

ANA RITA FERREIRA MACHADO

**VIABILIDADE ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO DE ENERGIA  
FOTOVOLTAICA NOS ÓRGÃOS PÚBLICOS E ESCOLAS DO  
MUNICÍPIO DE TIO HUGO**

Passo Fundo

2022

ANA RITA FERREIRA MACHADO

**VIABILIDADE ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO DE ENERGIA  
FOTOVOLTAICA NOS ÓRGÃOS PÚBLICOS E ESCOLAS DO  
MUNICÍPIO DE TIO HUGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada  
ao curso de Engenharia Ambiental da  
Universidade de Passo Fundo.

Orientador: Prof. Dr Cleomar Reginatto

Passo Fundo

2022

ANA RITA FERREIRA MACHADO

**VIABILIDADE ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO DE ENERGIA  
FOTOVOLTAICOS NOS ÓRGÃOS PÚBLICOS E ESCOLAS DO MUNICÍPIO DE TIO  
HUGO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada  
ao curso de Engenharia Ambiental da  
Universidade de Passo Fundo, como requisito  
para obtenção do título de Engenheiro (a).  
Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Cleomar Reginatto

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Prof. Dr. Cleomar Reginatto

Universidade de Passo Fundo



Prof. Me. Eder Nonnemacher

Universidade de Passo Fundo



Prof. Dr. Iziquiel Cecchin

Universidade de Passo Fundo

Passo Fundo,

2022

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por tudo que em minha vida por ser meu alicerce e o meu conforto em momentos de crise e desespero, agradeço a minha mãe Loreni dos Santos Ferreira e ao meu pai Ladinor da Silva Machado, pelos incentivos, amor, ensinamentos, apoio e carinho. A todos os meus familiares que sempre lutaram comigo, pela minha felicidade me dando apoio.

Agradeço a todos os professores da Universidade de Passo Fundo pela dedicação e ensinamentos, aos meus colegas de curso que dividiram comigo tantos momentos bons e difíceis. Aos meus amigos de infância e amigos que fiz no decorrer da minha vida, pela amizade verdadeira que sempre me ofereceram, e inúmeros momentos de alegria.

Agradeço aos colegas da Prefeitura Municipal de Tio Hugo, pelo apoio e ensinamentos. Ao pessoal da Geab Consultoria Ambiental pelos conhecimentos passados.

Agradeço a minha banca do TCC pelas orientações pontuais. Agradeço ao meu orientador Cleomar Reginatto por me auxiliar na elaboração desse trabalho,

ANA RITA FERREIRA MACHADO. **Viabilidade Econômica para Instalação de Energia Fotovoltaica nos órgãos Públicos e Escolas do Município de Tio Hugo.** Ano. 2022 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2022

## RESUMO

O grande potencial de desenvolvimento de energia solar no Brasil associado às recentes regulamentações da geração distribuída possibilitaram que os consumidores passassem não só a gerar sua própria energia, mas desenvolver negócio no ramo de energia solar. O presente trabalho tem por objetivo fazer um estudo abordando os principais requisitos técnicos e econômicos para construção de uma estação fotovoltaica no Município de Tio Hugo/RS. Ao longo do trabalho foi feito dimensionamento e a escolha dos principais componentes do sistema fotovoltaico partindo desde a escolha do local de instalação da estação, módulos fotovoltaicos, inversores e estrutura de fixação. O sistema de geração fotovoltaica foi orçado em R\$ 533.251,32 com agregado de R\$ 107.568,84 correspondendo a construção do alambrado e cerceamento, monitoramento da área da estação. A viabilidade do projeto foi baseada a partir das estimativas do custo total de implantação e operação da estação, no tempo de 25 anos utilizando indicadores financeiros como Payback, TIR, VPL. O payback obteve o retorno financeiro em 4 anos, a TIR gerou um valor 26%. A implantação da usina apresentou bons resultados financeiros.

**Palavras-chaves: Energia Fotovoltaica, Usina solar, Estudo de Viabilidade.**

**ANA RITA FERREIRA MACHADO. Economic Feasibility for Installing Photovoltaic Energy in Public Entities and Schools in The Municipality of Tio Hugo.** Year.2022 f. Completion of course work (Environmental Engineering)- University of Passo Fundo, Passo Fundo.2022.

### **ABSTRACT**

The great potential for the development of solar energy in Brazil, associated with the recent regulations of distributed generation, made it possible for consumers to not only generate their own energy, but also to develop business in the solar energy sector. The present work aims to make a study addressing the main technical and economic requirements for the construction of a photovoltaic station in the Municipality of Tio Hugo/RS. Throughout the work, the design and choice of the main components of the photovoltaic system was carried out, starting from the choice of the station installation location, photovoltaic modules, inverters and fixing structure. The photovoltaic generation system was budgeted at R\$ 533,251.32 with an aggregate of R\$ 107,568.84 corresponding to the construction of the fence and fencing, monitoring of the station area. The feasibility of the project was based on the estimates of the total cost of implantation and operation of the station, in the time of 25 years using financial indicators such as Payback, IRR, NPV. The payback obtained the financial return in 4 years, the IRR generated a value of 26%. The implantation of the plant presented good financial results.

**Key-words: Photovoltaic Energy, Solar Power Plant, Feasibility Study**

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1-Matriz Energética no Brasil.....	14
Figura 2- Comparação de Fontes Renováveis Mundo .....	15
Figura 3- Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).....	16
Figura 4-Demostra o perfil energético no Brasil .....	17
Figura 5- Instalação do primeiro painel solar 1955. ....	18
Figura 6- Fabrica de Painéis Fotovoltaico no Brasil.....	19
Figura 7- Fluxo de Radiação Solar na Superfície da Terra.....	20
Figura 8- Índice de incidência Solar .....	21
Figura 9- Trajetória solar nos períodos do ano .....	22
Figura 10- Ângulo de Incidência .....	22
Figura 11- Efeito da Inclinação no Modulo Fotovoltaico.....	23
Figura 12- Representação Efeito Fotovoltaico.....	24
Figura 13- Processo de Junção p-n .....	25
Figura 14- Célula Fotovoltaica: Princípio de Funcionamento .....	26
Figura 15- Painel Fotovoltaico Monocristalino .....	26
Figura 16- Painel Fotovoltaico Policristalino .....	27
Figura 17- Célula de Silício filme Fino .....	27
Figura 18- Sistema Fotovoltaico Autônomo.....	28
Figura 19- Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede.....	29
Figura 20- Composição De Painel Fotovoltaico .....	30
Figura 21- Inversor CC-CA para sistemas On Grid.....	31
Figura 22- String Box Protetor.....	32
Figura 23- Estrutura em alumínio para Fixação de Painéis .....	32
Figura 24- Prédio da Prefeitura de Curitiba. ....	33
Figura 25- Modelo de Usina Fotovoltaica .....	34
Figura 26- Localização Município de Tio Hugo.....	40
Figura 27-Limite Município.....	41
Figura 28- Mapa Climatológico .....	42
Figura 29-- Fluxograma das etapas da pesquisa .....	43
Figura 30- Prefeitura Municipal de Tio Hugo .....	44
Figura 31- Escola Antonio Parreira e Pré Escola Arlindo Kerber .....	44
Figura 32- Escola Laurentino Machado.....	44
Figura 33- Escola Casemiro de Abreu .....	45
Figura 34- Unidade Básica de Saúde .....	45
Figura 35- Dados de Incidência solar no Município.....	52
Figura 36- Modelo da String Box Selecionada.....	55
Figura 37- Seleção das seções nominais em mm <sup>2</sup> .....	56
Figura 38- Gráfico de Despesas .....	58
Figura 39- Representação do Fluxo de Caixa Acumulado da Usina Fotovoltaica sem Juros .....	59
Figura 40- Representação do Fluxo de Caixa Acumulado da Usina Fotovoltaica com Juros .....	60
Figura 41- Mapa do Local da Estação .....	62
Figura 42- Visa Frontal da Usina Fotovoltaica.....	81

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dados de Consumo 2021 .....	51
Quadro 2- Valor de Corrente da Placa solar e do inversor solar.....	56
Quadro 3- Cenário de Juros .....	59

## LISTA DE TABELA

Tabela 1- Dados de Perda de eficiência no sistema de painéis .....	53
Tabela 2- Orçamento Previsto.....	57
Tabela 3- Payback com Cenário sem Juros .....	58
Tabela 4- Payback Previsto com cenário de Juros .....	60
Tabela 5- VPL Previsto.....	61
Tabela 6- Taxa Interna de Retorno- TIR.....	61

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
1.2	Objetivo Geral .....	13
1.3	Objetivos específicos.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	14
2.1	Energia elétrica no Brasil .....	14
2.2	Matriz Energética .....	14
2.3	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e as fontes de energia.....	16
2.4	Energia solar.....	17
2.5	Histórico da energia solar.....	17
2.6	Radiação Solar.....	19
2.7	Irradiância.....	20
2.8	Movimento Terra-Sol .....	21
2.9	Características da Energia Solar.....	21
2.9.1	Declinação Solar.....	21
2.9.2	Altura Solar .....	22
2.9.3	Ângulo de Incidência.....	22
2.10	Energia fotovoltaica .....	23
2.11	Módulos fotovoltaicos.....	24
2.12	Tipos de células fotovoltaicas .....	26
2.13	Tipos de Sistemas Fotovoltaicos .....	28
2.14	A Construção do Painel Solar Fotovoltaico .....	29
2.15	Componentes de um sistema de energia fotovoltaica .....	30
2.15.1	Inversor CC-CA .....	30
2.15.2	String Box.....	31
2.15.3	Estruturas de Suportes dos Painéis .....	32
2.16	Energia Solar em Prédio Públicos .....	33
2.17	Estações Solares .....	34
2.18	Análise de Investimento .....	35
2.18.1	Fluxo de Caixa.....	35
2.18.2	Payback .....	35
2.18.3	Valor presente líquido- VPL .....	36
2.19	Legislação.....	36
2.19.1	Geração Distribuída (GD) .....	36

2.19.2 Incentivos para Mini e Micro geração Distribuída no Brasil .....	39
2.19.3 ICMS .....	39
2.20 Estrutura Tarifária de Energia .....	39
3. METODOLOGIA .....	40
3.1 Local de Estudo .....	40
3.2 Coleta de Dados.....	43
3.4.1 Projeto do sistema fotovoltaico .....	46
3.4.2 Dados iniciais .....	46
3.5 Dimensionamento.....	46
3.6 Verificação da Escolha do inversor.....	47
3.6.1 Sistema de proteção.....	48
3.6.2 Fiação .....	48
3.7 Análise de Viabilidade econômica para Instalação de Energia Fotovoltaica.....	48
3.7.1 Payback .....	49
3.7.2 Valor Presente Líquido-VPL.....	49
3.8 Projetar um sistema fotovoltaico para lugares escolhidos .....	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	51
4.1 Coleta de dados .....	51
5 Dimensionamento e Memorial de Cálculos .....	52
5.4.1 Sistema de proteção.....	55
5.4.2 Fiação .....	56
5.5 Análise de Viabilidade econômica para Instalação de Energia Fotovoltaica .....	57
5.5.1. Orçamento .....	57
5.5.3 Valor Presente Líquido-VPL.....	61
5.5.4 Taxa interna de Retorno-TIR .....	61
5.6 Local para definição dos módulos de energia .....	61
6. CONCLUSÕES .....	63
7.SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS .....	64
8 . REFERÊNCIAS.....	65
8.APÊNDICES E ANEXOS .....	67

## 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um dos elementos fundamentais para o desenvolvimento da sociedade. O crescimento econômico de um país está diretamente associado a energia elétrica, da mesma maneira as pessoas têm uma crescente demanda por energia elétrica visando melhor qualidade de vida e bem-estar social (Villareal e Moreira,2016). Sendo assim, deve-se priorizar o desenvolvimento de tecnologias para garantir e ampliar o fornecimento de energia elétrica através de uma matriz mais limpa e sustentável.

A energia é fundamental para uma sociedade funcional. Ela é necessária para fornecer muitos serviços a quais temos nos beneficiados. A escala de seu uso está intimamente associada às suas capacidades e a qualidade de vida (Hinrichs e Kleinbach 2003).

Todos os setores da sociedade necessitam praticamente da energia para sobrevivência, como: moradia, alimentação, transporte, lazer e muito mais. O acesso a energia elétrica é consignado como um direito na Constituição Política de certos Estados. A declaração de Johannesburgo sobre o Desenvolvimento Sustentável, adotada em 04 de setembro de 2002, na Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, atesta que o acesso à energia é um “requisito básico” (“basic requirement”). O Protocolo Adicional à Convenção Americana sobre Direitos Humanos em Matéria de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (Protocolo de San Salvador) afirma que “toda pessoa tem direito de viver em um meio ambiente sadio e a contar com os serviços públicos básicos” (Brant 2016).

A obtenção de energia é variada, sendo que atualmente envolvam o termo sustentabilidade. Randolph e Masters (ADACHI, 2009) afirmam que são “padrões de progresso econômico e social atendam à necessidade do dia de hoje sem reduzir a capacidade de satisfazer necessidades futuras”.

Por isso é necessário diversificar a nossa matriz energética buscando novas fontes de energia que sejam capazes de atender as necessidades, mas também ser uma fonte de energia limpa e renovável, que consiga gerar eletricidade em comum acordo com o meio ambiente. No Brasil existe, várias fontes de geração de energia elétrica e cada uma delas possui os prós e contras, essas fontes estão sendo constantemente aperfeiçoadas para que possam gerar uma melhor e maior quantidade de eletricidade, com um custo de implantação e geração menor.

O Plano Nacional de Energia 2050, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) diz que “Em 2050, o mundo que vivenciaremos possivelmente nos apresentará uma realidade bastante distinta da que atualmente conhecemos, em todos os campos, seja ele social, econômico, energético e ambiental, entre outros.” (EPE, 2016, p.8).

Diante de um cenário onde a tecnologia fotovoltaica se desenvolveu muito, proporcionando atualmente módulos cada vez mais eficiente e menor custo, a geração de energia fotovoltaica deverá se difundir em grande escala no país, assim como já ocorre em outros países do mundo.

Esta fonte está presente em todo mundo, e tem sido constantemente objeto de estudo e com isso estão surgindo novas tecnologias para melhorar a geração e ao mesmo tempo deixando mais barata. Várias mudanças têm atingindo também as regras que regem esse tipo de geração, afim de facilitar o acesso de todos a essa nova tecnologia. Para isso foi criado o Programa de Desenvolvimento de Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), que visa estimular a geração de energia fotovoltaica pelos próprios consumidores. (Fonte)

Segundo o MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2015), a geração distribuída oferece benefícios tanto para o consumidor quanto ao setor elétrico, e que até 2030 mais de 2,7 milhões de residências poderão contar com energia produzida por ela mesma. No Brasil, em 2021 ocorreu um número recorde de novos projetos solares, a gerações distribuídas fotovoltaicas vem crescendo cerca de 230% ao ano.

Assim cada vez mais é importante e necessário ter a implantação de formas sustentáveis de energia, como a fotovoltaica, principalmente para locais de grande consumo, assim locais públicos, possibilitando mais investimentos e melhora nas questões ambientais.

## **1.2 Objetivo Geral**

Analisar a viabilidade econômica da instalação de energia Fotovoltaica nos órgãos públicos e escolas municipais do Município de Tio Hugo-RS.

## **1.3 Objetivos específicos**

- Realizar o diagnóstico de consumo energético dos órgãos públicos e escolas do município;
- Projetar um sistema fotovoltaico para os locais escolhidos;
- Realizar a análise de viabilidade econômica para instalação da energia fotovoltaica;

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão da literatura tem o objetivo de elucidar conceitos, técnicas e estado da arte, relacionados ao tema do trabalho, auxiliando no entendimento do autor assim como dos leitores do trabalho realizado.

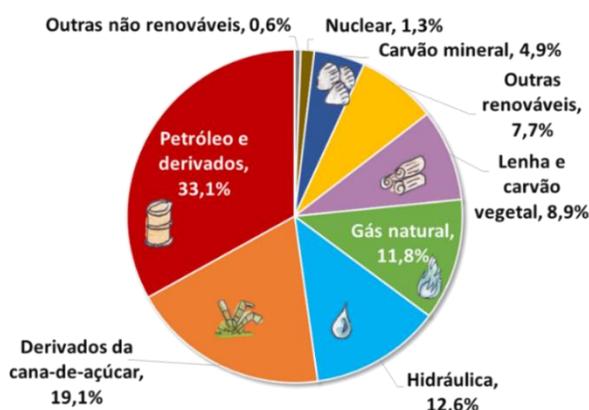
### 2.1 Energia elétrica no Brasil

A história da energia elétrica no Brasil começou pouco depois que Thomas Edison criou a lâmpada e exibiu sua criação nos Estados Unidos. Esse evento chamou a atenção de D. Pedro II, que concedeu a permissão de implementar seus equipamentos no país para fins de iluminação pública. O primeiro espaço a receber luz elétrica no Brasil foi a Estação Central da Estrada de Ferro D. Pedro II, no Rio de Janeiro. A eletricidade era gerada por um dínamo acionado por locomóveis, máquinas a vapor usadas para transportar cargas pesadas.

### 2.2 Matriz Energética

A matriz energética representa o conjunto de fontes de energia disponíveis para movimentar carros, preparar comidas no fogão e gerar eletricidade. A matriz energética é composta principalmente de fontes não renováveis, como o carvão, petróleo e gás natural. A matriz energética do Brasil é muito diferente da mundial, apesar do consumo de energia de fontes não renováveis ser maior do que o de renováveis, usamos mais fontes renováveis que o resto do mundo. Totalizamos quase 48,3% de energia de fontes renováveis, conforme apresentado na figura 1.

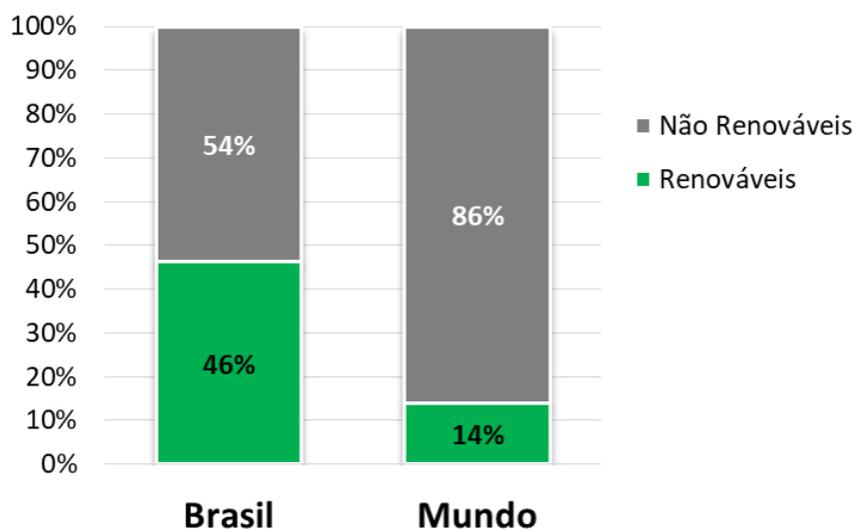
Figura 1-Matriz Energética no Brasil



Fonte: Matriz Energética Brasileira (BEM,2021).

Comparando o consumo de energia proveniente de fontes renováveis e não renováveis no Brasil e no Mundo no ano de 2019, vemos ainda um grande consumo mundial das energias não renováveis, conforme apresentado na figura 2.

Figura 2- Comparação de Fontes Renováveis Mundo



Fonte: Balanço Energético Nacional (2021).

O Brasil é uma das lideranças mundiais no aproveitamento de fontes renováveis para energia, enquanto a matriz energética mundial é composta por apenas 14% de fontes renováveis, no Brasil esta participação salta para 46% (EPE). Nos últimos anos, além da fonte Hídrica, outras fontes renováveis como a eólica e os biocombustíveis ampliaram sua presença na matriz energética, abrindo espaço para constituição de novas cadeias produtivas, a criação de empregos e o desenvolvimento tecnológico.

O Rio Grande do Sul destaca-se no desenvolvimento das fontes eólicas, biodiesel e nas pequenas centrais hidroelétricas (PCHs). Foi pioneiro na instalação do 1º parque eólico brasileiro e possui a 4ª capacidade instalada do país (16%), ocupa a 1ª posição na produção de biodiesel e participa com 12% da capacidade instalada da (PCHs). No Rio Grande do Sul, as energias renováveis respondem por 76,1% da capacidade instalada para geração de energia elétrica, com a seguinte distribuição: 50,33% (usinas hidroelétricas), 19,11% (eólica), 6,31% (PCHs) e 0,35% (Central Geradora Hidrelétrica) (Aneel). Destaca-se também pela adesão ao modelo de geração distribuída, tendo como fonte a energia fotovoltaica. No ranking brasileiro, o Rio Grande do Sul ocupa o 2º lugar em relação ao número de unidades consumidoras que geram energia fotovoltaica.

O conjunto de políticas e instituições do Rio Grande do Sul tornam o ambiente favorável para o desenvolvimento de energias limpas. O Governo do Estado desenvolve políticas que melhoram as condições de investimentos e promovem a expansão das energias renováveis. A Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento (Sema) está concluindo o Zoneamento Ecológico (ZEE), instrumento de planejamento e ordenamento territorial que apontará as peculiaridades, as fragilidades e as potencialidades, subsidiando as decisões do setor privado e a constituição e a execução de políticas públicas, recentemente foi lançado o Sistema de Licenciamento Online (SOL), garantindo mais transparência no processo de licenciamento ambiental.

### 2.3 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e as fontes de energia

Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015 e compõem uma agenda mundial para construção e implementação de políticas públicas que visam guiar a humanidade até 2030. Os ODS abordam diversos temas fundamentais para o desenvolvimento humano, em cinco perspectivas: pessoas, planetas, prosperidade, parceria e paz.

Figura 3- Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)



Fonte: ODS- GT Agenda (2030)

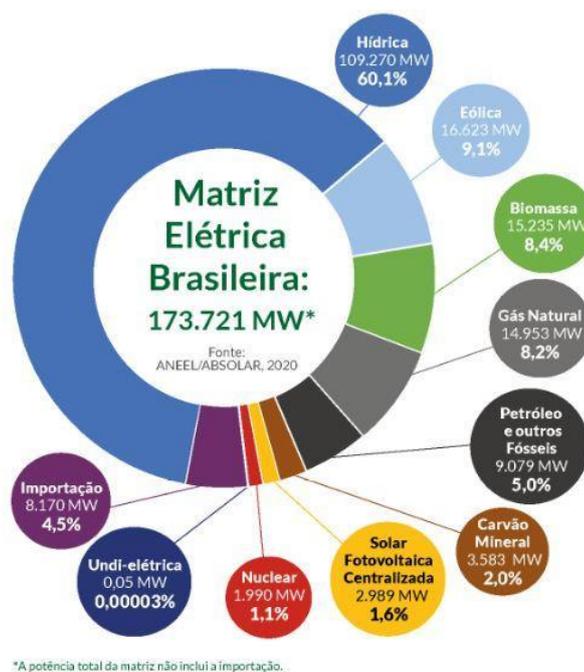
A energia solar fotovoltaica pode ajudar no cumprimento do objetivo número 7, mais especificamente da meta 7.2: “até 2030, aumentar substancialmente a participação de energia renováveis na matriz energética global”. Energia renováveis são provenientes de recursos

naturalmente supridos e renovados, como sol, o vento, a chuva, as marés e a energia geotérmica, ou as resultantes de fontes que se renovam por meio da intervenção apropriada do ser humano, como biomassa.

## 2.4 Energia solar

É o recurso natural mais abundante e com maior disponibilidade em todo planeta. O sol é uma fonte de energia de maior magnitude e longevidade que existe no planeta, devendo suprir toda necessidade da humanidade. Energia Solar é um termo que se refere à energia proveniente do sol. É utilizada em diferentes tecnologias em constante evolução, aquecimento solar, energia fotovoltaica. A Figura 4 demonstra o perfil energético no Brasil.

Figura 4-Demonstra o perfil energético no Brasil



Fonte: ANEEL/ABSOLAR(2019)

Segundo ABB (2013), “a quantidade de energia solar atingido a superfície da Terra durante um período de seis meses é igual à energia que pode ser obtida utilizando todos os recursos não renováveis da Terra combinados”.

## 2.5 Histórico da energia solar

Conforme descrito por Cresesb (2014). O surgimento da energia fotovoltaica se deu no século XIX através da descoberta do físico Francês Alexandre Edmond Becquerel que implicava

no surgimento de uma diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica exposta à luz. A crise do petróleo, renovou o interesse em desenvolver tecnologia. Porém, os módulos solares precisavam diminuir o valor para se tornar viável.

A China passa a liberar a produção fotovoltaica no mundo no século XXI, situação que se mantém até os dias atuais. Com vasta produção, os valores foram reduzidos, tornando a tecnologia mais viável economicamente. Na figura 5, podemos observar a imagem da primeira instalação de painel solar.

Figura 5- Instalação do primeiro painel solar 1955.



Fonte: IST, Universidade Técnica de Lisboa (2004).

Segundo dados do Manual de Engenharia para sistemas Fotovoltaicos do Cresesb (2014), na década de 50 iniciaram-se no Brasil o desenvolvimento de módulo fotovoltaico tendo como base o conhecimento em microeletrônica. Em 1978 foi criada a Associação Brasileira de Energia Solar (ABENS). Atualmente o governo brasileiro incentiva a indústria fotovoltaica, abrindo espaço para participação da fonte na matriz de geração de energia elétrica nacional através de leilões e programas de geração distribuída.

O Brasil conta com uma grande fábrica de módulos fotovoltaicas no Estado de São Paulo, entretanto, não produz as células fotovoltaicas por envolverem tecnologia indisponível no país, sendo então importadas, como demonstra na figura 6.

Figura 6- Fabrica de Painéis Fotovoltaico no Brasil



Fonte: Solis Energia: (2016).

## 2.6. Radiação Solar

É a energia emitida pelo sol após processo de fusão nuclear em seu núcleo. É transportada da superfície solar até o planeta, através de ondas eletromagnéticas. Esta energia é recebida de duas formas: Térmica e luminosa.

Conforma Pereira e Oliveira (2015), a radiação que incide sobre a Terra pode ser dividida em três componentes:

- Radiação Direta: Os raios de sol são recebidos pelo receptor de forma em linha reta com o sol;
- Radiação Difusa: É a luz solar recebida indiretamente, causada por obstáculos presente na atmosfera;
- Radiação albedo: Parte da energia recebida sobre a superfície terrestre é refletida de volta ao espaço.
- Os componentes da radiação se distribuem da seguinte forma
- Radiação Solar Global ou (Horizontal) é composta por componentes direta e difusa recebidas em superfície plana horizontal;
- Radiação Solar Total (ou inclinada) é composta por componentes direto, difusa, recebidas em uma superfície plana com inclinação qualquer.

A imagem 7 apresenta os componentes e o fluxo da radiação solar que ingressa na atmosfera terrestre.

Figura 7- Fluxo de Radiação Solar na Superfície da Terra



Fonte: Modificado de Nasa (2016)

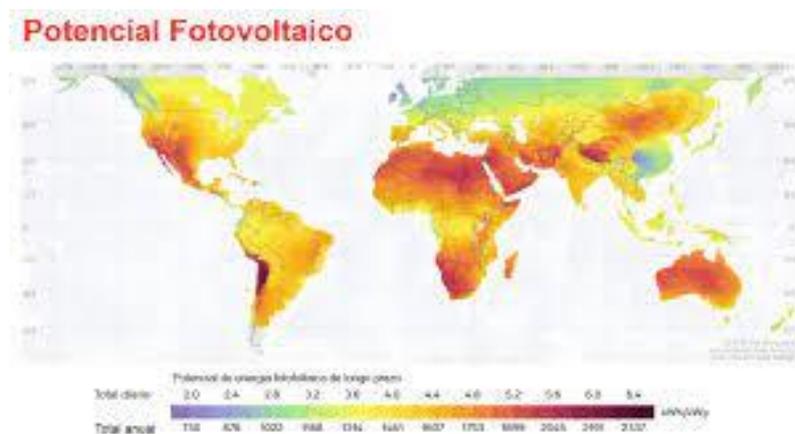
## 2.7 Irradiância

Conhecida por constante solar quando no plano, é potencial de radiação solar incidente no plano perpendicular em direção a Terra está e a distância média do sol. A constante solar depende de três parâmetros: Temperatura do sol, tamanho do sol e distância entre o Sol e a Terra.

Quando adentra a atmosfera terrestre, a constante solar, chama de irradiância neste momento, encontra-se em diversos fatores que influenciam em sua magnitude, bem como poluição, nuvens absorção, reflexão, entre outros que reduzem sua potência para aproximadamente  $1000\text{w/m}^2$ . (PERREIRA; OLIVEIRA, 2015).

Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006) os valores de irradiação solar global incidente em qualquer do território brasileiro ( $1500\text{-}2500\text{ KWh/m}^2$ ) são superiores aos da maioria dos países da União Europeia, como apresentado na figura 8.

Figura 8- Índice de incidência Solar



Fonte: ECOSOLAR energia (2022)

## 2.8 Movimento Terra-Sol

O Planeta Terra descreve uma trajetória elíptica em um plano inclinado em relação à linha imaginária do Equador.

“A disponibilidade de radiação solar depende da latitude do Local. Isso se deve ao movimento da Terra em torno do Sol, que descreve um plano inclinado de aproximadamente  $23,5^\circ$  com relação ao plano do

Equador. Esta inclinação provoca a variação da elevação do Sol no horizonte em relação à mesma hora, ao longo dos dias, determinado as estações do ano. Por causa da inclinação da Terra, a duração do dia varia de região para região, dependendo da estação do ano. As variações mais intensas de duração solar do dia entre as estações ocorrem nos polos e nos períodos de solstícios. Por outro lado, entre os trópicos e durante os equinócios as variações são bem menores.” (EPE,2007)

## 2.9 Características da Energia Solar

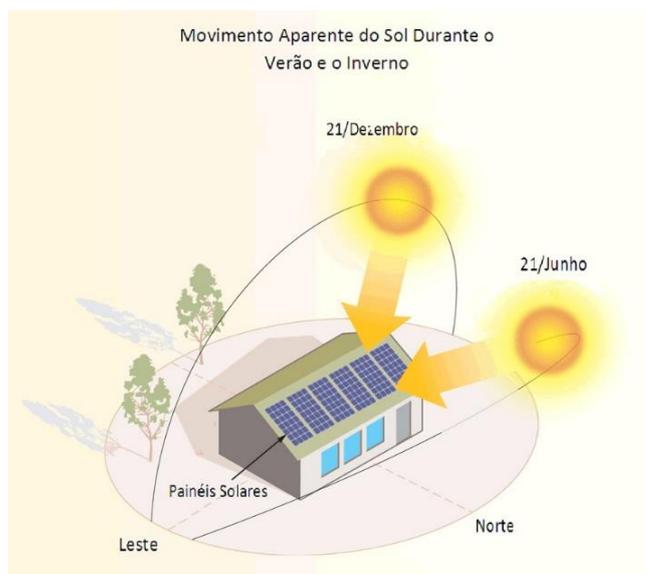
### 2.9.1 Declinação Solar

A declinação Solar nada mais é que o ângulo entre a direção da radiação Solar e o plano da linha do Equador. Este ângulo varia com respectivo dia do ano entre os limites de  $-23,27^\circ$  e  $+23,27^\circ$ . (PEREIRA, OLIVEIRA,2015).

### 2.9.2 Altura Solar

A altura solar determina o lugar do Sol na sua trajetória aparente ao redor da Terra. Está descrito em forma de coordenadas polares pelo ângulo entre o Sol e o Horizonte  $h$  ( $0^\circ$  -  $90^\circ$ ) e o azimute  $az$  ( $0^\circ$  -  $360^\circ$ ). O sol percorre trajetórias com diferentes inclinações durante dias e anos, devido ao seu ângulo. Como apresentado na figura 9

Figura 9- Trajetória solar nos períodos do ano

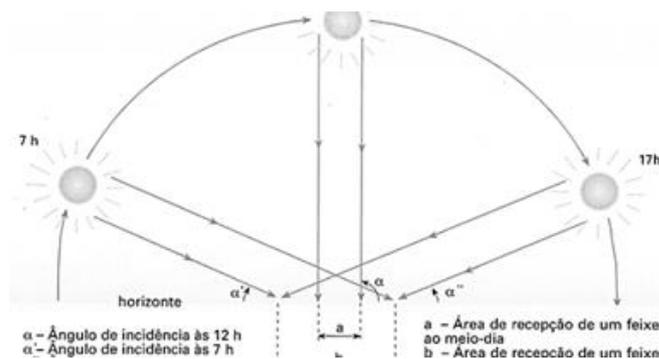


Fonte: Adaptado de Optpower (2021)

### 2.9.3 Ângulo de Incidência

O ângulo de incidência é o ângulo formado entre a linha da radiação direta do sol e a linha imaginária perpendicular à superfície receptora. A temperatura também varia anualmente, devido ao movimento de translação da Terra. Demonstrando o ângulo de incidência na figura 10.

Figura 10- Ângulo de Incidência



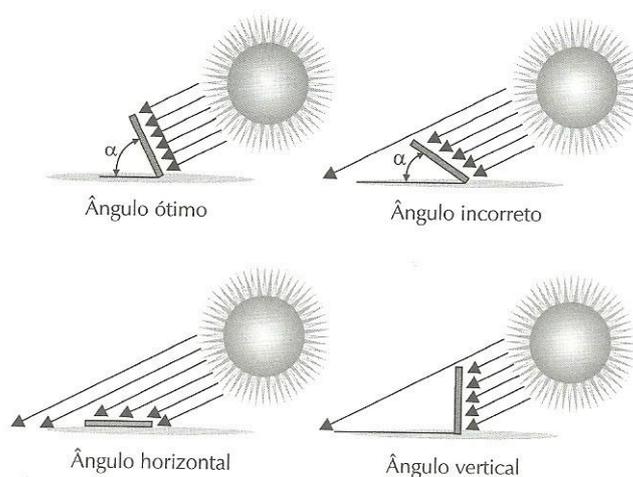
Fonte: Wikipédia//Gary.A.Smith, Auroura-Prentice Hall, Inc.(2005)

Na figura 11 apresentada pode-se perceber que o ângulo de incidência possui importância para a definição da inclinação dos módulos fotovoltaicos, que devem variar em função da latitude e geográfica do local de instalação.

Segundo VILLALVA (2015), como a maior parte do sistema possui ângulos fixo de inclinação é necessário escolher um ângulo por algum critério, e a escolha incorreta da inclinação pode reduzir a captação dos raios solares comprometendo a geração de energia elétrica pelo sistema fotovoltaico.

Não existe um consenso geral sobre melhor método de escolher o ângulo de inclinação, a inclinação horizontal favorece a geração de energia no verão, já a inclinação vertical é a mais apropriada para o inverno, assim sendo é preciso definir uma latitude geográfica como um ângulo de inclinação que vai permitir uma boa geração de energia no decorrer do ano. (VILLALVA,20017). Como apresentado na figura 11.

Figura 11- Efeito da Inclinação no Modulo Fotovoltaico



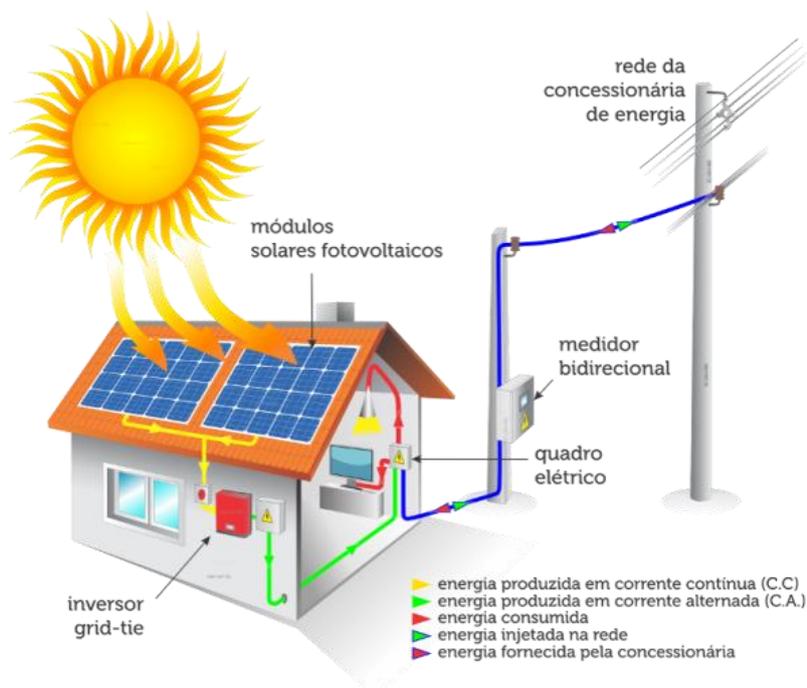
Fonte: Eletrical, (2017)

## 2.10 Energia fotovoltaica

O efeito fotovoltaico é o fenômeno físico que permite a conversão direta da luz em eletricidade. Esse fenômeno ocorre quando a luz ou radiação eletromagnética do sol, incide sobre uma célula composta de materiais semicondutores com propriedades específicas. (VILLALVA; GAZOLI, 2012). O efeito fotovoltaico, relatado por Edmond Becquerel em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. Semicondutores são matérias caracterizados pela

presença de bandas de energia onde é permitida a presença de elétrons (de valência e bandas de condução) e de outra totalmente vazia (banda proibida ou gap). (Machado,2015)

Figura 12- Representação Efeito Fotovoltaico



Fonte: Solup (2022)

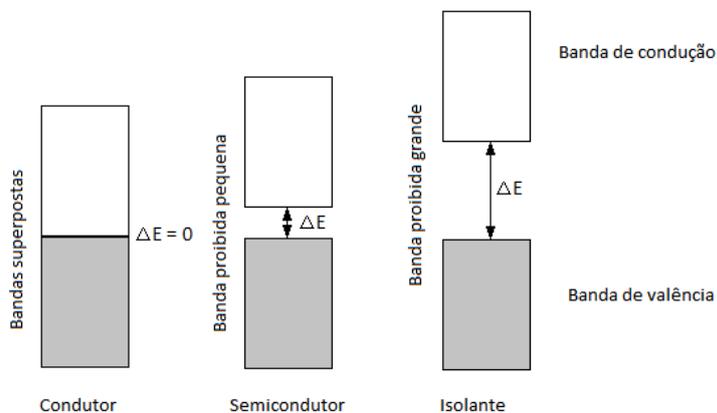
## 2.11 Módulos fotovoltaicos

### Princípios de Funcionamento

Conforme Cresesb (2014), alguns elementos químicos, são chamados de semicondutores, que se caracterizam por possuírem em sua composição uma banda de valência preenchida por elétrons e outra preenchida com uma banda de condução sem elétrons na temperatura zero absoluto (0 K), o que se torna um elemento isolante nesta temperatura.

A estruturas de bandas é um modelo científico bem estabelecido que mostra quais os estados ou níveis de energia os elétrons podem ocupar em um determinado material. A figura 12 apresenta a estrutura da banda de energia de um material condutor semiconductor e um isolante. Como mostrado na figura abaixo da Estrutura de Banda.

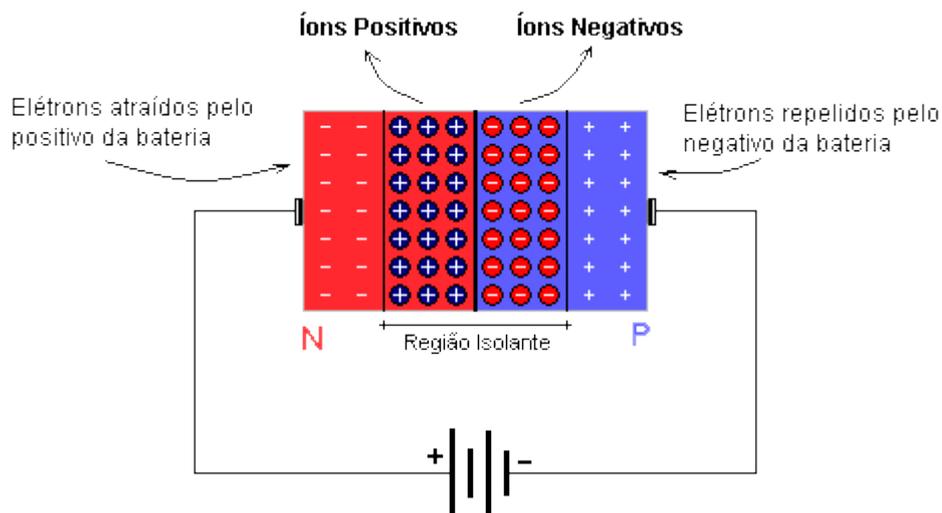
Figura 13- Estrutura de Banda de Energia.



Fonte: Cresesb (2014)

Com o aumento da temperatura ocorre a excitação térmica nos elétrons banda de valência proporcionando um aumento da condutividade destes elétrons que se movimentam para a banda de condução, deixando a banda valência lacunas nos lugares onde antes ocupavam, tornando estas lacunas cargas positivas. A figura 13 apresenta o processo de junção p-n, utilizado nos módulos fotovoltaicos.

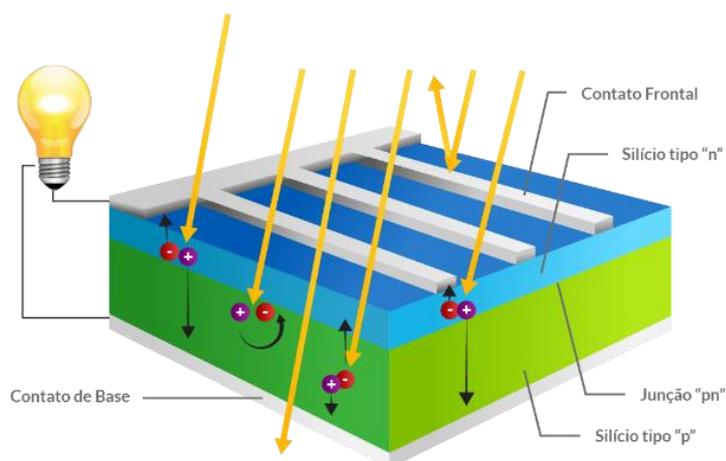
Figura 13- Processo de Junção p-n



Fonte: Instituto Federal Santa Catarina (2016)

Os elétrons livres e as lacunas livres tendem a se estabilizar na região isolante, ou seja, nessa região não haverá diferença potencial, entretanto nas regiões mais afastadas, haverá uma diferença potencial. Esta diferença de potencial que irá possibilitar a geração de energia elétrica no efeito fotovoltaico. Na Figura 14, podemos observar o funcionamento.

Figura 14- Célula Fotovoltaica: Princípio de Funcionamento



Fonte: BlueSol (2017)

## 2.12 Tipos de células fotovoltaicas

- Painel de Silício Monocristalino

A fabricação de painéis monocristalino é uma das mais antigas e relação a outras que apresentam um alto poder de eficiência de captação, uma das vantagens é ocupar pouco espaço. O painel monocristalino é facilmente reconhecido devido a suas características como cantos arredondados e com uma cor uniforme que indica silício com alta pureza. Uma das desvantagens é serem bem mais caros. Outro fator que desfavorece é que as células de lingotes cilíndricos de silício precisam ser cortadas, o que significa muito material perdido. Mostrando na figura 15:

Figura 15- Painel Fotovoltaico Monocristalino



Fonte: Portal Solar (2020).

- Painel Fotovoltaicos Policristalino

A fabricação policristalino os cristais são fundidos em blocos, assim a formação de múltiplos cristais é preservado, por isso o nome de policristalino. Após serem fundidos os blocos são fatiados em células. Porém, possuem menos eficiência do que os monocristalinos, por possuírem menos silício puro. A vantagem é serem mais baratos, e a quantidade de material perdido é muito menor. A figura 16 apresenta o painel policristalino

Figura 16- Painel Fotovoltaico Policristalino



Fonte: PortalSolar (2020)

- Filmes finos de Silício

Os filmes de finos são fabricados a partir da deposição de finas camadas de matérias que poder ser silício ou outro, sobre uma base que pode ser rígida ou flexível. Uma das vantagens sobre os filmes finos é o aproveitamento da luz solar para baixos níveis de radiação. Porém, tem baixa eficiência e precisam de uma área muito maior. Outra desvantagem considerável é o fato de sofrerem degradação muito mais rápida. Demonstrado na figura 17.

Figura 17- Célula de Silício filme Fino



Fonte: Canal Solar (2020)

## 2.13 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas Fotovoltaicos podem ser classificados basicamente em dois tipos:

- Sistema Fotovoltaicos Autônomos

O sistema fotovoltaico autônomo é conhecido também é conhecido como off-grid, é o tipo de sistema que não é conectado à rede, por isso precisa de um banco de baterias para armazenar toda energia gerada. Este sistema pode usar uma ou várias placas fotovoltaicas dependendo da necessidade do consumidor. Segundo VILLALVA (2015), muitos lugares no Brasil não são atendidos por rede elétrica, nesse caso o sistema autônomo é a melhor opção para substituir geradores movidos a diesel, proporcionado assim uma redução da poluição e dos ruídos gerados. Demonstrado na figura 18:

Figura 18- Sistema Fotovoltaico Autônomo



Fonte:CRV Energia Solar (2021)

- Sistemas Fotovoltaicos Conectado à Rede (SFVCR)

Sistema fotovoltaicos conhecido também como on grid é aquele que o usuário esta conectado á rede (como apresentado na figura 19) com o objetivo de gerar créditos é o tipo de sistema mais usado, nesse sistema não se utiliza de baterias para armazenamento de energia, uma vez que toda energia excedente é introduzida diretamente na rede da concessionária transformando-se em créditos.

Com esse sistema o consumidor nunca ficará sem energia, pois o sistema on grid trabalha em paralelo com a rede da concessionária, assim nos dias nublados ou chuvosos a concessionária

garante o abastecimento. Segundo VILLALVA (2015), alguns países incentivam os consumidores a produzirem energia excedente e estes são remunerados pela energia exportada.

Sistema Fotovoltaicos on grid podem ser divididos em três categorias micro geração com potência de até 100 Kw; mini geração com potência variando entre 100 Kw e 1 Mw e por fim usina de eletricidade com potência acima de 1 Mw.

Figura 19- Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede



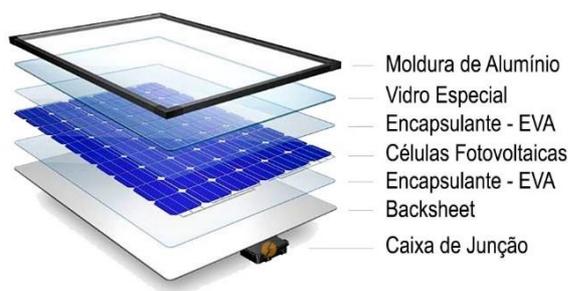
Fonte: Solar Brasil (2020)

## 2.14 A Construção do Painel Solar Fotovoltaico

As células fotovoltaicas individuais são conectadas usando uma faixa condutora extremamente fina. O painel fotovoltaico é formado pelos seguintes componentes, vidro temperado feito especificamente para painéis fotovoltaicos é um vidro ultra puro com baixo teor de ferro desenvolvido para refletir menos deixando passar o máximo de luz, esse vidro fica na parte frontal do painel, após o vidro vem um vidro encapsulante (EVA) é um material selante, que tem função de proteger as células do envelhecimento provocados pelos raios UV, temperaturas extremas e da umidade, em seguida vem as células fotovoltaicas é o coração de todo sistema elas são extremamente finas com menor de 2 mm de espessura, as células são precedidas de outro filme encapsulam-te, logo em seguida aparece o Backsheet material plástico branco que tem função de proteger os componentes internos do painel e ainda funcionar como isolante elétrico, por fim tem a caixa de junção e os diodos de Bypass que garantem a funcionalidade e a segurança do painel, tudo isso envolto por uma moldura que normalmente é feita de alumínio por se tratar de um equipamento que precisa ser mais leve possível.

Segundo o Portal Solar, cada componente do painel agrega um valor ao custo final do painel, as células fotovoltaicas correspondendo a 60% do custo, já o vidro temperado corresponde a 10% do custo, filme encapsulante (EVA) e Backsheet e a moldura de alumínio adicionam 8% ao valor do painel cada um, a caixa de junção representa 6% desse valor.

Figura 20- Composição De Painel Fotovoltaico



Fonte: PORTAL SOLAR(2022)

## 2.15 Componentes de um sistema de energia fotovoltaica

### 2.15.1 Inversor CC-CA

Um sistema fotovoltaico instalado gera energia em corrente contínua (CC) essa energia precisa ser transformada para corrente alternada, e o responsável por esse feito é o inversor (CC-CA), além de transformar energia gerada para uso do inversor também trabalha na segurança do sistema e ainda faz a medição da energia gerada.

Segundo o Portal Solar (2017), os usuários precisam prestar atenção nas características dos inversores Grid Tie, para que seja feita a escolha certa do inversor que atenderá as necessidades do sistema a ser instalado, por exemplo: Potência nominal de saída que o valor expressado em watts ou Kilowatts indica a potência máxima de saída, tensão de saída é o valor indica a porcentagem da energia gerada que será utilizada ou perdida, aconselha-se a utilização de inversores com eficiência acima de 94% pois abaixo disso as perdas serão muito grandes, correntes máximas de saída é o valor máximo de corrente alternada que o inversor conseguirá fornecer, por fim a quantidade de MPPT (maximum power point tracking) que diz respeito a rastreamento do ponto máximo de potência essa características permitem que o usuário possa usar sistema nos dois lados do telhado, por exemplo o cliente pode usar metade dos painéis com a face voltada para o norte e a outra metade para o leste.

Figura 21- Inversor CC-CA para sistemas On Grid



Fonte: Intelbras,2022.

### 2.15.2 String Box

Segundo o PORTAL BRASIL (2021), o Brasil é o líder mundial na incidência de raios, que entre 2000 e 2019 mais de 50 milhões de raios atingiram o país, mais de 1700 pessoas perderam a vida em acidentes provocados por raios. Cerca de 90% das descargas atmosféricas ocorrem no período que abrange a primavera e o verão isso ocorre por que essas são as estações mais quentes do ano.

Por causa desse alto número de descargas atmosféricas é necessário um cuidado a mais os sistemas fotovoltaicos, pois os raios podem causar desde incêndios até mesmo a perda de equipamentos ou ocasionar surtos em equipamentos. Para a proteção dos sistemas fotovoltaicos é recomendado a utilização de String Box.

Segundo a SICES SOLAR (2017), string Box é um quadro elétrico de proteção, esse quadro possui conjuntos de dispositivos aptos a intervir, protegendo o sistema e o inversor.

Aconselha-se a instalar a string box o mais próximo do inversor, sendo necessária a instalação de outro string box próximo aos módulos caso a distância entre os módulos e o inversor seja maior que 10 metros.

De acordo com ENEL SOLUÇÕES (2020), a string Box deve ser conectada ao inversor e ao quadro de proteção da rede, assim estando conectada ao lado da corrente contínua (CC) tanto as placas fotovoltaicas quanto a instalação serão protegidas, estando conectadas ao lado da corrente alternada (CA) a string atuará na proteção da instalação contra a descargas atmosféricas. A figura 22 a seguir mostra uma string box já montada pronta.

Figura 22- String Box Protetor



Fonte: Bio,2022

### 2.15.3 Estruturas de Suportes dos Painéis

Estruturas de suporte é a parte de todo o sistema responsável por fixar os módulos fotovoltaicos em qualquer que seja a superfície, por se tratar de uma estrutura que na maioria das vezes fica sobre os telhados, é preferível que essa estrutura seja confeccionada de alumínio por ser um material leve e resistente.

A figura a seguir 23 mostra um exemplo de estruturas para fixação dos painéis fotovoltaicos, essa estrutura pode variar conforme o tipo de telhado ou estrutura que irá receber o sistema de geração.

Figura 23- Estrutura em alumínio para Fixação de Painéis



Fonte: SUN ENERGY,2022

## 2.16 Energia Solar em Prédios Públicos

Várias cidades estão colocando em pauta a utilização de energia solar em seus prédios, para isso é necessário realizar um estudo de viabilidade pois algumas cidades podem ser vantajosas o investimento enquanto em outras cidades talvez o investimento não seja justificável. A cidade de Birigui no interior de São Paulo, aprovou uma lei sobre implantação de energia fotovoltaica em prédios públicos do município, com a lei sancionada prédios públicos como hospitais, creches, posto de saúde entre tantos poderão captar energia solar e gerar economia ao município (LOTTO,2015).

Prédio do ministério de minas e energia já é abastecido com energia solar, foi inaugurada no dia 17/11/2016 a primeira usina solar distribuída em prédio do governo federal (Acesso de Comunicação Social do Ministério de Minas e Energia,2015).

O poder público de Santa Catarina também está utilizando deste tecnologia. O prédio da reitoria da Universidade do Estado de Santa Catarina (Udesc) em Florianópolis, tem instalado 156 painéis.

Em Curitiba, no Paraná, o prédio da prefeitura é um dos exemplos que utiliza energia fotovoltaica no telhado do prédio, com 439 painéis e o uso de lâmpadas led, que reduziu em 50% o valor da conta de energia elétrica. O projeto tem tempo de pagar o investimento da conta em sete anos. Na figura 24 abaixo podemos observar a instalação na prefeitura.

Figura 24- Prédio da Prefeitura de Curitiba.



Fonte: Canal Solar (2020)

## 2.17 Estações Solares

O avanço de novas tecnologias de geração de energia elétrica, associado à redução de seus custos e a mudanças na regulamentação, permite a viabilização de novas relações comerciais no setor de eletricidade. A geração distribuída fotovoltaica, bem como de outros recursos energéticos, possibilita ao cliente uma nova visão sobre geração e o consumo de energia, oferecendo-lhe soluções de acordo com a sua necessidade desde de econômicas, como por motivos ambientais, sociais ou de segurança energética. Assim, ela abre espaço para novos modelos de negócio no mercado de energia (Souza,2020).

A usina fotovoltaica instalada geralmente em área rural ou em locais mais afastados dos centros urbanos. O termo “fazenda solar” surgiu quando alguns fazendeiros começaram a “cultivar” energia solar em suas terras para revender para distribuidoras. Atualmente, no Brasil não é possível vender a energia gerada em uma usina solar diretamente para concessionária de energia, isto só é possível através de leilão. O modelo de usinas solares corresponde a uma solução inovadora para diminuir os custos de aquisição de um sistema fotovoltaico. Como representado na figura 25.

Figura 25- Modelo de Usina Fotovoltaica



Fonte: Portal Solar (2022)

## 2.18 Análise de Investimento

Os investimentos são as ações realizadas com a finalidade de obter lucro com ou benefícios. Um investimento envolve um desembolso de dinheiro equivalente a um valor em troca de uma quantidade de maior valor. Os investimentos são uma prática comum na economia.

Os investimentos são, aplicações que envolvem os mais diversos riscos, a análise racional do modo que o investimento será retomado ao longo do tempo pode garantir o sucesso, para tal análise, diferentes metodologias poder ser adotadas, dentre elas o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), Payback e LCOE. O mercado tem por objetivo obter a máxima lucratividade com os menores custos.

### 2.18.1 Fluxo de Caixa

Dentre os itens necessários para análise quantitativa da viabilidade de um investimento, o fluxo de caixa é considerado como um dos aspectos mais relevantes na decisão, sua relevância é definida com base na base na confiabilidade e na exatidão dos fluxos de caixa estimados (KASSAI et al. 2000). Fluxo de caixa é o movimento de entradas e saídas de dinheiros do caixa da empresa, ou seja, o que se recebe e o que se paga em um negócio, Para ter um controle de fluxo de caixa, precisa se ter um controle detalhado que ganhos e gastos.

### 2.18.2 Payback

O payback é utilizado para verificação quanto um investimento se pagará e trará ganhos efetivos. Abreu filho (2007, p.78) relata:

“O critério consiste em somar os valores dos benefícios obtidos pela operação do projeto. O período payback é o tempo necessário para que esses benefícios totalizem o valor do investimento feito”

Existe dois tipos de payback: simples e o descontado. A diferença é que no modelo simples vai somente considerar o valor do que foi investido sem considerar o valor do dinheiro no tempo e no modelo descontando, o valor do dinheiro é levado em conta no decorrer do tempo.

### 2.18.3 Valor presente líquido- VPL

O método VPL, também conhecido, conhecido também como valor presente líquido, é um dos critérios mais recomendados por especialistas em finanças para decisão de investimentos. Esta recomendação esta fundamentada no fato que o VPL considera o valor temporal do dinheiro.

Desta forma, o valor de presente líquido (VPL) de um projeto de investimento pode ser definido como a soma algébrica dos valores descontados do fluxo de caixa a ele associado. Em outras palavras, é a diferença do valor presente das receitas menos o valor presente dos custos.

$$VPL = - CF_0 + \sum \frac{CF_j}{-(1+i)^n}$$

## 2.19 Legislação

### 2.19.1 Geração Distribuída (GD)

O artigo 14º do Decreto Lei nº 5.163/2014 Define Geração Distribuída da seguinte forma:

“Considera-se geração distribuída a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários de distribuição ou autorizados (...) conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente de empreendimento: hidrelétrico com capacidade instalada superior a 30 MW; termelétrica, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a 75%”. (BRASIL,2004).

A partir da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 tornou-se possível a geração de energia elétrica pelo próprio consumir. A norma estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeração aos sistemas de distribuição de energia elétrica e cria o sistema de compensação de energia elétrica, que permite ao consumidor gerar em sua unidade consumidora e trocar energia com a distribuidora local.

“A resolução autoriza o uso de qualquer fonte renovável, denominam-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada de até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída- aquela com potência acima de 75 KW e menor ou igual a 5MW (sendo 3 MW para fonte hídrica), conectadas à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes o prazo de validade dos créditos é de 60 meses e eles podem ser usados também para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que

na área de atendimento de uma mesma distribuidora. Esse tipo de utilização dos créditos é chamado de “autoconsumo remoto”. (ANEEL,2012<sup>a</sup>).

Após alguns anos de vigor da RNE 482/2012, a ANEEL fez uma atualização da resolução publicando a Resolução Normativa 687/2015. As melhorias introduzidas pela Resolução Normativa 687/2015 aumentaram ainda mais a possibilidade de negócio na geração distribuída de energia solar fotovoltaica, e a partir de 2015 o mercado começou a crescer rapidamente. Além de diversas outras melhorias, a resolução reclassificou a microgeração ao limite de potência instalada, igual a 75 KW, e a minigeração ampliou-se para 5 MW, que é a potência máxima de conexão, introduziu novas modalidades de geração distribuída, abaixo é mostrado como a Resolução Normativa 687/2015 caracteriza as novas modalidades de consumo:

- **Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras:** caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta de responsabilidade do condomínio, da administração ou proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento;
- **Autoconsumo remoto:** caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou pessoa física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão nas quais a energia excedente será compensada;
- **Geração compartilhada:** caracteriza pela reunião de consumidores dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidades consumidoras com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada.

Graças a criação desta última modalidade (Geração Compartilhada), tornou-se possível a criação de fazendas solares, onde há união de diversos consumidores com o objetivo de compartilhar uma mesma área de geração.

**Lei Nº 14898-2016**

Art 1º Fica Instituída a Política Estadual de Incentivo ao Aproveitamento da Energia Solar, formulada e executada como forma de incentivar a geração de energia fotovoltaica e racionalizar o consumo de energia elétrica e outras fontes de energia no Estado do Rio Grande do Sul.

Art. 2º São objetivos da Política instituída por esta Lei:

- I- Estimular, como forma de diminuir o consumo das diferentes fontes de energia, os investimentos e a implantação dos sistemas de energia solar ecologicamente corretos, englobando o desenvolvimento tecnológico, em empreendimentos particulares e públicos, residenciais, comunitários, comerciais e industriais;
- II- fomentar a geração de energia fotovoltaica;
- III- criar alternativas de emprego e renda.

Art. 3º Na implementação da Política Estadual de Incentivo ao Aproveitamento da Energia Solar instituída por esta Lei, pode o Poder Executivo:

- I- Apoiar a implantação e o desenvolvimento de projetos que contemplem como fonte subsidiária de energia, a utilização de equipamentos de energia solar;
- II- Criar linhas de financiamento para aquisição de equipamentos para a geração de energia junto às instituições financeiras do Estado;
- III- Estimular atividades utilizando fonte de energia solar;
- IV- Estimular parcerias entre os órgãos municipais, estaduais e federais, com o objetivo de dotar tecnologicamente os empreendimentos beneficiados pela Política de que trata esta Lei, aumentando a economicidade, a produtividade e a eficiência tecnológica;
- V- -Criar mecanismos para facilitar o fomento do uso e a comercialização dos produtos inerentes ao sistema da energia solar;
- VI- Articular as políticas de incentivo à tecnologia com os programas de geração de emprego e renda, buscando desenvolvimento integrado;
- VII- Criar campanhas de promoção dos produtos e da utilização da energia solar, apoiando e estimulando a sua colocação no mercado;
- VIII- Identificar áreas com dificuldades de abastecimento ou falta de energia elétrica que possam ser supridas com energia gerada através de painéis solares; e Desenvolver outras ações destinadas a racionalizar o consumo de energia elétrica e outras fontes de energia no Estado do Rio Grande do Sul.

## **2.19.2 Incentivos para Mini e Micro geração Distribuída no Brasil**

### **2.19.3 ICMS**

A Lei complementar nº 87, de 13 de setembro de 1996 regulamenta a cobrança de ICMS (imposto sobre operação relativas à circulação de mercadorias e sobre prestação de serviços) conferindo a responsabilidade da cobrança a cada Estado da Federação.

O CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária), lançou o programa Convênio ICMS 16/2015 onde os Estados da federação que aderirem ao programa realizam a cobrança do imposto somente sobre a diferença entre a energia consumida e a energia gerada injetada na rede. (CONFAZ,2015).

## **2.20 Estrutura Tarifária de Energia**

O sistema de compensação de energia possibilita que o excedente de energia produzido seja inventado na rede distribuidora, gerando um crédito para abater o consumo.

A estrutura tarifária engloba todos os custos de energia comparada pelas distribuidoras para revenda aos clientes transporte, distribuição, perdas e encargos do setor. De acordo com a ANEEL (2017<sup>a</sup>) definidas as funções de custo, a tarifa de fornecimento de energia elétrica no Brasil é agregada em duas categorias:

- (i) Tarifa de Energia (TE)
- (ii) Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição (TUSD)

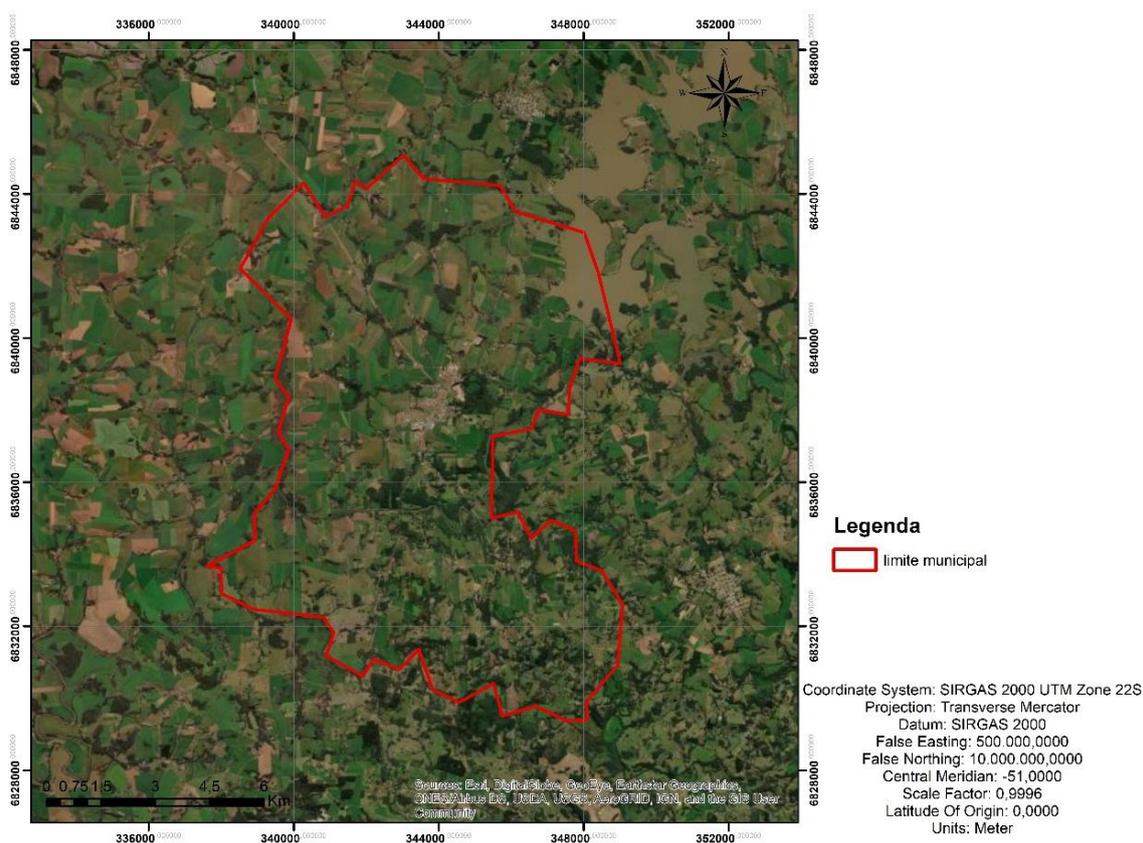
A TE reflete os custos da compra da energia pela distribuidora por meio de leilões regulados, realizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), aos custos de transporte da energia, às perdas técnicas e aos encargos setoriais. A TUSD destina-se a remuneração dos investimentos e serviços das concessionárias de distribuição e transporte da energia pela rede de transmissão e distribuição, dos encargos e das perdas técnicas inertes ao setor. Os encargos são utilizados para financiar o desenvolvimento do setor elétrico brasileiro e as políticas energéticas do governo federal;

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Local de Estudo

O município de Tio Hugo localiza-se na porção centro-norte do Estado do Rio Grande do Sul, pertencente à região do Alto da Serra do Batucaria. A localização do município é observada na Figura 26. Apresenta altitude média de 605 metros acima do nível do mar e área de aproximadamente 114,235 km<sup>2</sup>. As coordenadas geográficas do município são 28°34'44" de latitude sul e 52°35'56" de longitude oeste. A população total da cidade de Tio Hugo, conforme a última estimativa da Fundação de Economia e Estatística do Estado do Rio Grande do Sul (2021) é de 3.078 habitantes.

Figura 26- Localização Município de Tio Hugo

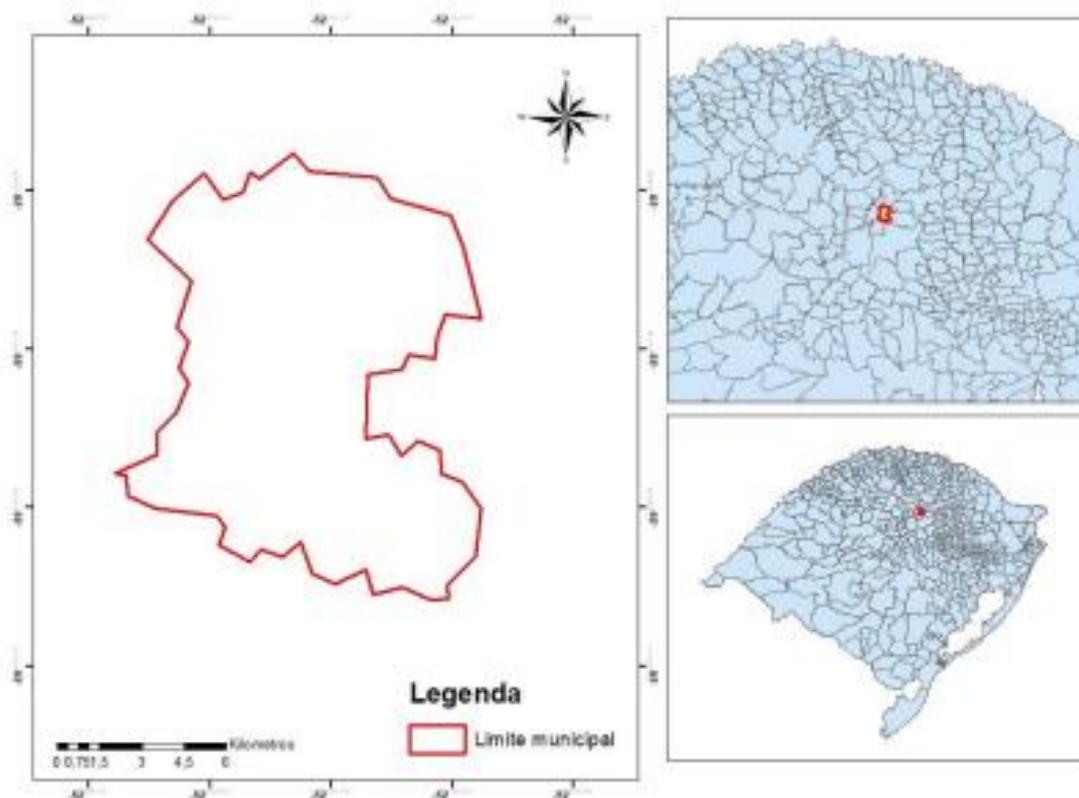


Fonte: Autoria Própria (2022)

Tio Hugo possui uma área de 111,40Km<sup>2</sup>. Os municípios limítrofes a Tio Hugo são os seguintes: Ernestina e Santo Antônio do Planalto (limite norte), Mormaço e Soledade (limite sul),

Ibirapuitã (limite leste) e Victor Graeff (limite oeste). A distância entre Tio Hugo e Porto Alegre é de cerca de 240 km.

Figura 27-Limite Município



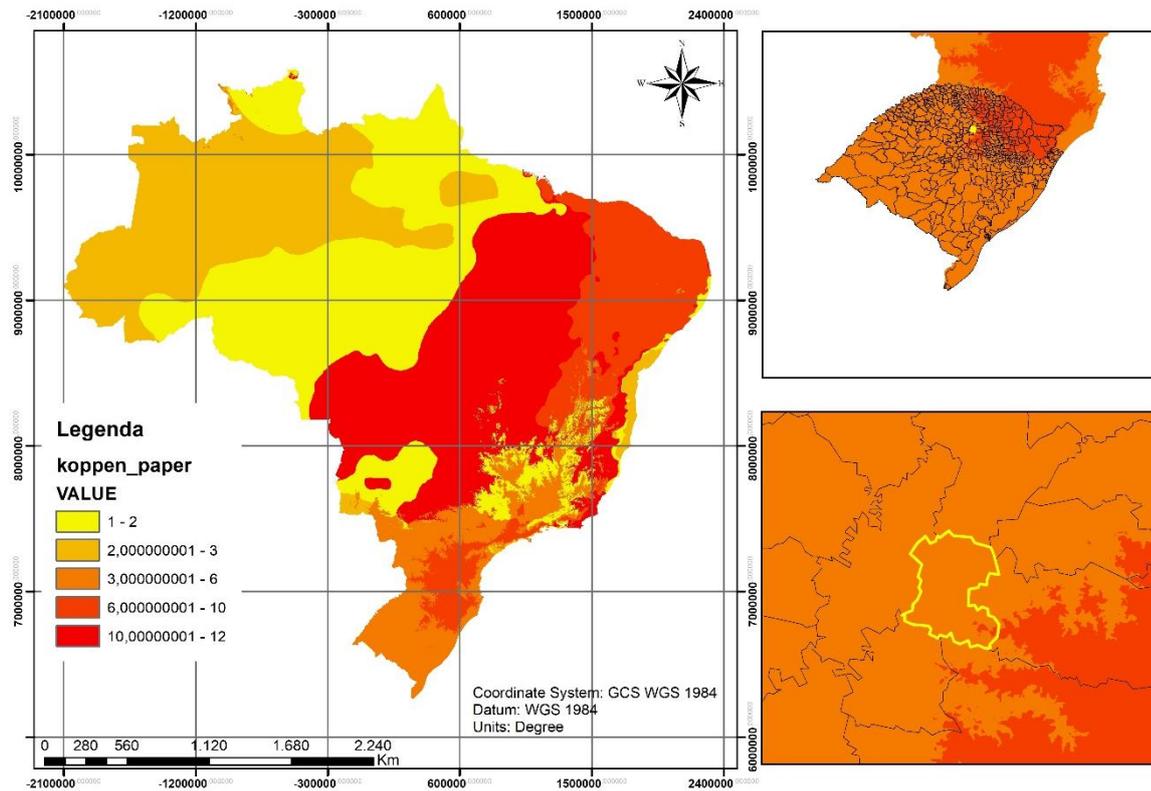
Fonte: Aatoria Própria (2022)

Situada em um relevo montanhoso a uma altitude média de 690 metros e com clima temperado, a região de Passo Fundo apresenta um clima do tipo fundamental úmido (f) com variação específica subtropical úmido (Cfa). A temperatura média anual é 17,5°C, com máximas em torno de 28°C em janeiro e 18 °C em julho e mínimas de 17°C em janeiro e 8°C em julho. Os verões são moderadamente quentes, com temperaturas máximas que ultrapassam os 30°C em certos dias. Os invernos tendem a ser úmidos e amenos, e não raramente durante os picos de frio observam-se temperaturas máximas de apenas um dígito e mínimas abaixo de 0°C. A chuva é bem distribuída durante o ano, tendo o mês de setembro o maior volume (206.8 mm) e abril o menor (118.2 mm).

O clima do município de Tio Hugo, enquadra-se na classificação: Cfbl-Ia. Nessa classificação cada parte da sigla corresponde a uma característica climática do município: as letras iniciais Cf, indicam que Tio Hugo encontra-se em uma região de clima temperado úmido; a sigla

"bl" subsequente apresenta a particularidade regional de temperaturas extremas (médias) entre 10°C a 22°C, com isoterma anual inferior a 18°C; Ia designa o planalto basáltico superior com altitudes acima de 600 metros.

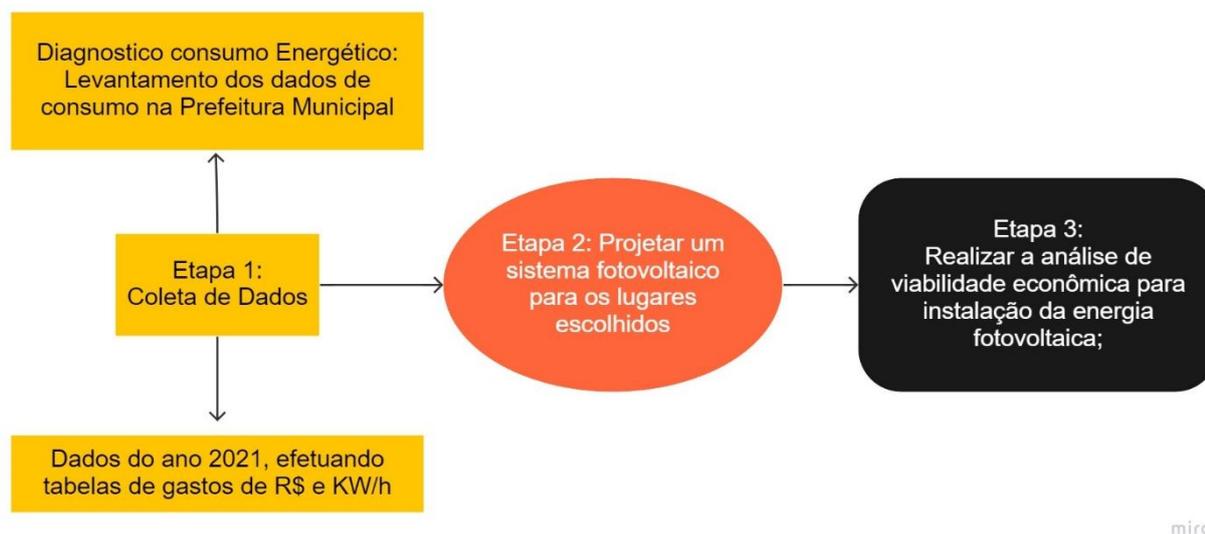
Figura 28- Mapa Climatológico



Fonte: Autoria Própria (2022)

Este trabalho, foi desenvolvido através da realização de 3 etapas, conforme apresentado no fluxograma da figura 29.

Figura 29-- Fluxograma das etapas da pesquisa



Fonte: Aatoria Própria (2022)

### 3.2 Coleta de Dados

Os dados utilizados neste trabalho foram coletados na Prefeitura de Municipal de Tio Hugo, através de 5 visitas para conseguir efetuar o levantamento do consumo em R\$ e KW/h considerando como base o ano de 2021.

Foram selecionais algumas edificações públicas do municio de Tio Hugo, com grande consumo energético para servirem de base na quantificação de consumo para o projeto, assim como poderiam abrigar os painéis solares. Os prédios estudados nesse trabalho são Prefeitura Municipal de Tio Hugo, Escola Municipal de Ensino Fundamental Antonio Parreiras, Escola Municipal de Ensino Fundamental Laurentino Machado, Pré Escola Municipal Arlindo Kerber, Escola Municipal Casemiro de Abreu, Escola Municipal Reinoldo Borh, Prédio Secretaria de Obras, Unidade Básica de Saúde. As figuras 30 a 34 demonstram alguns destes locais.

Figura 30- Prefeitura Municipal de Tio Hugo



Fonte: Site Prefeitura (2021)

Figura 31- Escola Antonio Parreira e Pré Escola Arlindo Kerber



Fonte: Lumek (2022)

Figura 32- Escola Laurentino Machado



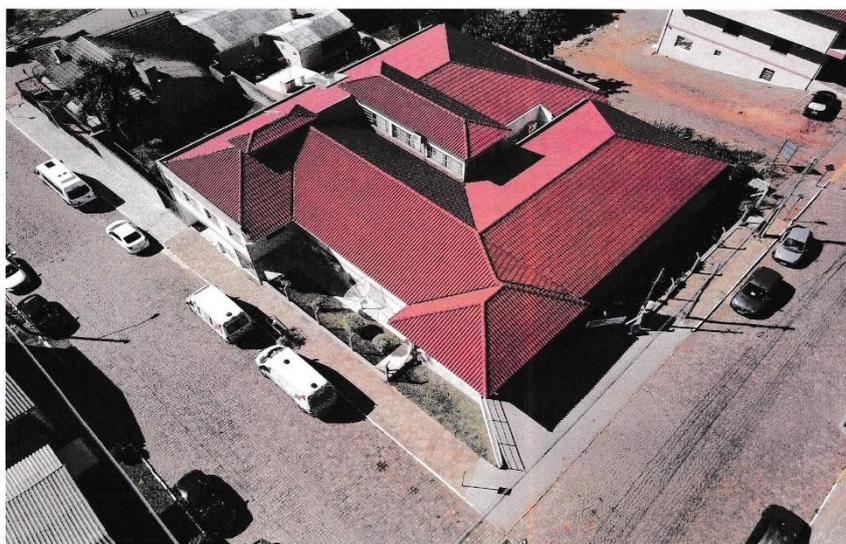
Fonte: Lumek (2022)

Figura 33- Escola Casemiro de Abreu



Fonte: Lumek (2022)

Figura 34- Unidade Básica de Saúde



Fonte: Lumek (2022)

### 3.4.1 Projeto do sistema fotovoltaico

### 3.4.2 Dados iniciais

Para instalação de um sistema fotovoltaico antes de tudo é preciso saber qual a média anual de radiação solar, temos a disposição sites como o SWERA e o CRESESB que fornecem essas informações gratuitamente. Para dimensionar o sistema fotovoltaico para o município será utilizado os dados da CRESESB.

Após recolhimento das informações cruciais para o dimensionamento do sistema fotovoltaico como, irradiação solar, média de consumo, agora será feito o dimensionamento do sistema para ter conhecimento sobre o número de painéis necessários e o inversor apropriado entre outras informações importantes.

Para fazer cálculo de dimensionamento do sistema conectado à rede, será utilizado o consumo médio mensal, a radiação solar diária, a eficiência do sistema.

Em geral para que se tenha um melhor desempenho na geração de energia de um painel fotovoltaico, é importante que alguns fatores sejam analisados na hora do projeto, como escolha dos componentes, modo e localização de instalação. É importante que sejam avaliadas as perdas de eficiência do sistema.

A incidência solar é a radiação solar que incide sobre uma determinada área na superfície da Terra. São vários os fatores que influenciam a quantidade de radiação que incide no local, fatores como: o movimento de rotação e translação, a inclinação do eixo do planeta, latitude e cobertura de nuvens. O ângulo de 29°N é o que apresenta melhor incidência solar no município de Tio Hugo.

### 3.5 Dimensionamento

O dimensionamento do sistema fotovoltaico, foi feito seguindo as seguintes etapas:

A partir dos dados do diagnóstico, se definiu os consumos nos pontos escolhidos, e assim o dimensionamento se inicia pela potência exigida para o projeto. A Equação 1 apresenta o cálculo da potência exigida, que resulta na potência necessária por dia quanto a incidência solar. Esta última buscada no site da CRESESB.

$$\text{Equação (1) Potência Exigida} = \frac{\text{consumo diário}}{\text{Incidência média anual}}$$

A potência necessária é calculada pela Equação 2, que é a potência exigida pela eficiência.

$$\text{Equação (2) Potência Necessária} = \frac{\text{Potência Exigida}}{\text{Eficiência}}$$

O número de painéis é calculado por meio da Equação 3.

$$\text{Equação (3) Número de Painéis} = \frac{\text{Potência Necessária}}{\text{Potência de pico de painel}}$$

A equação 4 apresenta a potência total a ser instalada para o funcionamento do sistema

$$\text{Equação (4) } P_{\text{inst}} = nM * PM$$

Onde:

$P_{\text{inst}}$ = Potência instalada;

$nM$ = Número de módulos utilizados;

$PM$ = Potência de um módulo ;

Nesta etapa será selecionado o inversor que melhor atenda a necessidade do nosso sistema fotovoltaico.

### 3.6 Verificação da Escolha do inversor

Na equação 5 representa o número máximo de placas que o inversor escolhido suporta.

$$\text{Equação (5) } nM_{\text{max}} = \frac{P_{\text{inv}}}{PM}$$

Onde:

$nM_{\text{max}}$ = Número máximo de placas para o inversor escolhido;

$P_{\text{inv}}$ = Potência do inversor escolhido;

$PM$ = Potência de um módulo solar;

Na equação 6 temos a ligação que serve para o número mínimo e máximo de placas solares interligadas em série admitidos por cada entrada MPPT para cada inversor escolhido, temos:

$$\text{Equação (6)} \quad \frac{V_{invMIN}}{V_M} \leq N_{mppt} \leq \frac{V_{inxMAX}}{V_M}$$

Onde:

$N_{mppt}$  = número de placas por entrada MPPT para inversor escolhido;

$V_M$  = tensão da placa solar;

$V_{invMIN}$  = Tensão mínima de operação do inversor;

$V_{invMAX}$  = Tensão máxima de operação do inversor;

### 3.6.1 Sistema de proteção

Nesta etapa foi selecionado um controlador que suporte toda a corrente dos painéis ou as de consumo.

### 3.6.2 Fiação

Para determinação da fiação utilizada no sistema será através da NBR 5410/2004, que dispõe sobre instalação elétrica. Iniciando-se ao determinar a corrente da placa solar e do inversor

## 3.7 Análise de Viabilidade econômica para Instalação de Energia Fotovoltaica

Para qualquer grande investimento que se pretende realizar é preciso fazer o estudo de viabilidade, ainda mais se tratando de órgão público como uma prefeitura, com a análise de viabilidade é feita uma simulação, nessa simulação tem-se o valor do investimento, descobre-se o prazo de retorno e o lucro do investimento, nesse trabalho será usado o método de Payback, com esse método será possível calcular o tempo necessário para recuperar o valor investido.

Nesse estudo será utilizado um método de análise indicado por Rocha (2015), foram analisados o Payback, VPL e a TIR (equações 7, 8 e 9).

Para fazemos uma comparação para o prazo de retorno financeiro, nos cálculos foi utilizada a taxa de juros, para fazer um cenário com juros e outro sem juros.

### 3.7.1 Payback

O payback é utilizado para verificação quando um investimento se pagará e trata ganhos efetivos. Foi utilizado o modelo de payback simples para análise da viabilidade econômica.

$$\text{Equação (7) Payback} = \frac{\text{Investimento inicial}}{\text{Ganhos no período}}$$

### 3.7.2 Valor Presente Líquido-VPL

O VPL é uma ferramenta muito utilizada para análise de investimento de projetos em qualquer nível de organização e tem basicamente o objetivo de medir o lucro. O VPL é uma ferramenta muito utilizada para análise de investimento de projetos em qualquer nível de organização e tem basicamente o objetivo de medir o lucro.

$$\text{Equação (8) VPL} = -CF_0 + \sum \frac{CF_j}{(1+i)^n}$$

Onde:

-CF = Fluxo de Caixa Inicial

CF<sub>j</sub> = Somatório do Fluxo de caixa esperado

I = Período de Investimento

### 3.7.3 Taxa interna de Retorno-TIR

A taxa interna de retorno é outra ferramenta utilizada pelos profissionais para analisar a viabilidade de um projeto

$$\text{Equação (9) TIR} = -CF_0 + \sum \frac{CF}{(1+tir)^n} = 0$$

Onde:

TIR = Taxa Interna de Retorno

CF = Fluxo de Caixa

N = Período de movimento no fluxo de caixa

### **3.8 Projetar um sistema fotovoltaico para lugares escolhidos**

Para escolha do local de implementação de uma estação fotovoltaica foram considerados três critérios principais, sendo eles, o nível de radiação solar do local, a proximidade de rede de distribuição, considerações topográficas do terreno, dando preferência para um terreno plano e sem muita vegetação.

O local escolhido para implantação da estação fotovoltaica foi nas proximidades do Município de Tio Hugo, mas especificamente nas coordenadas  $28^{\circ} 33'31''$  (Sul),  $52^{\circ} 37'09''$  (Oeste).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Coleta de dados

O quadro 1, apresenta dados de consumo mensal de todos os prédios públicos da cidade entre os meses de janeiro de 2021 a dezembro de 2021. Os dados foram obtidos diretamente da Prefeitura Municipal, que forneceu todos os dados.

Quadro 1 - Dados de Consumo 2021

Prédios Públicos			
Mês	Gasto R\$	Gasto Kwh/mês	Consumo Kwh/dia
Janeiro	8.209,47	10020	323,22
Fevereiro	12.539,89	13637	487,03
Março	9.255,28	10768	347,35
Abril	10.248,35	12321	410,70
Maio	10.737,12	12822	413,61
Junho	9.060,06	11286	376,2
Julho	11.821,65	14832	478,45
Agosto	14.097,93	16533	533,32
Setembro	15.536,45	16169	538,96
Outubro	12.866,91	13779	444,48
Novembro	13.367,81	13969	465,63
Dezembro	14.518,55	15129	488,03
TOTAL	142.259,47	161265	<b>5307,02</b>

Fonte: Autor (2022)

Para dados de dimensionamento foi levado em consideração o valor pago de energia dos órgãos públicos de R\$ 11.855,00, sendo calculado um consumo mensal para este valor de 443 Kwh/dia.

## 5 Dimensionamento e Memorial de Cálculos

Para a definição da potência exigida (equação 1), temos o valor de consumo médio diário dos locais selecionados de 443 Kwh/dia. No site CRESEB, o valor de incidência solar para o município de Tio Hugo não foi encontrado, porém utilizamos da cidade próxima de Victor Graeff, conforme apresentado na figura 35.

Figura 35- Dados de Incidência solar no Município

**Estação:** Victor Graeff  
**Município:** Victor Graeff, RS - BRASIL  
**Latitude:** 28,5° S  
**Longitude:** 52,649° O  
**Distância do ponto de ref. ( 28,5825° S; 52,699722° O ):** 10,4 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	6,28	5,87	4,99	3,98	3,02	2,48	2,79	3,56	3,84	5,00	6,22	6,61	4,55	4,13
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	29° N	5,57	5,59	5,26	4,75	4,02	3,45	3,83	4,45	4,17	4,90	5,61	5,74	4,78	2,29
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	22° N	5,83	5,75	5,28	4,64	3,84	3,27	3,64	4,31	4,16	5,01	5,85	6,03	4,80	2,76
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	49° N	4,58	4,84	4,87	4,75	4,25	3,73	4,11	4,56	3,97	4,34	4,67	4,63	4,44	1,14

Fonte: Creseb (2022)

$$\text{Equação (1) Potência Exigida} = \frac{\text{consumo diário}}{\text{Incidência média anual}}$$

$$\text{Equação (1) Potência Exigida} = \frac{443 \text{ kwh/dia}}{4,78 \text{ KWm}^2/\text{h}} = 92,68 \text{ KW}$$

Assim a potência exigida calculada pela equação 1 foi de 92, 68 Kw

Para a definição da potência Necessária (equação 2), temos o valor de potência exigida calculada na equação 1 anterior. Na tabela 1 abaixo, encontraremos o valor de potência exigida pela eficiência de 74%.

Tabela 1- Dados de Perda de eficiência no sistema de painéis

<b>Perda</b>	<b>Valor Considerado (%)</b>	<b>Variações de Perda (%)</b>
Desvio de rendimento nominal do módulo e da radiação de 1000W/m <sup>2</sup>	2,5	-5 a 10
Temperatura do módulo	3,5	-3 a 6
Perdas nos condutores do lado CC	1	1 a 3
Perdas dos condutores do lado CA	1	0,7 a 2
Eficiência do Inversor	8	1 a 15
Mismatch no MPPT	2	1,5 a 3
Sombreamento	0	0 a 100
Diodos de Conexões	0,5	0,3 a 1
Transformadores	2,5	2 a 4
Sistema (Solar- Tracking)	0	0 a 2
Degradação da Incidência solar inicial	3	1 a 10
Indisponibilidade do sistema	0	0 a 0,5
Sujeira nos módulos	2	2 a 25
<b>Total de perdas</b>	<b>26</b>	

Fonte: Autor (2022)

$$\text{Equação (2) Potência Necessária} = \frac{\text{Potência Exigida}}{\text{Eficiência}}$$

$$\text{Equação (2) Potência Necessária} = \frac{92,68 \text{ KW}}{0,74} = 125,24 \text{ kw}$$

Assim a potência Necessária calculada pela equação 2 foi de 125,24 Kw

Para a definição de número de Painéis (equação 3), temos o valor de potência necessária calculada na equação 2 anterior. A Placa selecionada para o projeto do sistema de painéis fotovoltaico foi o modelo Painel Solar Fotovoltaico Sunova Solar HI-KILO 480-505W (505w), como apresentado no anexo A. Sendo a potência necessária de 124,24 KW= 125240,30W e a potência de pico do painel selecionado de 505W.

$$\text{Equação (3) Número de Painéis} = \frac{\text{Potência Necessária}}{\text{Potência de pico de painel}}$$

$$\text{Equação (3) Número de Painéis} = \frac{125240,30 \text{ w}}{550 \text{ Wp}} = 227,71 \neq 228$$

Na equação 4 apresenta a potência total a ser instalada para o funcionamento do sistema, nela iremos utilizar o número de painéis calculado na Equação 3 e a potência de pico de painel, da placa solar selecionada.

$$\text{Equação (4) } P_{\text{inst}} = 228 * 550 \text{ w} = 125700 \text{ w} = 125,40 \text{ KW}$$

Para a definição da escolha do inversor que melhor atenderá a necessidade do sistema fotovoltaico (equação 5). Foi selecionado o inversor Solis-75K-5G 12600W que está representado no anexo B. Iremos precisar da potência do inversor e a potência de pico do painel para o cálculo da equação 5.

$$\text{Equação (5) } n_{Mmax} = \frac{126000 \text{ w}}{505 \text{ w}} = 249$$

O número de placas que o sistema precisará para atender a demanda da estação é 228 o que equivale ao número de placas que o inversor suporta.

Na equação 6 temos a ligação que serve para o número mínimo e máximo de placas solares interligadas em série admitidos por cada entrada MPPT para cada inversor escolhido, temos:

$$\text{Equação (6) } \frac{195 \text{ V}}{37,48 \text{ V}} \leq n_{\text{MPPT}} \leq \frac{1100 \text{ V}}{37,48 \text{ V}}$$

$$5,20 \leq n_{\text{MPPT}} \leq 29,35$$

Ou seja, o número de módulos em série por entrada MPPT do inversor deve estar entre 5,20 a 29,35. Para o número máximo de linhas em série interligada em paralelo admitidos por cada entrada MPPT, cada inversor escolhido temos:

$$nL = \frac{9 \cdot 26A}{37,72A} = 2,11 \cdot 21$$

#### 5.4.1 Sistema de proteção

O controlador de carga String Box deve suportar toda a corrente dos painéis ou as de consumo. Sendo selecionado o modelo Stringbox Neosolar 2x1 1000V 25A IP65, como apresentado na figura 36.

Figura 36- Modelo da String Box Selecionada



Fonte: NeoSolar (2022)

Características:

- Suporta 2 strings de entrada e possui 1 saída
- Quadro IP65 (instalação interna) – 235 x 217x 105
- DPS CC FV 1000 V
- Chave Seccionadora CC de 25 A e 1000 V

### 5.4.2 Fiação

Para determinação da fiação utilizada no sistema foi através da NBR 5410, que dispõe sobre instalação elétrica. Iniciando-se ao determinar a corrente da placa solar e do inversor como apresentado no Tabela 2.

Quadro 2- Valor de Corrente da Placa solar e do inversor solar

Painel Solar	8,75 A
Inversor	114 A

Fonte: Autor (2022)

Para calcular a biota do cabo, foi levado em consideração o elemento de maior corrente elétrica, neste caso o Inversor com 114 A de corrente. Afim de saber como os cabos serão instalados, utiliza-se a Tabela 33 da NBR 5410. Onde foi selecionado para execução do projeto o método 17 (cabos unipolares ou cabos multipolares suspensos por cabo de suporte, incorporados ou não.)

Para identificar a quantidade de cabos por circuito deve-se utilizar a Tabela 46 da NBR 5410. A estação possuirá sistema trifásico com condutores neutros incluindo, desta forma o número de condutores carregados é 3 ou 4. Após especificar esses dados, e propondo que será utilizar-se cabos de cobre, foi utilizado a Tabela 36 da NBR 5410, apresentada na Figura 37, para identificar a espessura do fio que foi utilizado.

Figura 37- Seleção das seções nominais em mm<sup>2</sup>

Seções nominais mm <sup>2</sup>	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203

Fonte: NBR 5410, 2004

Como o método de referência indicados na tabela 33 que é D, o número de condutores carregados, indicados na Tabela 46 da NBR 5410, que são 3 e ainda sabendo que a intensidade de corrente é de 114 A e que o valor mais próximo de intensidade na Tabela 46 é 50.

## 5.5 Análise de Viabilidade econômica para Instalação de Energia Fotovoltaica

### 5.5.1. Orçamento

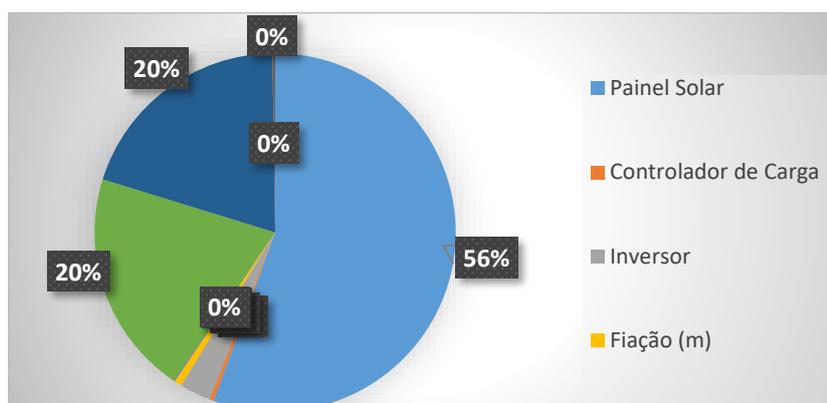
Na Tabela 2 é apresentado o orçamento previsto para o sistema de painéis fotovoltaicos

Tabela 2- Orçamento Previsto

Itens	Unidade	Valor Unit. (R\$)	Valor Total (R\$)
<b>Painel Solar</b>	228	1.299,00	296.172,00
<b>Controlador de Carga</b>	2	1.998,00	1998,00
<b>Inversor</b>	1	14.897,61	14.897,61
<b>Fiação (m)</b>	507	7,29	3.696,03
<b>Medidor Bidirecional</b>	1	459	459,00
<b>kit de montagem de painéis</b>	57	1.899,00	108.243,00
<b>Material Mão de Obra/ Construção Alambrado</b>	1		106.410,85
<b>Manutenção</b>	1	150	150,00
<b>Monitoramento Câmeras</b>	1	1.157,99	1.157,99
<b>Total</b>			<b>533.186,46</b>

Fonte: Autor (2022)

Figura 38- Gráfico de Despesas



Fonte: Autor (2022)

## 5.5.2 Payback

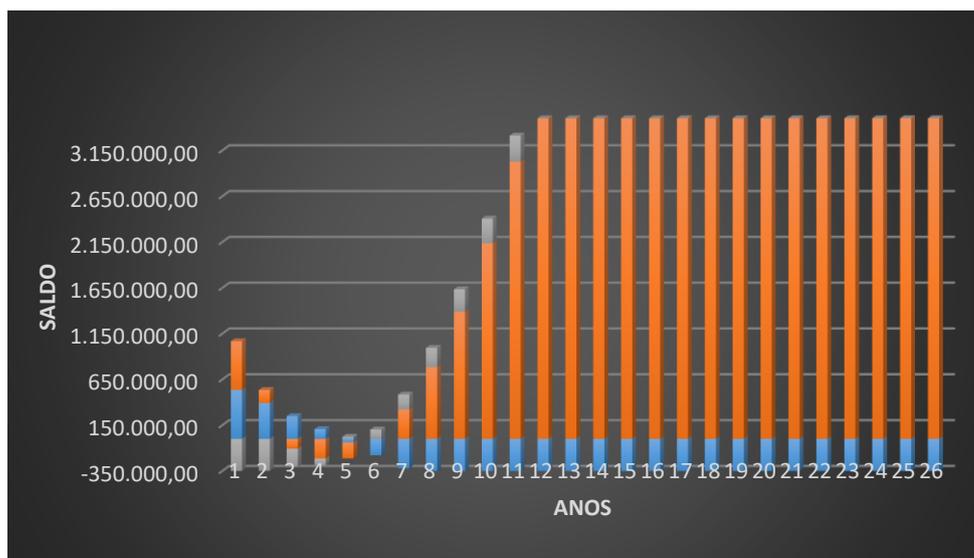
Tabela 3- Payback com cenário sem Juros

Anos	R\$	Saldo	Valor Presente
0	<b>533.251,32</b>	533.251,32	<b>-R\$ 533.251,32</b>
1	390.991,85	142.259,47	<b>-R\$ 349.099,87</b>
2	248.732,38	-106.472,91	<b>-R\$ 198.287,93</b>
3	106.472,91	-212.945,82	<b>-R\$ 75.785,31</b>
4	-35.786,56	-177.159,26	R\$ 22.743,01
5	-178.046,03	886,77	R\$ 101.028,10
6	-320.305,50	321.192,27	R\$ 162.276,73
7	-462.564,97	783.757,24	R\$ 209.240,90
8	-604.824,44	1.388.581,68	R\$ 244.278,45
9	-747.083,91	2.135.665,59	R\$ 269.405,95
10	-889.343,38	3.025.008,97	R\$ 286.344,77
11	-1.031.602,85	4.056.611,82	R\$ 296.561,17
12	-1.173.862,32	5.230.474,14	R\$ 301.301,22
13	-1.316.121,79	6.546.595,93	R\$ 301.621,15
14	-1.458.381,26	8.004.977,19	R\$ 298.413,70
15	-1.600.640,73	9.605.617,92	R\$ 292.431,08
16	-1.742.900,20	11.348.518,12	R\$ 284.304,78
17	-1.885.159,67	13.233.677,79	R\$ 274.562,84
18	-2.027.419,14	15.261.096,93	R\$ 263.644,75
19	-2.169.678,61	17.430.775,54	R\$ 251.914,39
20	-2.311.938,08	19.742.713,62	R\$ 239.671,14
21	-2.454.197,55	22.196.911,17	R\$ 227.159,57
22	-2.596.457,02	24.793.368,19	R\$ 214.577,73
23	-2.738.716,49	27.532.084,68	R\$ 202.084,29
24	-2.880.975,96	30.413.060,64	R\$ 189.804,76
25	-3.023.235,43	33.436.296,07	R\$ 177.836,70

Fonte: Autor (2022)

A tabela 3, considerando as despesas nos mostra que o sistema trará um retorno a partir do quarto ano. Essa análise prova que com a instalação do sistema de geração fotovoltaica é possível ter um retorno financeiro no prazo de 25 anos (figura 39).

Figura 39- Representação do Fluxo de Caixa Acumulado da Usina Fotovoltaica sem Juros



Fonte: Autor (2022)

No quadro 3, foi realizada o segundo cenário, considerando os juros de um banco para financiamento. Na tabela 4, é apresentado o payback, para esse cenário.

Quadro 3- Cenário de Juros

<b>Cenário Juros</b>	<b>Valores</b>
<b>Valor líquido</b>	R\$ 533.251,32
<b>Parcelas</b>	96
<b>Taxa</b>	0,62%
<b>Valor da Parcela</b>	R\$ 7.387,51
<b>Total de acréscimo</b>	R\$ 175.949,64
<b>Valor total com Acréscimo</b>	R\$ 709.200,96

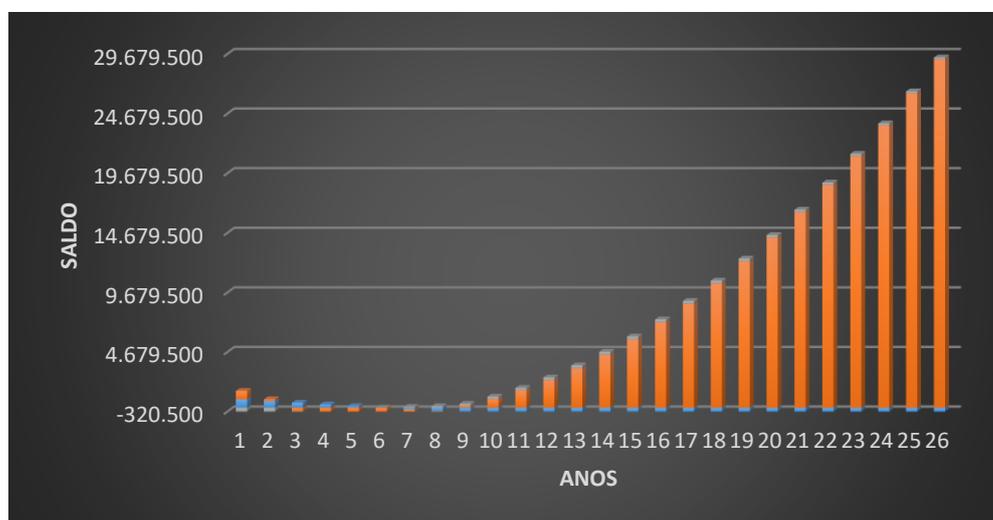
Fonte: Autor (2022)

Tabela 4- Payback Previsto com cenário de Juros

Anos	R\$	Saldo	Valor Presente
0	709.268	709.268	-R\$ 709.267,80
1	567.008	142.259	-R\$ 506.257,44
2	424.749	-282.489	-R\$ 338.607,19
3	282.489	-564.979	-R\$ 201.070,37
4	140.230	-705.209	-R\$ 89.118,65
5	-2.030	-703.179	R\$ 1.151,62
6	-144.289	-558.890	R\$ 73.101,31
7	-286.548	-272.342	R\$ 129.619,98
8	-428.808	156.466	R\$ 173.188,34
9	-571.067	727.534	R\$ 205.932,64
10	-713.327	1.440.861	R\$ 229.672,17
11	-855.586	2.296.447	R\$ 245.960,64
12	-997.846	3.294.293	R\$ 256.122,17
13	-1.140.105	4.434.398	R\$ 261.282,71
14	-1.282.365	5.716.763	R\$ 262.397,24
15	-1.424.624	7.141.387	R\$ 260.273,52
16	-1.566.884	8.708.271	R\$ 255.592,68
17	-1.709.143	10.417.414	R\$ 248.927,03
18	-1.851.403	12.268.817	R\$ 240.755,64
19	-1.993.662	14.262.479	R\$ 231.477,68
20	-2.135.922	16.398.401	R\$ 221.424,08
21	-2.278.181	18.676.582	R\$ 210.867,56
22	-2.420.441	21.097.022	R\$ 200.031,28
23	-2.562.700	23.659.722	R\$ 189.096,39
24	-2.704.959	26.364.682	R\$ 178.208,42
25	-2.847.219	29.211.901	R\$ 167.482,83

Fonte: Autor (2022)

Figura 40- Representação do Fluxo de Caixa Acumulado da Usina Fotovoltaica com Juros



Fonte: Autor (2022)

### 5.5.3 Valor Presente Líquido-VPL

O valor de VPL no prazo de 25 anos, que é o tempo de vida útil dos painéis fotovoltaicos, o município terá um retorno financeiro ótimo caso venha investir no sistema, como apresentado na tabela 5.

Tabela 5- VPL Previsto

VPL sem juros	R\$ 3.954.782,73
VPL com juros	R\$ 1.688.976,71

Fonte: Autor (2022)

### 5.5.4 Taxa interna de Retorno-TIR

A TIR (tabela 6), demonstra que mesmo considerando o cenário com acréscimo de juros, ela fica com 19% de retorno e 26%, sem considerar os juros.

Tabela 6- Taxa Interna de Retorno- TIR

TIR sem juros	26%
TIR com juros	19%

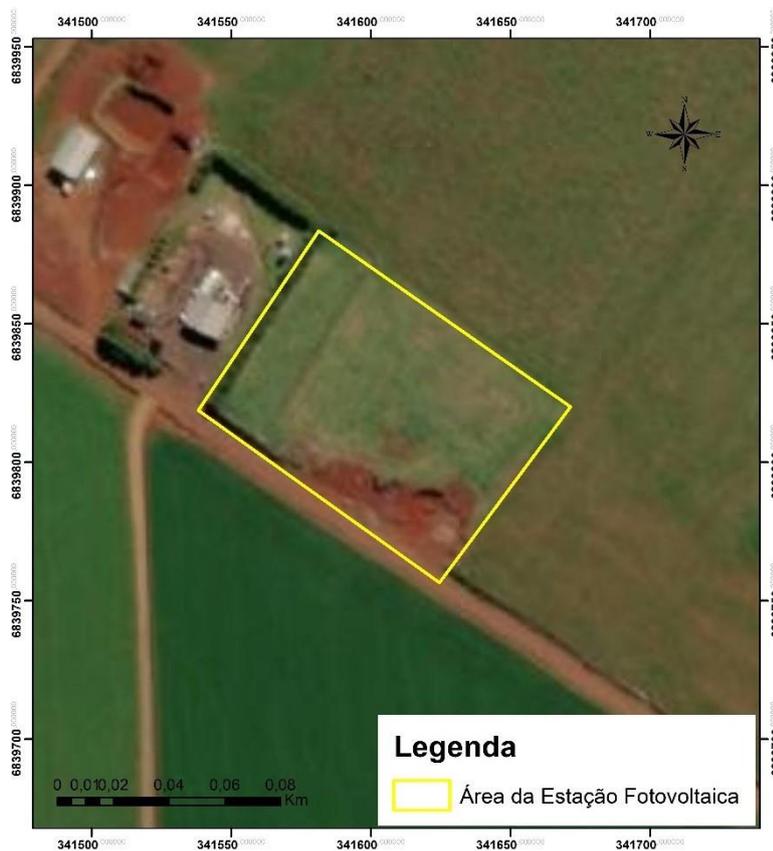
Fonte: Autor (2022)

### 5.6 Local para definição dos módulos de energia

O local escolhido para instalação da Estação Fotovoltaica é um terreno de 105 m<sup>2</sup> x 75 m<sup>2</sup> do Município, que encontrasse na localidade do Polígono do Erval, o terreno possui uma ótima localização, além de um bom tamanho, não possui sombreamento, possui uma cooperativa no lado, que possui segurança 24 horas por dia. E encontrasse a 700 m da Rod 386. Levando em consideração que a dimensão de cada placa é 1,084m x 1,04 m, sendo necessário 228 placas. No

apêndice A é apresentada a localização da instalação das placas na estação fotovoltaica. No anexo D conseguimos visualizar o kit de instalação de alumínio para painéis fotovoltaicos.

Figura 41- Mapa do Local da Estação



Fonte: Autor (2022)

Este trabalho foi realizado sobre o sistema On Grid, pois esse sistema possuía a vantagem de poder gerar créditos com a energia excedente, toda energia excedente será injetada na rede concessionária resultando assim em créditos que poderão ser usados quando o sistema não estiver gerando.

## 6. CONCLUSÕES

Para o estudo de implementação da estação fotovoltaica no Município de Tio Hugo/RS, foi realizado o diagnóstico de consumo energético dos órgãos públicos referente ao ano de 2021. Foi analisado locais para implantação de uma usina de médio porte, dentre os locais com grande potencial solar que apresente uma estrutura de rede da concessionária de energia que suporte a ligação de uma unidade geradora como a deste estudo. Foi escolhido um local próximo à cidade.

Prosseguindo com os aspectos técnicos da estação, a primeira etapa do projeto foi definição das placas a serem utilizados. Dentre as alternativas apresentada, foi escolhido uma placa de 505 Wp do Fabricante Sunova, esse módulo foi o que apresentou melhor desempenho de geração ao longo dos 25 anos de operação da usina e trouxe melhor retorno financeiro considerando sua geração de energia, área ocupada e custo de manutenção. Posteriormente foi analisado o inversor e tipologia da usina utilizada, o inversor escolhido foi Solis- (75-80)K-5G de 126 KW, este inversores ficam localizados em uma skid no centro da usina e a distribuição dos cabos pela usina são feitos em CC para diminuir as perdas no cabeamentos e a redução dos custos de aquisição dos cabos. A escolha de estrutura de fixação dos módulos foi uma fixa. Por fim, tendo o total de módulos, inversores e estrutura de fixação.

Tendo definidos os parâmetros técnicos da estação, pode-se obter os resultados de geração de energia e financeiro da usina. Os retornos financeiros foram bem atrativos, o payback em 4 anos, a TIR obtida foi 26% ao ano e o VPL do fluxo de caixa no final de 25 anos de operação da usina foi R\$ 3.954.782,73. Portanto, o investimento se mostra atrativo quando comparado com outras formas de investimento tradicionais presentes no mercado financeiro.

O estudo efetuado mostrou que o município possui uma área disponível que é meios que o necessário para implantação do sistema, e o valor nem é tão grande quanto os benefícios que o sistema trará, e a área disponível pode ainda comportar as placas para suprir as necessidades de outros gastos que não entraram nesse estudo, como é o caso da Iluminação pública. O estudo mostra que o sistema trará retorno a partir do quarto ano, essa análise prova que com a instalação do sistema de geração fotovoltaica é possível ter um retorno financeiro no prazo de 25 anos. Por fim, observou-se que apesar do investimento apresentar taxas de retornos atrativos o número de empreendimento desse tipo no Estado do Rio Grande do Sul ainda é pequeno, algumas das razões para esse baixo número são: mudanças nas regras de cobranças de impostos sobre os créditos injetados na rede, tarifas de demanda.

## **7.SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS**

→ Sugere um projeto de mais painéis fotovoltaicos para que supra a necessidade energética de outros órgãos públicos e que possa ser fornecido energia das famílias de baixa renda. Fazer com que o município vire um modelo na instalação de estação fotovoltaica.

→ Fazer uma análise dos comparativos entre os estados do país para observação dos melhores locais para implantação de estações fotovoltaicas.

## 8 . REFERÊNCIAS

ABB. **White Paper**. Six stages of solar bankability. Washington, DC. 2013.

ANELL. Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, Modulo 3- Acesso ao Sistema de Distribuição. Disponível em:<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo3Revisão5.pdf>. Acessado em: 22 de Fevereiro de 2022.

Assessoria de Comunicação Social do Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <[http://www.gov.br/web/gruest/pagina\\_inicial](http://www.gov.br/web/gruest/pagina_inicial)>. Acessada em: 28 de fevereiro de 2022.

CRESESB: Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.2004.Disponível em:<http://ww.cresesb.ceoel.br/publicacoes/download/ManualdengenharifV2004.pdf>.Acessado em: 28 de Fevereiro de 2022.

ENELSOLUÇÕES. Tudo Sobre Energia Solar. 2022. Disponível em: <http://www.ensolucoes.com.br/blog/2022/05/tudo-energia-solar-string-boz>. Acessado em: 22 de fevereiro de 2022.

LOTTO, T. Lei sobre a implantação de Energia Fotovoltaica em prédios públicos municipais é sancionada. Disponível em:<http://www.birigui.sp.gov.br/birigui/noticias/noticiasdetalhees.php=2677>.Acessado em:21 de fevereiro 2022.

PORTAL SOLAR. Vantagens e Desvantagens da energia solar. Disponível em:<http://www.portalsolar.com.br/vantagens-desvantagens-da-energia-solar.html>, Acessado em: 01 de março de 2022.

PORTAL SOLAR. Como funciona o Painel Solar Fotovoltaico. Disponível em:<https://www.portal.solar.com.br/como-funciona-o-painel-solar-fotovoltaico.html>. Acessado em: 01 de março de 2022.

PORTAL SOLAR. Tipos de Painel Fotovoltaicos. Disponível em:<<http://portalenergia.com/tipos-de-painel-fotovoltaicos/>>.Acessado 02 de março de 2022.

PORTAL SOLAR. Passo a passo da Fabricação do Painel. Disponível em:<https://www.portalsolar.com.br/passa-a-passo-da-fabricação-do-painel-solar.html>>. Acessado em: 03 de março de 2022.

PORTAL SOLAR. A melhor direção do Painel Solar Fotovoltaico. Disponível em. <<https://www.portalsolar.com.br/a-melhor-direção-do-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acessado em 04 de março de 2022.

ALVES, Antônio Pedro. Decisão de investimento, o que usar: TIR, payback ou VPL? 2021 disponível em < <http://vendamuitomais.com.br/2021/03/05/2022/> decisão-de-investimento-o-que-usar-tir-payback-ou-vpl/>. Acessado em: 25 de maio de 2022.

Machado, C. T., & Miranda, F. S. (2015) **Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão**. Revista virtual de química. 7(1), 126-143. Disponível em: <http://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/664/508>>. Acessado em: 20 de maio de 2022

TOLMASQUIN, M.T. **Fontes Renováveis de Energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Intercendência, 2003. ISBN 85-7193-095-3>. Acessado em 20 de maio de 2022.

## 8. APÊNDICES E ANEXOS

### ANEXO A – CARACTERÍSTICAS PLACA SOLAR



**SUNOVA SOLAR**

**HI-KILO**

**480-505W**

High Efficiency Half-Cell Mono PERC Module



Half cell technology  
New circuit design,  
intrinsic current,  
lower Rs loss



Special circuit design  
with much lower hotspot  
temperature



Fire safety  
Class C, certified TÜV  
Rheinland and Rheinland  
test standards



Resistance to power  
attenuation passed TÜV  
Rheinland system voltage  
endurance test

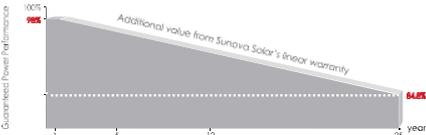


Resistance to spray  
corrosion  
(IEC 61701 certified TÜV  
Rheinland test standard)



100% triple EL test  
enabling remarkable  
reduction of hidden crack  
rate of modules

**LINEAR PERFORMANCE WARRANTY**



**15 YEARS** Product quality & process guarantee

**25 YEARS** Linear power guarantee

**0.55%** Annual Degradation Over 25 years

**COMPREHENSIVE CERTIFICATES**










ISO 9001: Quality Management System  
ISO 14001: Environmental Management System Standard  
OHSAS 18001: International Occupational Health and  
Safety Assessment System Standard

**PRODUCT INSURANCE**

**PKCC**

Better Sunshine, Better City

[www.sunova-solar.com](http://www.sunova-solar.com)

## SS-505-66MTF 132 cells

### ELECTRIC CHARACTERISTICS

Model of modules	SS-480-66MTF		SS-485-66MTF		SS-490-66MTF		SS-495-66MTF		SS-500-66MTF		SS-505-66MTF	
	STC	NOCT										
Maximum power - $P_{mp}$ (W)	480	358	485	361	490	365	495	369	500	373	505	376
Open-circuit voltage - $V_{oc}$ (V)	45.08	42.38	45.16	42.45	45.25	42.54	45.34	42.61	45.43	42.71	45.52	42.79
Short-circuit current - $I_{sc}$ (A)	13.58	10.97	13.64	11.04	13.71	11.11	13.78	11.17	13.85	11.24	13.92	11.31
Maximum power voltage - $V_{mp}$ (V)	37.14	34.54	37.21	34.61	37.27	34.66	37.34	34.72	37.41	34.79	37.48	34.86
Maximum power current - $I_{mp}$ (A)	12.93	10.37	13.04	10.44	13.15	10.54	13.26	10.63	13.37	10.73	13.48	10.79
Module efficiency - $\eta$ (%)	20.21%		20.42%		20.64%		20.85%		21.06%		21.27%	
Power tolerance (W)	(0, +5)											
Maximum system voltage (V)	1500											
Maximum rated fuse current (A)	25											
Current operating temperature (°C)	-40~+85 °C											

STC (Standard Testing Conditions): irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25 °C, Spectra at AM1.5

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): irradiance 800 W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20 °C, Spectra at AM1.5, Wind at 1 m/s

### STRUCTURAL CHARACTERISTICS

Module dimensions (L*W*H)	2094 x 1134 x 35 mm
Weight	26.3 kg
Number of cells	132 cells
Cell	PERC Monocrystalline 182x91 mm
Glass	Tempered, 3.2 mm AR, High transmittance, Low iron
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP68
Output wire	4.0 mm <sup>2</sup> , wire length: 300 mm or Customized Length
Connector	MC4 Compatible
Mechanical load	5400 Pa

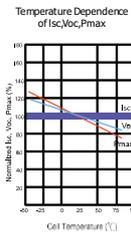
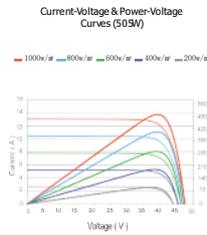
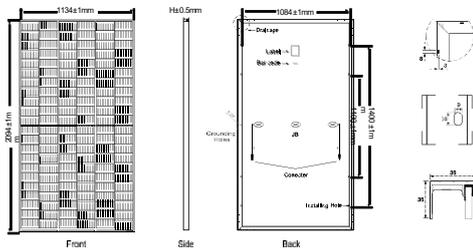
### TEMPERATURE RATING

Temperature coefficient ( $P_{mp}$ )	-0.35%/°C
Temperature coefficient ( $V_{oc}$ )	-0.28%/°C
Temperature coefficient ( $I_{sc}$ )	+0.045%/°C
Nominal operating cell temperature	45 ± 2 °C

### PACKAGING CONFIGURATION

Container	40HQ
Quantity/pallet	31
Pallets/container	22
Quantity/container	682

### MODULE DIMENSIONS (mm)



Add: 9 Huicheng Road, Huishan District, Wuxi, Jiangsu Province, P. R. China

E-mail: [info@sunova-solar.com](mailto:info@sunova-solar.com)

\*Sunova Solar Technology Co., Ltd. reserves the right to amend and adjust the information described herein without further notice. Please contact our sales department for the latest version of this document.

## ANEXO B- CARACTERÍSTICAS INVERSOR



## Solis (7580)K5-G

Inversores Solis trifásicos



## Modelo:

380V: Solis-75K-5G Solis-80K-5G



360graus



## Eficiência

- ▶ 9 MPPTs, eficiência máxima de 98,7%
- ▶ >150% de relação CC / CA
- ▶ Compatível com módulos bifaciais



## Inteligente

- ▶ Função SVG noturna
- ▶ Monitorização inteligente de fios. Varredura de curva IV inteligente
- ▶ Atualização remota de firmware com operação simples



## Seguro

- ▶ IP66
- ▶ Recuperação de PID integrada para melhor desempenho do módulo (opcional)
- ▶ Componente de marca reconhecido globalmente para uma vida útil mais longa



## Económico

- ▶ Comunicação por linha de energia (PLC) (opcional)
- ▶ Suporta conexão do tipo "Y" no lado CC
- ▶ Suporta acesso a fio de alumínio para reduzir custos



## Folha de Dados

Modelo	Solis75K-5G	Solis80K-5G
<b>Entrada CC</b>		
Potência máxima de entrada recomendada	126kW	
Tensão máx de entrada	1100V	
Tensão nominal	600V	
Tensão de partida	195V	
Intervalo de tensão MPPT	180-1000V	
Corrente máx de entrada	9*26A	
Correntemáx.do conector de entrada	13A	
Corrente máx de curto-circuito	9*40A	
MPPTs / Número de Entradas	9/18	
<b>Saída CA</b>		
Potência nominal de saída	75kW	80kW
Potência máx de saída aparente	75kVA	88kVA
Potência máx de saída	75kW	88kW
Tensão nominal da rede	3/N/PE, 220/380V, 230/400V	
Frequência nominal da rede	50/60Hz	
Corrente nominal de saída da rede	114A	121.6A
Corrente máx de saída	114A	133.7A
Fator de potência	> 0,99(0,8inicial-0,8atrasado)	
Harmônicas (THDi)	<-3%	
<b>Eficiência</b>		
Eficiência máxima	98.7%	
Eficiência EU	98.3%	
<b>Proteção</b>		
Proteção contra inversão de polaridade CC	Sim	
Proteção contra curto-circuito	Sim	
Proteção de sobrecorrente de saída	Sim	
Proteção contra sobretensão	CC Tipo II / CA Tipo II	
Monitoramento de rede	Sim	
Proteção de ilhamento	Sim	
Monitorização de Strings	Sim	
Digitalização de curva I/V	Sim	
Função anti-PID	Opcional	
AFCI integrado (proteção de circuito de falha de arco CC)	Sim	
Interruptor CC integrado	Sim	
Interruptor CA integrado	Opcional	
<b>Dados gerais</b>		
Dimensões (L*A*P)	1050*567*314.5mm (Com interruptor CA)	
Peso	82kg	
Topologia	Sem Transformador	
Consumo próprio	<2W (noite)	
Faixa de temperatura ambiente de operação	-25 - +60° C	
Umidade relativa	0-100%	
Grau de proteção (IP)	IP66	
Conceito de refrigeração	Refrigeração por ventilador redundante inteligente	
Altitude máx de operação	4000m	
Certificados de padrão de conexão da rede	VDEARN 4105,VDEV0124,VDEV0126-1,UTE C 15712-1,NRS097-1-2,G98,G99,EN 505491/-2,RD1699,UNE 206006,UNE 206007-1,IEC 61727,DEWA	
Padrão de segurança / EMC	IEC 62109-1/-2, EN 61000-6-2/-4	
<b>Características</b>		
Conexão CC	Conectores MC 4	
Conexão CA	Terminal OT (máx 185 mm <sup>2</sup> )	
Tela	LCD	
Comunicação	RS485, Opcional: Wi-Fi, GPRS, PLC	

## ANEXO C- ORÇAMENTO INCAREL

**INCAREL-IND.CONCR.ARMADOS ERNESTINA LTDA**  
**ROD. RST 153 - KM 30 - CENTRO**  
**ERNESTINA - RIO GRANDE DO SUL**  
**FONE/FAX(54)33782033 - CEP.:99140.000**

PROPOSTA COMERCIAL

**ALAMBRADO**

A/C: RICARDO

REF.: ORÇAMENTO DE MATERIAL E MÃO -DE-OBRA P/ MONTAGEM DE ALAMBRADO

CNPJ:

**OBJETO:**

ITEM	QUANT.	UN	DESCR. DOS PRODUTOS	VLR.UNIT.	VLR.TOTAL
1	648	M²	Tela malha "5" , arame "14"	R\$ 42,50	R\$ 27.540,00
2	120	Un	Palanque 0,12x0,12x3,10m	R\$ 155,00	R\$ 18.600,00
3	6	Un	Palanque -mestre 0,15x0,15x3,5	R\$ 189,00	R\$ 1.134,00
4	10	Un	Escora 0,15x0,15x3,10m	R\$ 175,00	R\$ 1.750,00
5	1,6	RI	Arame ovalado de aço	R\$ 875,00	R\$ 1.400,00
6	2,7	RI	Arame farpado	R\$ 670,00	R\$ 1.809,00
7	1800	Un	Blocos 10x20x40Cm	R\$ 4,10	R\$ 7.380,00
8	18	Un	Braçadeira 15x30Cm	R\$ 45,00	R\$ 810,00
9	7	Un	Ferro barra chata 1/2x2Cm	R\$ 29,70	R\$ 207,90
10	35	Un	Parafusos buchas p/concreto	R\$ 0,57	R\$ 19,95
11	27	Kg	Arame galvanizado "14" p/amarração	R\$ 35,00	R\$ 945,00
12	60	Sc	Cimento CP II	R\$ 43,00	R\$ 2.580,00
13	14	M³	Areia	R\$ 170,00	R\$ 2.380,00
14	3	M³	Brita	R\$ 85,00	R\$ 255,00
15	0	Un	Fretes (a calcular)	R\$ -	R\$ -
16	360	Un	Serviços de furação+empilhadeira	R\$ 40,00	R\$ 14.400,00
17	360	m	Mão-de-obra	R\$ 70,00	R\$ 25.200,00
				<b>SUB TOTAL</b>	<b>R\$ 106.410,85</b>
				<b>DESCONTO</b>	<b>R\$ -</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 106.410,85</b>

OBS.:O alambrado sera construído com palanques de concreto de 3,10m de altura, distanciados entre si em 3m, sendo que os mestres e escoras terão a dimensão de 0,15 x 0,15 x 3,40m fixados ao solo com concreto, sendo que na parte inferior será construído um muro com blocos de concreto com aproximdo a 30 centímetros acima do solo.

Na parte superior serão fixados 3 arames farpados, distanciados entre si e distribuídos em 40 cm na parte curva dos palanques.

Na central que compreende entre o muro e os arames farpados do topo serão distribuídos 4 arames lisos de aço, nas extremidades e ao meio para a fixação da telas.

As telas serão de arame galvanizado 14, com malha 5, medindo 1,80 m de altura.

**A quantidade de material especificado neste orçamento é aproximada, sendo relevante para o cálculo do custo final, a metragem de alambrado construída.**

DOS PRAZOS

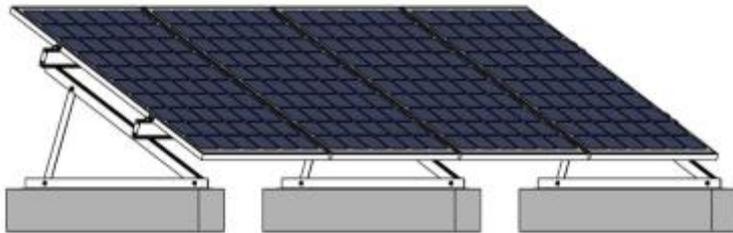
A combinar

DO PAGAMENTO

Depósito

Ernestina -RS, 07 de Junho 2022.  
 Atenciosamente,  
 Altazir  
 Cel.(54) 9-9976-9675

## ANEXO D- MANUAL ESTRUTURA PAINEL

**MANUAL DE MONTAGEM:  
LAJ  
E PERFIL REFORÇADO**

A MELHOR SOLUÇÃO PARA CADA TELHADO





## LISTA DE MATERIAIS

Todos os componentes listados a seguir são essenciais para a instalação do sistema de laje com triângulos. A quantidade de peças é calculada de acordo com cada projeto.

### Triângulo desmontado:



- **Material:** alumínio 6060-T5;
- **Uso:** para montagem de módulos em retrato em lajes.
- **Inclinação:** 25° (com marcação para furos e cortes à cada 2,5°);
- **Distância entre parafusos-cabeça de martelo:** 80cm;
- **Comprimento da base:** 1,42m.

### Perfil suporte do módulo reforçado Thunder:



- **Material:** alumínio 6060-T5;
- **Dimensões disponíveis:** 6,30m - 4,50m - 4,20m - 3,15m - 2,25m - 2,10m.

### Parafuso cabeça-martelo:



- **Material:** aço inox 304;
- **Dimensões:** M10x25mm.

### Porca:



- **Material:** aço inox 304;
- **Dimensão:** M10;
- **Obs:** flangeada e semilhada.

**Junção:**

- **Material:** alumínio 6060-T5;
- **Obs:** acompanha dois parafusos cabeça-martelo.

**Grampo intermediário Thunder:**

- **Material:** alumínio 6060-T5;
- **Uso:** atende módulos de 35mm e 40mm;
- **Torque recomendado:** 10N.m;
- **Espaçamento entre módulos:** 16mm;
- **Obs:** acompanha clip para aterramento de módulos em aço inox 304.

**Grampo final Thunder:**

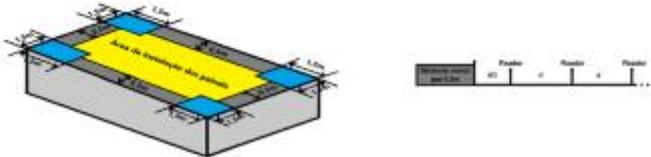
- **Material:** alumínio 6060-T5;
- **Uso:** atende módulos de 30mm, 35mm ou 40mm;
- **Torque recomendado:** 10N.m.

**FERRAMENTAS  
NECESSÁRIAS**



## DISTANCIAMENTOS

Recomendamos instalar com a distância mínima de recuo da borda do telhado e a instalação de 0,5m, caso não seja possível utilizar essa distância mínima, instalar os fixadores nas extremidades dos trilhos, seguido do próximo a 0,75m e os seguintes a 1,5m, conforme figura abaixo. Além disso evitar cantos e bordas e deixar uma distância de 1,5m dos cantos (região azul na figura a seguir).



Cada ponto do Brasil existe uma velocidade de vento própria que afeta a distância entre fixadores a ser utilizada na instalação dos painéis. A seguir é apresentado o mapa do Brasil com as diferentes isopletas de velocidade básica dos ventos de acordo com a NBR-6123. Consulte esse mapa para identificar a região da instalação, em seguida a tabela em anexo abaixo para saber a distância máxima d entre fixadores para módulos de 72 células e posição retrato. Para outras, contratar a Solar Group.



- Região I (20 m/s)
- Região II (25 m/s)
- Região III (30 m/s)
- Região IV (35 m/s)
- Região V (40 m/s)

	Distância máxima "d" entre fixadores para módulos de 72 células	Distância máxima "d" entre fixadores para módulos de 96 células	Distância máxima "d" entre fixadores para módulos de 144 células
Região I	2,000	2,000	2,000
Região II	1,500	1,500	1,500
Região III	1,000	1,000	1,000
Região IV	0,750	0,750	0,750
Região V	0,500	0,500	0,500



## MONTAGE

### M

#### Passo 1 - Preparação do triângulo:



O triângulo possui inclinação máxima de 25 graus. Para modificar sua angulação, cortar a cantoneira na inclinação desejada na régua. Após o corte realizar a furação de 10mm no local indicado.

#### Passo 2 - Montagem do triângulo:



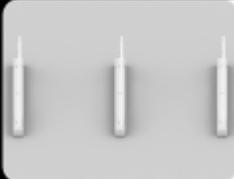
Montar o triângulo fixando os parafusos e porcas nos furos A e B. Por último, realizar o furo C do perfil da base (em formato T) e inserir o parafuso e porca.

#### Passo 3 - Fixação dos triângulos



O sistema pode ser ancorado por chumbadores mecânicos (inclusos no kit) ou químicos nos lastros. Os lastros devem ser fixos, mas em algumas situações podem ser somente apoiados. Análise as condições locais como velocidade do vento, exposição e altura da edificação para tomada de decisões.

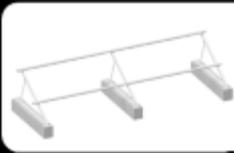
#### Passo 4 - Alinhamento dos Triângulos:



Posicionar o primeiro e o último triângulo da fileira. Os demais serão posicionados e referenciados por estes. Verificar o alinhamento com auxílio de uma linha. A distância recomendada entre triângulos varia de acordo com cada região, consultar "página 9" deste manual para verificar o valor da região da instalação.

**\* Utilizar o Perfil Reforçado**

#### Passo 5 - Perfil:



Fixar o perfil no triângulo utilizando o parafuso cabeça-martelo e porca.



#### Passo 6 - Ajustar os grampos terminais:



Montagem  
A  
(36mm)



Montagem  
B  
(35mm)



Montagem  
C  
(40mm)

Verificar a altura do frame dos módulos. Posicionar o grampo terminal, de acordo com a altura do frame.

São três possibilidades:  
- 30mm (montagem A);  
- 35mm (montagem B);  
- 40mm (montagem C).

**Passo 7 - Grampo terminal:**

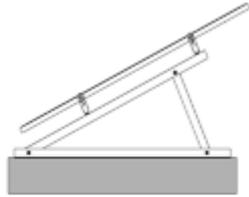
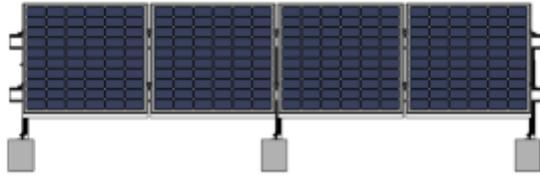
Inserir o grampo terminal no perfil. Certificar-se de que todos os contatos sejam feitos. A chapa de aterramento deve estar alocada entre o módulo e o perfil. Fixar os parafusos dos grampos com torque de 10N.m.

**Passo 8 - Grampo intermediário:**

Inserir o grampo intermediário no perfil. Certificar-se de que todos os contatos sejam feitos. A chapa de aterramento deve estar alocada entre o módulo e o perfil. Fixar os parafusos dos grampos com torque de 10N.m.

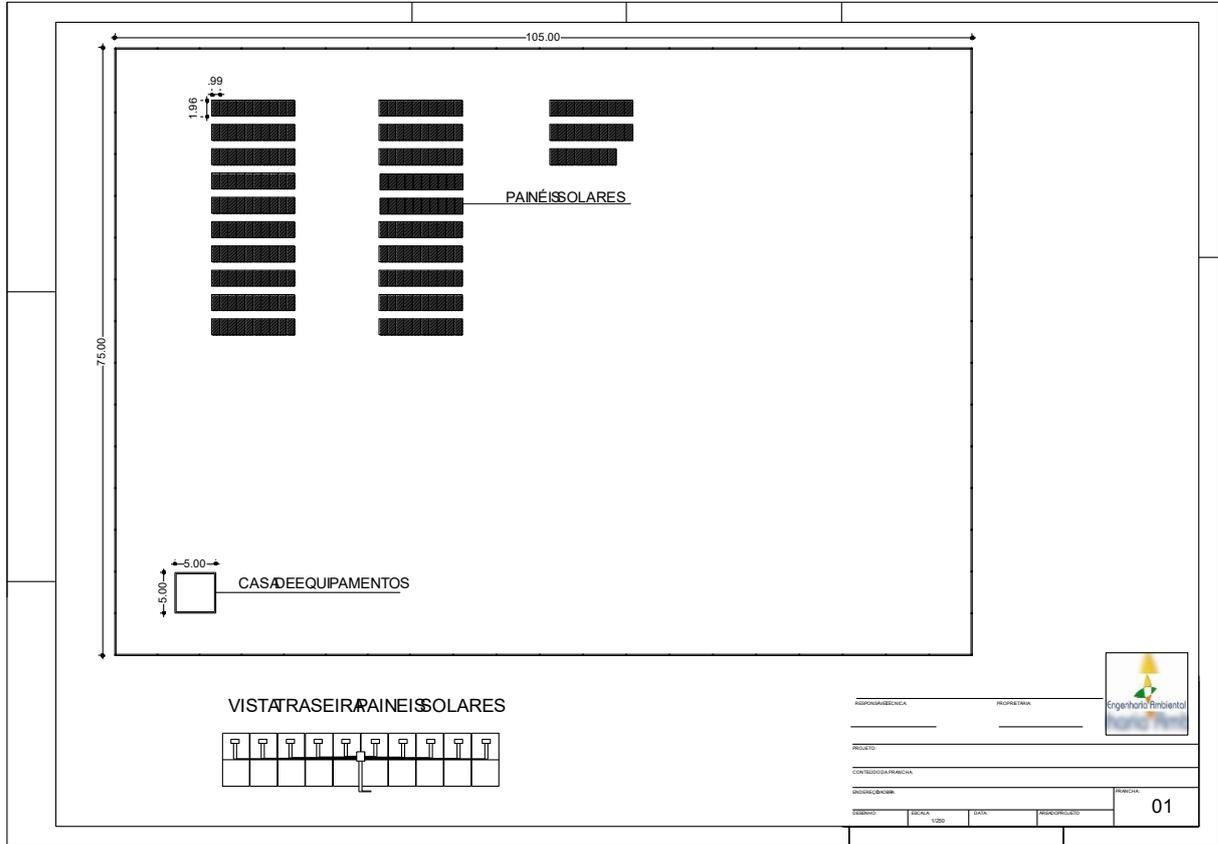
**Passo 9 - Junção U:**

Para a união, posicionar a junção entre dois perfis e fixar com os parafusos cabeça-martelo e porcas.



APENDICE A- VISTA FRONTAL

Figura 42- Visa Frontal da Usina Fotovoltaica



Fonte: Autor (2022)