outros investimentos disponíveis no mercado, para esse caso, não foi uma boa escolha.

É inegável que há a importância de considerar as particularidades e características específicas de cada projeto de investimento, além de realizar análises detalhadas e críticas antes de tomar decisões financeiras.

Portanto, foi de suma importância estabelecer uma conexão entre a teoria da análise de investimento e a prática, especialmente por se tratar de um caso real em vez de uma simulação, tendo em vista que trazer para a realidade estabelece uma concretização dos estudos prévios.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Geração Distribuída**. Rio de Janeiro: Aneel, 25 jun. 2022. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiY2VmMmUwN2QtYWFiOS00ZDE3LWI3NDMtZDk0NGI4MGU2NTkxliwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>>. Acesso em: 25 jun. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL Nº 1.000, DE 7 DE DEZEMBRO DE 2021**: Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica / Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Bandeiras Tarifárias**. Disponível em: <<https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/bandeiras-tarifarias/resource/0591b8f6-fe54-437b-b72b-1aa2efd46e42>>. Acesso em: 25 mai. 2023.

ALDO SOLAR. **Calculadora Solar**. Disponível em: <<https://calculadorasolar.aldo.com.br/>>. Acesso em: 25 mai. 2023

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10899: Energia solar fotovoltaica**. Rio de Janeiro. 2020.

AGÊNCIA SENADO. **Lei institui marco legal da micro e minigeração de eletricidade**. 2022. Disponível em: <[https://www.camara.leg.br/noticias/843782-lei-institui-marco-legal-da-micro-e-minigeracao-de-energia/#:~:text=O%20presidente%20Jair%20Bolsonaro%20sancionou,sexta%2Dfeira%20\(7](https://www.camara.leg.br/noticias/843782-lei-institui-marco-legal-da-micro-e-minigeracao-de-energia/#:~:text=O%20presidente%20Jair%20Bolsonaro%20sancionou,sexta%2Dfeira%20(7)>. Acesso em: 26 jan 2022.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Calculadora do Cidadão**. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPUBLICO/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. **Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS)**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 6 jan. 2022.

DE SOUZA, Wilison Andson; SOUZA, Rubem Cesar Rodrigues; MINORI, Américo Matsuo. **Boas práticas de manutenção preventiva em sistemas fotovoltaicos**. Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 8, p. 12779-12791, 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2021**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional2021>>. Acesso em: 17 ago. 2022.

ECOAGUECEDORES. **Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em: <<https://solargis.com/maps-and-gis-data>>. Acesso em: 05 out 2022.

EDP. **ICMS, PIS E COFINS**. Disponível em: <<https://www.edp.com.br/icms-pis-e-cofins/#>>. Acesso em: 20 mai. 2023

EDP. **Tabela de Cálculo da CIP**. Disponível em: <<https://www.edp.com.br/tabela-de-calculo-cip/>>. Acesso em: 20 mai. 2023

EDP. **Tarifas Vigentes**. Disponível em: <<https://www.edp.com.br/tarifas-vigentes/>>. Acesso em: 20 mai. 2023

EMAP Solar. **Energia Solar – O&M**. Disponível em <<https://emapsolar.com.br/area-de-negocio/om>>. Acesso em: 14 jun. 2022

FONSECA, Yonara Daltro da; BRUNI, Adriano Leal. **Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura**. 2003.

GITMAN, Lawrence J. et al. **Princípios de administração financeira**. 2010.

GREENER. **Estudo Estratégico: Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída 2º Semestre de 2021**. 1. ed. São Paulo, 2021.

MIRANDA, Joseane Borges de. **Engenharia Econômica: livro didático**. 2011.

MOTTA, R. da R. et al. **Engenharia econômica e finanças**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

PERONI, M. B. (2018). **Viabilidade econômico-financeira e barreiras para o avanço da energia solar fotovoltaica no setor de supermercados (Tese de Doutorado)**. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/24123>>. Acesso em: 5 set. 2022.

PEREIRA, Enio. et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. disponível em: <<http://doi.org/10.34024/978851700089>>. Acesso em: 06 out. 2022.

PINHO, João Tavares et al. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, v. 1, p. 36, 2014.

Portal Solar. **Manual da limpeza de placas solares fotovoltaicas: tudo para o seu painel solar**. 2022. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/limpeza-de-placas-solares-fotovoltaicas-manual>>. Acesso em: 01 nov 2022.

PROVDANOV, C. C.; FREITAS, EC De. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale (2a Edição). 2013.

PRYSMIAN GROUP. **Cabo Prysun Fotovoltaico**. São Paulo, 2021. Disponível em:
<https://br.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/SO_002_02_PT_Prysun_0.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2021.

RECIERI. **Taxa SELIC – Série Histórica, Conceito e Gráfico**. In: Taxa SELIC – Série Histórica, Conceito e Gráfico. [S. l.], 31 jan. 2020. Disponível em:
<https://recieri.com/selic-serie-historica/>. Acesso em: 31 maio 2023.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos**. 1. ed. Florianópolis: UFSC, 2004.

SILVA, H. M. F. da.; ARAÚJO, F. J. C. . **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 859–869, 2022. DOI: 10.51891/rease.v8i3.4654. Disponível em:
<<https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/4654>>. Acesso em: 11 abr. 2022.

SOUSA, Emanuella Maria Rodrigues de. **Análise da operação e manutenção da usina solar fotovoltaica Mossoró II da UFERSA**. Rio Grande do Norte. 2019.

SOUZA, Acilon Batista de. **Projetos de investimento de capital: Elaboração, análise, tomada de decisão**. São Paulo: Atlas, 2004.

SOLAREEDGE. **Monitoring**, 2022. Disponível em:
<<https://monitoring.solaredge.com/solaredge-web/p/site/1484943>>. Acesso em: 15 dez 2022.

SOLARGIS. **Solar resource maps and GIS data for 200+ countries**. 2022. Disponível em: <<https://solargis.com/maps-and-gis-data>>. Acesso em: 05 out 22.

VIVENZA, Stefano Dutra; GOMES, Magno Federici. **Energia, geração distribuída e o princípio da segurança jurídica**. Research, Society and Development, v. 11, n. 1, p. e2111123417-e2111123417, 2022.

APÊNDICE A – Fluxo de caixa

Período	Mês	Consumo sem energia fotovoltaica	Energia Consumida Instantaneamente	Energia Injetada	CIP	Operação e Manutenção	Fluxo de caixa	Fluxo de caixa descontado (Dezembro 2022)	Fluxo de caixa descontado acumulado (Dezembro 2022)
0							-R\$ 27.000,00	-R\$ 39.505,08	-R\$ 39.505,08
1	jan/17	R\$ 430,28	-R\$ 125,91	-R\$ 102,66	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 241,09	R\$ 350,90	-R\$ 39.154,18
2	fev/17	R\$ 435,98	-R\$ 132,93	-R\$ 113,12	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 258,57	R\$ 374,35	-R\$ 38.779,83
3	mar/17	R\$ 452,75	-R\$ 141,43	-R\$ 117,36	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 271,31	R\$ 390,72	-R\$ 38.389,11
4	abr/17	R\$ 456,60	-R\$ 109,73	-R\$ 69,33	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 184,28	R\$ 263,98	-R\$ 38.125,13
5	mai/17	R\$ 456,65	-R\$ 89,73	-R\$ 46,36	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 141,31	R\$ 201,37	-R\$ 37.923,76
6	jun/17	R\$ 430,98	-R\$ 89,16	-R\$ 52,23	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 146,60	R\$ 207,81	-R\$ 37.715,95
7	jul/17	R\$ 448,23	-R\$ 90,28	-R\$ 48,97	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 144,47	R\$ 203,70	-R\$ 37.512,25
8	ago/17	R\$ 488,36	-R\$ 121,36	-R\$ 72,91	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 199,49	R\$ 279,80	-R\$ 37.232,45
9	set/17	R\$ 479,86	-R\$ 133,17	-R\$ 91,34	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 237,03	R\$ 330,70	-R\$ 36.901,75
10	out/17	R\$ 475,11	-R\$ 146,42	-R\$ 107,70	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 266,64	R\$ 370,05	-R\$ 36.531,71
11	nov/17	R\$ 485,18	-R\$ 124,41	-R\$ 73,78	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 203,41	R\$ 280,81	-R\$ 36.250,90
12	dez/17	R\$ 472,61	-R\$ 39,34	-R\$ 7,90	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 47,25	R\$ 64,88	-R\$ 36.186,02
13	jan/18	R\$ 462,39	-R\$ 168,36	-R\$ 158,61	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 339,49	R\$ 463,74	-R\$ 35.722,28
14	fev/18	R\$ 462,44	-R\$ 125,55	-R\$ 88,20	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 226,28	R\$ 307,46	-R\$ 35.414,82
15	mar/18	R\$ 446,93	-R\$ 137,27	-R\$ 108,78	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 258,57	R\$ 349,49	-R\$ 35.065,34
16	abr/18	R\$ 441,41	-R\$ 109,14	-R\$ 69,55	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 183,91	R\$ 247,27	-R\$ 34.818,07
17	mai/18	R\$ 466,50	-R\$ 98,23	-R\$ 52,25	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 155,70	R\$ 208,23	-R\$ 34.609,84
18	jun/18	R\$ 504,39	-R\$ 96,23	-R\$ 42,51	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 143,96	R\$ 191,52	-R\$ 34.418,32
19	jul/18	R\$ 500,98	-R\$ 114,49	-R\$ 60,56	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 180,27	R\$ 238,56	-R\$ 34.179,76
20	ago/18	R\$ 520,93	-R\$ 109,31	-R\$ 49,21	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 163,74	R\$ 215,54	-R\$ 33.964,22
21	set/18	R\$ 530,34	-R\$ 132,22	-R\$ 70,72	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 208,16	R\$ 272,57	-R\$ 33.691,65

22	out/18	R\$ 538,51	-R\$ 135,48	-R\$ 73,14	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 213,84	R\$ 278,53	-R\$ 33.413,12
23	nov/18	R\$ 503,57	-R\$ 142,18	-R\$ 93,42	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 248,12	R\$ 321,47	-R\$ 33.091,65
24	dez/18	R\$ 477,63	-R\$ 152,94	-R\$ 116,26	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 281,71	R\$ 363,08	-R\$ 32.728,57
25	jan/19	R\$ 468,08	-R\$ 191,20	-R\$ 185,32	-R\$ 18,75	R\$ 0,00	R\$ 395,26	R\$ 506,74	-R\$ 32.221,83
26	fev/19	R\$ 494,34	-R\$ 142,09	-R\$ 97,10	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 251,70	R\$ 320,99	-R\$ 31.900,84
27	mar/19	R\$ 495,27	-R\$ 153,37	-R\$ 112,92	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 278,80	R\$ 353,68	-R\$ 31.547,17
28	abr/19	R\$ 474,80	-R\$ 121,88	-R\$ 74,26	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 201,35	R\$ 254,08	-R\$ 31.293,09
29	mai/19	R\$ 479,76	-R\$ 102,24	-R\$ 50,64	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 158,10	R\$ 198,45	-R\$ 31.094,64
30	jun/19	R\$ 493,95	-R\$ 94,03	-R\$ 42,55	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 141,80	R\$ 177,05	-R\$ 30.917,59
31	jul/19	R\$ 508,19	-R\$ 105,12	-R\$ 50,07	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 160,41	R\$ 199,23	-R\$ 30.718,36
32	ago/19	R\$ 484,87	-R\$ 107,44	-R\$ 53,50	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 166,16	R\$ 205,28	-R\$ 30.513,08
33	set/19	R\$ 490,50	-R\$ 123,09	-R\$ 69,48	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 197,79	R\$ 243,07	-R\$ 30.270,01
34	out/19	R\$ 495,40	-R\$ 155,41	-R\$ 116,29	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 284,21	R\$ 347,44	-R\$ 29.922,57
35	nov/19	R\$ 516,10	-R\$ 121,32	-R\$ 64,28	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 190,82	R\$ 232,04	-R\$ 29.690,53
36	dez/19	R\$ 467,36	-R\$ 142,78	-R\$ 103,57	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 258,87	R\$ 313,13	-R\$ 29.377,41
37	jan/20	R\$ 468,31	-R\$ 138,96	-R\$ 97,93	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 249,41	R\$ 300,10	-R\$ 29.077,31
38	fev/20	R\$ 473,51	-R\$ 123,48	-R\$ 79,14	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 215,14	R\$ 257,49	-R\$ 28.819,81
39	mar/20	R\$ 482,71	-R\$ 127,43	-R\$ 82,95	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 222,90	R\$ 265,38	-R\$ 28.554,43
40	abr/20	R\$ 468,21	-R\$ 99,85	-R\$ 52,24	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 157,31	R\$ 186,31	-R\$ 28.368,13
41	mai/20	R\$ 456,05	-R\$ 92,08	-R\$ 45,42	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 142,73	R\$ 168,14	-R\$ 28.199,99
42	jun/20	R\$ 472,28	-R\$ 87,81	-R\$ 40,11	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 133,14	R\$ 156,02	-R\$ 28.043,96
43	jul/20	R\$ 478,24	-R\$ 89,85	-R\$ 41,55	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 136,61	R\$ 159,25	-R\$ 27.884,72
44	ago/20	R\$ 486,46	-R\$ 109,29	-R\$ 56,88	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 171,39	R\$ 198,73	-R\$ 27.685,98
45	set/20	R\$ 483,37	-R\$ 129,68	-R\$ 80,51	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 222,71	R\$ 256,88	-R\$ 27.429,11
46	out/20	R\$ 488,35	-R\$ 102,41	-R\$ 49,79	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 157,42	R\$ 180,61	-R\$ 27.248,49
47	nov/20	R\$ 493,45	-R\$ 127,46	-R\$ 76,45	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 216,42	R\$ 247,00	-R\$ 27.001,49
48	dez/20	R\$ 543,21	-R\$ 176,76	-R\$ 118,09	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 307,37	R\$ 348,95	-R\$ 26.652,55
49	jan/21	R\$ 497,65	-R\$ 177,59	-R\$ 142,84	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 332,95	R\$ 376,00	-R\$ 26.276,55
50	fev/21	R\$ 501,68	-R\$ 113,75	-R\$ 58,21	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 177,18	R\$ 199,03	-R\$ 26.077,52

51	mar/21	R\$ 511,60	-R\$ 145,04	-R\$ 93,07	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 250,63	R\$ 280,06	-R\$ 25.797,46
52	abr/21	R\$ 503,46	-R\$ 114,68	-R\$ 58,99	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 178,89	R\$ 198,84	-R\$ 25.598,63
53	mai/21	R\$ 524,29	-R\$ 97,62	-R\$ 38,79	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 141,62	R\$ 156,59	-R\$ 25.442,04
54	jun/21	R\$ 534,18	-R\$ 84,86	-R\$ 27,63	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 117,71	R\$ 129,46	-R\$ 25.312,58
55	jul/21	R\$ 579,17	-R\$ 71,21	-R\$ 16,98	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 88,19	R\$ 96,48	-R\$ 25.216,10
56	ago/21	R\$ 610,74	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 25.216,10
57	set/21	R\$ 647,77	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 25.216,10
58	out/21	R\$ 661,25	-R\$ 0,05	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,05	R\$ 0,05	-R\$ 25.216,05
59	nov/21	R\$ 661,25	-R\$ 158,44	-R\$ 64,46	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 228,12	R\$ 244,35	-R\$ 24.971,70
60	dez/21	R\$ 661,25	-R\$ 105,92	-R\$ 28,81	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 139,95	R\$ 149,12	-R\$ 24.822,58
61	jan/22	R\$ 633,59	-R\$ 198,48	-R\$ 105,35	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 316,35	R\$ 335,29	-R\$ 24.487,30
62	fev/22	R\$ 649,44	-R\$ 164,28	-R\$ 70,48	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 239,98	R\$ 253,01	-R\$ 24.234,29
63	mar/22	R\$ 660,52	-R\$ 183,19	-R\$ 86,26	-R\$ 12,52	R\$ 0,00	R\$ 281,97	R\$ 295,70	-R\$ 23.938,58
64	abr/22	R\$ 651,83	-R\$ 152,40	-R\$ 60,45	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 218,08	R\$ 227,50	-R\$ 23.711,09
65	mai/22	R\$ 530,74	-R\$ 96,34	-R\$ 37,95	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 139,51	R\$ 144,77	-R\$ 23.566,32
66	jun/22	R\$ 514,76	-R\$ 84,33	-R\$ 29,82	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 119,37	R\$ 123,22	-R\$ 23.443,10
67	jul/22	R\$ 469,68	-R\$ 85,88	-R\$ 37,94	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 129,04	R\$ 132,50	-R\$ 23.310,60
68	ago/22	R\$ 509,97	-R\$ 105,86	-R\$ 50,32	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 161,40	R\$ 164,85	-R\$ 23.145,75
69	set/22	R\$ 516,88	-R\$ 97,59	-R\$ 42,38	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 145,19	R\$ 147,51	-R\$ 22.998,24
70	out/22	R\$ 506,76	-R\$ 127,21	-R\$ 72,97	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 205,40	R\$ 207,58	-R\$ 22.790,66
71	nov/22	R\$ 493,85	-R\$ 108,29	-R\$ 53,81	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 167,33	R\$ 168,21	-R\$ 22.622,44
72	dez/22	R\$ 493,71	-R\$ 119,77	-R\$ 65,83	-R\$ 5,22	R\$ 0,00	R\$ 190,82	R\$ 190,82	-R\$ 22.431,62