

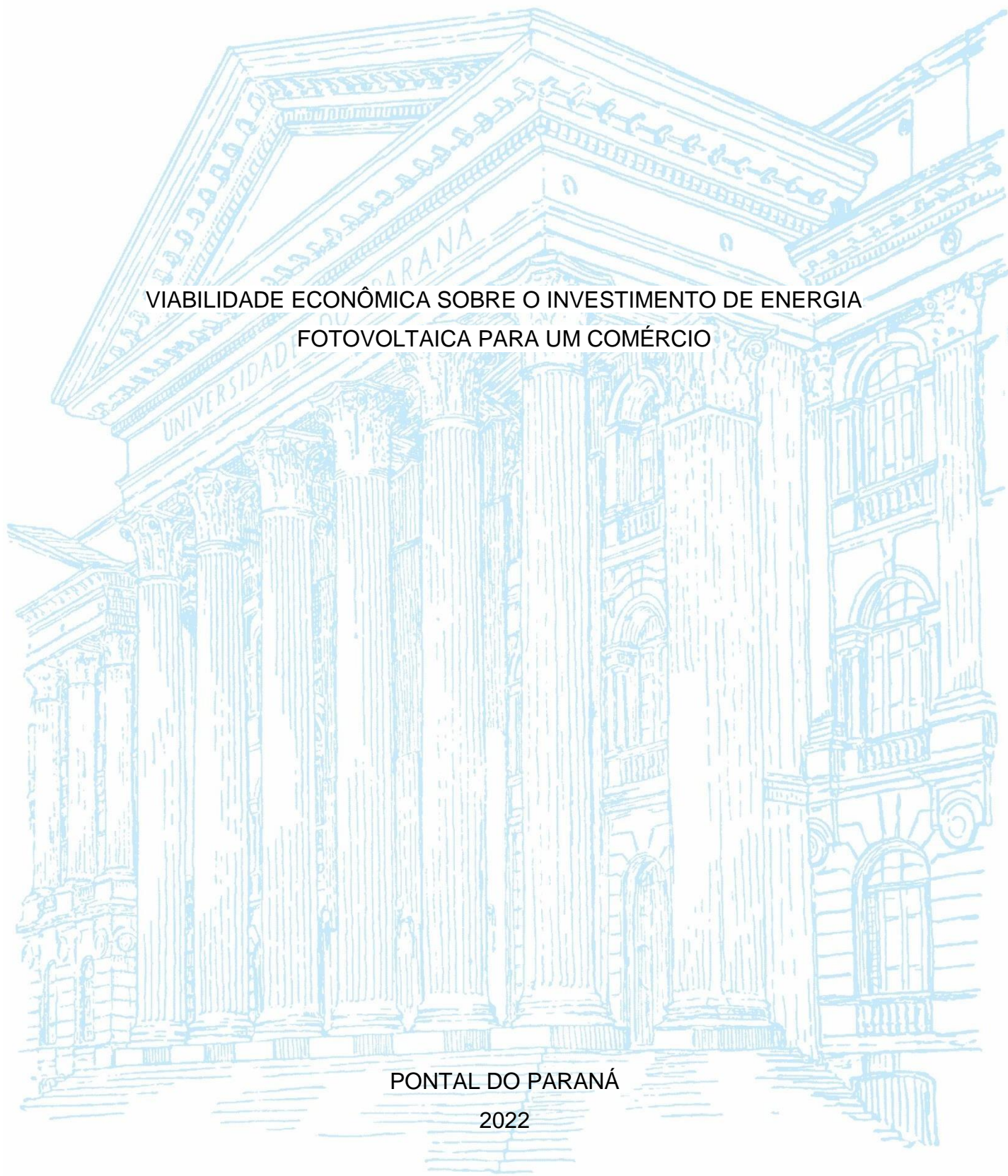
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VINICIUS BONETTO

VIABILIDADE ECONÔMICA SOBRE O INVESTIMENTO DE ENERGIA
FOTOVOLTAICA PARA UM COMÉRCIO

PONTAL DO PARANÁ

2022



VINICIUS BONETTO

VIABILIDADE ECONÔMICA SOBRE O INVESTIMENTO DE ENERGIA
FOTOVOLTAICA PARA UM COMÉRCIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária em Pontal do Paraná.

Orientadora: Prof(a). Dr(a). Juliana Almansa Malagoli

PONTAL DO PARANÁ

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DO CENTRO DE ESTUDOS
DO MAR

Bonetto, Vinicius

B697v Viabilidade econômica sobre o investimento de energia fotovoltaica para um comércio[recurso eletrônico] Vinicius Bonetto. – Pontal do Paraná, 2022. 1 arquivo [71 f.] : PDF.

Orientadora: Profa. Dra. Juliana Almansa Malagoli

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Campus Pontal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária.

1. Energia solar. 2. Sistemas de energia fotovoltaica. I. Malagoli, Juliana Almansa.
II. Título. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD - 620



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PONTAL DO PARANÁ - CENTRO DE ESTUDOS DO MAR
Avenida Deputado Anibal Khury, 2033, - Bairro Balneário Pontal do Sul,
Pontal do Paraná/PR, CEP 83255-976
Telefone: 4135118600 - <http://www.ufpr.br/>

Despacho nº 4494891/2022/UFPR/R/PP

Processo nº 23075.028445/2022-08

TERMO DE APROVAÇÃO

Vinicius Bonetto

“VIABILIDADE ECONÔMICA SOBRE O INVESTIMENTO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA PARA UM COMÉRCIO.”

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal do Paraná, pela Banca formada pelos membros:

Prof. Dr. Virnei Silva Moreira - CPP-CEM/UFPR

Prof. Dr. Carlos Adalberto Schnaider Batista - CPP-CEM/UFPR

Prof^a. Dra. Juliana Almansa Malagoli - CPP-CEM/UFPR
Presidente

Pontal do Paraná, 10 de Maio de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **JULIANA ALMANSA MALAGOLI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/05/2022, às 11:26, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **VIRNEI SILVA MOREIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/05/2022, às 11:38, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS ADALBERTO SCHNAIDER BATISTA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/05/2022, às 12:40, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **4494891** e o código CRC **534C5FBD**.

Dedico este trabalho a todos que disponibilizarem suas atenções e conhecimentos técnicos afim de me ajudar na elaboração deste projeto, no qual cada participação foi fundamental para o resultado final do mesmo. Gostaria de dedicar também a minha avó querida, Dona Margarida, que teve sua partida recentemente. Uma singela homenagem.

AGRADECIMENTOS

Não poderia deixar de agradecer a todos os envolvidos de forma direta ou indireta neste trabalho ao longo de todo este período. Gostaria de agradecer primeiramente a minha orientadora Profa. Juliana A. Malagoli, onde sempre estive ao meu lado com todo o suporte, apoio e disponibilidade do seu tempo para me ensinar e me guiar desde o início do projeto até a finalização do mesmo.

Agradecer também a minha família e meus filhos que sempre foram minha fonte de combustível para que eu pudesse seguir em frente está jornada com determinação de conquistar a tão desejada graduação. A minha companheira e esposa, da qual me incentivou para que eu seguisse focado e otimista em concluir os meus objetivos, sempre com muito apoio e companheirismo.

Agradecer a todos os profissionais do ramo de energia solar, que dedicaram o seu tempo com explicações em pontos técnicos específicos que foram fundamentais para a elaboração deste projeto.

A todos estes relacionados e aos demais que não foram citados, mas que tiveram a sua participação e me auxiliaram na realização do projeto, o meu mais singelo agradecimento de coração a todos vocês.

*“Quando penso que cheguei em meu limite,
Descubro que tenho forças para ir além.”*

Ayrton Senna.

RESUMO

Nas últimas décadas presenciamos um aumento significativo de demanda de energia elétrica impulsionada pelo crescimento populacional, desenvolvimento econômico e tecnológico, assim como a demanda industrial elevada por conta do consumo em excesso. Junto a estes fatores, outros problemas ganharam notoriedade no contexto mundial, poluição ao meio ambiente e o desenvolvimento sustentável. Por conta disso, a tecnologia do sistema fotovoltaico voltado na geração de energia solar vem ganhando destaque no cenário mundial. No Brasil, esta tecnologia ainda é uma das fontes de produção elétrica de menor consumo para os dias de hoje, mas a tendência é que este cenário mude para as próximas décadas. O território brasileiro é uma das regiões com maior incidência de radiação solar do mundo, fato este que comprova a nossa capacidade elevada de geração a partir desta fonte primária natural e inesgotável que é o Sol.

O presente trabalho foi desenvolvido em cima de métodos e metodologias confiáveis que são utilizados como base para a elaboração de um projeto de sistema fotovoltaico. O empreendimento em questão trata-se de um comércio alimentício, cujo nome é Varanda Panificadora & Confeitaria, localizada no município de Matinhos, no litoral do Paraná. Para isto, foi obtido o consumo médio anual do empreendimento, sendo este de 2.702 kWh. O sistema fotovoltaico foi projetado para compor 72 placas com potência de 30,24 kWp cada, sendo autossuficiente para a produção média anual de 2.800 kWh. Composto por um conversor com potência nominal de 30 KW. Foi apresentado no final do projeto um estudo de viabilidade econômica, concluindo-se que o sistema é rentável financeiramente.

Palavras-chaves: Energia Solar, desenvolvimento sustentável, sistema fotovoltaico e viabilidade econômica.

ABSTRACT

In the last decades demand for presence, a significant increase in the demand for electricity driven by population growth, economic and technological development, as well as an industrial increase due to excess consumption. Along with factors, other problems, world development, will not win the environment and sustainable development. Because of this technology of the photovoltaic system, a resource in the generation of solar energy with perspective on the world stage. In Brazil, this technology is still one of the lowest consumption sources of electricity production today, but the trend is that this scenario will change in the coming decades. Brazilian capacity is one of the regions with the highest incidence of solar radiation in the world, a fact that proves our highest generation from this natural and inexhaustible primary source is the Sun.

The work was developed from methods and methodology for the project execution that are used as a basis for the construction of a photovoltaic system. The enterprise in question is a trade, whose name is Varanda Panificadora & Confeitaria, located in the municipality of Matinhos, on the coast of Paraná. For this, the average annual consumption of the enterprise was obtained, which is 2,702 kWh. The photovoltaic system was designed to compose 72 plates with a power of 30.24 kW each, being self-sufficient for an average annual production of 2,800 kWh. Composed of a converter with a nominal power of 30 KW. An economic feasibility study was not presented at the end of the project, concluding that the financial system is economic.

Keywords: Solar energy, sustainable development, photovoltaic system, and economic viability.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA PANIFICADORA EM MATINHOS-PR.	26
FIGURA 2 - FOTO FRONTAL DA PANIFICADORA.	27
FIGURA 3 - REPRESENTAÇÃO DO NORTE VERDADEIRO.	28
FIGURA 4 - PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DA ENERGIA.....	31
FIGURA 5 - PROCESSO DE FUNCIONAMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	34
FIGURA 6 - EXEMPLO DE FUNCIONAMENTO DE GERAÇÃO ON-GRID.....	36
FIGURA 7 - EXEMPLO DE FUNCIONAMENTO DE GERAÇÃO OFF-GRID...	37
FIGURA 8 - CUSTOS DE ENERGIA POR ESTADO.	40
FIGURA 9 - INDICÊNCIA DE RADIAÇÃO SOLAR TERRESTRE.....	41
FIGURA 10 - CARACTERÍSTICAS DE UMA PLACA FOTOVOLTAICA.	43
FIGURA 11 - FUNCIONAMENTO PASSO A PASSO DE UM INVERSOR.	45
FIGURA 12 - FLUXOGRAMA COM AS ETAPAS DO PROJETO.	47
FIGURA 13 - MODELO PLACA FOTOVOLTAICA CS2W-420P	51
FIGURA 14 - CAIXA STRING BOX.....	52
FIGURA 15 – MODELO INVERSOR SOLAR GROWATT.	53

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – COMPARATIVO DE ENERGIA RENOVÁVEL E NÃO RENOVÁVEL NO BRASIL E NO MUNDO.	21
GRÁFICO 2 – PORCENTAGEM DE CADA GERAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL	21
GRÁFICO 3 - CONSUMO FINAL E PERDAS NO BRASIL.....	30
GRÁFICO 4 - VALORES ESTIMADOS NO USO DE ENERGIA SOLAR.....	32
GRÁFICO 5 - VALOR FINAL DA ENERGIA.....	39
GRÁFICO 6 - RADIAÇÃO MENSAL AO LONGO DO ANO DE 2021 EM kWh.49	
GRÁFICO 7 - GASTO ANUAL EM ENERGIA ELÉTRICA.....	57
GRÁFICO 8 - COMPARATIVO DE ECONOMIA VERSUS GASTOS COM ENERGIA EM 25 ANOS.....	62

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – REPRESENTAÇÃO DE CORES E VALORES DAS BANDEIRAS TARIFÁRIAS	38
---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – IRRADIAÇÃO SOLAR NO MUNICÍPIO DE MATINHOS-PR.	42
TABELA 2 - ÂNGULO APROPRIADO DE ACORDO COM A LATITUDE LOCAL.	42
TABELA 3 - ORÇAMENTO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR.	55
TABELA 4 - VALORES GASTOS EM ENERGIA ELÉTRICA EM 2021.....	56
TABELA 5 - FLUXO DE CAIXA DO PROJETO DO SISTEMA DE ENERGIA SOLAR.	58
TABELA 6 - VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL) USANDO AS TAXAS SELIC E POUPANÇA	61

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GD	Geração Distribuída
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i>
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RAG	Receita Anual de Geração
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
BC	Banco Central
PAYBACK	Tempo de retorno do investimento

LISTA DE SÍMBOLOS

<i>CMD</i>	Consumo médio diário anual
<i>d</i>	Dias
<i>FC</i>	Fluxo de caixa
<i>FDI</i>	Fator de dimensionamento do inversor
<i>HSP</i>	Horas de sol pico
<i>I</i>	Investimento inicial
<i>i</i>	Taxa de juros comparativa
<i>n</i>	Período para cálculo dos juros
<i>Pe</i>	Potência de entrada
<i>Pm</i>	Potência do módulo escolhido
<i>Pmax</i>	Potência máxima do gerador fotovoltaico
<i>Pn</i>	Potência nominal do inversor
<i>PP</i>	Potência de pico
<i>Ps</i>	Potência de saída
<i>Qm</i>	Quantidade de Módulos fotovoltaicos
<i>Rad</i>	Radiação média mensal anual
<i>T</i>	Momento em que o fluxo de caixa ocorreu
TD	Taxa de desempenho
<i>VPL</i>	Valor do presente líquido
η	Eficiência do sistema

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
1.1 JUSTIFICATIVA	24
1.2 OBJETIVOS	25
1.2.1 OBJETIVO GERAL	25
1.2.2 Objetivos Específicos.....	25
1.3 METODOLOGIA.....	26
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	28
2 REFERENCIAL TEÓRICO	29
2.1 Energia renovável e não renovável.....	29
2.2 Energia Solar	32
2.2.1 Sistemas <i>On-Grid</i> e <i>Off-Grid</i>	34
2.3 Tarifas do uso de energia elétrica.....	38
3 MATERIAS E MÉTODOS.....	40
3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS DE INCIDÊNCIA E ÂNGULO GEOGRÁFICO	40
3.1.1 Dados de Incidência Solar.....	40
3.1.2 Ângulo geográfico dos painéis.....	42
3.2 PAINEIS SOLARES	43
3.3 INVERSORES.....	44
3.3.1 Fator de Dimensionamento do Inversor	45
3.4 NORMAS TÉCNICAS.....	46
3.5 MÉTODO.....	46
3.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS.....	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.1 CRITÉRIOS PARA O DIMENSIONAMENTO DO PROJETO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO	48

4.1.1 Radiação solar mensal.....	SUMÁRIO	49
4.2 DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS PARA O PROJETO.....		49
4.2.1 Potência de Pico		50
4.2.2 Número de placas fotovoltaicas.....		50
4.2.3 Modelo de inversor.....		52
4.3 ANÁLISE FINANCEIRA.....		54
4.3.1 Orçamento do projeto.....		55
4.3.2 Gastos financeiros com consumo de energia.....		56
4.3.3 Viabilidade econômica.....		57
4.4 ASPECTOS AMBIENTAIS		62
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS		63
5.1 TRABALHOS FUTUROS		64
REFERÊNCIAS.....		66

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país amplo e populoso, do qual exige alta demanda energética, não somente partindo de suas residências, mas também por tratar de um país com grande investimento de indústrias, comércios e agronegócios. Além disso, é preciso optar por soluções sustentáveis no quesito de produção energética, visto que o meio ambiente global se encontra instável e a produção de energia é um dos fatores mais agravantes na emissão de poluentes atmosféricos. Desta maneira, o uso de diversos equipamentos que demandam eletricidade acarreta dois efeitos: o aumento do consumo de eletricidade e o aumento do processo de produção industrial. Portanto, esse ciclo de desenvolvimento, aumenta a emissão dos gases poluentes desencadeadores do chamado efeito estufa como aponta Knirsch (2012).

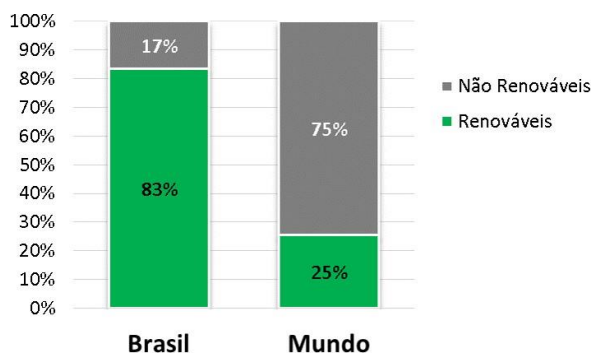
Até o início do século XX, o país contava com empresas terceirizadas do exterior, da qual eram responsáveis pela produção e instalação de energia elétrica no país. Visto que, a maior parte da demanda concentrava-se em grandes centros de cidades e algumas regiões em especial com indústrias instaladas. Porém, os novos centros urbanos foram se expandindo, principalmente, pela expansão do movimento êxodo rural, novas cidades foram surgindo e fez com que a demanda energética crescesse. Para suprimir a alta demanda energética, o Governo, precedido pelo então presidente Getúlio Vargas, do qual incentivou o movimento de estatais para a produção e distribuição da energia elétrica no Brasil (Gomes e Viera, 2009, p. 303).

Recorreu-se a construção de usinas hidrelétricas, visto que, a geografia brasileira é favorável a esses empreendimentos, por conter abundância de rios e grandes volumes de água. Deste modo, iniciou-se amplas construções de usinas hidrelétricas em pontos estratégicos, visando a maximização da produção de energia, baixando o custo médio da energia, produzindo milhares de empregos e aquecendo de forma indireta a economia do país. O Brasil, diferente do parâmetro mundial, conta com a matriz energética com predominância renovável, sendo a hidráulica a maior fornecedora de energia (BEN, 2020).

Em comparação com a média mundial, o Brasil é visto como destaque nesse sentido. A porcentagem de energia elétrica renováveis em uma escala

global é de 25%, sendo os outros 75% oriundos de fontes não renováveis e poluidoras. Já no Brasil o cenário é bem diferente, pois as fontes renováveis representam aproximadamente 83% na produção de energia e as não renováveis 17%, como mostra o Gráfico 1.

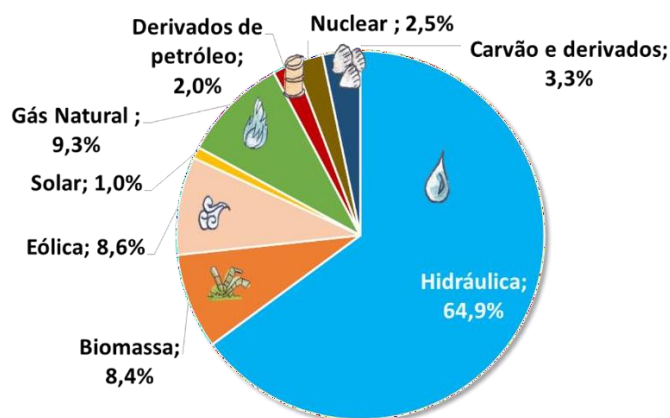
GRÁFICO 1 – COMPARATIVO DE ENERGIA RENOVÁVEL E NÃO RENOVÁVEL NO BRASIL E NO MUNDO.



Fonte: Balanço Energético Nacional (2020)

No Brasil, as hidrelétricas continuam sendo a principal fonte de energia até os dias de hoje. De acordo, com o Ministério de Minas e Energia, a participação é liderada pela hidrelétrica (64,9%), seguida de eólica (8,6%), biomassa e biogás (8,4%) e solar centralizada (1,0%), para as fontes renováveis. Além disso, para os percentuais de fontes não renováveis, os valores são de, (9,3%) gás natural, (3,3%) carvão, (2,0%) de petróleo e (2,5%) nuclear. No Gráfico 2 é ilustrado a porcentagem presente de cada gerador de energia.

GRÁFICO 2 – PORCENTAGEM DE CADA GERAÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL.



Fonte: Balanço Energético Nacional (2020)

Entretanto, as porcentagens usadas na produção de energia elétrica e a dependência da demanda hidráulica, que por mais que se enquadre como renovável, o impacto ambiental pela mesma é significativo. Durante muito tempo, falou-se que a geração de energia hidrelétrica não causava impactos ambientais negativos ao meio ambiente. No entanto, muitas pesquisas demonstraram que esse tipo de geração de energia antes tido como "energia limpa" causa sérios impactos ambientais negativos, desde a sua construção até o seu funcionamento (REVISÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS NA FASE DE INSTALAÇÃO DAS HIDRELÉTRICAS: UMA ANÁLISE DA SUB-BACIA DO ALTO JURUENA Biodiversidade - V.11, N1, 2012 - pág. 70). Desta forma, os impactos ambientais locais se fazem presentes ao instalar uma hidrelétrica, a alteração ambiental do meio local, modificação de paisagens, alteração dos meios aquáticos na região, alteração dos percursos naturais dos rios, perda de terras férteis e impactos relacionados à pesca local afetando a economia de comunidades presentes na região.

Com isso, pode-se definir a energia hidráulica como retornável, e não sustentável. Outro fator, que faz presente é a dependência de chuvas para que se mantenham níveis de reservatórios ideais o suficiente para a produção de energia. A seca, costuma decorrer de um índice de disponibilidade de água natural abaixo da média devido à variabilidade climática, resultando em taxas de precipitação baixas e/ou taxas de evaporação altas (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2016, p.19).

Em 2001, o setor elétrico sofreu severamente em todo o país por meio de uma crise hídrica, afetando diretamente as produções energéticas de hidrelétricas, ocasionando apagões em todo o território nacional. A mais recente em 2014, mais focado na cidade de São Paulo. De acordo, com o relatório do Centro Nacional de Monitoramentos e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2015) ocorreu a formação de zona de alta pressão atmosférica a 6.000 metros de altitude, que bloqueou a chegada das frentes da Amazônia, da Zona de Convergência do Atlântico Sul e das frentes frias do Polo Sul, alterando a dinâmica da região Sudeste do Brasil, caracterizada pela ausência das chuvas de primavera e verão de 2013/2014 como apontou a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo em 2015. Historicamente, o Brasil se destaca

por ser um país com um alto percentual de fontes renováveis de energia em sua oferta interna quando comparado ao resto do mundo. Nos últimos 20 anos, a participação das renováveis na matriz energética brasileira, manteve-se estável com valores superiores a 40%, o que já é um grande desafio para o País. Mais recentemente, entre 2011 e 2014, houve uma redução da participação das renováveis na matriz energética devido à queda da oferta hidráulica, associada à menor quantidade de chuvas (Atlas da Eficiência Energética - Brasil, 2020, p.11).

A fim de suprir o déficit energético em ambas as crises hídricas, foi necessário acionar as usinas termoelétricas, das quais são altamente poluentes nas emissões de gases. Além disso, tem relação direta com o efeito estufa e chuvas ácidas, e por se tratar de uma tecnologia de alto custo, onde a mesma é repassada em cobranças extras de tarifas, sinalizada pela “bandeira” de cor vermelha, para o consumidor final. Em 2021, estudos meteorológicos apontam para uma nova crise hídrica ao longo do inverno em todo o país, fazendo com que órgãos públicos recorram a novos recursos e soluções inovadoras. Em abril de 2021, a vazão afluyente no Sistema Cantareira, principal sistema hídrico que abastece a Região Metropolitana de São Paulo, foi 35% da média histórica do mês e os reservatórios fecharam o mês com 51% do volume útil (faixa de operação “Atenção”), representando uma diminuição de aproximadamente 2% em relação ao final do mês anterior (CEMADEN, 2021).

A poluição e os impactos ambientais, são cada vez mais debatidos entre os países e as organizações mundiais. Ademais, a procura e os investimentos para a expansão no setor de energias renováveis são iminentes. O Brasil destaca-se como um país que vem procurando diversificar sua matriz energética, a fim de diminuir gradativamente a dependência dos combustíveis à base de petróleo (TOLMASQUIM *et al.* 2007). Segundo dados da ANEEL (2008), com o passar dos tempos, muitos países começaram a exigir a participação da energia solar no aquecimento de água, destacando-se primeiramente Israel e posteriormente a Espanha, no ano de 2006, que exigiu um percentual mínimo de produção de energia solar em novas edificações. Em 2007, a iniciativa foi acompanhada por países como Índia, Coreia do Sul, China e Alemanha, onde os percentuais exigidos variam de 30% a 70%, dependendo do clima, nível de

consumo e disponibilidade de outras fontes de energia (Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 2016, p. 242).

Portanto, a energia solar consiste em captação da radiação solar emitida pelo sol, onde essas radiações incidem sobre placas fotovoltaicas gerando energia por meio de Corrente Alternada (CA). Esta corrente alternada, produzida é transformada em Corrente Contínua (CC) com auxílios de transformadores, sendo esta corrente de energia da qual conhecida na sustentação de equipamentos eletrônicos. O Brasil conta com alta incidência de energia solar em todo o seu território, por estar próximo da linha do Equador. A região do Nordeste é a mais favorecida por esta irradiação, porém também é possível desfrutar desta energia natural no sul do país. A maior parte do território brasileiro está localizada relativamente próxima da linha do Equador, de forma que não se observa grandes variações na duração solar do dia (Revista Brasileira de Energia Solar, ano 7, Vol. VII, 2016).

1.1 JUSTIFICATIVA

A energia hidráulica produzida por meio de movimentos de grandes corpos d'água é acessível e barata comparado ao longo prazo de atuação de uma usina hidrelétrica. Entretanto, os seus impactos ambientais são negativos, comprovados por estudos de especialistas, alertando sobre o uso da mesma. Além disso, as usinas termoelétricas possuem custos altos e taxas elevadas de poluição atmosférica. Atualmente, há um conhecimento amplo e o acesso tecnológico para geração de novos métodos de energia, entre eles, a energia solar e a eólica (Revista Brasileira de Energia Solar, ano 7, Vol. VII, 2016).

A maior consciência da sociedade moderna quanto à necessidade de utilização cada vez mais de fontes renováveis, principalmente através daquelas que causam os menores impactos ao meio ambiente e a sociedade, faz com que novas fontes sejam pesquisadas e aplicadas, entre elas a energia solar (Tieplo M. G., 2015, p.29)

A energia solar vem sendo amplamente explorada em países de primeiro mundo como, nos Estados Unidos, na China, nos países da Europa, e os resultados comprovam que a mesma pode ser um grande passo no desenvolvimento sustentável mundial. No Brasil, esta tecnologia vem ganhando destaque, visando o grande potencial solar incidente no país, além da redução de taxas de importação de equipamentos fotovoltaicos e aprovação de economia para o consumidor final (Torres R., 2012).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O principal objetivo deste trabalho é avaliar o custo de investimento com base no consumo médio anual de um determinado comércio e, em quanto tempo este investimento terá retorno e o rendimento acumulado durante o período de vida útil das placas fotovoltaicas. Desta maneira, explorar o “marketing verde” do desenvolvimento sustentável para agregar valor à marca da empresa, que consequentemente resultará em valorização do mercado.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudar na literatura sobre a irradiação solar na região de estudo;
- Obter dados médios de radiação solar na região do Paraná, com precisão no Município de Matinhos-PR, ao longo de um ano;
- Analisar os gastos de energia elétrica durante um ano para obter o consumo médio por mês;
- Quantificar o valor energético médio obtidos da produtividade dos painéis solares, os números de placas solares e selecionar os equipamentos auxiliares;
- Estimar o tempo de retorno do investimento financeiro e a viabilidade econômica durante o período de vida útil dos painéis solares;
- Avaliar os aspectos ambientais.

1.3 METODOLOGIA

Foi definido, por questões de localidade, que o empreendimento que servirá de exemplo para este projeto será um comércio do ramo alimentício. O comércio Varanda Panificadora & Confeitaria, está localizado na Av. Paraná, com número predial 523, bairro Tabuleiro, em Matinhos, Paraná, sob o CEP 83260-000. Sob as coordenadas Latitude 25°49'47.06" S e Longitude 48°32'47.99"O.

Por se tratar de um comércio tradicional do bairro onde se encontra, e por ser um estabelecimento com alta demanda de energia elétrica, torna-se possível atribuir um projeto complexo e amplo de acordo com a realidade, para que este seja capaz de suprir a demanda energética do estabelecimento gasta por meio da rede convencional.

Com métodos específicos e equações funcionais será possível calcular o investimento adequado para suprir a demanda que o comércio necessita. O espaço físico da panificadora permite que haja implementação de placas fotovoltaicas em seu telhado, com ampla incidência de radiação solar. As Figuras 1 e 2 mostram a visão aérea do empreendimento e vista frontal de quem da rua olha, respectivamente.

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA PANIFICADORA EM MATINHOS-PR.



Fonte: Google Earth (2021).

FIGURA 2 - FOTO FRONTAL DA PANIFICADORA.



Fonte: O Autor.

O trabalho será desenvolvido com objetivo de destacar o potencial da energia solar por placas fotovoltaicas, especificando fundamentos teóricos, investimentos financeiros, estimativa de retorno do investimento, ganhos em aspectos ambientais e explorar a educação ambiental. O estudo da energia solar deve orientar o uso de recursos naturais para promover práticas sustentáveis por meio de reflexões, discussões e experiências, objetivando o desenvolvimento de habilidades e modificando atitudes em relação ao meio ambiente.

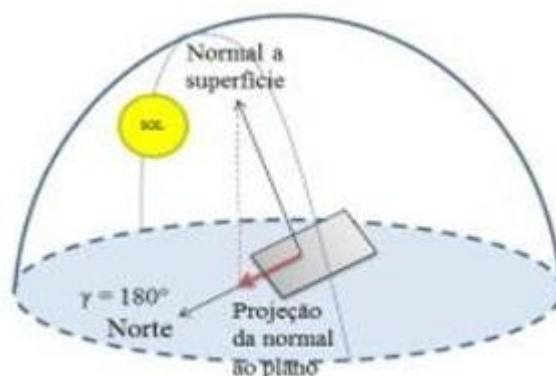
Além disso, será necessário estimar em relações geométricas de incidência solar os ângulos dos raios solares no local do empreendimento, assim como a inclinação adequada e o melhor posicionamento das placas solares. Neste contexto, esses fatores de angulação e inclinação da instalação dos módulos fotovoltaicas está relacionado diretamente com o seu desempenho de produção energética. Sendo assim, a realização de um projeto bem fundamentado é essencial para a maximização do potencial energético do mesmo.

Esta estimativa de incidência da radiação solar e dados ao longo do período de um ano, será obtido por meio da plataforma do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB), do qual conta com uma plataforma bem fundamentada e fontes confiáveis para o estudo

de estimativa. A plataforma permite analisar os dados de acordo com a localização desejada, no caso do município de Matinhos, com coordenadas geográficas de Latitude Sul 25°49'04" e Longitude Sul 48°32'34".

Por ser uma região do hemisfério Sul, é aconselhado para a instalação das placas, que estejam voltadas para a linha do equador, voltadas em direção ao Norte Verdadeiro, conforme mostrado na Figura 3.

FIGURA 3 - REPRESENTAÇÃO DO NORTE VERDADEIRO.



Fonte: Revista Brasileira de Educação Ambiental (2018)

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

O presente trabalho é composto por cinco capítulos:

- Primeiro capítulo é de caráter introdutório com justificativa, objetivos e metodologia;
- Segundo capítulo é apresentada uma revisão da literatura sobre a energia solar;
- Terceiro capítulo mostra os materiais e métodos adotados no estudo de caso;
- Quarto capítulo é composto por uma análise dos resultados e discussões;
- Finalizando o trabalho com as considerações finais composta pelas conclusões e recomendações para trabalhos futuros no capítulo 5.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Energia renovável e não renovável

Desde o surgimento do comércio de energia elétrica no final do século 19, a sua dependência e demanda desta tecnologia só se fez cada vez mais presente até os dias atuais. A importância da energia elétrica é cada vez mais evidente na forma de organização da vida das nações e dos indivíduos, num processo de valorização crescente dessa fonte de energia que vêm desde o começo da sua exploração comercial nos EUA e na Europa no final do século XIX (Gomes e Viera, 2009, p. 296). Com o passar das décadas e o avanço tecnológico, a expansão de ligações elétricas foram expandindo em todo o mundo, e conseqüentemente, a demanda energética subiu. Para atender esta demanda, foi necessário diversificar as fontes de produção de energia, da qual em sua maioria, utilizava-se até então fontes oriundas ao petróleo.

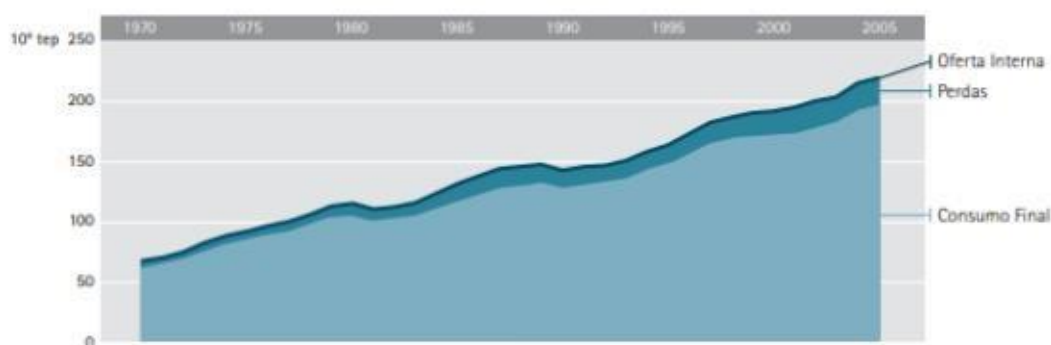
Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), as fontes energéticas se caracterizam por apresentar uma disponibilidade natural de energia, mas que dificilmente se apresenta diretamente na forma como pode ser usada (Tieplo M. G., 2015, p.41). É necessário realizar certas conversões para se obter a energia de acordo com o equipamento receptor da mesma. Entende-se por energia primária as fontes de energia disponibilizadas em sua origem pela natureza, sejam: o carvão, o gás natural, o petróleo, a água, entre outras fontes. Entretanto, a maior parte das fontes de energia primária não é consumida diretamente, sendo necessário ser transformada em outra forma de energia para então poder ser utilizada (EPE, 2005).

Além disso, conversões para o consumo adequado dessa fonte e transporte até o destino final, acarreta perdas elétricas em cada processo, afetando o resultado final estimado. A energia que atende às necessidades da sociedade, em geral, movimentando a indústria, o transporte, o comércio e demais setores econômicos do país, recebe a denominação de Consumo Final no Balanço Energético Nacional. Essa energia, para chegar ao local de consumo, é transportada por gasodutos, linhas de transmissão, rodovias, ferrovias etc., e distribuída através de diversos outros sistemas, cujos processos

acarretam perdas de energia (Análise Energética e Dados Agregados, 2005, p.23 cap.1). Uma pesquisa realizada pela Empresa de Pesquisa Energética (2005) com objetivo de apresentar a evolução da Oferta Interna de Energia (OIE), as perdas e o consumo final entre os anos 1970 até 2005 no Brasil, por meio de resultados coletados e elaborados, foram representados por meio da Gráfico 3.

GRÁFICO 3 - CONSUMO FINAL E PERDAS NO BRASIL.

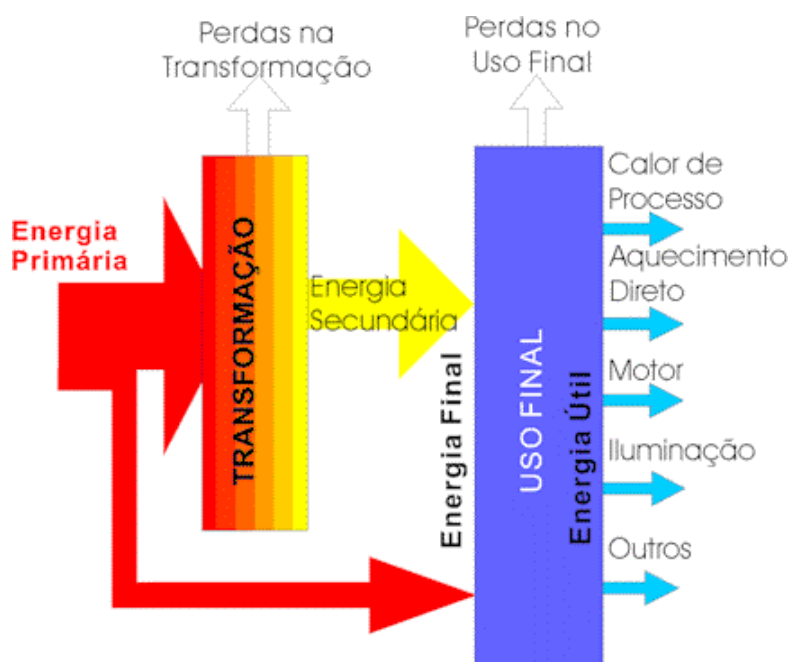
Consumo Final e Perdas
Brasil 1970 a 2005



Fonte: Balanço Energético Nacional (2006)

Deste modo, define-se como energia secundária compostos dos quais sofreram algum processo antes até resultaram em um produto final, tais como gasolina, óleos combustíveis, eletricidade, carvão vegetal, entre outros. Com intuito de exemplificar o entendimento deste processo, a Figura 4 apresenta um fluxograma da energia.

FIGURA 4 - PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO DA ENERGIA.



Fonte: Economy and Energy (2000)

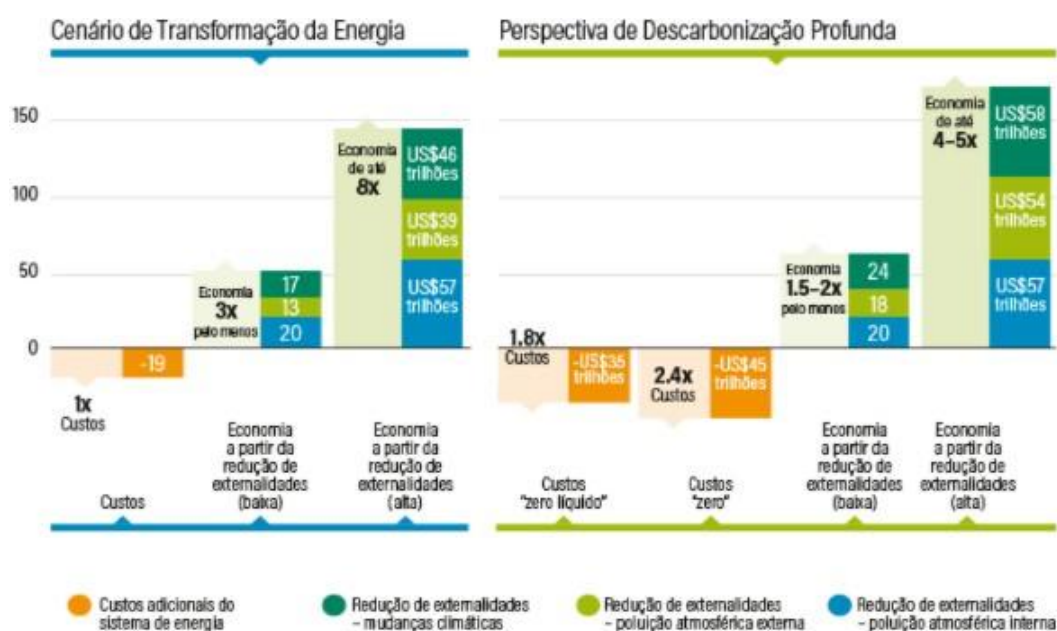
Dessa maneira, as fontes de energias renováveis ganharam destaque impulsionados pelas usinas hidroelétricas, onde esta tecnologia no Brasil até os dias atuais é fundamental para suprir a demanda energética do país. Originado pelo fato de que no cenário atual o Brasil “criou” esta dependência energética oriundas de fontes mecanizadas. Este modelo de produção de energia é comumente conhecido como fonte tradicional e/ou fonte convencional, isto porque esta tecnologia já é amplamente conhecida e adotado por muitos anos. Já as fontes de energia inovadoras, onde em sua maioria voltada para o setor sustentável, são energias que ainda há um grande potencial de expansão tecnológico, a fim de aprimorar seu mecanismo, e de potencialização de implementação para atingir valores consideráveis de produção no cenário energético. Por fim, destaca-se para as energias solar, eólica, bioenergia, geotérmica, entre outras (EPE, 2020).

As energias renováveis, exceto pelas hidroelétricas, ainda possuem percentual baixo de produção elétrica comparado a outras fontes oriundas, tanto no Brasil quanto no mundo. Porém, para o futuro este cenário é otimista, com estimativa de crescimentos elevados e com impactos significativos na produção de energia e geração de empregos (EPE, 2020). Outro fator positivo a ser

considerado, seria a redução de emissões de CO₂ e outros gases poluentes, colaborando diretamente para a redução de altas temperaturas globais e com impacto direto sobre as metas estabelecidas pelos países em zerar a emissão de carbono até 2060.

O “Cenário de Transformação da Energia” – uma transformação ambiciosa, mas realista, que limitaria o aumento da temperatura global a bem abaixo de 2°C – custaria US\$ 19 trilhões a mais do que uma abordagem comercial, mas traria benefícios entre US\$ 50 trilhões e US\$ 142 trilhões até 2050, aumentando o PIB mundial em 2,4%, como aponta estudos estimados da renomada *International Renewable Energy Agency* (IRENA). O Gráfico 4 apresenta os impactos positivos financeiros e ambiental sobre a estimativa crescente de energias renováveis.

GRÁFICO 4 - VALORES ESTIMADOS NO USO DE ENERGIA SOLAR.



Fonte: International Renewable Energy Agency (IRENA), 2020.

2.2 Energia Solar

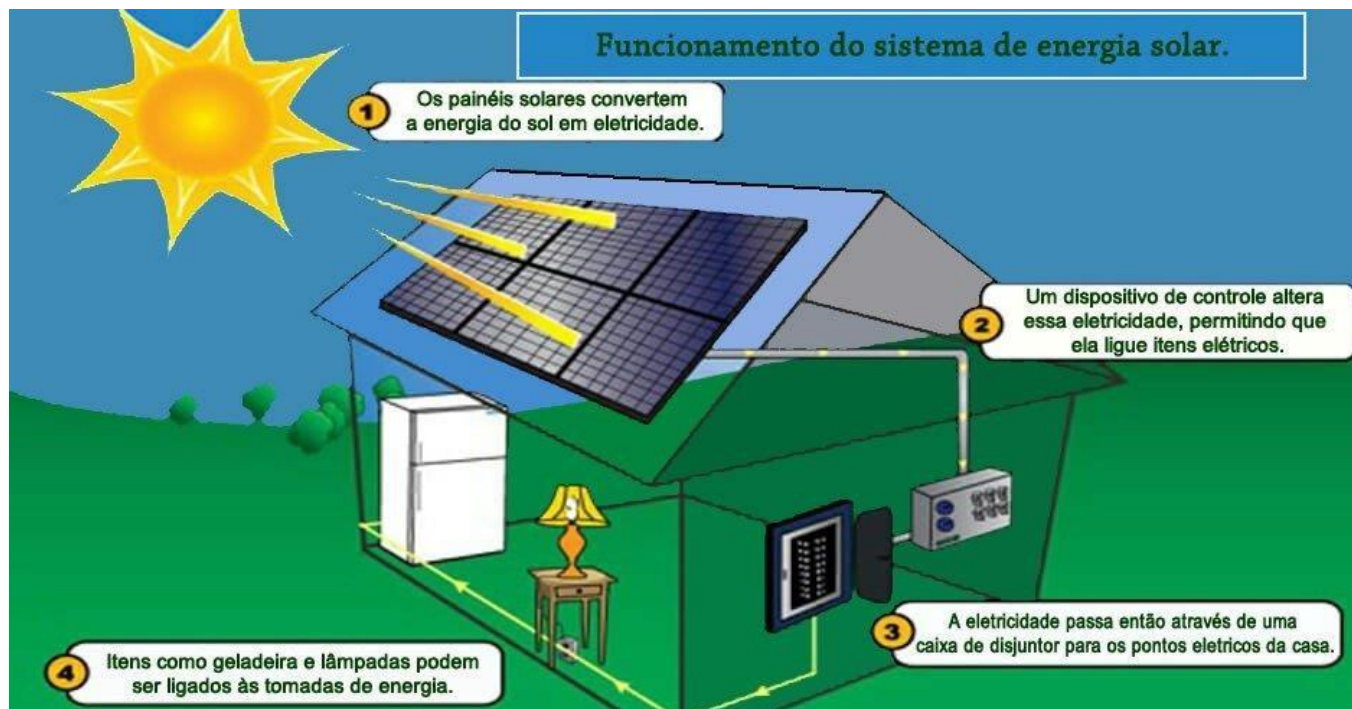
A energia fotovoltaica ou energia solar, como é comumente chamada, consiste basicamente em captar a radiação solar proveniente do sol e transformá-la em energia de uso convencional. Como destaca Torres (2012), um

dos fatores a serem destacados por esta tecnologia, é que a mesma ao longo do seu processo de gerar energia não provoca emissões de gases como o dióxido de carbono, componente químico responsável por agravantes na poluição ambiental atmosférica global, do qual provoca aumento da temperatura, aquecimento global, e agravantes relacionado com a chuva ácida. Por ser classificada como energia sustentável, potencializa o seu avanço de implementação em larga escala sendo viável como uma das soluções para o meio ambiente no futuro.

O desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Sob este ângulo, a utilização de fontes de energia renováveis merece atenção especial (Shayani A. R., Oliveira M. A., Camargo I. M., 2006, p.3). O conceito de desenvolvimento sustentável é proveniente de um processo de avaliação e reavaliação das relações entre a sociedade e o meio ambiente e, por se tratar de um processo contínuo, várias abordagens foram elaboradas e sofreram alterações gradativas ao longo do tempo, buscando um equilíbrio entre as dimensões social, econômica e ambiental. Entre os conceitos adotados pela sociedade, o desenvolvimento sustentável é entendido como sendo “aquele que atende as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (Atlas Brasileiro de Energia Solar 2ª Edição, 2020, pág. 11).

Além disso, os estudos relacionados a captação de energia proveniente por radiação solar se deram em 1839, onde o físico Alexandre E. Becquerel com seus estudos apontava sobre esta possibilidade. A primeira célula fotovoltaica surgiu em 1883 por Charles Fritts. Por se tratar de uma tecnologia limitada na época, não houve grandes avanços produtivos. A energia solar surgiu em 1954 por Russell Shoemaker Ohl, junto ao anúncio da primeira célula fotovoltaica durante uma reunião da *National Academy of Sciences*, após a descoberta do efeito fotovoltaico e dando início à utilização dos painéis solares em 1958, como mostra a matéria do Portal Solar, com o tema História e origem da Energia Solar. A Figura 5 ilustra o procedimento de energia solar, facilitando o entendimento em seu contexto ao todo.

FIGURA 5 - PROCESSO DE FUNCIONAMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA.



Fonte: SolarTec Energia Sustentável (2018)

2.2.1 Sistemas *On-Grid* e *Off-Grid*

Existem dois métodos eficientes de utilizar esta energia produzida, do qual cada um exige equipamentos adequados para o seu funcionamento, são eles os modelos *On-Grid* e *Off-Grid*.

O modelo *On-Grid* é o mais utilizado em instalações atualmente, devido ao fato de constituir um sistema operacional mais prático, por não necessitar de baterias e controladores de carga, sendo ligado diretamente na rede de distribuição, processo este que é conhecido como Geração Distribuída (GD), tornando-o mais barato em comparação ao *Off-Grid*. Contrapondo a este modelo de geração das grandes hidrelétricas adotado no Brasil, tem-se o conceito de geração de energia elétrica de forma descentralizada, também conhecida no mundo como Geração Distribuída (GD), onde a energia elétrica é produzida próxima ao ponto de consumo, evitando as perdas decorrentes do modelo tradicional de geração, transmissão e distribuição, o que contribui para a eficiência energética com a diminuição das perdas no transporte de energias (Tieplo M. G., 2015, p.52).

Um marco importante foi a regularização em abril de 2012 da Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL, onde foi definido que os minis geradores distribuídos pudessem, por meio de compensação de energia elétrica, distribuir na rede comum o excedente produzido ao longo do dia, gerando créditos de consumo ao fornecedor responsável por esta distribuição. Basicamente, ao longo do dia quando há a radiação solar e conseqüentemente, a produção de energia, faz com que a produção seja maior do que a demanda naquele momento, está energia excedente que é distribuída por meio do GD na rede elétrica comum, é disponibilizada para o uso de outras pessoas, gerando créditos no saldo do fornecedor. À noite, quando não há produção de energia por não conter radiação solar, a demanda naturalmente será maior do que a produção, e com isso é necessário utilizar a energia da rede elétrica comum. Porém, devido ao fato de o consumidor ter gerado os créditos pela “venda” da energia ao longo do dia, usa este crédito para equalizar a “compra” da energia consumida a noite, onde este processo é conhecido como sistema de compensação de energia por meio de créditos de energia solar (Strom Brasil, 2014).

Essa regulamentação, é válida para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras, e estipula duas classes de geração: a micro geração distribuída com sistemas de potência menor ou igual a 100 kW, e a mini geração distribuída com sistemas de potência superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW (Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012). A Figura 6 exemplifica melhor o funcionamento de um modelo On-Grid.

FIGURA 6 - EXEMPLO DE FUNCIONAMENTO DE GERAÇÃO *ON-GRID*.

Fonte: Strom Brasil (2014)

Já o sistema *Off-Grid*, conhecido como sistema autônomo, é similar ao *On-Grid* quanto ao fato de captação da radiação solar por meio de placas fotovoltaicas, porém neste sistema é necessário a adesão de baterias para o armazenamento de energia da qual é gerada ao longo do dia. Além da bateria, é necessário aderir no equipamento de funcionamento um controlador de carga, o mesmo tem objetivo de controlar a carga de energia que é emitido a bateria para que não haja nem excesso e nem escassez desta energia, de acordo com o uso. Não é necessária ligação a rede elétrica comum, sendo uma alternativa viável para regiões rurais ou áreas isoladas da qual não possuem ligação convencional fornecido por companhias de energia. A Figura 7 detalha o funcionamento do modelo *Off-Grid*.

FIGURA 7 - EXEMPLO DE FUNCIONAMENTO DE GERAÇÃO OFF-GRID.



Fonte: NeoSolar (2017)

Em ambos os modelos, há uma certa demanda de equipamento de acordo com o procedimento que será operado. O modelo *Off-Grid* se torna menos viável comparado ao *On-Grid* devido a necessidade de obter as baterias como funcionalidade de armazenamento de energia. Pois essas baterias no Brasil acabam se tornando caro por serem produtos importados de outros países, e a taxa de imposto colocado sobre o produto acaba o tornando caro financeiramente, e fazendo com que o retorno de investimento se prolongue mais.

O sistema *Off-Grid* tem o custo 59% mais caro, dessa forma a residência que o adquirir terá o custo nulo sobre a energia elétrica gerada pelas concessionárias no decorrer do funcionamento do sistema, já que a vida útil do sistema pode variar entre 25 anos. Em contrapartida, os sistema *On-Grid* é mais acessível e garante à residência créditos em energia sendo estes convertidos ao final do mês em redução de custos na conta de luz (Análise de Custos dos Sistemas Fotovoltaicos *On-Grid* e *Off-Grid* no Brasil, Boso A. C., Cremasco C. P., Filho L. R., Revista Científica, 2015, p.64).

2.3 Tarifas do uso de energia elétrica

A energia gerada por hidroelétricas apresenta custo considerados baixos em comparação à outras fontes, como energia térmica. Porém, esta tarifa energética pode sofrer alterações e aumentos de acordo com os níveis de reserva das hidroelétricas. Como já registrados em momentos de secas e baixo volume de chuvas, as bandeiras tarifárias, que representam o valor de taxa cobrado por kW/h, são alteradas de acordo com o volume de produção. O Quadro 1 demonstra os valores tarifários de acordo com a cor da bandeira.

QUADRO 1 – REPRESENTAÇÃO DE CORES E VALORES DAS BANDEIRAS TARIFÁRIAS.

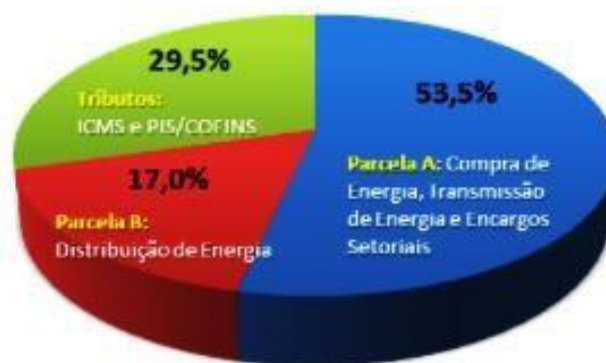
Bandeira	Condições	Custo
 VERDE	CONDIÇÕES FAVORÁVEIS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA.	NÃO ACRÉSCIMO NA TARIFA *
 AMARELA	CONDIÇÕES MENOS FAVORÁVEIS PARA A GERAÇÃO.	ACRÉSCIMO DE R\$1,50 PARA 100 QUILOWATT-HORA (KWH) *
 VERMELHA	CONDIÇÕES MAIS CUSTOSAS DE GERAÇÃO.	ACRÉSCIMO DE R\$3,00 PARA 100 QUILOWATT-HORA (KWH) *

* ACRÉSCIMO APLICADO AO PREÇO DE ENERGIA (TE – KW/H)

Fonte: Minha Casa Solar (2019)

A tarifa visa assegurar aos prestadores dos serviços receita suficiente para cobrir custos operacionais eficientes e remunerar investimentos necessários para expandir a capacidade e garantir o atendimento com qualidade (ANEEL, 2015). A Receita Anual de Geração (RAG) é o valor em Reais (R\$) a que o Gerador tem direito pela disponibilização da Garantia Física, em regime de cotas de garantia física, de energia e de potência da usina hidrelétrica. Este valor é pago em parcelas duodécimas e sujeita a ajustes de indisponibilidade ou desempenho da geração (ANEEL, 2015). No cálculo da tarifa energética, são inclusos custos como gasto com transmissão, perda de energia ao longo do caminho e impostos. O Gráfico 5 mostra o valor final da energia.

GRÁFICO 5 - VALOR FINAL DA ENERGIA.



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (2016)

O sistema fotovoltaico é considerado de alto custo para a população de baixa renda, mas em longo prazo, torna-se um recurso alternativo de baixo custo. Contudo, se torna de grande valor na produção energia elétrica, pois de acordo com os estudos, o custo do kWh da energia fotovoltaica é 76% mais barata em relação à energia produzida pelas usinas hidrelétricas, o que beneficiaria grande parte da população (Custos dos Sistemas Fotovoltaicos *On-Grid* e *Off-Grid* no Brasil, Boso A. C., Cremasco C. P., Filho L. R., Revista Científica 2015, p. 65). A energia solar ainda é um campo pouco estudado, por ser uma fonte de energia renovável ainda em pequena escala, o fator custo de instalação ainda é alto.

A conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Entre esses, destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico (Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 2016, p. 242). A Figura 8 mostra uma comparação entre as tarifas energéticas cobradas por algumas companhias de energia pelo Brasil, e o valor da própria geração solar.

FIGURA 8 - CUSTOS DE ENERGIA POR ESTADO.



Fonte: Sunenergia (2017)

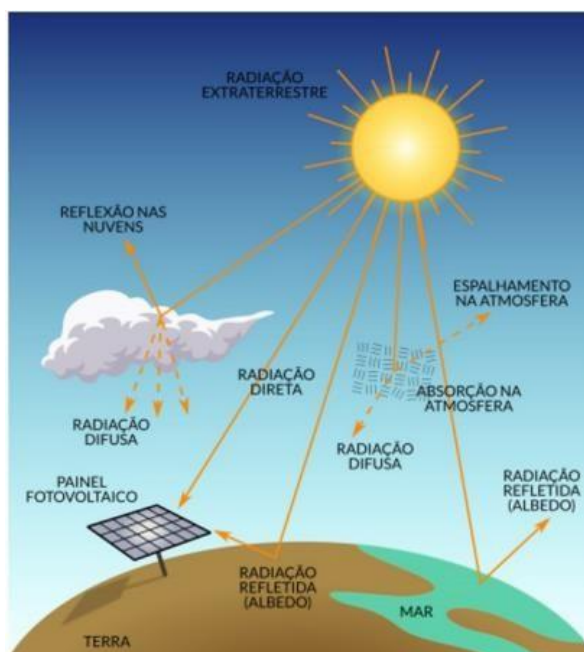
3 MATERIAS E MÉTODOS

3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS DE INCIDÊNCIA E ÂNGULO GEOGRÁFICO

3.1.1 Dados de Incidência Solar

Para calcular a incidência de irradiação solar incidente no local da instalação, deve-se considerar que a irradiação solar que chega no topo da atmosfera é de 1.367 W/m^2 . Além disso, considera-se as perdas pela massa de ar, absorção de partículas atmosféricas e materiais particulados como Ozônio, dióxido de carbono, vapor d'água, entre outros, e pela difusa e albedo, dos quais estes são responsáveis por 27% de perda. Desta maneira, generaliza-se que a quantidade de irradiação solar que atinge a superfície terrestre resulta-se em aproximadamente 1.000 W/m^2 (CRESESB, 2014).

FIGURA 9 - INDICÊNCIA DE RADIAÇÃO SOLAR TERRESTRE.



Fonte: Tiepolo (2017).

Para o projeto em questão, a obtenção dos dados de incidência solar usou-se a plataforma do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB), sendo uma ferramenta de apoio da Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) e do Ministério de Minas e Energia do Governo Federal, com fonte confiável de parâmetro.

Os dados foram obtidos mensalmente, durante o ano de 2015, e desta forma, é possível estimar um valor médio mensal. São fornecidos valores no Plano Horizontal, cuja elevação é de 0° N, e em Plano Inclinado, com elevação de 26° N. Visando o uso do Plano Inclinado para o Norte verdadeiro. A diária da média mensal é de $3,99 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia}$. A Tabela 1 demonstra os valores mensais e a média anual. A formatação do modelo é uma adaptação realizada no Excel 2013 para ficar com melhor visualização e enquadramento dentro do trabalho, porém os valores são os mesmos fornecidos pela plataforma.

TABELA 1 – IRRADIAÇÃO SOLAR NO MUNICÍPIO DE MATINHOS-PR.

Irradiação Solar diária Média Mensal (kWh/m².dia)		
Mês	Ângulo/Inclinação	
	Plano Horizontal (0°N)	Vertical (26°N)
Janeiro	5,27	4,75
Fevereiro	5,06	4,83
Março	4,34	4,48
Abril	3,58	4,09
Mai	2,93	3,67
Junho	2,46	3,20
Julho	2,50	3,17
Agosto	3,18	3,75
Setembro	3,19	3,36
Outubro	3,72	3,63
Novembro	4,75	4,35
Dezembro	5,16	4,58
Média	3,84	3,99

Fonte: Adaptado de CEPEL (2015).

3.1.2 Ângulo geográfico dos painéis

Para a definição do ângulo geográfico para a instalação dos painéis, otimizando a produtividade energética, é necessário estimar o melhor ângulo de inclinação das placas fotovoltaicas em direção ao Sol. Além dos aspectos de angulação geográfico, um conceito básico para a definição do local de instalação das placas está associado ao fato de presença de edificações, árvores etc. que possam ocasionar sombreamentos sobre a instalação. Caso isto ocorra, pode comprometer a produção energética do sistema. O gerador Fotovoltaico deve ser colocado suficientemente distante de objetos que possam encobrir a luz do sol, para que nenhuma sombra ocorra especialmente nas horas de melhor irradiância, usualmente entre as 9 e 15 horas (Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos, 2014, p.364). Por conta disto, a maioria das instalações ocorrem nos telhados dos empreendimentos e casas minimizando o risco de sombreamento ao longo do dia e conseqüentemente da produção de energia. Quanto ao aspecto de angulação, usou-se como base a Tabela 2 para a escolha do ângulo apropriado de acordo com a latitude local.

TABELA 2 - ÂNGULO APROPRIADO DE ACORDO COM A LATITUDE LOCAL.

Latitude Local	Ângulo recomendado
0° a 10°	$\alpha = 10^\circ$
11° a 20°	$\alpha = \text{latitude local}$
21° a 30°	$\alpha = \text{latitude local} + 5^\circ$
31° a 40°	$\alpha = \text{latitude local} + 10^\circ$
41° ou mais	$\alpha = \text{latitude local} + 15^\circ$

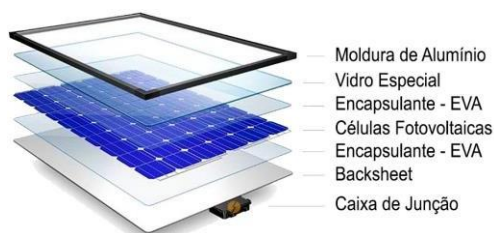
Fonte: Adaptado de Villalva e Gazoli, 2012.

Tendo em vista que o empreendimento do projeto está sob a Latitude 25°49'04", deve-se acrescentar mais 5° sobre a latitude local, sendo uma inclinação de aproximadamente 30°.

3.2 PAINEIS SOLARES

Define-se como painel solar o conjunto de células e/ou módulos que são constituídos por vidro, resina de silicone, células fotovoltaicas e moldura de alumínio compensados em uma cápsula (PASHOAL, 2018). Deste modo, a Figura 10 ilustra detalhadamente um modelo de placa fotovoltaica.

FIGURA 10 - CARACTERÍSTICAS DE UMA PLACA FOTOVOLTAICA.



Fonte: Portal Solar (2022).

Um ponto chave do projeto está associado ao fato da eficiência dos painéis solares de acordo com a demanda necessário do empreendimento e definição do dimensionamento do sistema. Uma única célula fotovoltaica produz uma tensão baixa (da ordem de 0,5 a 0,8 V para células de Silício), que não é suficiente para a maioria das aplicações práticas. Um módulo é composto por células fotovoltaicas conectadas eletricamente, com a finalidade de produzir

valores de tensão e corrente convenientes (ALMEIDA, 2012; PINHO; GALDINO, 2014).

Os módulos fotovoltaicos devem conter o selo do INMETRO, certificando de que o modelo está sob adequação das vigências de qualidade. Normalmente, estes valores são informados pelos fornecedores das placas, mas existe uma equação que permite o cálculo de eficiência das placas, conforme:

$$\eta = \frac{P_s}{P_e} = \frac{P_{mpp}/\text{área}}{\frac{\text{módulo}}{1000W/m^2}} \quad (1)$$

Sendo:

η é a eficiência do sistema;

P_s é a potência de saída;

P_e é a potência de entrada.

O responsável pela aferição e certificação da eficiência dos módulos no Brasil é o INMETRO, um selo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL também é identificado nos módulos para atestar a eficiência do módulo.

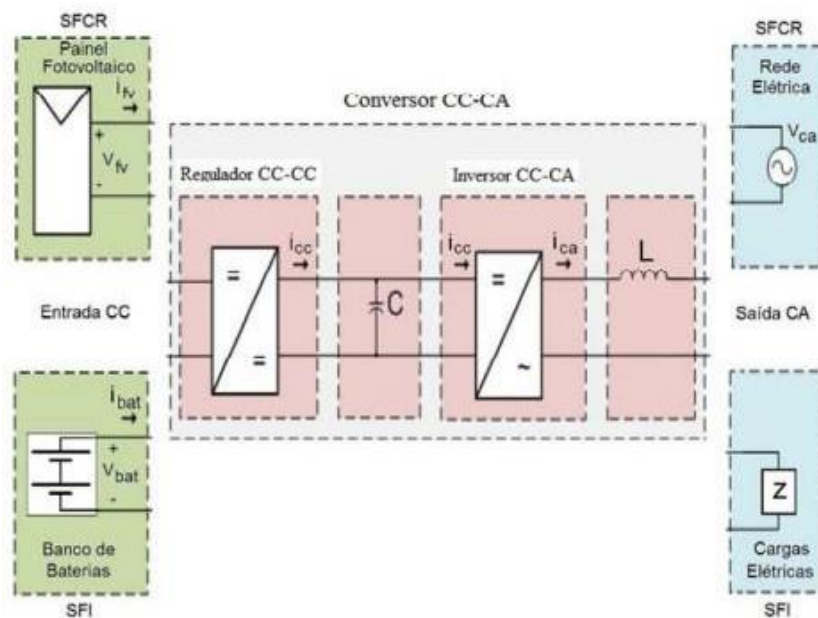
3.3 INVERSORES

Os inversores são dispositivos eletrônicos responsáveis pela transformação da corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA). A tensão CA de saída deve ter amplitude, frequência e conteúdo harmônicos adequados às cargas a serem alimentadas. Adicionalmente, no caso de sistemas conectados à rede elétrica a tensão de saída do inversor deve ser sincronizada com a tensão da rede (Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos, 2014, p.216). O valor preciso de eficiência de cada inversor é fornecido pelo fabricante do modelo junto com as demais informações do modelo em questão.

A tensão mínima proporcionada pelos módulos fotovoltaicos, que é aplicada à entrada do inversor CC-CA, deve ser equivalente ao valor de pico da tensão CA da rede, ou o dobro dela, dependendo da configuração da ponte

inversora (PINHO; GALDINO, 2014). Na Figura 11 é mostrado todo o processo dos inversores.

FIGURA 11 - FUNCIONAMENTO PASSO A PASSO DE UM INVERSOR.



Fonte: Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos (2014).

Como o projeto em questão, trata-se de um sistema fotovoltaico *On-Grid*, ou seja, com geração distribuída, considerou-se um sistema ligado à rede elétrica.

3.3.1 Fator de Dimensionamento do Inversor

O Fator de Dimensionamento do Inversor (FDI) é a grandeza que define o ponto de fluxo da potência no sistema de um inversor, sendo esta uma característica determinante para a qualificação do projeto (WANDERLEY, 2021). De acordo com COSTA (2010), o FDI consiste na importância de que, se configurado de maneira correta, é possível maximizar a eficiência do sistema. Para o cálculo desta grandeza, utiliza-se a Equação 2 que envolve a potência máxima do gerador fotovoltaico com a potência nominal do inversor.

$$FDI = \frac{\text{Potência nominal do Inversor (kW)}}{\text{Potência máxima do gerador fotovoltaico (kWp)}} \quad (2)$$

Sendo:

FDI é o fator de dimensionamento do inversor;

P_n é a potência nominal do inversor;

P_{max} é a potência máxima do gerador fotovoltaico.

3.4 NORMAS TÉCNICAS

Visando a qualidade de instalações, padronização e segurança do sistema de energia solar junto ao crescimento exponencial nos últimos anos, implementou-se as normas técnicas e regulamentações vigentes (ABNT, 2020). Neste contexto, estas Normas Técnicas visam auxiliar os parâmetros e etapas que envolvem o procedimento de instalação da energia solar.

Quanto a Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) 687/2015, estabelece a redução de tempo de concessão para obter acesso aos formulários de solicitação de instalação do projeto. Além disso, é definido as distribuidoras de microgeração, com capacidade de até 75 kW. Para a minigeração, os valores estabelecidos são de unidades geradoras superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW. Desta maneira, são pontos fundamentais para impor um divisor de água entre os consumidores residenciais e setores comerciais, industriais entre outros.

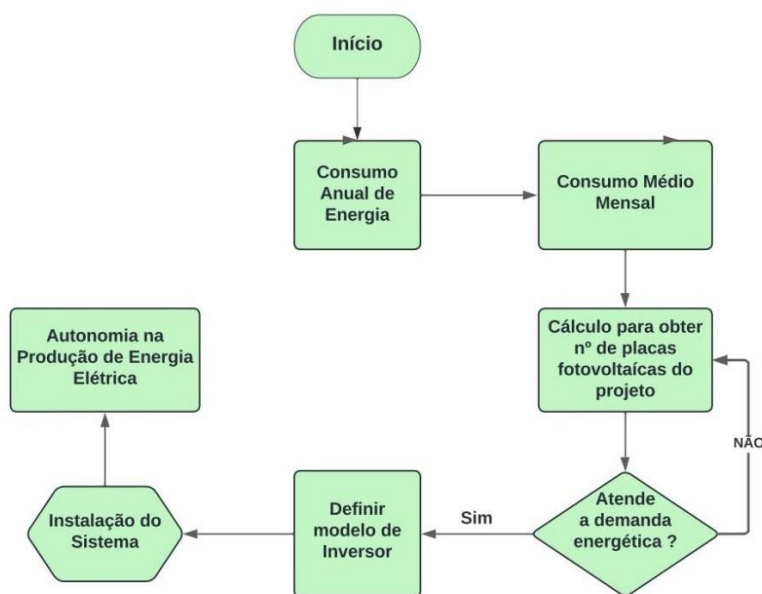
3.5 MÉTODO

O método definido para a instalação de um sistema fotovoltaico é dividido por etapas até a conclusão final do projeto. O primeiro passo é verificar o consumo mensal ao longo de um ano, e posteriormente realizar uma média mensal anual. Após a obtenção deste valor médio mensal no prazo de um ano, é possível saber a quantidade necessário de produção elétrica para suprir esta demanda, e conseqüentemente, o número de placas fotovoltaica a serem instaladas. Considerou-se para este cálculo a radiação média para o Município de Matinhos no Paraná.

Sabendo o número ideal de placas do projeto, é estabelecido o modelo adequado do inversor a suportar a demanda do projeto de forma segura. Após

estas etapas, é realizado o procedimento de instalação do sistema no local do empreendimento, para posteriormente realizar a conexão à rede pública. Vale ressaltar que para a ligação a rede elétrica pública, é necessário solicitar permissão da Companhia responsável pela administração da energia elétrica do município para esta conexão, e junto é anexado um equipamento chamado de Medido de Energia Bidirecional, sendo este o responsável pelo registro do total de corrente elétrica em kW/h distribuído a rede pública, para a geração dos créditos em a ver, e também o medidor que irá realizar a leitura do quanto de energia está sendo consumida da rede pública quando não há geração de energia pelas placas fotovoltaicas, do qual é descontado dos créditos gerados ao longo do dia. A figura 12 mostra um fluxograma, onde é abordado as etapas de forma dinâmica e objetiva.

FIGURA 12 - FLUXOGRAMA COM AS ETAPAS DO PROJETO.



Fonte: O Autor, 2022.

3.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Como toda decisão a ser tomada, estas escolhas envolvem pontos de vantagens e desvantagens sobre o meio. Com a energia solar não é diferente, e para isso, relacionou-se os pontos de vantagens e também os pontos negativos de instalação do sistema fotovoltaico.

Vantagens:

- Energia Limpa, renovável e Sustentável;
- Tecnologia que não emite gás carbônico (CO₂) ou gases poluentes;
- Vida útil do sistema de aproximadamente 25 anos;
- Economia de até 95% sobre as tarifas elétricas;
- Não ser “refém” dos tributos e impostos;
- Baixo custo com manutenção;
- Valorização da sustentabilidade;
- Fácil instalação e operação do sistema;
- Ocupa pouco espaço físico;
- Fonte de produção inesgotável.

Desvantagens:

- Alto custo de aquisição;
- Geração intermitente de energia;
- Falta de incentivos financeiros no Brasil;
- Falta de valorização ambiental do sistema;
- Alteração estética do local;
- Dependendo do dimensionamento do projeto, requer um amplo espaço físico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi elaborado um passo a passo dos dados obtidos juntos ao empreendimento Varanda Panificadora & Confeitaria, abordando gráficos e equações que favoreceram os resultados finais do valor total do projeto, tempo de retorno do investimento, potencial de lucro a longo prazo, aspectos positivos do meio ambiente e valorização da sustentabilidade como um todo.

4.1 CRITÉRIOS PARA O DIMENSIONAMENTO DO PROJETO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

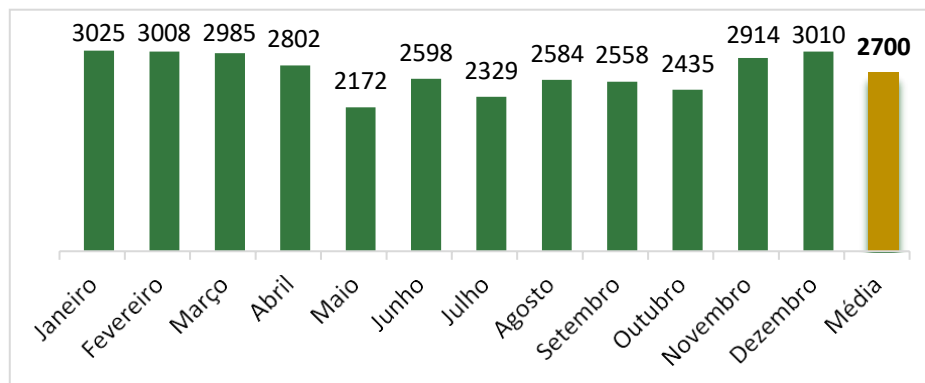
Como base para o dimensionamento do projeto, usou-se o consumo anual do ano de 2021, disponibilizado pelo proprietário do estabelecimento, e obtido o

valor médio mensal anual de energia elétrica, onde foi somado todos os consumos mensais e dividido por 12, número de meses analisados.

4.1.1 Radiação solar mensal

Para uma melhor compreensão dos dados, manipulou-se os valores no Excel 2013 e elaborou-se o GRÁFICO 6.

GRÁFICO 6 - RADIAÇÃO MENSAL AO LONGO DO ANO DE 2021 EM kWh.



Fonte: O autor (2022).

Nota-se que o mês de maior consumo foi em janeiro, sendo um dos meses mais quentes do ano que exige uma demanda maior de uso dos aparelhos de ar-condicionado, do qual utilizam alta demanda elétrica para o seu funcionamento. Além disso, o mês de menor demanda foi em maio. Portanto, o valor médio mensal ficou em 2.700 kWh.

4.2 DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS PARA O PROJETO

O valor necessário de placas fotovoltaicas que atenda a demanda do empreendimento do projeto, é preciso estimar alguns fatores que contribuam para este valor final. Deste modo, deve-se calcular a potência de pico gerada pelas placas fotovoltaicas e taxa de desempenho, sendo esta, a razão entre o desempenho real do sistema e o desempenho máximo teórico possível (LOPES, 2020).

4.2.1 Potência de Pico

A potência de pico representa o valor máximo de potência instantânea em um sistema durante um período, por estar relacionado a um curto prazo de tempo, este valor é maior do que o valor médio. Deste modo, para o cálculo da Potência de Pico (PP) do sistema fotovoltaico é necessário aderir um valor para a taxa de desempenho (TD), que será de 75%, o consumo médio diário anual e a Horas de Sol Pico (HSP) fornecidos pela CRESESB, tem um plano inclinado de 3,99 kWh/m².dia. Para o obter o valor de consumo médio diário (CMD) anual, correspondente ao valor médio de dias no mês:

$$CMD = \frac{Rad}{d} = \frac{2700}{30} = 90 \text{ kWh/dia} \quad (3)$$

Sendo:

CMD é o valor do consumo médio diário anual;

Rad é o valor médio mensal anual;

d é a quantidade de dias.

A partir disto, é possível calcular a potência de pico (PP):

$$PP = \frac{CMD}{TD*HSP} = \frac{90}{0,75*3,99} = 30,07 \text{ kwh/m}^2 \quad (4)$$

Sendo:

PP é a potência de pico;

TD é a taxa de desempenho;

HSP é a horas de sol pico.

Portanto, o valor encontrado para a potência de pico é de 30,07 kWh/m².

4.2.2 Número de placas fotovoltaicas

Com o valor de Potência de Pico da placa fotovoltaica, definiu-se o modelo do painel a ser utilizado para o projeto. Visando a maximização da produção elétrica e garantia de uso de um produto de qualidade, foi definido como modelo as placas fotovoltaicas CS2W-420P com potência de 420 W, do fornecedor CANADIAN Solar, sendo este um modelo aprovado pelo INMETRO. Esta

empresa, fundada em 2001, é uma das pioneiras no mercado da energia solar, é líder no mercado atualmente e conta com diversos prêmios de qualidade pelos seus serviços prestados. A figura 13 mostra o modelo da placa fotovoltaica.

FIGURA 13 - MODELO PLACA FOTOVOLTAICA CS2W-420P.



Fonte: CANADIAN Solar (2022).

Entre as características do modelo da placa, destacam-se:

- Potência Máxima: 420W;
- Tensão de Potência Máxima (V_{mp}): 39,5 V;
- Corrente de potência máxima (I_{mp}): 10,64 A;
- Eficiência do módulo: 19%;
- Temperatura de operação: $-40^{\circ}\text{C} - 85^{\circ}\text{C}$;
- Tolerância de potência: 10 W;
- Dimensões: 2,10m comp., 1m largura e 0,04 altura;
- Peso (kg): 24,9;
- N° de células: 144;
- Garantia: 12 anos para defeitos de fabricação e 25 anos na eficiência de potência linear.

Após definir o modelo de placa solar e sua potência, juntamente com o valor de potência de pico, realizou-se o cálculo para a quantidade de módulos fotovoltaicos (Q_m) a suprir a demanda de produção elétrica, conforme:

$$Q_m = \frac{PP}{P_{mód}} = \frac{30.070}{420} = 71,59 \text{ módulos} \quad (5)$$

Sendo:

Q_m é a quantidade de módulos fotovoltaicos;

P_m é a potência do módulo escolhido.

Como o valor obtido consiste em um número “quebrado”, não sendo exato, arredonda-se o valor para 72 módulos de placas fotovoltaicas. As placas serão alinhadas em 9 unidades em paralelo ligadas a um dispositivo “string box”. A “string box” é um componente que garante a proteção da energia CC gerada em um sistema fotovoltaico. Sendo, o responsável pela conexão alimentar a energia gerada pelas placas solares até o inversor para a conversão da mesma. Deste modo, serão necessários 8 “String box” para atender a demanda total de placas do projeto. A figura 14 apresenta a caixa “string box”.

FIGURA 14 - CAIXA *STRING BOX*.



Fonte: Meu Gerador (2022).

4.2.3 Modelo de inversor

O próximo passo para o projeto consiste em escolher um modelo de inversor que atenda a demanda de 30.070 W. Com base nestes dados, selecionou-se o modelo de Inversor Solar “Growatt” MAC 30 KTL3 -XL trifásico 220v com potência de 30.000 W, aprovado pelo INMETRO. A marca “Growatt”, fundada em 2010 na China, é a líder no mercado de inversores no mundo e acumula diversas certificações de qualidade e segurança ao longo de sua trajetória pelos seus produtos fornecidos. O tempo de vida útil do inversor é de aproximadamente 12 anos, após este período a sua eficiência pode sofrer uma redução significativa. A figura 15 mostra o modelo de inversor para uso do projeto.

FIGURA 15 – MODELO INVERSOR SOLAR GROWATT.



Fonte: Growatt (2022).

Neste contexto, destacam-se algumas características do produto:

- Máxima Potência fotovoltaica: 39.000 W;
- Máxima Tensão CC: 1.100 V;
- Tensão Nominal: 360 V;
- Máxima Potência Nominal CA: 30.000W;
- Máxima Eficiência: 98,8%.

Além dos quesitos de segurança:

- Interruptor de CC: Sim;
- Proteção CA/CC de surtos: Sim;
- Monitoramento de Resistência de Isolação: Sim;
- Proteção de curto-circuito CA: Sim.

Deste modo, deve-se otimizar a qualidade e eficiência energética do projeto, realizando o cálculo do Fator de Dimensionamento do Inversor (FDI), sendo a razão entre a potência nominal CA do inversor pela potência de pico (PP) do painel solar:

$$FDI = \frac{P_n}{PP} = \frac{30000}{30070} = 0,97 \quad (6)$$

Sendo:

FDI é a quantidade de módulos fotovoltaicos;

P_n é a potência nominal CA do inversor.

Portanto, o valor de FDI é próximo de 1, demonstrando que o projeto está de acordo com as normas e a produção energética possui 97% de eficiência.

4.3 ANÁLISE FINANCEIRA

Para a análise financeira do projeto, utilizou-se as metodologias de avaliações de Valor Presente Líquido (VPL) e do sistema *payback*. Sendo, os dois sistemas mais usados para análise de rentabilidade de um projeto em gerar lucro. O método de Valor Presente Líquido (VPL) consiste em avaliar o potencial ganho do projeto com o investimento inicial, outro fator considerado é o ganho patrimonial do imóvel após a implementação do sistema de energia solar, ou seja, uma possível valorização do estabelecimento com o investimento e energia sustentável. Existe uma equação para obter o cálculo do VPL:

$$VPL = -I + \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC.T}{(1+i)^n} \quad (7)$$

Sendo:

VPL é o valor do presente líquido;

FC é o fluxo de caixa;

I é o investimento inicial;

T é o momento em que o fluxo de caixa ocorreu;

i é a taxa de juros comparativa;

n é o período de tempo para cálculo dos juros.

Caso o VPL seja positivo, demonstrará que o projeto é rentável financeiramente, se o valor for negativo indica que o mesmo não se torna rentável para o empreendimento. Se for um valor nulo, isto sinaliza que não há nem ganhos e nem perdas.

O modelo *Payback* consiste em estimar em quanto tempo irá obter o valor de investimento inicial do projeto, ou seja, o tempo necessário para recuperar o investimento aplicado para implementação do sistema fotovoltaico. Segundo Woiler e Mathias (p. 171, 2008) a análise de retorno do investimento total é um dos parâmetros mais importantes e críticos do projeto visando a sua viabilidade, pois por meio desta análise será possível concluir se o investimento se faz rentável ou não.

4.3.1 Orçamento do projeto

Para realizar a análise crítica de viabilidade do projeto é necessário realizar o levantamento dos gastos de todos os equipamentos e ferramentas que envolvem o projeto. Quanto a parte de mão de obra do projeto, este valor não será incluso devido à falta de informação precisa neste quesito.

No que condiz sobre a porcentagem da margem de lucro do projetista sobre a realização do projeto, conversando com alguns profissionais da área, o valor médio fica em torno de 15% do valor total elaborado no orçamento. Para tal levantamento, elaborou-se uma planilha no *software Excel* considerando os gastos a fim de obter o valor final do investimento, conforme a Tabela 3.

Nota-se que é apenas uma simulação com os itens de maior importância para a implementação do sistema fotovoltaico. Não estão inclusos custos como horas técnicas de terceiros (engenheiro eletricitista, colaboradores de instalação, etc.), ferramentas de execução, peças extras das quais não foram contabilizados e deslocamentos.

TABELA 3 - ORÇAMENTO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR.

Itens	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Placas FT <i>Canadian</i> 420W	72	R\$ 1.207,36	R\$ 86.929,92
Inversor <i>Growatt</i> 30 kW	1	R\$ 14.659,57	R\$14.659,57
Perfil Estrutural p/ 4 painéis	18	R\$ 50,51	R\$ 909,18
<i>String Box</i> ABB 1000 V	8	R\$ 453,90	R\$ 3.631,20
Disjuntor C70	3	R\$ 49,99	R\$ 149,97
Condutor de 25 mm ² (m)	30	R\$ 8,75	R\$ 262,50
Conectores MC4	16	R\$ 30,49	R\$ 487,84
Execução do projeto + Lucro	15%	R\$ 16.054,53	R\$ 16.054,53

Valor Total**R\$ 123.084,71**

Fonte: O Autor (2022).

4.3.2 Gastos financeiros com consumo de energia

Além do orçamento do projeto, deve-se analisar também os valores dos gastos para o consumo de energia considerando o preço unitário por kWh, sendo este informado junto a fatura mensal da Companhia responsável pela manutenção do serviço. De acordo com os valores fornecidos pela COPEL, empresa que presta este serviço no Município de Matinhos-PR, o valor unitário por kWh custa R\$0,8611 centavos. Levando em consideração o valor médio mensal anual que nos foi obtido de 2.700 kWh, o gasto médio é de R\$2.324,97, mais R\$674,24, sendo este o imposto (ICMS de 29%) cobrado devido ao uso da bandeira 2, mais R\$ 40,00 taxa de iluminação pública (valor obrigado a ser pago), o valor total médio mensal fica em R\$3.039,21.

De acordo com a Tabela de ICMS ENERGIA de 2021, fornecida pela Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD), o ICMS base para este ano foi de 29% sobre o consumo total de kWh. Baseado nestes dados, realizou-se uma planilha com os valores gasto pelo empreendedor do projeto no ano de 2021, e também obtido o valor médio para este mesmo ano, conforme Tabela 4.

TABELA 4 - VALORES GASTOS EM ENERGIA ELÉTRICA EM 2021.

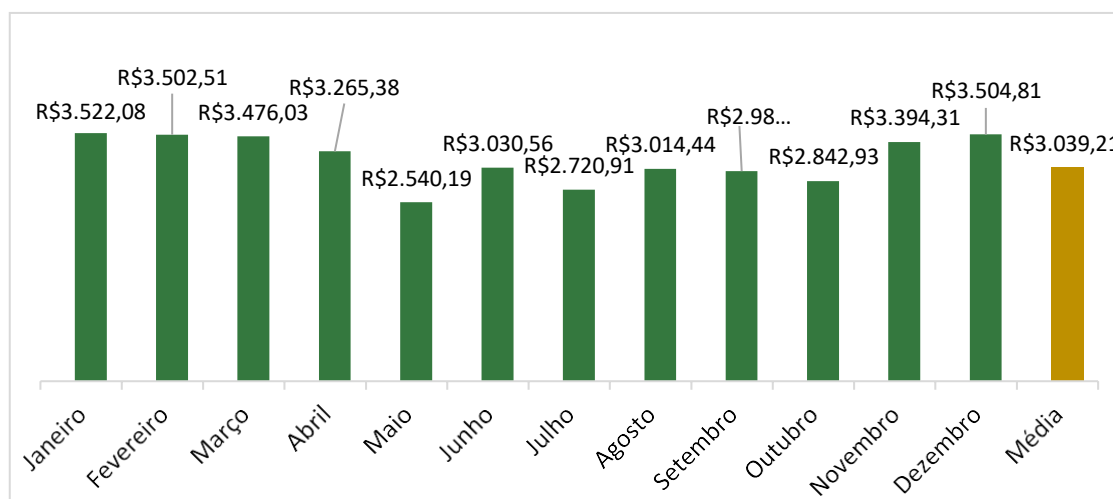
Mês	Radiação Solar (kWh)	Valor da Fatura
Janeiro	3.025	R\$ 3.522,08
Fevereiro	3.008	R\$ 3.502,51
Março	2.985	R\$ 3.476,03
Abril	2.802	R\$ 3.265,38
Maio	2.172	R\$ 2.540,19
Junho	2.598	R\$ 3.030,56
Julho	2.329	R\$ 2.720,91
Agosto	2.584	R\$ 3.014,44
Setembro	2.558	R\$ 2.984,51
Outubro	2.435	R\$ 2.842,93
Novembro	2.914	R\$ 3.394,31
Dezembro	3.010	R\$ 3.504,81

Média	2.700	R\$ 3.039,21
--------------	--------------	---------------------

Fonte: O autor (2022).

Em cima destes valores, elaborou-se um gráfico usando o *software Excel* para um entendimento mais objetivo no ano de 2021, conforme o Gráfico 7.

GRÁFICO 7 - GASTO ANUAL EM ENERGIA ELÉTRICA.



Fonte: O autor (2022).

4.3.3 Viabilidade econômica

Para esta subseção será realizada uma análise sobre a viabilidade econômica do sistema de energia solar. Com base que um sistema de energia solar de eficiência produtiva durante um prazo médio de 25 anos, sendo este o tempo de vida útil. Após este período o sistema pode sofrer quedas significativas nos valores de produção elétrica. Para o cálculo de análise, é necessário incluir alguns fatores fundamentais para a estimativa a longo prazo, como impostos e tarifas.

Segundo OLIVO (2008), devem-se considerar os índices de inflações nos projetos de longos prazos para que o mesmo esteja dentro da realidade financeira. A inflação acumulada pode alterar por completo a estimativa do projeto, principalmente pelo fato de que são acumulativos em progressão geométrica. A longo prazo, esta inflação pode gerar uma alteração significativa no valor final do projeto.

Desta maneira, destacam-se algumas considerações:

- Inflação projetado para o ano de 2022, de 5,6%. De acordo com os dados do Banco Central, fevereiro 2022;
- Inflação Energética de 9,67% para a companhia COPEL, de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 2021;
- Degradação dos painéis em 0,80% por ano;
- Custos de manutenção anual em 0,50%;
- Troca do inversor no 12º ano.

Baseado nestas tarifas, elaborou-se uma planilha no *software Excel* com os valores investidos no projeto, fluxo de caixa, economia de consumo, economia de impostos e o valor acumulado para este período de 25 anos. Desta forma, é possível obter o tempo de *payback* do investimento e possível montante acumulado ao longo deste período. O ano zero corresponde ao primeiro ano após a instalação do sistema fotovoltaico.

TABELA 5 - FLUXO DE CAIXA DO PROJETO DO SISTEMA DE ENERGIA SOLAR.

Tempo	Ano	Geração Anual (kWh)	Tarifa (R\$)	Economia de Consumo (R\$)	Economia em Impostos (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)	Valor Acumulado (R\$)
0	2022	-	-	-	-	- 123.084,71	- 123.084,71
1	2023	34.522,49	0,86	29.689,34	2.870,96	32.560,30	- 93.395,37
2	2024	34.246,31	0,94	32.299,81	3.123,39	35.423,21	- 61.095,56
3	2025	33.970,13	1,03	35.137,54	3.397,80	38.535,33	- 25.958,02
4	2026	33.693,95	1,13	38.222,04	3.696,07	41.918,11	12.264,02
5	2027	33.417,77	1,24	41.574,52	4.020,26	45.594,78	53.838,54
6	2028	33.141,59	1,36	45.217,96	4.372,58	49.590,54	99.056,49
7	2029	32.865,41	1,50	49.177,28	4.755,44	53.932,72	148.233,78
8	2030	32.589,23	1,64	53.479,51	5.171,47	58.650,98	201.713,28
9	2031	32.313,05	1,80	58.153,93	5.623,49	63.777,42	259.867,22
10	2032	32.036,87	1,97	63.232,31	6.114,56	69.346,88	323.099,53

11	2033	31.760,69	2,16	68.749,06	6.648,03	75.397,09	391.848,59
12	2034	31.484,51	2,37	74.741,47	7.227,50	81.968,97	451.930,49
13	2035	31.208,33	2,60	81.249,94	7.856,87	89.106,81	518.520,86
14	2036	30.932,15	2,86	88.318,26	8.540,38	96.858,63	592.179,55
15	2037	30.655,97	3,13	95.993,82	9.282,60	105.276,42	673.513,80
16	2038	30.379,79	3,43	104.327,99	10.088,52	114.416,50	763.182,22
17	2039	30.103,61	3,77	113.376,35	10.963,49	124.339,85	861.899,00
18	2040	29.827,43	4,13	123.199,12	11.913,35	135.112,47	970.438,55
19	2041	29.551,25	4,53	133.861,43	12.944,40	146.805,83	1.089.640,41
20	2042	29.275,07	4,97	145.433,81	14.063,45	159.497,26	1.220.414,65
21	2043	28.998,89	5,45	157.992,57	15.277,88	173.270,45	1.363.747,65
22	2044	28.722,71	5,98	171.620,26	16.595,68	188.215,94	1.520.708,33
23	2045	28.446,53	6,55	186.406,17	18.025,48	204.431,64	1.692.454,93
24	2046	28.170,35	7,19	202.446,87	19.576,61	222.023,48	1.880.242,23
25	2047	27.894,17	7,88	219.846,78	21.259,18	241.105,96	2.085.429,44

Fonte: O Autor (2022).

Para os valores apresentados na Tabela 05 foram utilizados alguns métodos de cálculos para a obtenção dos valores. A coluna de Economia de Consumo foi multiplicada o valor de consumo anual (kWh) pelo valor da Tarifa do ano equivalente. Para a coluna de Impostos, foi atribuído sobre o valor da Inflação Energética mais o ano índice correspondente ao mesmo. Já o fluxo de caixa corresponde ao valor economizado para o ano referente ao mesmo em que se encontra, sendo a soma da Economia de Consumo junto a Economia em Impostos. Por fim, para o valor acumulado, este é o montante do investimento mais ao valor total acumulado para aquele ano, sendo o valor acumulado total para cada respectivamente.

Com a Tabela 5, se torna mais fácil a análise do investimento do projeto. Nota-se ainda que a partir do 4º ano é recuperado o valor inicial do investimento e o mesmo inicia a ter lucro. Desta forma, pode-se concluir que a taxa de *payback* do projeto gira em torno de 48 meses. Para o prazo de 25 anos, o valor total economizado pode chegar em até R\$ 2.085.429,44, isto já considerando a substituição do inversor no 12º ano de funcionamento do sistema junto aos demais fatores no início desta seção.

Ademais, para o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), utilizou-se a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) a taxa Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC) prevista para dezembro de 2021 de 9,25% de acordo com o Comitê de Política Monetária, assim como o Rendimento Anual da Poupança de 0,5% ao mês, segundo o Banco Central (BC). Esta taxa SELIC refere-se à taxa básica de juros da economia e influência todas as taxas de juros do país, sendo incluso também os dados de empréstimos e financiamentos (BANCO CENTRAL, 2021). Deste modo, manipulando os dados no *software Excel*, obtém os valores da TABELA 6.

Conforme mostra a Tabela 6, é possível definir que o valor VPL é maior que zero, superando tanto a taxa SELIC quanto a taxa da poupança. Por fim, o valor de VPL, representa que o projeto em questão é viável economicamente ao proprietário do empreendimento.

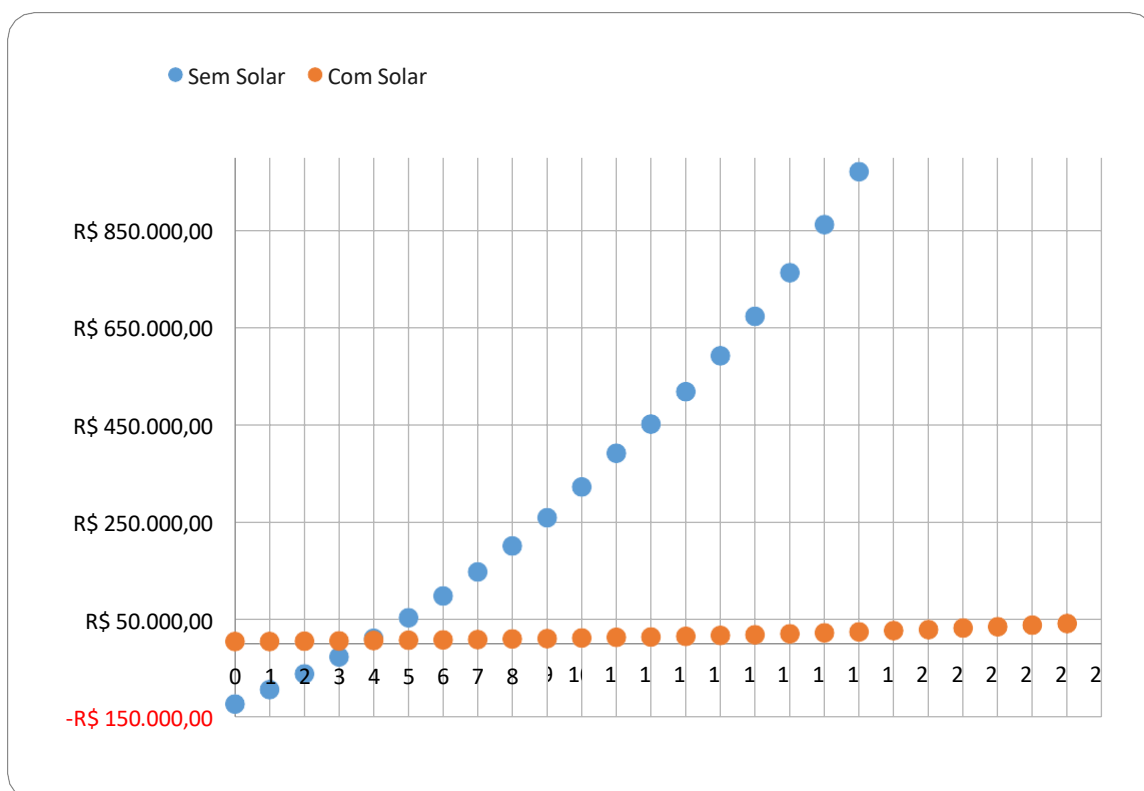
TABELA 6 - VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL) USANDO AS TAXAS SELIC E POUPANÇA.

Tempo	Ano	Fluxo de Caixa (R\$)	Valor Presente (SELIC) (R\$)	Valor Presente Poupança (R\$)
0	2022	- 123.084,71	-123.084,71	- 123.084,71
1	2023	32.560,30	32.435,60	29.837,78
2	2024	35.423,21	32.677,07	29.850,84
3	2025	38.535,33	32.939,56	29.865,03
4	2026	41.918,11	33.224,88	29.880,45
5	2027	45.594,78	33.534,98	29.897,21
6	2028	49.590,54	33.872,00	29.915,43
7	2029	53.932,72	34.238,24	29.935,22
8	2030	58.650,98	34.636,19	29.956,74
9	2031	63.777,42	35.068,58	29.980,11
10	2032	69.346,88	35.538,33	30.005,50
11	2033	75.397,09	36.048,63	30.033,08
12	2034	81.968,97	36.602,92	30.063,04
13	2035	89.106,81	37.204,96	30.095,59
14	2036	96.858,63	37.858,78	30.130,93
15	2037	105.276,42	38.568,77	30.169,31
16	2038	114.416,50	39.339,68	30.210,98
17	2039	124.339,85	40.176,65	30.256,22
18	2040	135.112,47	41.085,26	30.305,33
19	241	146.805,83	42.071,52	30.358,64
20	2042	159.497,26	43.141,97	30.416,51
21	2043	173.270,45	44.303,65	30.479,30
22	2044	188.215,94	45.564,21	30.547,44
23	2045	204.431,64	46.931,91	30.621,37
24	2046	222.023,48	48.415,67	30.701,57
25	2047	241.105,96	50.025,16	30.788,57
Valor total			842.420,43	631.217,47

Fonte: O Autor (2022).

Valorizando o potencial financeiro de viabilização do projeto de sistema fotovoltaico, elaborou-se um gráfico comparativo entre o valor economizado com energia solar ao longo dos 25 anos e o valor que seria gasto com energia elétrica nestes próximos 25 anos, mantendo uma média de consumo anual de 2.702 kWh por mês. O resultado deste comparativo é representado no Gráfico 8.

GRÁFICO 8 - COMPARATIVO DE ECONOMIA *VERSUS* GASTOS COM ENERGIA EM 25 ANOS.



Fonte: O Autor (2022).

4.4 ASPECTOS AMBIENTAIS

Para analisar-se-á sobre os aspectos ambientais de sistemas de energia solar, deve-se levar em consideração o seu processo do ciclo de vida. O ciclo de vida é um estudo sobre todos os aspectos que envolvem um produto, desde a sua extração na forma de matéria-prima até o ponto final, que é o descarte. O objetivo deste estudo é a otimização da gestão ambiental quanto aos aspectos e impactos ambientais que envolvem seu desenvolvimento e o potencial de impacto durante a sua vida. O processo ocorre pela avaliação da matéria-prima,

produção do insumo, tipos de materiais utilizados para a produção, transporte etc.

De acordo com OLIVEIRA (2017), a produção de um produto, seja qual for, pode afetar o meio ambiente de diferentes formas. Para tal, os fluxos de matéria e energia que estão relacionados a este processo de ciclo de vida para um produto em questão, apresente seu potencial de ocasionar danos ao meio ambiente. Deste modo, é possível analisar e compreender quais são os danos e/ou benefícios na fabricação e o uso deste produto.

Quanto ao sistema de energia solar, o seu maior impacto ambiental está atrelado ao seu ciclo de vida, no processo de sua fabricação, extração de matéria-prima, sendo silício em sua maioria, utilização de alguns metais que compõem o projeto, geração de resíduos e vibrações sonoras durante fabricação entre outros fatores. Porém, todos esses aspectos são desvalorizados se comparado com a sua produtividade em funcionamento. O sistema fotovoltaico, por usar do Sol, uma fonte limpa e inesgotável, para a sua geração de energia limpa ao longo dos 25 anos de vida útil, apresenta um impacto positivo sobre o meio ambiente muito maior do qual pode ocasionar de forma negativo.

O principal aspecto ambiental positivo envolvendo a energia solar é o auxílio na descarbonização e melhoria da qualidade do ar. Por ser movido a irradiação solar, não emite CO₂ em sua operação ou outros gases poluentes, diferentemente das usinas termoelétricas. Além disso, para sua implementação em uma determinada região, o impacto é próximo de zero ou até mesmo nulo na área de instalação se comparado com os danos ocasionados para a instalação de usinas hidrelétricas, onde é necessário alagar extensas áreas alterando o ciclo ecológico daquela região.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho permitiu uma análise de viabilidade econômica sobre a implementação de um sistema de energia solar fotovoltaica, baseados nos métodos de VPL e *payback* para o empreendimento alimentício, Varanda Panificadora & Confeitaria, localizada no município de Matinhos, Paraná.

Com os métodos aplicados foi possível verificar que a taxa de *payback*, do projeto é de 4 anos. A economia total ao longo dos 25 anos pode chegar em até R\$ 2.085.429,44. O VPL representou um valor positivo se comparado as taxas SELIC e da poupança. Observou-se que o investimento do projeto apresentou valores altos, principalmente as placas fotovoltaicas e inversores, onde ambos são produtos importados, e requer um investimento significativo para início de operação. Mesmo assim, o retorno positivo pode ser obtido ao longo dos anos. A independência na geração de energia elétrica está relacionada diretamente à independência financeira quanto ao gasto de energia elétrica, não sofrendo consequências por aumento em tarifas/impostos acarretados por problemas de secas hídricas e/ou problemas políticos e sócios econômicos.

Além disso, abordou-se aspectos ambientais positivos que são atrelados junto ao sistema, devido ao baixo impacto ambiental, não emitir CO₂ ou gases poluentes e diversificar as opções para geração de energia elétrica no país. O Brasil é um território abundante em radiação solar, sendo favorável para implementações como o sistema apresentado no projeto. Pode-se concluir que, a energia solar requer um certo custo de investimento elevado comparado aos outros métodos, mas o seu retorno é positivo nos aspectos financeiros e sócios-ambientais.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Visando oportunidades futuras, o trabalho apresentado possibilita a realização de projetos futuros que sigam a mesma linha de desenvolvimento no ramo de energia solar e foco na sustentabilidade. Por ser voltado ao ramo do comércio, sendo possível aplicar os métodos apresentados para outros estabelecimentos que também exijam alta demanda elétrica e faturas com alto custo financeiro. Há a disponibilidade de ser adaptado para um a implementação de um sistema fotovoltaico em uma residência, sendo este um nicho com alto potencial no mercado de energia solar.

Além destes fatores, é possível dar continuidade neste projeto elaborando melhorias nas placas fotovoltaicas ao longo dos anos e ampliação do sistema

como um todo, caso o empreendimento venha a expandir, é possível adaptar para que atenda a uma nova demanda futura.

Existem diversas oportunidades futuras a partir deste projeto, podendo ser adaptada para atender uma certa demanda ou modificada para que possa atribuir novas tecnologias e implementação de novos conhecimentos sobre o mesmo.

REFERÊNCIAS

ATLAS DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: BRASIL 2020. 1. ed. BRASIL: EPE, 2020. 1 ATLAS. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-556/Atlas%20consolidado_08_03_2021.pdf. Acesso em: 20 maio 2021.

FONTES de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira: no brasil, as mais usadas são hidrelétricas, eólicas, biomassa, solar e biogás. governo do brasil, 21 jan. 2020. disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira>. Acesso em: 20 maio 2021.

CENÁRIO ENERGÉTICO BRASILEIRO PARA O PERÍODO 2010 A 2030: Inserção de energias alternativas nos setores econômicos - VIEIRA, B. E.; ZAPPAROLI, I. D.; CALDARELLI, C. E. In: XXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA 2019, 2019, Florianópolis. ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA 2019, 2019. P. 1-18

VIEIRA, Beatriz Estulano; ZAPPAROLI, Irene Domenes; CALDARELLI, Carlos Eduardo. CENÁRIO ENERGÉTICO BRASILEIRO PARA O PERÍODO 2010 A 2030: Inserção de energias alternativas nos setores econômicos. Congresso Brasileiro de Educação, ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA 2019, ed. 23, 2019. Disponível em: <http://corecon-sc.org.br/anais-cbe2019/arquivos/anais-cbe2019-4785.pdf>. Acesso em: 20 maio 2021.

FONTES de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira. In: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (BRASIL). GOVERNO FEDERAL. Fontes de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira. BRASIL: GOVERNO FEDERAL, 21 jan. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira>. Acesso em: 20 maio 2021.

FONTES de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira. In: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (BRASIL). GOVERNO FEDERAL. MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA. BRASIL: Balanço Energético Nacional Interativo, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 24 jun. 2021.

FONTES de Energia. Empresa de Pesquisa Energética, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>. Acesso em: 4 jun. 2021.

ROSA, Antônio Robson Oliveira; GASPARIN, Fabiano Perin. PANORAMA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL. ENERGIA SOLAR, REVISTA BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR, v. 7, ed. 7, p. 140-147, 2016. Disponível em: <https://rbens.emnuvens.com.br/rbens/article/view/157/155>. Acesso em: 26 jun. 2021.

AZEVEDO, ROBERTSON F.; GARBELINI, ELLERY R.; PIAZZA, LIGIA D.; MONTENEGRO, DOUGLAS. IMPACTOS ECONÔMICOS, SOCIAIS e AMBIENTAIS de BARRAGENS e o INTERESSE PÚBLICO PRIMÁRIO. IMPACTOS AMBIENTAIS, MINISTÉRIO PÚBLICO DO PARANÁ, 29 jun. 2019. OAB, p. 1-47. Disponível em: https://meioambiente.mppr.mp.br/arquivos/File/Acervo/Apresentacao_OAB_29_06_2017.pdf. Acesso em: 26 jun. 2021.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO PARANÁ (BRASIL). GOVERNO FEDERAL et al. REVISÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS NA FASE DE INSTALAÇÃO DAS HIDRELÉTRICAS: UMA ANÁLISE DA SUB-BACIA DO ALTO JURUENAMT. 11. ed. ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA 2019, 2012. Disponível em: https://meioambiente.mppr.mp.br/arquivos/File/Acervo/Revisao_impactos_ambientais_fase_instalacao_hidreletricas.pdf. Acesso em: 26 jun. 2021.

NYS, Erwin De et al. Secas no Brasil: Política e gestão proativas. Secas no Brasil, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), Banco Mundial, 2016. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/seca_brasil-web.pdf. Acesso em: 26 jun. 2021.

KELMAN, Jerson et al. Secas no Brasil: Política e gestão proativas. In: Crise Hídrica, Estratégias e Soluções da SABESP: Para região Metropolitana de São Paulo. SABESP: SABESP, 30 abr. 2015. Disponível em: http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/chess_crise_hidrica.pdf. Acesso em: 26 jun. 2021.

GOMES, João Paulo Pombeiro; VIEIRA, Marcelo Milano Falcão. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002*. O campo da energia elétrica no Brasil, REVISTA DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA - RIO DE JANEIRO, p. 295 - 321, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rap/a/NWxd9HmK8wJBGKMPq6GcLqz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 4 jul. 2021.

SITUAÇÃO Atual da Seca no Semiárido e Impactos. In: Situação Atual da Seca no Semiárido e Impactos: No Semiárido Brasileiro e Impactos. CEMADEN: CEMADEN, Ministério da Ciência, Tecnologia e Educação, 2015. Disponível em: http://www2.cemaden.gov.br/secaeimpactos/arquivos/Boletim_Mensal_Monitoramento_Impactos_Seca_novembro_2015.pdf. Acesso em: 29 jun. 2021.

TIEPOLO, GERSON MÁXIMO. Geração de Energia Elétrica Através de Sistemas Fotovoltaicos. In: TIEPOLO, GERSON MÁXIMO. ESTUDO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE NO ESTADO DO PARANÁ. Orientador: Prof. Dr. Osiris Canciglieri Jr. 2015. Tese (DOUTORADO) - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ ESCOLA POLITÉCNICA, Curitiba - Paraná, 2015. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B9uCAMDD9bvbY2lGdUdZMmxoSEU/view?resourcekey=0-xrXbV-sQsXBSVVuS6Zer-A>. Acesso em: 3 jul. 2021.

ANÁLISE Energética e Dados Agregados referente a 2005. BEN 2006, Empresa de Pesquisa Energética, 2006. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-140/topico-125/BEN2006_Cap01.pdf. Acesso em: 3 jul. 2021.

LAYKE, Jennifer; HUTCHINSON, Norma. 3 razões para investir em energia renovável agora. WRI BRASIL, 21 jan. 2020. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/pt/blog/2020/06/3-razoes-para-investir-em-energia-renovavel-agora>. Acesso em: 4 jul. 2021.

GLOBAL Renewables Outlook: Energy transformation 2050. INTERNATIONAL RENEWABLES ENERGY AGENCY, 2020. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020>. Acesso em: 4 jul. 2021.

HISTÓRIA e origem da Energia Solar. Portal solar: Portal solar, 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/historia-origem-da-energia-solar.html>. Acesso em: 4 jul. 2021.

ENTENDENDO a Tarifa: A Tarifa de Energia Elétrica. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA, 24 fev. 2016. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/entendendo-a-tarifa>. Acesso em: 4 jul. 2021.

RECEITA Anual de Geração: METODOLOGIA DE CÁLCULO TARIFÁRIO DA GERAÇÃO. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA, 25 nov. 2015.

Disponível em: https://www.aneel.gov.br/metodologia-geracao/-/asset_publisher/vazcCC0v1xct/content/receita-anual-de-geracao/654800?inheritRedirect=false&redirect=https%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fmetodologia

TORRES, Regina Célia. Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais. 2012. Dissertação (Mestrado em Térmica e Fluidos) - Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2012. doi:10.11606/D.18.2012.tde-18032013-091511. Acesso em: 4 jul. 2021.

JUNIOR, Claudemiro Lima; RODRIGUES, Bruno Basílio; SIVA, Fabrício Villa Verde; LUZ, Leudiane Rodrigues; LIMA, Regina Lúcia Félix de Aguiar Lima. ENERGIA SOLAR: METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DO LOCAL DE INSTALAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO FOMENTANDO A EDUCAÇÃO AMBIENTAL. ENERGIA SOLAR:, Revbea, v. 13, ed. 3, p. 233-244, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/2501/1561>. Acesso em: 7 jul. 2021.

MONITORAMENTO DE SECAS E IMPACTOS NO BRASIL. CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS, 11 maio 2018. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/monitoramento-de-secas-e-impactos-no-brasil-abril2021/>. Acesso em: 14 jul. 2021.

SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E SEUS COMPONENTES. NeoSolar, 2017. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>. Acesso em: 14 jul. 2021.

PARADIGMAS da energia solar no Brasil e no mundo. ENERGIA SOLAR, CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS, v. 20, ed. 1, p. 241 - 247, 2016. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/abef/1d505c90f629dd0bf36652356482c30086aa.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2021

WANDERLEY, Rafael Bortoline. Estimativa de eficiência de inversores fotovoltaicos a partir de uma proposta de topologia de conversores modulares. 2021. 65 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2021.

TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, E. B.; URBANETZ JR, J.; PEREIRA, S. V.; GONCALVES, A. R.; LIMA, F. J. L.; COSTA, R. S., ALVES, A. R. "Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná". 1a Edição. Curitiba: INPE, 2017.

RENEWABLE Energy Jobs Reach 10.3 Million Worldwide in 2017. [S. l.], 8 maio 2018. Disponível em: <https://irena.org/newsroom/pressreleases/2018/may/renewable-energy-jobs-reach-10-million-worldwide-in-2017>. Acesso em: 16 mar. 2022.

PINHO, JOÃO TAVARES et al. MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. CEPTEL - CRESESB: [s. n.], 2014. 530 p. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em: 17 abr. 2022.

PASCHOAL, WELLISSON. CONVERSÃO DE ENERGIA: estudo comparativo da eficiência de dois modelos de painéis solares para atender a demanda da Cidade Universitária do Grupo UniS. 2018. 57 p. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (BACHAREL EM ENGENHARIA MECÂNICA) - CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS, MINAS GERAIS, 2018. Disponível em: http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/610/1/Monografia_Paschoal_OFICIAL.pdf. Acesso em: 14 abr. 2022.

LOPES, PAULO JOSÉ ALVES. ENERGIA FOTOVOLTAICA: ESTUDO DE CASO DE UMA FÁBRICA. Orientador: LEIMAR DE OLIVEIRA M.SC. 2020. 51 p. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (BACHAREL EM ENGENHARIA ELETRICA) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, CAMPO GRANDE - MS, 2020. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/19134/PAULO%20JOS%c3%89%20ALVES%20LOPES%20-%20TCC%20ENG.%20EL%c3%89TRICA%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 abr. 2022.

SCOLLA, MINÉIA. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA: UMA ANÁLISE SOB A ÓTICA DE FATORES AMBIENTAIS. Orientador: DRA. CAROLINE DAIANE RADUNS. 2020. 70 p. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA) - UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, IJUÍ-RS, 2020. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/6998/Min%c3%a9ia%20Scolla.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 abr. 2022.

INTERNATIONAL RENAWARE ENERGY AGENCY (IRENA). GLOBAL ENERGY TRANSFORMATION: A ROADMAP TO 2050. GLOBAL ENERGY

TRANSFORMATION, ABU DHABI, v. 1, p. 1-76, 2018. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_Report_GET_2018.pdf. Acesso em: 18 abr. 2022.

BANCO CENTRAL DO BRASIL (BRASIL). SELIC. In: TAXA SELIC. BRASIL, 2021. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>. Acesso em: 22 abr. 2022.