



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

LUIS FERNANDO ALEXANDRE DOS SANTOS

**ESTUDO DO DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO APLICADO
EM UMA RESIDÊNCIA DA CIDADE DE PAU DOS FERROS/RN**

PAU DOS FERROS – RN

2022

LUIS FERNANDO ALEXANDRE DOS SANTOS

**ESTUDO DO DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO APLICADO
EM UMA RESIDÊNCIA DA CIDADE DE PAU DOS FERROS/RN**

Trabalho de conclusão do curso apresentado ao Curso Interdisciplinar em Ciências e tecnologia do centro multidisciplinar da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia no ano de 2022.

Orientador: Prof. Dr. Glaydson Francisco Barros de Oliveira

PAU DOS FERROS – RN

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S237e Santos, Luis Fernando Alexandre dos .
Estudo do dimensionamento de sistema
fotovoltaico aplicado em uma residência da cidade
de Pau dos Ferros/RN / Luis Fernando Alexandre
dos Santos. - 2022.
46 f. : il.

Orientador: Glaydson Francisco Barros de
Oliveira .
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de , 2022.

1. Energia Solar. 2. Microgeração. 3. Painéis
fotovoltaico . I. Barros de Oliveira , Glaydson
Francisco , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Pau dos Ferros
Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva
CRB: 1115

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

EM UMA RESIDÊNCIA DA CIDADE DE PAU DOS FERROS/RN

Trabalho de conclusão do curso apresentado ao Curso Interdisciplinar em Ciências e tecnologia do centro multidisciplinar da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia no ano de 2022.

Defendida em: 21 / 11 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Glaydson Francisco Barros de Oliveira (Orientador)

Me. Josenildo Henrique Gurgel Almeida (1º Examinador)

Bel. Francisco Lindolfo Téofilo (2º Examinador)

Dr. Francisco Carlos Gurgel da Silva Segundo (3º Examinador)

*Em memória da minha avó, Jeronima
Vieira Dos Santos.*

Dedico a Deus pela vitória, sabedoria, e sempre por está ao meu lado. Vós sois o motivo que tenho para avançar, que mesmo com tantos desafios, fui capaz de realizar esse sonho.

Obrigado DEUS!

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo que fez na minha vida, e que continua a fazer.

A minha avó, Jeronima Vieira, pelo amor e dedicação, na qual foi fundamental na minha educação, por sempre me motivar a estudar, pela paciência, pelo amor dedicado a mim, a palavra de força que me motivaram a chegar até aqui, obrigado.

Aos meus pais, minha mãe, Adriana Maria, pelo amor incondicional, pelas palavras de carinho e motivação, ao meu pai, Arinaldo Viera, agradeço pelas palavras com sabedoria, no qual me ensinou a trilhar o caminho da educação, me ensinando sobre os valores da vida, me mostrar que o caminho mais fácil é a perseverança e paciência.

Aos meus irmãos, Ana Beatriz Alexandre, Robert Danilo, pela força, palavras de motivação e pela paciência que tem por mim, o amor transforma, e no amor que ficamos mais forte e dedicado a realizar todos os sonhos possíveis. Obrigado pelas palavras de carinho.

A meu avô, Antônio Alexandre, pelo carinho, sempre esteve a me apoiar, pela paciência comigo.

A todos meus amigos, que de forma direta ou indireta colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Glaydson Francisco Barros de Oliveira, que me acolheu na UFERSA. Dando-me, sem mesmo me conhecer, oportunidades que me rendeu bastante conhecimento, descobertas, superação e principalmente o presente de orientar o meu trabalho de conclusão do curso. Ele me deu a chance de crescer, de ser uma pessoa melhor e ser mais dedicado. Depositou em mim confiança e conduziu assim sua orientação com os mais profundos conhecimentos.

Ao Engenheiro Josenildo, pelo apoio e condução deste trabalho, pela paciência que teve durante a conclusão do projeto, pelo apoio e conselhos conservadores de valores profissionais. A cada ensinamento no estudo de campo, por todo suporte.

Ao meu Professor e amigo do ensino médio, Petrônio, na qual me fez ver o lado bom de estudar, com conselhos foi de extrema importância para aqui está, o gosto pelos números se deu por conta das suas aulas, obrigado pela paciência e lições de vida proposta pelo decorrer da vivência.

A circunstância proposta pela vida a mim, todo plano é necessário para uma construção organizada, mas o fundamental é a fé em Deus, e perseverança, agradeço a mim mesmo, por nunca desistir, mesmo após tanto esforço, cheguei até aqui para conquistar, pois ousei e sair para brilhar.

“Quem ousou conquistar e saiu pra lutar, chega mais longe!”

Charlie Brown Jr

RESUMO

Atualmente, os países buscam várias maneiras para produção de energia elétrica, que degrade menos o meio ambiente e que seja de forma sustentável. No Brasil com a expansão da produção da energia fotovoltaica, devido a criação da Resolução Normativa nº 687 que trata da possibilidade de compensação de energia pelo usuário, realizou-se um estudo de caso de dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR) de distribuição de energia elétrica para uma residência localizada na cidade de Pau dos Ferros - RN. Primeiramente foi feita a fundamentação teórica abordando os principais tópicos do tema. A seguir são apresentadas as normas estabelecidas pela ANEEL que determinam os requisitos do projeto. Os dados de irradiância e temperatura local que embasaram o dimensionamento dos módulos fotovoltaicos e do inversor de frequência do sistema proposto foram obtidos através da coleta de dados. A partir do projeto dimensionado obtiveram-se os dados estimados de energia elétrica gerada em comparação com as estimativas de consumo. Por fim é estipulado a partir da proposta do engenheiro o tempo de retorno do investimento realizado no projeto.

Palavras-chave: Energia Solar. Microgeração. Painéis fotovoltaico

ABSTRACT

Currently, countries are looking for several ways to produce electric energy that degrades less the environment and that is sustainable. In Brazil with the expansion of the production of photovoltaic energy, due to the creation of the Normative Resolution n° 687 that treats the possibility of compensation of energy by the user, a case study of sizing of a photovoltaic system connected to the net (SFCR) of electric energy distribution for a residence located in the city of Pau dos Ferros - RN was accomplished. Firstly, the theoretical foundation was made addressing the main topics of the theme. Next, the norms established by ANEEL that determine the requirements of the project are presented. The irradiance data and local temperature that supported the dimensioning of the photovoltaic modules and the frequency inverter of the proposed system were obtained through data collection. From the dimensioned project were obtained the estimated data of electric energy generated in comparison with the consumption estimates. Finally, it is stipulated from the engineer's proposal the return time of the investment made in the project.

Keywords: Solar Energy. Microgeneration. photovoltaic panels

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustração de como ocorre, as três formas de radiação solar.....	22
Figura 2: Média diária de irradiação solar no Brasil	23
Figura 3: Declinação solar e as estações do ano.....	24
Figura 4: Relações geométrica sol-Terra-painel solar	25
Figura 5: Componentes de um sistema fotovoltaico autônomo	26
Figura 6: Sistema conectado à rede	27
Figura 7: Módulo fotovoltaico de policristalino.....	28
Figura 8: Módulo fotovoltaico monocristalino.....	29
Figura 9: Modelo da Etiqueta	30
Figura 10: Inversor Growatt.....	32
Figura 11: Conector do tipo fêmea	32
Figura 12: Conector do tipo macho	32
Figura 13: Estrutura de sustentação.....	33
Figura 14: <i>String Box</i>	34
Figura 15: Demonstrativo do retorno financeiro pelo Payback.....	35
Figura 16: Ilustração da metodologia abordada no trabalho	36
Figura 17: Instalação da estrutura, para apoiar os módulos	37
Figura 18: Módulos instalados sobre os suportes	38
Figura 19: Local onde tem sombreamento no telhado	39
Figura 20: Processo final da instalação do projeto	39
Figura 21: Histórico do consumidor do mês de outubro de 2022	40
Figura 22: Produção do mês de outubro de 2022	41
Figura 23: Geração em cada mês.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Representação de unidade consumidora.....	40
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RN	Rio Grande do Norte
DOU	Diário Oficial da União
GD	Geração Distribuída
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
SFI	Sistema Fotovoltaico Isolado
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
RAC	Requisitos de Avaliação da Conformidade
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica

LISTA DE SÍMBOLOS

@	Arroba
©	Copyright
®	Marca registrada
%	Porcentagem
\$	Cifrão

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	JUSTIFICATIVA.....	19
3	OBJETIVO	20
3.1	OBJETIVO GERAL	20
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
4	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
5	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	22
5.1	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	22
5.1.1	<i>Radiação Solar.....</i>	23
5.1.2	<i>Potencial Energética do Brasil</i>	24
5.1.3	<i>Geometria Solar</i>	25
5.1.4	<i>Sistema Isolado (Off-Grid) e Sistema Conectados à Rede (On-Grid)</i>	27
5.1.5	<i>Módulos Fotovoltaicos</i>	29
5.1.6	<i>Registro Inmetro</i>	30
5.1.7	<i>Inversor.....</i>	31
5.1.8	<i>Cabeamento</i>	33
5.1.9	<i>Suporte para apoio dos módulos fotovoltaicos</i>	35
5.1.10	<i>String Box.....</i>	35
5.1.11	<i>Novo Marco Legal da geração distribuída</i>	36
5.1.12	<i>Payback</i>	37
6.	METODOLOGIA	38
7.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
7.1.	INSTALAÇÃO	39
8.	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
	ANEXO	

1 INTRODUÇÃO

A captação da luz do sol para gerar energia é inesgotável na escala de tempo terrestre, tanto como fonte de calor, quanto de luz, sendo atualmente, uma das alternativas energéticas mais viáveis, para encarar os desafios dos séculos.

É notável o interesse comum que a sociedade tem em fontes alternativas de energia. Isso deve ao fato delas serem menos poluentes, renováveis causando menos impacto ambiental. Esses fatores impulsionam a comunidade científica a pesquisar e desenvolver alternativas a fim de alcançar esses objetivos. Atualmente existem diversas fontes de geração alternativas conhecidas e disponíveis, cada fonte tem sua particularidade, sendo que constantemente estão sendo pesquisadas e aperfeiçoadas, tornando-se cada dia mais eficiente e com custos de implantação e manutenção menores.

Em 17 de abril de 2012, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) publicou a Resolução Normativa nº 482, que trata de Micro e Minigeração distribuídas, com a finalidade de permitir o autoconsumo sendo possível que, o consumidor possa gerar energia elétrica a partir de fontes renováveis, como a energia solar, em seu próprio estabelecimento, bem como fornecer o excesso de energia gerada à rede de distribuição responsável pela região em que está situada.

O investimento na própria geração de energia tem se mostrado bastante rentável, devido a fatores como a qualidade e disponibilidade dos recursos energéticos nacionais, bem como um modelo de compensação de créditos favoráveis, com o sistema ligado à rede, e o alto valor das tarifas para os consumidores.

A geração distribuída é caracterizada pela alta praticidade em instalações de pequeno porte, na qual torna-se uma solução para os impactos ambientais, visto que a fonte geradora é através da irradiação solar, sendo uma fonte sustentável, a geração distribuída depende de normas de cada região, na qual seu aumento da complexidade de operação da rede, a dificuldade na cobrança pelo uso do sistema elétrico, a eventual incidência de tributos e a necessidade de alteração dos procedimentos das distribuidoras para operar, controlar e proteger suas redes.

Tendo em vista o crescimento na implantação da Microgeração, este trabalho objetiva explicar o funcionamento, dimensionamento, e seu orçamento, tanto como seu custo-benefício

e viabilidade da Usina Solar Fotovoltaica de uma residência, localizada na cidade de Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte.

2 JUSTIFICATIVA

A escolha do sistema fotovoltaico como alternativa para a geração de energia se deve ao fato de que esse sistema demonstra ser uma opção viável e que se popularizou nas últimas décadas. Outro fator importante é o potencial solar da cidade em que o sistema será instalado, na cidade de Pau dos Ferros. Portal solar, publicou em seu site uma pesquisa do grande potencial energético do estado, em que a capacidade para geração de energia solar está entre os maiores no Nordeste. Sendo um tema que tem como assunto da atualidade e de grande importância tanto para educação ambiental, como para a sociedade, visando a diminuição de CO₂, e o desmatamento das florestas, para se obter energia, assim preservando a fauna Brasileira.

3 OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GERAL

Realizar o dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica (*On-Grid*) e orçamento para uma residência unifamiliar da cidade Pau dos Ferros – RN.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender os materiais que compõem a usina;
- Verificar o funcionamento desses materiais;
- Avaliar os experimentos e/ou empreendimento sobre o uso de energia solar fotovoltaica, implantados em uma residência da cidade de Pau dos Ferros;
- Estipular o retorno financeiro.

4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido nos seguintes capítulos:

Capítulo 2 – Fundamentação teórica: Este capítulo tem o embasamento teórico de energia solar fotovoltaica e suas tecnologias, assim como potencial energético do Brasil, componentes básicos e legislação e normas técnicas, através delas foram possíveis fazer a instalação de um micro e minigeração distribuída e o estudo de caso.

Capítulo 3 – Metodologia: Este capítulo trás o dimensionamento do sistema na residência, os cálculos realizados para suprir o consumo de energia, a escolha dos equipamentos de acordo com o sistema e a avaliação do custo-benefício do projeto.

Capítulo 4 – Apresentação e Discussão dos Resultados: Este capítulo apresenta a instalação do sistema na residência e a comparação de desempenho teórico com o desempenho real.

Capítulo 5 – Conclusão: Este capítulo apresenta se o projeto instalado é viável economicamente e quão importante essa tecnologia de energia solar fotovoltaico é para a sociedade e para o futuro.

5 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade denominado (efeito fotovoltaico), sendo a célula fotovoltaica, um dispositivo fabricado com material semicondutor, a unidade fundamental desse processo de conversão (CEPEL-CRESESB, 2014).

A energia gerada através da captação da radiação solar, tem várias vantagens atualmente, sendo uma fonte renovável, sem poluição para o meio ambiente. tendo pontos positivos e negativos no processo de geração de energia.

Segundo Ronilson di Souza, autor do livro digital "Os sistemas de energia solar fotovoltaica" destaca alguns pontos positivos e negativos na energia solar fotovoltaica.

Alguns pontos positivos:

- A matéria prima é inesgotável.
- Não há emissão de poluentes durante a geração da eletricidade.
- Os sistemas podem ser instalados em todo o globo.

Alguns pontos negativos para se destacar:

- A densidade (o fluxo de potencial que chega à superfície terrestre) é pequena ($< 1\text{kw}/\text{m}^2$), se comparado às fontes fósseis.
- A energia solar disponível em uma localidade varia sazonalmente, além de ser afetada pelas condições climatológicas.
- Alto custo na aquisição dos componentes para o sistema solar fotovoltaico.

A energia solar fotovoltaica precisa de uma área de captação ampla, para obter maior potências. A variabilidade da irradiação solar implica no uso de sistemas de armazenamento, que são, em geral, pouco eficientes, já com seu alto investimento inicial, leva a considerar a viabilidade econômica de um projeto, tendo em conta sua vida útil e todas as vantagens da utilização dessa forma de energia (SOUZA, 2015).

5.1.1 Radiação Solar

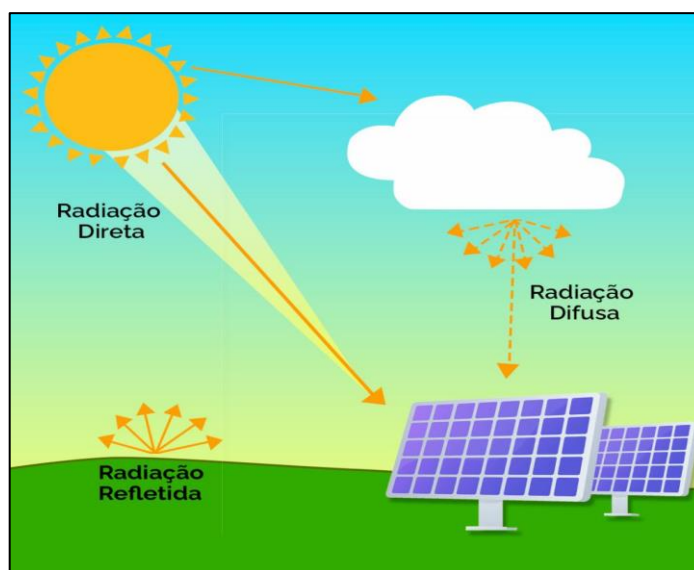
Segundo Brito (2003), o Sol fornece anualmente, para a atmosfera terrestre, $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia. Trata-se de um valor considerável, correspondendo a 10000 vezes o consumo mundial de energia neste período. Este fato vem indicar que, além de ser responsável pela manutenção da vida na Terra, a radiação solar constitui-se numa inesgotável fonte energética, havendo um enorme potencial de utilização por meio de sistemas de captação e conversão em outra forma de energia (térmica, elétrica, etc.).

Uma das possíveis formas de conversão da energia solar é conseguida através do efeito fotovoltaico que ocorre em dispositivos conhecidos como células fotovoltaicas. Estas células são componentes optoeletrônicos que convertem diretamente a radiação solar em eletricidade. São basicamente constituídas de materiais semicondutores, sendo o silício o material mais empregado (BRITO, 2003).

A radiação solar ocorre em todas as direções e pode chegar à superfície de três formas, essas são denominadas conforme enunciado e figura 1 logo abaixo:

- Radiação direta: Chega à superfície da terra sem mudar sua direção.
- Radiação Difusa: Chega à superfície sem uma direção definida, após ter sido dispersada pelas moléculas e partículas presentes na atmosfera.
- Radiação Refletida: Chega à superfície e foi previamente refletida pelo solo ou superfícies adjacentes, verticais ou horizontais.

Figura 1: Ilustração de como ocorre, as três formas de radiação solar.

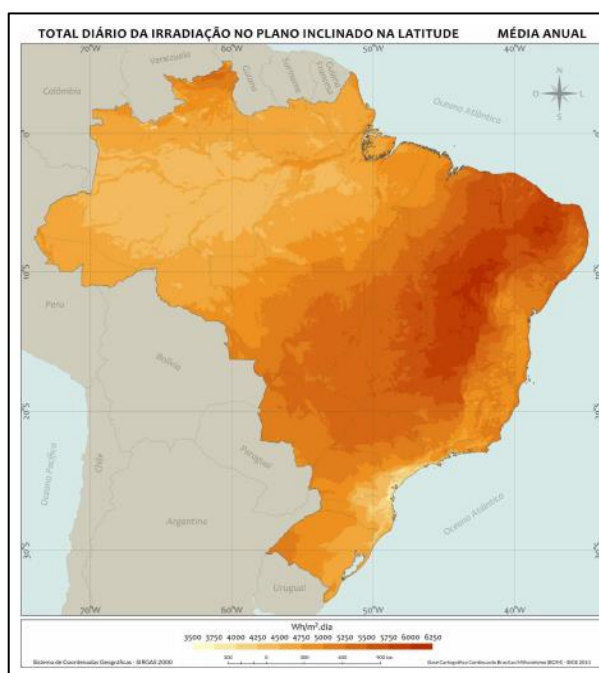


Fonte: QUANTAGERACAO2, 2021

5.1.2 Potencial Energética do Brasil

Brasil atualmente tem um grande potencial para energia solar, segundo Atlas brasileiro de Energia Solar, o país recebe, durante todo o ano, mais de 3 mil horas de brilho do sol, sendo o mesmo correspondendo a uma incidência solar diária que pode ir de 4.500 a 6.300 Wh/m^2 . Por estar localizado próximo a linha do Equador, o país recebe alta incidência do sol durante todo o dia, com pouca influência climatológica durante todo o ano, em função das características de translação do planeta, como mostra a figura 2.

Figura 2: Média diária de irradiação solar no Brasil.



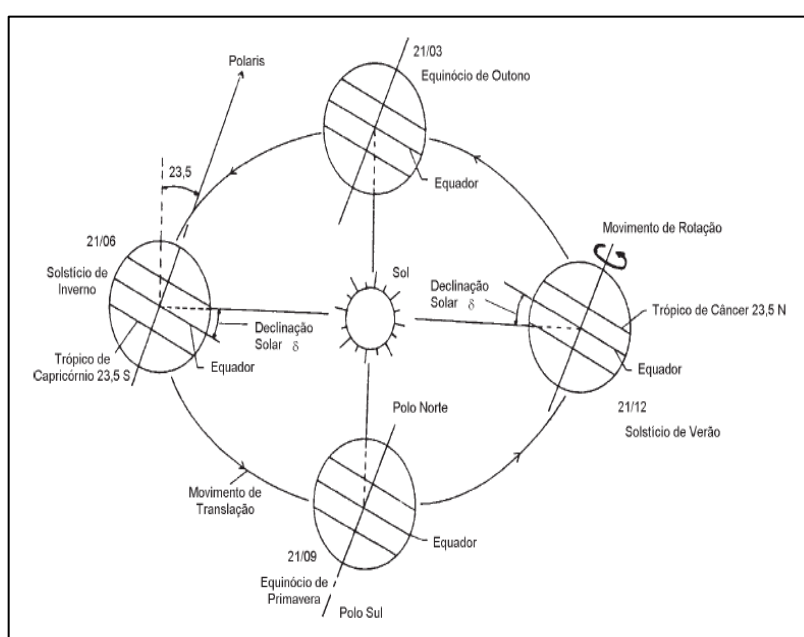
Fonte: LABREN/CCST/INPE, 2017.

No Brasil é possível gerar 40% mais eletricidade solar que o lugar mais ensolarado da Alemanha, que é um dos líderes no uso da energia fotovoltaica (QUANTAGERACAO2, 2021).

5.1.3 Geometria Solar

De acordo CEPEL-CRESESB (2014), o nosso planeta, em seu movimento anual em torno do Sol, descreve em trajetória elíptica um plano que é inclinado de aproximadamente $23,5^\circ$ com relação ao plano equatorial. Esta inclinação é responsável pela variação da elevação do Sol no horizonte em relação à mesma hora, ao longo dos dias, dando origem às estações do ano e dificultando os cálculos da posição do Sol para uma determinada data, como pode ser visto na figura 3, abaixo:

Figura 3: Declinação solar e as estações do ano



Fonte: CEPEL-CRESESB, 2014.

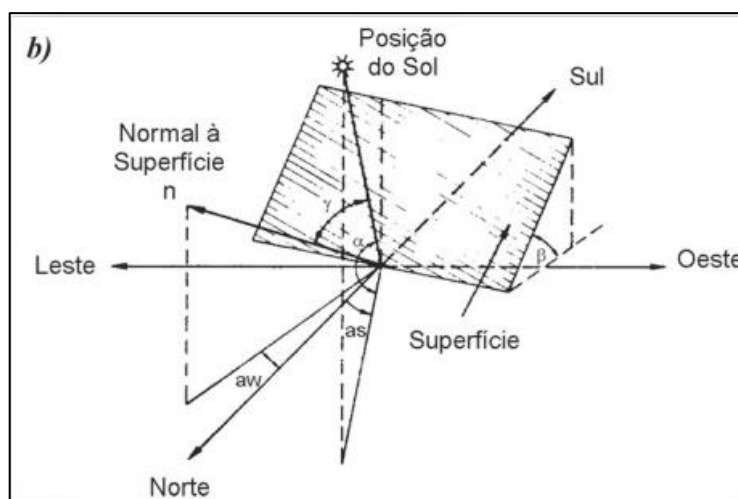
Detalhamento das relações geométricas entre a superfície terrestres e os raios solares. Estes ângulos variam de acordo ao movimento aparente do sol na abóbada celeste (SOUZA, 2015).

- Ângulo de Incidência (γ): é formado entre os raios solares e a normal à superfície de captação. Quanto menor esse ângulo, mais energia será captada.
- Ângulo Azimutal De Superfície (a_w): O ângulo Azimutal de superfície estará entre: $-180^\circ \leq a_w \leq 180^\circ$. Internacionalmente convencionou-se o azimute 0° como sendo o Sul, e o Norte tem ângulo azimutal de 180°

- Ângulo Azimutal do Sol (a_s): é o ângulo entre a projeção dos raios solares no plano horizontal e a direção Norte-Sul. Tem as mesmas convenções que o Ângulo Azimutal de Superfície.
- Altura Solar (α): ângulo entre os raios solares e sua projeção sobre um plano horizontal.
- Inclinação (β): ângulo entre o painel solar e o plano horizontal.
- Ângulo Horário do Sol ou Hora Angular (ω): é o deslocamento angular do sol, no sentido Leste-Oeste, a partir do meridiano local, devido ao movimento de rotação da Terra. A Terra dá uma volta completa (360°) em torno de si mesma em 24 horas. Portanto, cada hora corresponde a um deslocamento de 15° .
- Ângulo Zenital (θ_z): é o ângulo formado entre os raios solares e a vertical (Zênite). O ângulo zenital é o inverso da altura solar. O sol só alcança o Zênite nas localidades entre os trópicos (zona tropical). Fora dos trópicos, em nenhuma localidade haverá, ao meio dia solar, ângulo zenital igual a zero.

A Figura 4, mostra a ilustração de cada ângulo destacado, sendo de extrema importância o conhecimento desses mesmos, para a implementação de uma usina solar fotovoltaica, para se obter maior obtenção de irradiação solar.

Figura 4: Relações geométrica sol-Terra-painel solar.

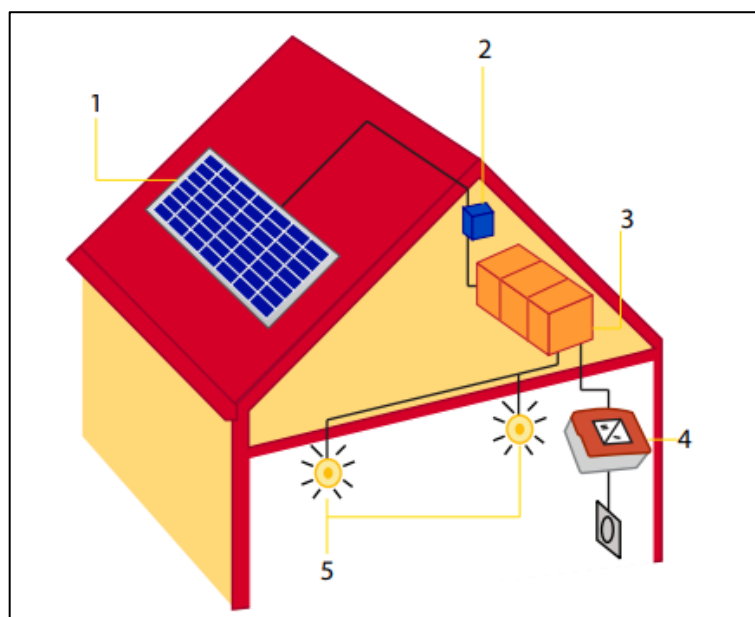


Fonte: (SOUZA, 2015).

5.1.4 Sistema Isolado (Off-Grid) e Sistema Conectados à Rede (ON-GRID)

Um Sistema Fotovoltaico Isolado é aquele que não tem contato com a rede de distribuição de eletricidade das concessionárias. E tem como característica, de alguma forma armazenar energia, podendo ser feito através de baterias. Esse projeto é uma opção viável para lugares isolados, distante da cidade, como mostra figura 5.

Figura 5: Componentes de um sistema fotovoltaico autônomo



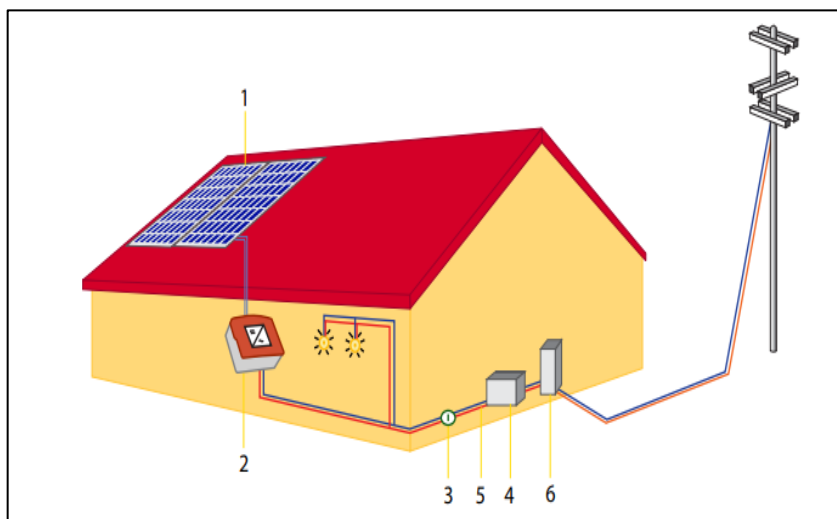
Fonte: SOUZA, 2015.

1. Módulo fotovoltaico;
2. Controlador de Carga/Descarga das baterias;
3. Banco de baterias;
4. Inversor autônomo, para cargas em CA;
5. Cargas CC ou CA;

Sistemas Conectados à Rede (On-Grid), os sistemas fotovoltaicos conectados à rede fornecem energia para as redes de distribuição. Todo o potencial gerado é rapidamente escoado para a rede, que age como uma carga, absorvendo a energia. Os sistemas conectados à rede, também chamados de *on-grid*, geralmente não utilizam sistemas de armazenamento de energia, e por isso são mais eficientes que os sistemas autônomos, além de, geralmente, serem mais baratos (SOUZA, 2015).

Os sistemas *On-Grid* dependem de regulamentação e legislação favorável, pois usam a rede de distribuição das concessionárias para o escoamento da energia gerada, como mostra figura 6.

Figura 6: Sistema conectado à rede.



Fonte: (SOUZA, 2015).

- 1 Módulos Fotovoltaicos
- 2 Inversor Grid-Tie –Transforma a corrente contínua do painel em corrente alternada de 220 V/380 V e 60Hz, compatível com a eletricidade da rede.
- 3 Disjuntor de Segurança.
- 4 Quadro de Luz - distribui energia para casa.
- 5 A eletricidade alimenta os utensílios e eletrodomésticos
- 6 O excedente volta para a rede elétrica através de um relógio bidirecional, que mede a entrada e saída de energia.

Este trabalho abordará o sistema conectado à rede para o estudo de caso, devido a Resolução normativa N° 468, de 17 de abril de 2012, que visa o sistema de créditos ou sistema de compensação na geração de energia elétrica. na qual é permite que a energia gerada através de uma usina micro ou minigeração, passando a mais do consumo do cliente, seja injetada na rede distribuidora da região local. Essa energia produzida a mais do consumo, é compensada em forma de créditos que podem ser utilizados para abater o consumo em outra unidade consumidora. tendo uma validade por 60 meses.

5.1.5 Módulos Fotovoltaicos

O módulo fotovoltaico é um componente primordial na geração de energia, através da irradiação solar, seu desenvolvimento e compactado a um quadro de alumínio, sendo composta por células fotovoltaicas em paralelo e em série, coberta geralmente por uma camada de vidro ou plástico, para poder evitar que se desgaste ao longo dos anos, tornando mais resistente as ações do tempo.

Módulos fotovoltaico de policristalino são compostos por silício, sendo na sua produção mais fácil de produzir, porém vale ressaltar que suas células são menos eficientes, comparadas com a monocristalino, como mostra figura 7.

Figura 7: Módulo fotovoltaico de policristalino.

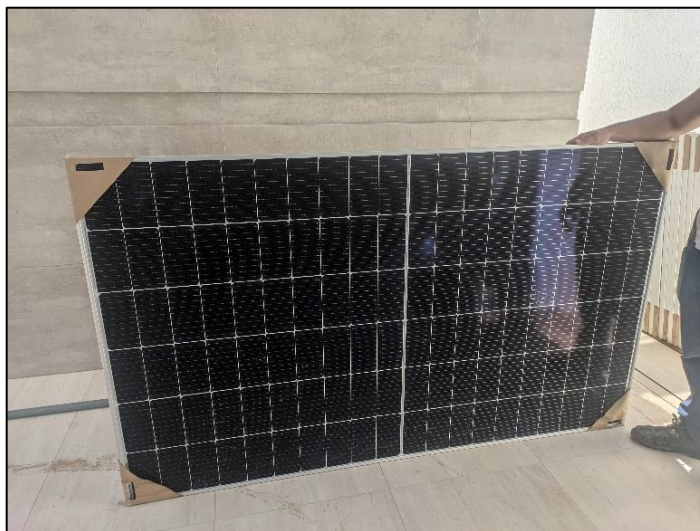


Fonte: PORTAL, 2022.

Segundo o site do Portal solar, os primeiros painéis solares à base de silício policristalino, que também são conhecidos como polisilício (p-Si) e silício multi-cristalino (mc-Si), foram introduzidos no mercado em 1981. Ambos, mono e poli cristalino são feitos de silício, a principal diferença entre as tecnologias é o método utilizado na fundição dos cristais. No policristalino, os cristais de silício são fundidos em um bloco, desta forma preservando a

formação de múltiplos cristais (daí o nome poli cristalino). Quando este bloco é cortado e fatiado, é possível observar esta formação múltipla de cristais.

Figura 8: Módulo fotovoltaico monocristalino.



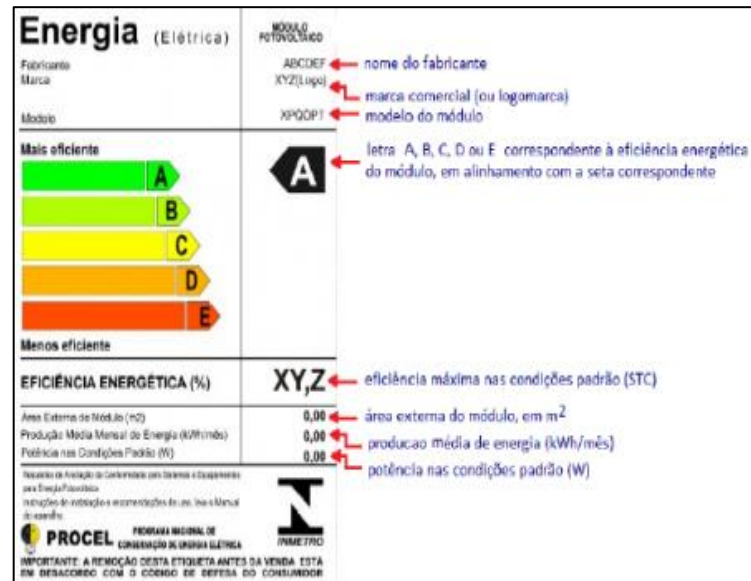
Fonte: Autor, 2022

A figura 8, mostra um módulo fotovoltaico Solar Jinko, modelo JKM460M-60HL4-V, sendo monocristalino e apresentando a mais alta eficiência no mercado, por ter uma maior eficiência, tendo uma vida útil de 30 anos, maior funcionalidade, podendo captar e gerar maior potência para ser convertida em energia, com poucos módulos, ocupando o mínimo de espaço possível, tendo sua potência nominal de 460 w.

5.1.6 Registro Inmetro

No Brasil para comercializar os módulos, precisa passa pela ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia), sendo que o mesmo será ser seguido de acordo com o RAC (Requisitos de Avaliação da conformidade) do Inmetro, pode-se observar na Figura 9, o registro e a etiqueta.

Figura 9: Modelo da Etiqueta.



Fonte: INMETRO, 2022.

5.1.7 Inversor

O Inversores solares são o coração do sistema solar fotovoltaica. segundo CEPEL-CRESESB (2014), um inversor é um dispositivo eletrônico que fornece energia elétrica em corrente alternada (c.a.) a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua (c.c.). A energia c.c. pode ser proveniente, por exemplo, de baterias, células a combustível ou módulos fotovoltaicos. A tensão c.a. de saída deve ter amplitude, frequência e conteúdo harmônico adequados às cargas a serem alimentadas. Adicionalmente, no caso de sistemas conectados à rede elétrica a tensão de saída do inversor deve ser sincronizada com a tensão da rede.

Os inversores usados para SFCR, tem característica única como o de poder armazenar energia na rede, enquanto o SFI, tem como principal característica o armazenamento com auxílio de baterias, sendo um sistema cuja função principal é para área deserta ou distante de uma cidade, para o projeto foi utilizado o inversor Growatt, com seu certificado no Anexo A.

Figura 10: Inversor Growatt.



Fonte: Autor, 2022.

Na Figura 10, pode-se observar um inversor Modelo MID15KTL3-X, com potência nominal 15KW, tensão máxima de entrada de 1100V, Máxima corrente de entrada de 32A, com faixa de tensão do MPPT 200-1000V, número de MPPT 2, sua potência de saída de 15KVA e tensão de saída 380V, Corrente de saída 24,2A, Frequência 60Hz e por fim uma eficiência de 98,75% grau de proteção IP65 e 5 anos de garantia.

O dispositivo responsável pela injeção de energia na rede é o inversor *grid-tie*. Devido ao seu alto grau de sofisticação, os inversores *grid-tie* não são comparáveis aos inversores autônomos. Estes não pode ser ligado diretamente às redes de distribuição, pois não possuem o mesmo controle sobre a tensão, fase e frequência que os inversores *grid-tie* possuem (SOUZA, 2015).

5.1.8 Cabeamento

É muito importante a utilização de cabos de qualidade, para qualquer tipo de sistema fotovoltaico, os de baixa qualidade, fora das especificações adequada comprometem o rendimento do sistema, provocando perda de energia, aquecimento. Os cabos estão diretamente relacionados com os inversores, pois a tensão e a corrente variam de acordo com os módulos.

Segundo Lopez (2016), a bitola dos condutores deverá ser escolhida criteriosamente, de modo a minimizar a perda de energia. Para determinar a resistência elétrica de um condutor é necessária a resistividade do material (ρ), o comprimento do condutor (l) e área de seção transversal, ou bitola, do condutor (S) dada pela expressão:

$$R = \frac{\rho l}{S} \quad (\text{Equação 1})$$

A queda de tensão em condutor é função dos parâmetros:

- Bitola (seção em mm^2) do condutor;
- Comprimento do condutor;
- Corrente que flui pelo condutor;

Quanto maior o comprimento, maior a resistência ao fluxo da corrente elétrica, ocasionando perdas de energia, diminuição da eficiência e vida útil dos componentes.

Para conectar os módulos para com inversor, se utilizam conectores machos e fêmea do tipo MC4 tendo maior praticidade na hora da instalação, mais segurança, vida útil duradoura, e assim podemos ver a seguir no exemplo da Figura 11 e 12, utilizados no estudo de caso desse trabalho.

Figura 11: Conector do tipo fêmea.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 12: conector do tipo macho.



Fonte: Autor, 2022.

Os conectores mostrados na Figura 11 e 12, apresenta uma conexão mais pratica, podendo facilitar na hora da instalação, em caso de um conector ser instalado de forma incorreta o mesmo, terá de ser removido, visto que atingirá na distribuição dos módulos para o inversor solar.

5.1.9 Suporte para apoio dos módulos fotovoltaicos

Os apoios para os módulos a ser utilizado na geração de energia, são geralmente fabrica em alumínio, também são feitos de aço galvanizado, para ter maior resistência, são utilizadas para conectar o trilho com a telha, e para se evitar a corrosão do mesmo, visto que são feitos para apoio, vale destacar que tem diferentes suporte, cada uma com sua especificação. Para ser feita a instalação dos suportes, precisa levar em consideração do peso do módulo, pois o alinhamento das placas é essencial para maior captação da irradiação solar.

Os cliques na qual faz a fixação dos trilhos no telhado, são especiais e cada um tem um tipo diferente, podemos observar nas figuras abaixo.

Figura 13: Estrutura de sustentação para os módulos.



Fonte: Autor, 2022.

Os cliques rosqueadas são para prender o módulo ao perfil, a maiorias são adaptáveis aos módulos, com regulagem, assim podendo ser observado na Figura 13.

5.1.10 String Box

Atualmente o sistema de proteção são de extrema importância na instalação de um sistema solar fotovoltaico, além de proteger os módulos e inversores contra risco como os incêndios, pode-se observar na Figura 14, a composição do string box, por meio de Disjuntor CC, como invólucro que é um componente na qual usa para alojar os dispositivos de proteção, além de chave seccionadora, funciona quando o circuito está sob carga, na qual interrompe

quando for necessário a fim de evitar danos ao inversor, e por fim o DPS CC, Dispositivo de Proteção contra Surto.

Figura 14: *String Box*



Fonte: (SOLARVOUT..., 2020).

Segundo manual de engenharia fotovoltaica, o correto dimensionamento e adequada utilização de dispositivos de proteção contribuem para a minimização ou até mesmo a eliminação de falhas, além de robustez, dispositivos de proteção integrados. é o caso especificamente de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFGRS), a regulamentação ANEEL (Aneel, 2012c) exige, como padrão técnico, a instalação, após o medidor, de uma chave seccionadora sob carga, denominada de dispositivo de seccionamento visível (DSV), utilizada para a garantir a desconexão da geração fotovoltaica durante os procedimentos de manutenção de rede.

5.1.11 Novo Marco Legal da geração distribuída

De acordo DOU, publicado em 07/01/2022, edição 5, seção 1, pagina 4, entra em vigor a nova lei N°14.300, de 6 de janeiro de 2022, sendo instituído o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS). Foi determinado a transação para cobrança de tarifas e

de encargos de uso dos sistemas de transmissão e distribuição para as micro e mini, sistemas de geração elétrica.

Como o sol é uma fonte inesgotável de recursos para geração de energia, na qual um sistema possa produzir mais do que o consumo de determinada unidade, o consumidor poderá acumular créditos energéticos, que poderão ser utilizados em outra unidade sendo que esteja na mesma titularidade. Tendo a validade dos créditos é de 60 meses.

Mesmo sendo publicada no ano de 2022, a legislação prevê um período de transição para projetos solicitados em até 12 meses contados da publicação da lei, ou seja, todos projetos em GD, já instalados ou tendo solicitado até o dia 7 de janeiro de 2023, serão válidos na regra atuais de compensação previstas na resolução 482 (Resolução normativa nº482/2012), até o dia 31 de dezembro de 2045, sendo tratado como período de vacância.

5.1.12 Payback

Segundo MODALMAIS (2022), o Payback, trata-se de um indicador que demonstra o tempo necessário para recuperar o dinheiro investido em algum tipo de aplicação ou negócio. Independentemente do seu objetivo, saber quando um recurso aplicado voltará para o seu bolso é fundamental na hora de tomar essa importante decisão.

O projeto estudado tem como objetivo demonstrar através do payback em quanto tempo o cliente terá o retorno investido, A Figura 15, mostra o tempo na qual terá o retorno financeiro com o orçamento dos equipamentos, mão-de-obra e frete já incluso no valor total.

Figura 15: demonstrativo do retorno financeiro pelo Payback.

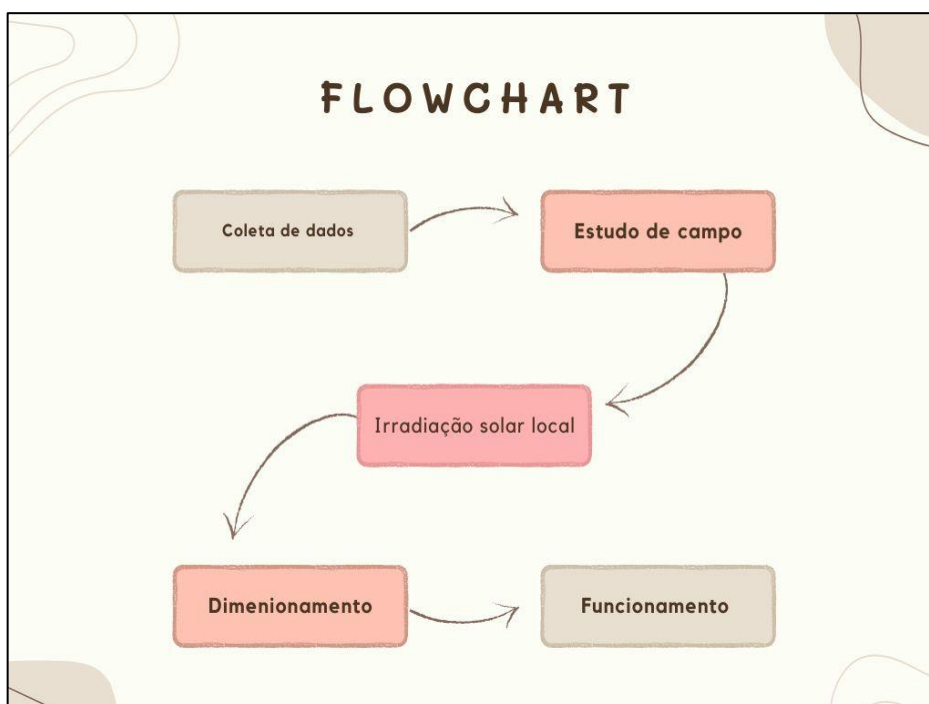


Fonte: (JPL engenharia, 2022).

6. METODOLOGIA

Este trabalho tem por objetivo um estudo de caso de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede (SFCR), de distribuição de energia elétrica do local, COSERN, a fim de gerar energia elétrica e fornecer o excedente a rede elétrica da concessionária, sempre que a demanda do projeto for menor que a energia gerada. O estudo de caso foi desenvolvido, através de coletas de dados do consumidor, bem como a análise do histórico de energia consumida no mês, estudo de campo, acompanhado a instalação do sistema, irradiação local, baseada nos índices de sol pleno disponibilizado pelo banco de dados do CRESESB e NASA o dimensionamento, dos módulos, inversor, cabeamento, e pôr fim ao funcionamento. Pode-se observar através de um fluxograma como foi feito o processo de instalação na Figura 16 abaixo:

Figura 16: Ilustração da metodologia abordada no trabalho.



Fonte: Autor, 2022.

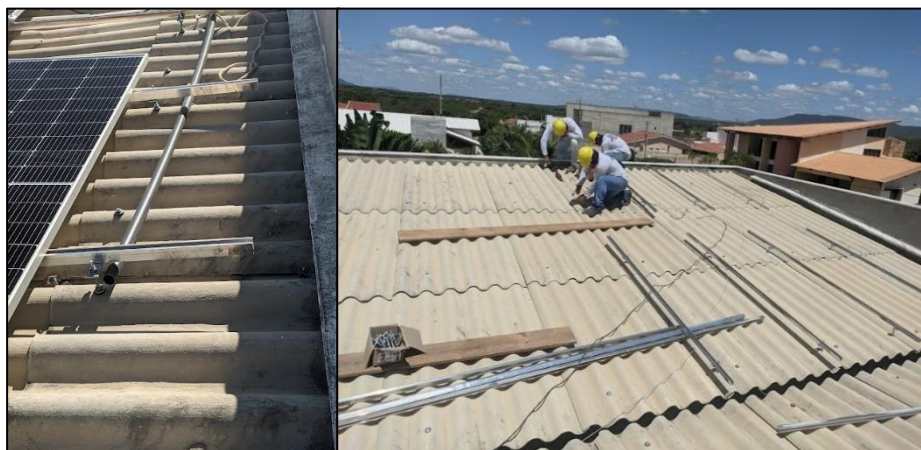
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O projeto dimensionado tem uma capacidade de geração de 2.554,85 KWh/mês (30.658,25 KWh/ano), para poder suprir o consumo do cliente. Com uma área de instalação 81 m², em formato de L, podendo agregar mais placas com o tempo, caso queira aumentar seu consumo, podendo ainda instalar 10 módulos, ao todo instalado foram 38 módulos, com geração diária de 85,16 KWh/dia.

7.1 INSTALAÇÃO

A instalação foi dividida em 3 etapas: apoio dos módulos, módulos, e a parte elétrica. Na primeira etapa, foi iniciada a perfuração das telhas de Fibrocimento para poder colocar os suportes para apoiar os módulos em caibros de madeira, utilizou furadeira para perfurar e colocar o material de suporte visto na Figura 17, e para alinhar de acordo com as orientações do ângulo que o sistema deve ser instalado. O telhado com caimento para o sul, sendo que os suportes tenham um ajuste para suprir o caimento do telhado. Logo depois foi feita uma vistoria para prevenção contra risco de goteiras depois da instalação.

Figura 17: Instalação da estrutura, para apoiar os módulos.



Fonte: Autor, 2022.

Na segunda etapa, foi à instalação dos módulos com o suporte, podendo ser observado um ângulo de inclinação na Figura 18, e assim iniciando a instalação dos módulos na etapa 2, encaixou-se os trilhos e conector os cabos solares apresentado nas figuras 11 e 12, já que são mais práticos e viáveis para conectar os módulos sem ter perda dos desempenhos, com um grau

de eficiência maior e seu custo benefícios, a escolha do conector MC4. Pode-se observar a partir da Figura 18, seu processo final de instalação dos módulos.

Figura 18: módulos instalados sobre os suportes.



Fonte: Autor, 2022.

Na Figura 19 abaixo, apresentam 4 módulos na parte esquerda, com o telhado em formato em “L” há uma caixa d’água instalado nele, dificultando na hora da instalação, sendo necessário usar a parte de cima da caixa d’água como novo local para a instalação de alguns módulos, a seta vermelha direcionada a parte de cima da caixa, enquanto a laranja, onde a sombra da caixa chega, mas deve ser levado em conta que a foto foi tirada na tarde por volta das 14 horas.

Figura 19: local onde tem sombreamento no telhado.



Fonte: Autor, 2022.

Na terceira e última etapa, foi a parte elétrica, figura 20, foi feito uma observação na qual seria o melhor local para instalação do inversor, procurando atender a necessidade do consumidor, sendo necessário a perfuração do teto, juntamente com o forro, para passar os cabos que serão conectados ao inversor, foi utilizado furadeiras, brocas tipo copo, esse processo para instalação teve uma duração de 2 (dois) dias, com três pessoas na mão-de-obra.

Figura: 20: Processo final da instalação do projeto.



Fonte: Autor, 2022.

O projeto foi dimensionado para suprir a necessidade do consumidor, porém o mesmo poderá acrescentar mais módulos, visto que o inversor tem capacidade para mais 10 módulos, ao todo que estão no projeto são 38 módulos, com 4 compensação, gerando em torno de 100% da demanda que o consumidor exigiu.

Figura 21: Histórico do consumidor do mês de outubro de 2022.

DATAS DE LEITURAS		LEITURA ANTERIOR 06/09/2022		LEITURA ATUAL 06/10/2022		N° DE DIAS 30		PRÓXIMA LEITURA 05/11/2022							
ITENS DA FATURA	UNID.	QUANT.	PREÇO UNIT. COM TRIB.(R\$)	VALOR (R\$)	PIS/ COFINS(R\$)	BASE CALC. ICMS(R\$)	ALÍQUOTA ICMS(%)	ICMS (R\$)	TARIFA UNIT(R\$)	TRIBUTOS	BASE DE CÁLCULO (R\$)	ALÍQUOTA (%)	VALOR (R\$)		
Consumo-TUSD	kWh	100,00	0,48700932	48,70	1,98	48,70	18,00	8,77	0,37954000	PIS	69,63	0,89	0,62		
Consumo-TE	kWh	100,00	0,36226081	36,22	1,46	36,22	18,00	6,51	0,28232000	COFINS	69,63	4,07	2,84		
Ilum. Púb. Municipal				11,81						ICMS	84,92	18,00	15,28		
										CONSUMO / kWh					
										CONSUMO FATURADO N°DIAS FAT					
										OUT22 100 30					
										SET22 100 19					
										AGO22 1440 43					
										JUL22 705 32					
										JUN22 951 29					
										MAI22 1002 30					
										ABR22 966 30					
										MAR22 969 31					
										FEV22 972 30					
										JAN22 361 17					
										DEZ21					
										NOV21					
										OUT21					
TOTAL															
MEDIDOR		GRANDEZAS		POSTOS HORÁRIOS		LEITURA ANTERIOR		LEITURA ATUAL		CONST. MEDIDOR		CONSUMO kWh		RESERVADO AO FISCO	
2212227830		Energia Ativa		Único		466,00		1.000,00		1,00000		0,00			
2212227830		Energia Reativa		Único		0,00		0,00		1,00000		0,00			

Fonte: NEOENERGIA, 2022.

Pode-se observar na Figura 21, que o valor da fatura do consumidor caiu de R\$ 466,00 para R\$ 96,73 em relação antes da instalação do SFCR, sendo que o consumidor tem 4 contas de compensação, na qual são distribuídas em 60% e 40%, sendo que as demais estão com 0% da distribuição, para uma maior compreensão de como está a distribuição, pode-se observar na Tabela 1, essa divisão.

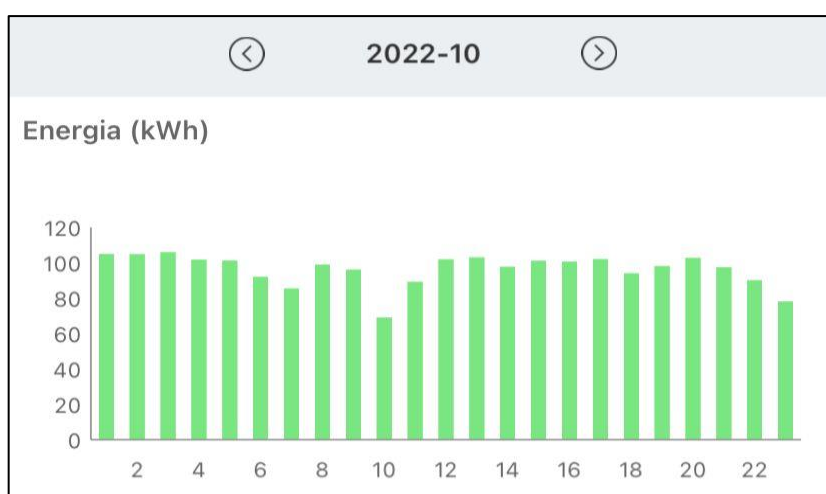
Tabela 1: Representação de unidade consumidora.

UNIDADE CONSUMIDORA	PERCENTUAL
Principal (Geradora)	0%
Compensação	0%
Compensação	60%
Compensação	40%

Fonte: Autor, 2022.

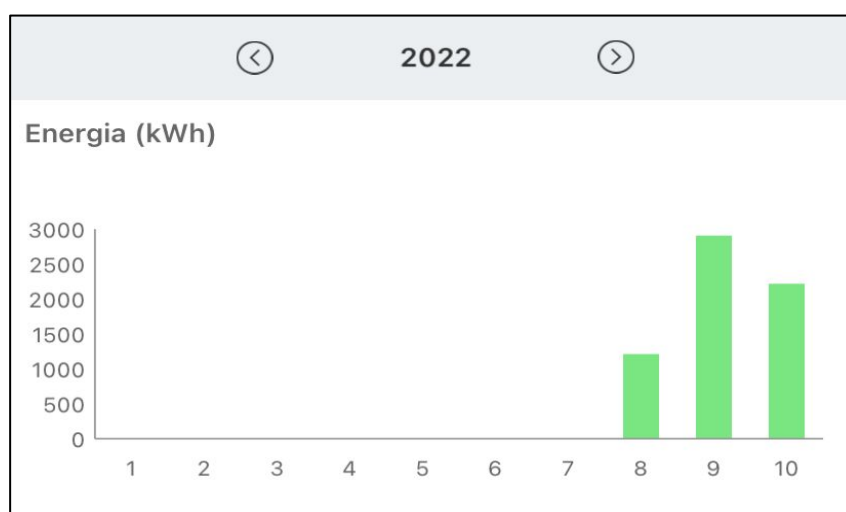
O inversor Growatt modelo MID15KTL3-X instalado no sistema, possui dispositivo que impede que o equipamento sobrecarregue e venha a queima, o mesmo possui um aplicativo na internet que possa monitorar seu desempenho, como a geração de energia elétrica do dia, na semana, mês ou desde sua instalação, dando ênfase na diminuição de gases nocivos que o sistema evita como diminuição do CO₂, Carvão padrão economizado, reduzindo o desmatamento. O aplicativo “ShinePhone” disponível tanto para celulares com sistema Android, como para IOS, podendo fornecer geração do dia apresentado na Figura 22, tanto como a geração dos meses de 2022, na Figura 23.

Figura 22: Produção do mês de outubro de 2022.



Na Figura 22, mostra uma variação entre os dias, isso pode ocasionar pelos dias nublados, com ausência da luz solar.

Figura 23: Geração em cada mês.



Fonte: SHINEPHONE, 2019.

No mês de agosto foi a instalação do sistema, que se iniciou a geração de energia a partir do dia 12, com uma geração de 1.211,60 (KWh/mês), tendo no mês de setembro uma geração de 2.906 (KWh/mês), e o mês até o momento da coleta de dados com uma geração de 2.218 (KWh/mês). Assim com proposta de retorno financeiro de aproximadamente 2 anos e 8 meses, tendo uma produção estimada com uma média mensal 2.554,85 (kWh/mês) para se obter o retorno financeiro do sistema, vale destacar que para realização dessa proposta que a estimativa de produção do sistema solar é baseada nos índices de sol pleno disponibilizado pelo banco de dados do CRESESB e NASA em que estes valores variam de acordo com o mês e ano.

Visto que o mês de setembro com uma produção mensal de 2.906 (KWh/mês), e com o mês de outubro ainda faltando 8 dias para o fim do mês, o valor de produção terá uma média comparativa com o da proposta, mas vale destacar que esses meses são de verão, podendo ainda o sistema ter uma variação durante o inverno, que a maioria dos dias são nublados, dificultando a eficiência do sistema, já que pela ausência de raios solares o sistema tende a produzir bem menos que nos meses de verão.

8. CONCLUSÃO

Atualmente com o avanços nas tecnologias de geração de energia por fontes renováveis, com a chegada da energia solar fotovoltaica ao Brasil, tornou-se uma opção viável para os consumidores, sendo o Brasil os dois maiores potencial energético solar do mundo, com abrangência em todo território nacional. Vale destacar a resolução normativa 14.300 de janeiro de 2022, que permite o consumidor residencial que seja utilizado em forma de créditos os excedentes da geração de energia solar, em micro e minigeração distribuída, com uma taxa da manutenção, atualmente a lei normativa 687 estará em vigor até dezembro de 2022, sendo que os projetos solicitados antes dessa data, possa ficar sem pagar a taxa.

Para a busca de uma energia própria o consumidor necessita de um alto investimento inicial, porém com os altos índices de irradiação e com a pouca variação, o investimento tem um retorno consideravelmente rápido, com a diminuição dos gastos com a energia elétrica. No projeto apresentado nesse estudo, foi dimensionado uma instalação na qual visa atender a demanda do consumidor. Os cálculos para o dimensionamento do sistema, resultaram numa instalação de 38 módulos, para cada módulo podendo gerar 85,16 KWh/dia, com uma área instalada de 81 m^2 , podendo suprir 100% da demanda do consumidor.

Comparando o sistema nos primeiros meses de instalação concluída, observa-se uma geração real pelo aplicativo e a teórica proposta pelo engenheiro mostrada no estudo, com uma diferença de aproximadamente 8% entre os valores reais e teóricos, demonstrando que o sistema foi projetado para demandar 100% do consumo do consumidor anual. Portanto, concluir que a instalação do sistema fotovoltaico é viável e tem um custo benefício favorável, tanto com o retorno financeiro bem próximo, como a facilidade de usar em várias unidades consumidoras do consumidor, tendo em vista o retorno econômico rápido, com sua vida útil bem longa, e uma fonte de energia inesgotável, na qual não emite gases nocivos ao meio ambiente e tão pouco precisa desmatar a floresta para produzir energia, e pela sua facilidade de instalação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATOS DO PODER LEGISLATIVO. **Diário Oficial da União**. LEI Nº 14.300, DE 6 DE JANEIRO DE 2022. Brasília: GOV.BR, 2022. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>. Acesso em: 6 out. 2022.

AZVDO, Pablo. Proposta : Comercial de serviço . *In*: JPL Engenharia . **Proposta Comercial de serviço** . file:///C:/Users/luisf/Downloads/Proposta-GERMANO.pdf, 5 abr. 2022. Disponível em: file:///C:/Users/luisf/Downloads/Proposta-GERMANO.pdf. Acesso em: 23 out. 2022.

BRITO, Sérgio de **Salvo** (org.). **ENERGIA SOLAR: PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES**. http://paineira.usp.br/sisea/wp-content/uploads/2020/02/Tutorial_solar-CRESESB-MatrizLimpa.pdf: Cresesb, 2003. *E-book* (28p.) (Fontes renováveis). color. Disponível em: http://paineira.usp.br/sisea/wp-content/uploads/2020/02/Tutorial_solar-CRESESB-MatrizLimpa.pdf. Acesso em: 17 set. 2022.

CEPEL-CRESESB (org.). **Manual de engenharia: sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL-CRESESB, 2014. *E-book* (530p.) (Edição revisada e atualizada). color. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf>. Acesso em: 17 set. 2022.

INMETRO. **INMETRO**. [S.l.]. Gov.br, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br>. Acesso em: 13 out. 2022. (**QUANTAGERACAO2, 2021**)

LABREN/CCST/INPE (org.). **Atlas Brasileiro de Energia Solar: Energias Renováveis**. São José dos Campos - Brasil: INPE, 2017. *E-book* (80p.) (2ª Edição - 2017). color. ISBN: 97885-17000898. DOI: 10.34024/978851700089. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>. Acesso em: 17 set. 2022.

LOPEZ, Ricardo Aldabó. **Energia Solar** : para produção de eletricidade. 1 ed. São Paulo - SP - Brasil: Artliber Editora Ltda, v. único, 2016. 229 p. (1º Edição). ISBN: 978-85-88098-65-7.

MODALMAIS. **PAYBACK**: Como calcular o prazo de retorno de Investimentos. *In*: MODALMAIS. **PAYBACK**. 3º andar, Vila Olimpia. São Paulo, 12 ago. 2022. Disponível em: <https://www.modalmais.com.br/blog/payback-calcular-retorno-investimentos/>. Acesso em: 13 out. 2022.

NEOENERGIA. **Cosern**. EMPRESA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELETRICA . [S.l.]. NEOENERGIA, 2022. Disponível em: <https://servicos.neoenergiacosern.com.br/Pages/index.aspx>. Acesso em: 21 out. 2022.

PORTAL SOLAR . **PORTAL SOLAR** . ENERGIA SOLAR NO RIO GRANDE DO NORTE. site : PORTAL SOLAR , 2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-fotovoltaica-no-rio-grande-do-norte>. Acesso em: 6 nov. 2022.

PORTAL SOLAR . **PORTAL SOLAR** . Tipos de Paine Solar Fotovoltaico. [S.l.]. PORTAL SOLAR, 2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>. Acesso em: 18 out. 2022.

QUANTAGERACAO2. **Energia Solar:** 4 fatores que impactam na geração. *In:* Qquanta. Geração distribuída. Niterói (RJ), 28 mai. 2021. Disponível em: <https://quantageracao.com.br/energia-solar-4-fatores-que-impactam-na-geracao/>. Acesso em: 17 set. 2022.

SHINEPHONE. Versão atual 7.0.1. App Store: ShinePhone, 2019. **Tecnologia, energia solar**. Disponível em: <https://apps.apple.com/br/app/shinephone/id669936054>. Acesso em: 23 out. 2022.

SOLAR-GTES, Grupo de trabalho de energia (org.). **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: PRC-PRODEEM, 2014. *E-book* (207p.) (Edição Especial). color. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro>. Acesso em: 17 set. 2022.

SOLARVOUT. **SOLARVOUT**. String Box: O Que É e Como Funciona?. site: SOLARVOUT, 2020. Disponível em: <https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/string-box-o-que-e-e-como-funciona/>. Acesso em: 25 out. 2022.

SOUZA, Ronislon di (ed.). **Energia Solar Fotovoltaica: Livro digital introdução aos sistemas solares**. <https://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf>; EDITORA FTD, 2014. *E-book* (114p.) color. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf>. Acesso em: 17 set. 2022.

ANEXO

Certificados do inversor



Certificate of Conformity

Certificate Number: CN-PV-190029

On the basis of the tests undertaken, the samples of the below product have been found to comply with the requirements of the referenced specifications /standards at the time the tests were carried out. It does not imply that Intertek has performed any surveillance or control of the manufacture. The manufacturer shall ensure that the manufacturing process assures compliance of the production units with the examined products mentioned in this certificate.

Applicant:	Shenzhen Growatt New Energy Technology CO.,Ltd 1st East & 3rd Floor of Building A, Building B, Jiayu Industrial Park, #28, GuangHui Road, LongTeng Community, Shiyan Street, Baoan District, Shenzhen, P. R. China
Product:	PV Grid inverter
Ratings & Principle Characteristics:	See Appendix to Certificate of Conformity
Models:	MID 10KTL3-X, MID 12KTL3-X, MID 15KTL3-X, MID 17KTL3-X, MID 20KTL3-X, MID 22KTL3-X, MID 25KTL3-X
Brand Name:	Growatt
Tested according to:	IEC 61727:2004 Photovoltaic (PV) systems – Characteristics of the utility interface IEC 62116:2014 Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters
Certificate Issuing Office Name & Address:	Intertek Testing Services Ltd. Shanghai 2/F (West Side), No. 707, Zhangyang Road, Free Trade Experimental Area, Shanghai, P. R. China
Test Reports No:	190416203GZU-001, 190416203GZU-002

Additional information in Appendix.

Signature

Certification Manager: Grady Ye
Date: 12 October 2019

This Certificate is for the exclusive use of Intertek's client and is provided pursuant to the agreement between Intertek and its Client. Intertek's responsibility and liability are limited to the terms and conditions of the agreement. Intertek assumes no liability to any party, other than to the Client in accordance with the agreement, for any loss, expense or damage occasioned by the use of this Certificate. Only the Client is authorized to permit copying or distribution of this Certificate. Any use of the Intertek name or one of its marks for the sale or advertisement of the tested material, product or service must first be approved in writing by Intertek.

APPENDIX: Certificate of Conformity

This is an Appendix to Certificate of Conformity Number: CN-PV-190029.

Ratings & Principle Characteristics:

Maximum d.c. input voltage: 1100 Vdc
 Input voltage range: 160-1000Vdc
 MPPT voltage range (full Load): 280-850 V (for MID 10KTL3-X, MID 12KTL3-X); 420-850 V (for MID 10KTL3-X, MID 12KTL3-X, MID 15KTL3-X); 480-850 V (for MID 17KTL3-X, MID 20KTL3-X); 520-850 V (for MID 22KTL3-X, MID 25KTL3-X);
 Max. input current: 2x25A (for the models except MID 25KTL3-X), 25/37.5A (for MID 25KTL3-X)
 PV Isc: 2x32A (for the models except MID 25KTL3-X), 32/48A (for MID 25KTL3-X)
 Nominal output voltage: 3W/N/PE 230V/400Vac
 Max. output current: 16.1A (for MID 10KTL3-X); 19.3A (for MID 12KTL3-X); 24.2A (for MID 15KTL3-X); 27.4A (for MID 17KTL3-X); 31.9 A (for MID 20KTL3-X); 35.5A (for MID 22KTL3-X); 40.2 A (for MID 25KTL3-X)
 Nominal frequency: 50/60 Hz
 Max. output power: 10000W (for MID 10KTL3-X); 12000W (for MID 12KTL3-X); 15000W (for MID 15KTL3-X); 17000W (for MID 17KTL3-X); 20000W (for MID 20KTL3-X); 22000W (for MID 22KTL3-X); 25000W (for MID 25KTL3-X)
 Max. apparent power: 11100VA (for MID 10KTL3-X); 13300VA (for MID 12KTL3-X); 16600VA (for MID 15KTL3-X); 18800VA (for MID 17KTL3-X); 22000VA (for MID 20KTL3-X); 24400VA (for MID 22KTL3-X); 27700VA (for MID 25KTL3-X)
 Power factor range: 0.8 leading ~ 0.8 lagging
 Safety level: Class I
 Ingress protection: IP65
 Operating temperature range: -25 ~ +60°C
 Software Version: TJ1.0

This Certificate is for the exclusive use of Intertek's client and is provided pursuant to the agreement between Intertek and its Client. Intertek's responsibility and liability are limited to the terms and conditions of the agreement. Intertek assumes no liability to any party, other than to the Client in accordance with the agreement, for any loss, expense or damage occasioned by the use of this Certificate. Only the Client is authorized to permit copying or distribution of this Certificate. Any use of the Intertek name or one of its marks for the sale or advertisement of the tested material, product or service must first be approved in writing by Intertek.