



**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia Energia**

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA
PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA SOLAR
FOTOVOLTAICA NA PRAÇA DE CONTAINER DA
FGA**

**Autor: Arthur da Silva Alves
Orientador^o: Flávio Henrique Justiniano da Silva**

**Brasília, DF
2023**



Arthur da Silva Alves

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLEMENTAÇÃO
DE UMA USINA SOLAR FOTOVOLTAICA NA PRAÇA DE CONTAINER DA FGA**

Monografia submetida ao curso de graduação em engenharia de energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em engenharia de energia.

Orientadorº: Prof.º Dr.º Flávio Henrique Justiniano Ribeiro da Silva

**Brasília, DF
2023**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

Da Silva Alves, Arthur.

Estudo de viabilidade técnica e econômica para implementação de uma usina solar fotovoltaica na praça de container da FGA:

Subtítulo / Arthur da Silva Alves.

Brasília: UnB, 2023. 22 p. : il. ; 29,5 cm.

Monografia Engenharia de Energia – Universidade de Brasília
Faculdade do Gama, Brasília, 2023. Orientação: Flávio Henrique
Justiniano Ribeiro da Silva .

1. Usina Fotovoltaica, 2. Energia Solar fotovoltaica, 3. Geração de energia. Nolasco, Flávio Henrique Justiniano Ribeiro da Silva. II Estudo de viabilidade técnica e econômica para implementação de uma usina solar fotovoltaica na praça de container da FGA.

CDU Classificação



ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA SOLAR FOTOVOLTAICA NA PRAÇA DE CONTAINER DA FGA

Arthur da Silva Alves

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em engenharia de energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em (28/07/2023) apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof. Dr.º: Flávio Henrique , UnB/ FGA
Orientador

Prof. Dr.º: Alex Reis, UnB/ FGA
Membro Convidado

Prof. Dr.º: Rudi Henri Vans Els, UnB/ FGA
Membro Convidado

Brasília, DF
2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda e sincera gratidão aos meus amados pais, Marcos Alves e Andreia Cristina da Silva Alves. Seu apoio e incentivo incansáveis ao longo da minha jornada acadêmica foram fundamentais para o meu crescimento e sucesso. Desde o apoio emocional e financeiro até a constante crença em mim, sou verdadeiramente grato por tudo o que fizeram por mim.

Também desejo estender minha gratidão aos meus colegas durante meus estudos de graduação e o período obrigatório de estágio. Sua colaboração e amizade tornaram os desafios muito mais gerenciáveis, e tenho orgulho de tê-los como meus colegas.

Agradeço a Deus e minha família pelo amor e apoio constantes, que me deram a força e a motivação para perseverar nos momentos difíceis. Sua crença em mim nunca vacilou, e sou grato pela confiança inabalável em minhas habilidades.

Além disso, gostaria de expressar minha sincera apreciação à minha tia Juliane Aparecida Alves, por seu apoio e incentivo contínuos ao longo da minha jornada acadêmica. Sua presença em minha vida tem sido um grande incentivo, e sou grato pelo amor e suporte que ela sempre me proporcionou.

E a minha amada namorada, Marília Guimarães de Freitas Oliveira, quero agradecer por ser minha fonte constante de amor, motivação e apoio. Sua crença inabalável em mim tem sido uma fonte de inspiração, e sou grato por tê-la ao meu lado.

Não posso deixar de mencionar a importância da Universidade de Brasília em minha vida. Sou grato por todo o conhecimento, habilidades e experiências inestimáveis que adquiri durante meu tempo lá. Essa instituição moldou a pessoa que sou hoje, e estou profundamente agradecido por tudo que aprendi.

Em suma, minha jornada acadêmica não teria sido possível sem o amor, apoio e crença inabalável das pessoas especiais que mencionei. Agradeço a todos vocês do fundo do meu coração por tornarem minha trajetória educacional tão significativa e enriquecedora. Serei eternamente grato por cada um de vocês.

Ninguém é tão grande que não possa aprender,
nem tão pequeno que possa ensinar.
ESOPO

RESUMO

O trabalho teve como objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica da instalação de uma usina solar fotovoltaica na praça de container da FGA. Para isso, foram utilizados métodos de pesquisa que combinaram descritores (MeSH) e operadores booleanos para garantir uma estratégia de busca precisa. Os resultados obtidos por meio de simulações com o software PVSYST revelaram que a usina apresentou uma taxa de desempenho acima de 60%, superando a média de produção solar no Brasil. Esse sucesso foi atribuído a fatores como a alta irradiação e uma ótima incidência solar no local. Além disso, os dados de custo do projeto foram considerados para avaliar a viabilidade econômica da instalação da usina fotovoltaica. O estudo proporcionou embasamento sólido para a implementação do projeto, destacando seus benefícios técnicos, ambientais e financeiros.

Palavras-chave: Usina solar fotovoltaica; viabilidade técnica; energia solar .

ABSTRACT

Analysis of technical and economic feasibility for the installation of a photovoltaic solar power plant at FGA's container square. The research methods employed a combination of Medical Subject Headings (MeSH) descriptors using boolean operators to construct an accurate search strategy. The results were obtained through simulations using PVSYST software, achieving a performance rate of over 60%, surpassing the average production in Brazil. Factors such as high irradiation and excellent solar incidence at the location explained the success. Project cost data were implemented for the installation evaluation.

Keywords: Photovoltaic solar power plant; technical feasibility; solar energy.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 ESPAÇO PRAÇA DE CONTAINER DA FGA	11
1.2 OBJETIVO	12
1.2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO	12
1.2.2 METODOLOGIA	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 ENERGIA SOLAR	15
2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	16
2.3 APLICAÇÕES DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	17
2.4 SISTEMAS ON GRID (GERAÇÃO DISTRIBUÍDA)	17
2.5 SISTEMA OFF GRID (SISTEMAS ISOLADOS)	18
2.6 SISTEMAS HÍBRIDOS	19
2.7 FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA	19
2.8 TARIFAS SOBRE O SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	20
2.9 MÓDULO FOTOVOLTAICO	21
2.10 INVERSORES	23
2.11 TIPOS DE INVERSORES	24
2.12 O USO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NAS UNIVERSIDADES	25
3 ASPECTOS DA ANÁLISE TÉCNICA PARA A POSSIBILIDADE DA INSTALAÇÃO DA USINA FOTOVOLTAICA	
3.1 LOCAL DO ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA	27
3.2 NORMAS DE GD	29
3.3 Irradiação Solar no Local	30
3.4 Ferramentas de engenharia econômica	31
3.5 Módulo Fotovoltaico	32
3.6 Inversor Fotovoltaico	34
3.7 Métodos Para Dimensionamento de Sistemas	36
3.8 Cálculo da Média do Consumo Mensal	37
3.9 Potência do Sistema Fotovoltaico	37
3.10 Escolha do Painel Fotovoltaico	38
3.11 Posicionamento e distribuição dos Módulos	38
3.12 Cálculo do sistema	39
3.13 Dimensionamento do Inversor	40
3.14 Estrutura da Locação dos módulos fotovoltaicos	41
3.15 Aplicativo para monitoramento do Sistema	43
3.16 Análise econômica do Sistema	44
4 ANÁLISE DOS DADOS PARA VIABILIDADE DO SISTEMA	45
5 SIMULAÇÃO NO PVSYS	46
6 RESULTADOS	48
7 CONCLUSÃO	55
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
9 ANEXOS	58

1. INTRODUÇÃO

A instalação de uma usina solar fotovoltaica é uma opção cada vez mais atrativa para a geração de energia limpa e renovável. No entanto, antes de tomar qualquer decisão sobre a instalação de uma usina solar, é necessário realizar uma análise de viabilidade técnica e econômica. Essa análise irá avaliar se a instalação de uma usina solar é viável do ponto de vista técnico e se é economicamente rentável.

A análise técnica deve avaliar aspectos como a disponibilidade de recursos naturais, como luz solar, a capacidade de armazenamento de energia e a disponibilidade de tecnologias apropriadas. Já a análise econômica deve avaliar aspectos como o custo de instalação, os custos operacionais e os benefícios econômicos a longo prazo, como a redução dos custos de energia.

Uma vez realizada a análise de viabilidade técnica e econômica, será possível determinar se a instalação de uma usina solar fotovoltaica é uma opção viável e se os benefícios econômicos a longo prazo são suficientes para justificar o investimento inicial. Isso é importante para garantir que a instalação da usina solar seja realizada de maneira eficiente e rentável, maximizando os benefícios para a sociedade e o meio ambiente.

As energias renováveis estão cada vez mais presentes no nosso cotidiano e na matriz energética brasileira e a preocupação crescente com a ecologia, meio ambiente e sustentabilidade fazem com que novas discussões e relações entre o homem e a natureza apareçam.

A energia solar está em crescimento exponencial onde o aproveitamento do sol que é uma fonte inesgotável faz com que, cada vez mais essa fonte entre na nossa

matriz contribuindo com a sustentabilidade e aproveitamento de uma fonte de energia em diversos lugares como nas residências, indústrias, universidades, comércios e etc.

O melhor método de obter a energia solar é através do módulo fotovoltaico, que funciona basicamente com os fótons que são transportados com a luz, os materiais contidos nos painéis fotovoltaicos como o silício, subtrai a energia resultante dessa absorção fazem os elétrons atingirem um estado energético elevado, gerando assim uma diferença de potencial que pode ser aproveitada. A composição do material semicondutor é chave para o funcionamento adequado das placas fotovoltaicas. Por conta disso, é usual o emprego de silício dopado com boro e de silício dopado com fósforo nas camadas que compõem a placa.

O trabalho está organizado em 3 partes contendo a introdução para abordar sobre a revisão bibliográfica, os objetivos e a motivação de elaborar esse estudo, na segunda parte será organizada materiais e métodos, onde será apresentado o fluxograma com cada etapa para a elaboração do estudo elaborado, e na terceira parte contém o referencial teórico que irá descrever a metodologia adotada para o dimensionamento de um sistema classificado no grupo A.

A partir do estudo realizado optou-se pelo sistema on-grid que a partir dos resultados apontados será mais viável para o caso em si apresentando um melhor custo benefício.

1.1. Espaço container da FGA

A universidade de Brasília campus Gama conta com prédios e áreas de convivência e para a expansão do campus e foi construído um novo espaço de containers onde irá aumentar o espaço construído do campus e criando mais áreas de entretenimento e estudo para desenvolvimento dos alunos que frequentam o espaço da universidade.

A criação de novos espaços tem por consequência um consumo de energia elétrica que somado com o consumo total é de um impacto para a instituição e gera despesa pública. Uma alternativa é a construção da usina solar fotovoltaica na área da praça de container da FGA, que tem como objetivo a preservação da natureza e economia financeira, essa produção de energia que é limpa e sustentável. A partir deste tema, o escopo deste trabalho terá como foco o dimensionamento de uma usina solar fotovoltaica a fim de tornar a área de container da FGA auto sustentável e reduzir

seus custos com energia elétrica, a análise da viabilidade de implementação física e econômica desse projeto, visando novos ambientes e aumentando o leque de novos projetos e possibilitando aos alunos e professores usuários do espaço do container a fazer com que aumente a capacidade de geração elétrica no espaço e a capacidade de carga do sistema do container.

1.2. Objetivo

Para realizar um estudo completo de análise de viabilidade técnica e econômica de uma usina solar fotovoltaica no espaço de container da FGA, é necessário avaliar diversos fatores críticos que determinarão se é possível construir e operar uma usina de forma eficiente e econômica. Esses fatores incluem a disponibilidade de um terreno adequado para a construção da usina, a quantidade de luz solar disponível na área, a viabilidade financeira do projeto, as regulamentações pontualmente cumpridas, as tecnologias disponíveis para a construção da usina. O objetivo final é determinar se a usina é uma opção viável de geração de energia elétrica a partir do software PVSYST que irá gerar dados de desempenho do sistema.

1.2.1 Objetivo específico

O foco desse estudo será o dimensionamento de uma usina solar fotovoltaica a fim de tornar a praça de contêiner da FGA auto sustentável e assim reduzindo seus custos com energia elétrica, fazendo a análise da viabilidade de implementação física e econômica desse projeto, visando uma estrutura tecnológica para a utilização do espaço de containers.

O objetivo de realizar uma análise técnica e econômica do estudo de uma implementação de uma usina solar é avaliar a viabilidade do projeto sob uma perspectiva técnica e financeira. A análise técnica envolve a avaliação da capacidade do projeto em atender aos requisitos técnicos e ambientais, enquanto a análise econômica avalia a viabilidade financeira do projeto, incluindo o rastreamento dos custos de investimento, dos fluxos de caixa e dos retornos esperados ao longo do tempo. O resultado dessa análise ajuda a tomar decisões duradouras sobre a implementação do projeto, avaliando riscos e benefícios, e permitindo a tomada de medidas corretivas, caso necessário, para garantir o sucesso do projeto.

1.3 Metodologia

Este trabalho conduziu a uma revisão bibliográfica exploratória, cujo objetivo é mapear a produção científica e estudos importantes sobre a implementação de usinas solares fotovoltaicas.

A busca dos artigos foi realizada em 17 de setembro de 2022, utilizou-se uma combinação dos descritores Medical Subject Headings (MeSH) aplicando os operadores booleanos para construção acurada da estratégia de busca.

Entende-se por estratégia de busca a sintaxe textual aplicada para completar os campos relacionados à busca de referências nas bases de dados. Sintaxe é a estruturação em harmonia entre os descritores MeSH combinados com os operadores booleanos “OR” e “AND”, produzindo uma sentença ou um código textual predefinido para preenchimento em diferentes tipos de campos de busca nas bases de dados. A sintaxe da estratégia de busca foi adaptada a cada base utilizada neste estudo.

Quadro 1. Bases de dados utilizadas na revisão

Base de dados	Sintaxe de busca
Science direct	"Techno-economic feasibility" AND "Photovoltaic Solar Energy"
Scopus:	TITLE-ABS-KEY ("Photovoltaic power plant" OR "Photovoltaic Solar Energy" OR "Photovoltaic Solar Plant small" AND "Techno-economic feasibility" OR "Distributed Generation OR Minigeneration")
Web Science: of	"Techno-economic feasibility" AND "Photovoltaic power plant" OR "Photovoltaic Solar Energy" OR "Photovoltaic Solar Plant small"

Fonte: elaboração própria (2022).

Os resultados das buscas foram baixados separadamente e organizados no *software* gerenciador de referências Zotero, que auxiliou de forma relevante na identificação e exclusão de publicações duplicadas, gerando um arquivo com documentos disponibilizados para próxima etapa, em que as referências foram selecionadas e avaliadas por títulos e resumos, por meio do Rayyan QCRI, para seleção da bibliografia a ser utilizada neste estudo.

Esse projeto de estudo de análise de viabilidade técnica e econômica de um sistema de geração solar envolve processos e procedimentos sequenciais, na busca de sistematizar o processo e aplicar o fluxograma no projeto de estudo de análise técnica e econômica.

2 Referencial teórico

2.1 Energia Solar

A energia solar serve para produzir energia elétrica a partir da captação da luz solar por meio de painéis fotovoltaicos. Ela é amplamente utilizada em sistemas residenciais, comerciais e industriais, para a geração de energia limpa e renovável. A energia solar também pode ser utilizada para aquecimento de água, sistemas alimentares de iluminação, ventilação e climatização, além de ser utilizada em sistemas de agricultura, pecuária e piscicultura para produção de alimentos. Em resumo, a energia solar é uma importante fonte de energia limpa e renovável para a sociedade moderna, garantida para a preservação do meio ambiente e segurança energética.

O sol possui uma energia que se considera inesgotável e por consequência muito promissora no quesito de energia renovável e sustentável. De modo que pode ser aproveitada para a realização de geração de energia elétrica, sendo o responsável pela origem de quase todas as fontes de energia existentes, seja pela evaporação das águas que resulta no ciclo das águas e tem a possibilidade do represamento e por consequência a conversão em energia elétrica.

De acordo com o Atlas brasileiro de energia solar, a energia que o sol irradia são consequências das reações de fusão nuclear dos átomos de hidrogênio representando 75% do sol e o Hélio 25%, a potência atual da energia emitida pelo sol chega a aproximadamente $3,86 \cdot 10^{26}$ W.

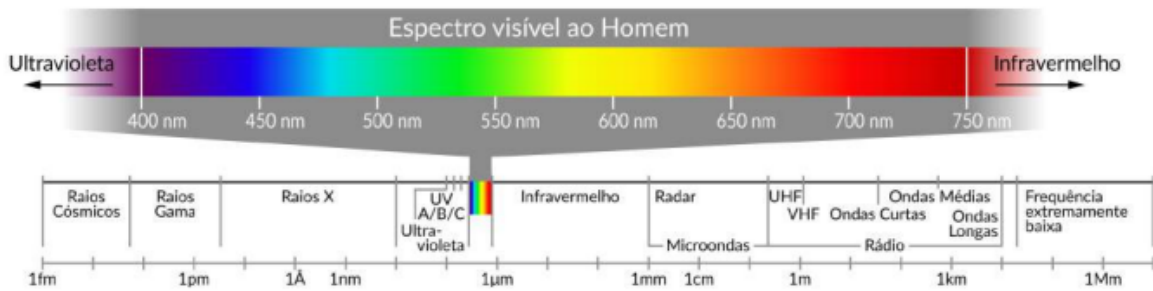


Figura 1. Espectro da radiação solar incluindo um detalhamento da faixa visível humana.

2.2 Energia Solar Fotovoltaica

Em 1939 Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico que ao observar a iluminar uma solução ácida tinha uma diferença de potencial entre os eletrodos imersos no ácido. Assim C.E. Frits em 1883 fabricou e desenvolveu as primeiras células solares e mais tarde em 1950 foram fabricados na área de dispositivos semicondutores, foram fabricadas a partir de lâminas de silício cristalino e conseguiram a eficiência de conversão de energia solar em elétrica.

Os semicondutores têm por característica possuir uma banda de valência preenchida por elétrons carregados e a outra banda vazia. A separação de energia das bandas sendo possível pelas características dos compostos que é determinado como banda proibida (bandgap, ou gap) sendo representado por E_g , podendo atingir até 3 eV (elétronvolt), diferenciando dos materiais que são considerados isolantes onde o gap ou banda vazia representa esse valor.

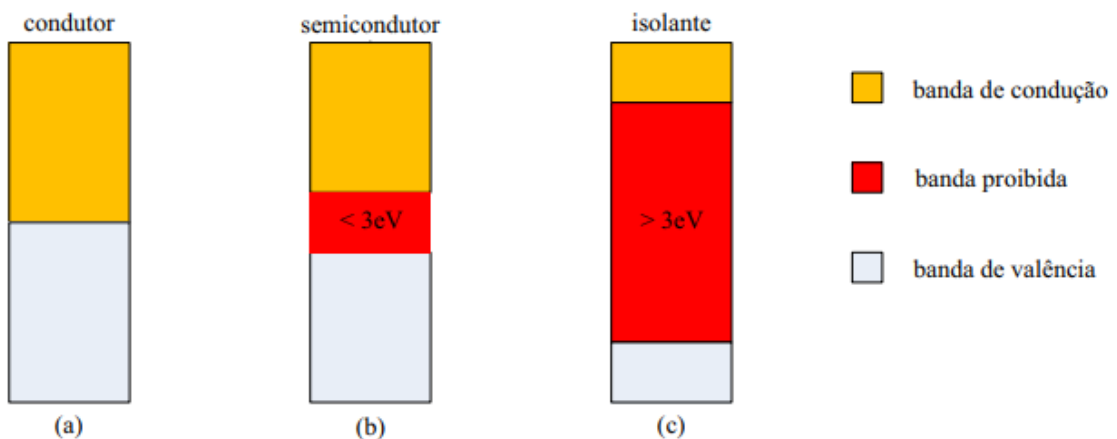


Figura 2. Estrutura de bandas de energia em (a) condutores, (b) semicondutores e (c) isolantes. (PINHO,GALDINO,2014).

2.3 Aplicações de um Sistema Fotovoltaico

Existem duas categorias de modos de operação diferentes do sistema fotovoltaico: o primeiro para sistemas conectados à rede (on grid) e para sistemas isolados ou que não possuem ligação com as concessionárias de energia são os (off grid).

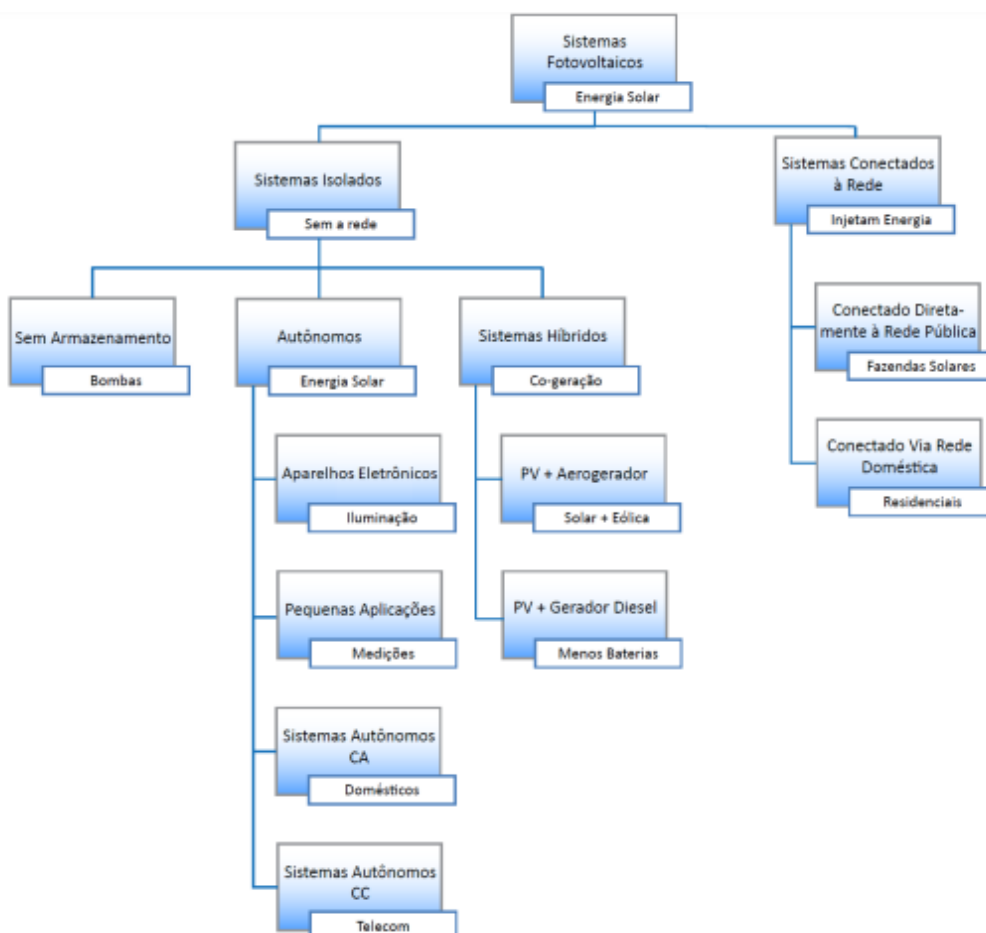


Figura 3: Modelos de sistemas fotovoltaicos (Souza, 2016)

2.4 Sistemas On Grid (Geração Distribuída)

São sistemas conectados à rede elétrica não é necessária a utilização de baterias pois é um sistema instantâneo no caso consumida pela carga, ficam próximas ao ponto de consumo, sua geração é feita pelo próprio consumidor. O objetivo da geração distribuída é substituir o uso da energia elétrica pelo solar para uma economia de energia ou por fazer o uso de uma energia limpa e renovável. Esse sistema é composto por painéis solares, inversor solar e dispositivos de proteção. A

GD pode ser mini e microgeração distribuída, sendo a micro para potência instalada menor ou igual a 75KW e a minigeração é um sistema com potência superior a 75KW e menor ou igual a 3MW para fonte hídrica e 5MW para as outras fontes.

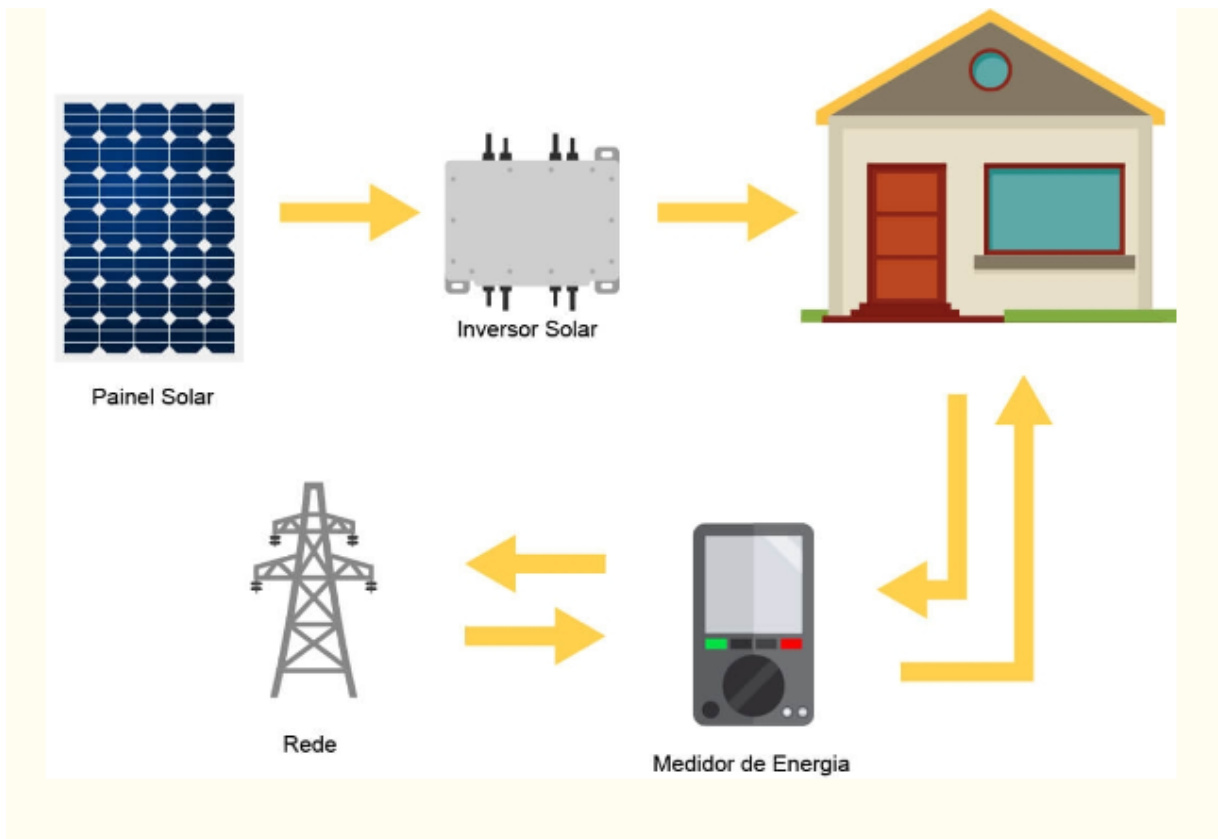


Figura 4. Sistema On Grid. Fonte: NEO SOLAR

2.5 Sistemas Off Grid (sistemas isolados)

É o sistema que não tem ligação com a rede de distribuição de energia, geralmente necessitando de um sistema de armazenamento de energia como baterias, usadas quando não há geração fotovoltaica. Necessitando do controlador de carga para garantir uma segurança sobre as baterias para não haver sobrecarga e nem descarga profunda das baterias, são utilizados em baixa potência e com uso de tensão e corrente contínua (CC), para a corrente alternada (CA) é conectada ao inversor que vem para otimizar a potência final. (CRESEB,2012)

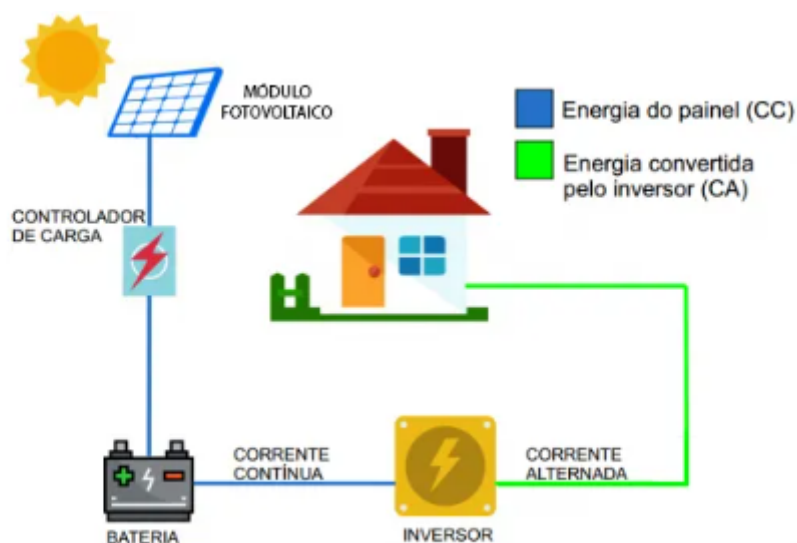


Figura 5. Sistema OFF grid (sistema isolado). (trxsolar,2022).

2.6 Sistemas híbridos

São os que conseguem trabalhar tanto com a energia de distribuição elétrica quanto ao sistema de baterias ele se diferencia por ter a fontes auxiliares de fonte de energia para fornecer eletricidade como um gerador a diesel, energia eólica ou mesmo a rede elétrica e fazendo com que as fontes se completem e gerem o fornecimento de energia necessário.

2.7 Fornecimento de Energia Elétrica

Existem dois tipos de consumidores do grupo A que são de média e alta tensão na faixa superior a 2,3KV e indo até 13,8 KV e com a instalação de transformadores abaixadores adequam a tensão recebida para a tensão de utilidade. O consumidor paga a tarifa em duas partes: a primeira pela energia consumida em – KWh (variável) e paga-se pela demanda contratada – KW (fixa). As duas tarifas variam de forma horária e sendo classificadas em dois horários: o ponto e o fora ponta.

Sendo o horário de ponta definido pela distribuidora pelo período de 3 horas consecutivas, que considera onde ocorre o maior uso da rede no intervalo entre 18 até 21 horas nos dias da semana. E o horário fora ponta é todo o restante do período fora desse intervalo de horário.

Compostas na tarifa de energia do consumidor tipo A tem a tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD) que cobre os gastos com todos os componentes que fazem a transmissão de energia desde a distribuidora até o consumidor final. A tarifa de energia (TE) que cobre os custos com a energia consumida durante o mês, pode ser somada a outros valores como a iluminação pública. (NEOENERGIA, 2022).

A ANNEL define a demanda contratada como “a demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (KW)”. (ANNEL,2022).

Onde cada consumidor tem por sua natureza de consumo e decide a quantidade que lhe supre mensalmente definido com a distribuidora onde caso ultrapasse o valor da demanda contratada, pagando um valor extra por esse excesso proporcional ao excesso ultrapassado e a demanda pode ser única (horo-sazonal verde) ou variável (horo-sazonal azul) uma demanda para ponta e outra para fora ponta.

2.8 Tarifas sobre o sistema solar fotovoltaico

Apesar do sistema solar fotovoltaico gerar benefícios tem as taxas que são regulamentadas pela ANEEL, o governo tem as seguintes tributações:

ICMS

Pensando no fluxo de bens e serviço a taxa varia dependendo do estado de 17 a 29 % a isenção para autoconsumo da energia recebida da distribuidora. Isso se aplica à compensação de energia elétrica gerada por microgeração, com potência instalada menor ou igual a 75kW, e minigeração, com potência instalada maior que 75kW e menor ou igual a 1MW. (testarienergia, 2022)

Não aplicável a outras tarifas cobradas pela distribuidora, tais como custo de disponibilidade, custos recorrentes de energia, demanda de energia, tarifas de conexão e uso do sistema de distribuição, entre outras. Em contrapartida, a quantidade de energia recebida da rede de distribuição depende do número de unidades consumidoras (condomínios) e do tipo de geração utilizada (consórcios e cooperativas). (testarienergia, 2022)

COFINS (Financiamento da Seguridade Social)

Incide sobre o lucro ou faturamento presumido em regime cumulativo, sendo o PIS é de 0,65% e o COFINS de 3%. Já sobre o lucro real, regime não –cumulativo, o PIS é de 1,65% e o COFINS de 7,6%. (testarienergia, 2022)

PIS (Programa de Integração Social)

É utilizado pelas empresas onde pagam um benefício ao trabalhador de empresa privada. E vem acompanhado de outros direitos trabalhistas, a lei nº 13.169, de 6 de outubro de 2015, o governo federal isento a cobrança de PIS para a energia solar injetada na rede utilizando como um incentivo a mais instalações solares fotovoltaicas e crescendo a rede elétrica do País. (Brasil, 2015)

2.9 Módulo Fotovoltaico

Os agrupamentos de várias células fotovoltaicas formam um módulo, a formação das células nos módulos pode ser feita sendo conectadas em série ou paralelo.

Fazendo a conexão em paralelo, as correntes são somadas de cada módulo e a tensão é igual a tensão da célula. A corrente que é produzida pelo efeito fotovoltaico é CC corrente contínua.

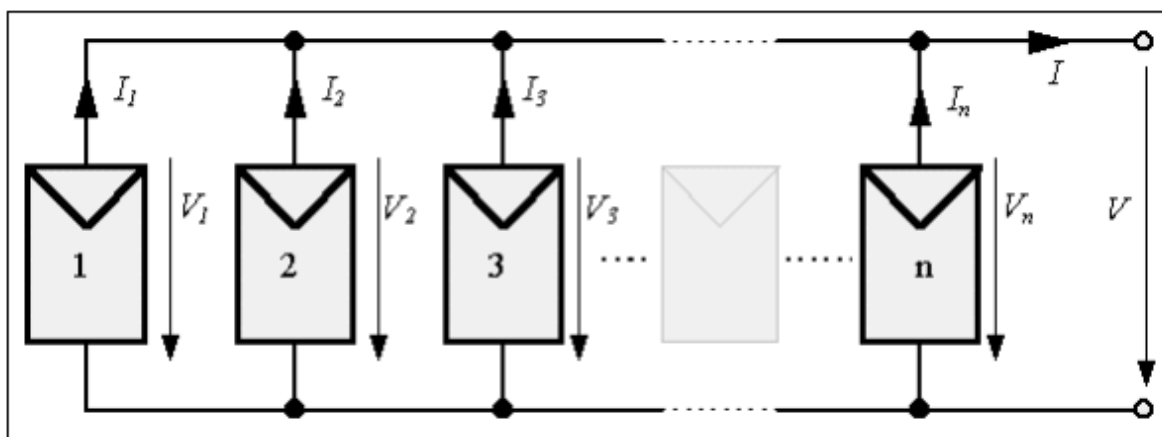


Figura 6: Conexão de células conectadas em paralelo. (CRESEB, 2015).

V_n : Tensão de Saída do PV (n)

I_n : Corrente de Saída do PV (n)

I : Corrente Total do Módulo Fotovoltaico

V: Tensão Total do Módulo Fotovoltaico

O modo mais utilizado para a conexão das células fotovoltaicas é em série que soma as tensões chegando a 12V uma tensão padrão.

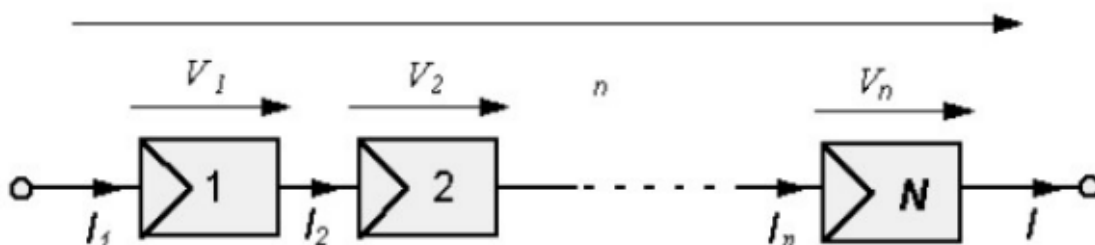


Figura 7. Células fotovoltaicas conectadas em série. (CRESEB, 2015)

Um diodo é usado para aumentar a segurança dentro do sistema. "bypass" a célula ou digite-a. Este diodo garante um caminho de corrente e restringe a dissipação de calor quando a célula sofre uma alteração interna ou externa (oculta) (defeito eletrônico). Além disso, um diodo de bloqueio é adicionado à entrada do módulo solar para evitar os efeitos da corrente negativa entre as células, o que faria com que as células recebessem mais energia do que criam.

A irradiação solar e a temperatura da célula têm um impacto no funcionamento dos módulos fotovoltaicos. Ao alterar a intensidade da luz incidente no módulo, primeiro é realizado um teste. É possível concluir desse teste, visto que a corrente elétrica fornecida pelo módulo cresce de forma correspondente à medida que a irradiância da energia solar aumenta.

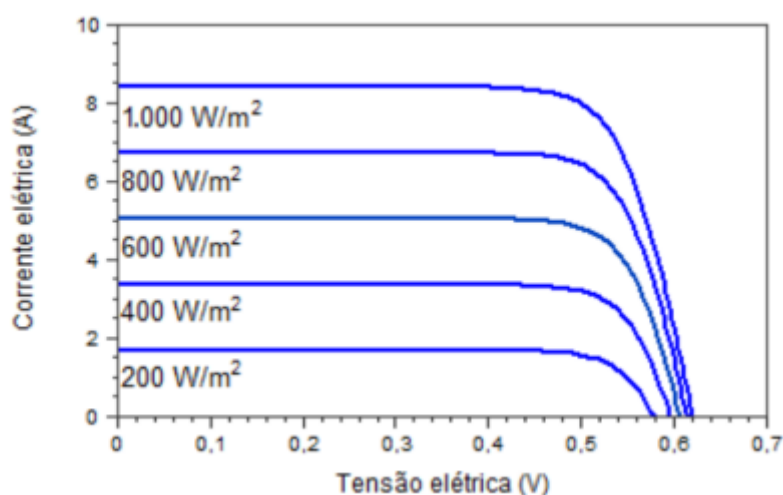


Figura 8. Efeito causado pela variação da irradiância solar sobre a curva característica I-V. (NEOSOLAR, 2016).

Agora é possível ver a variação de temperatura num módulo fotovoltaico, onde se percebe uma queda de tensão com o aumento da temperatura.

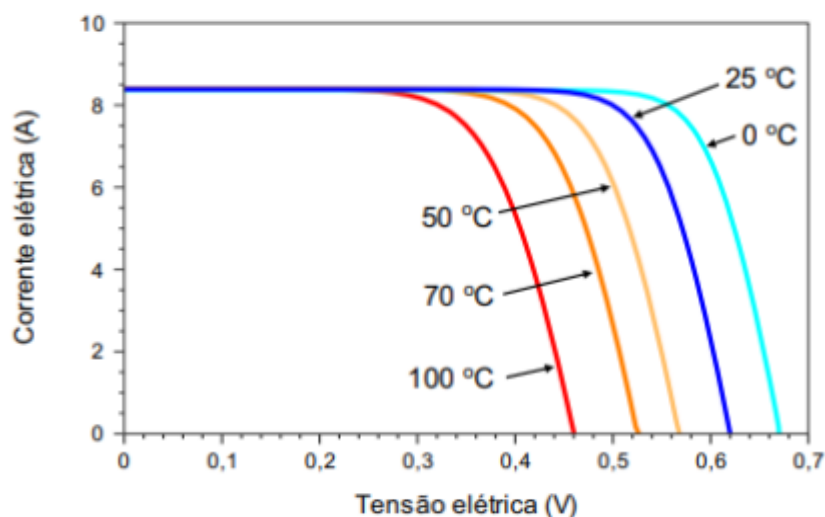


Figura 9. Efeito do aumento da temperatura na curva característica I-V. (PINHO;GALDINO, 2014).

2.10 Inversores

Com a energia que os módulos fotovoltaicos geram a partir da captação da energia do sol geram energia elétrica em corrente contínua, porém a rede elétrica que vem da distribuidora de energia vem em corrente alternada, para ficar uma corrente na mesma frequência utiliza-se o inversor para fazer essa transformação da corrente obtida dos módulos que é contínua em alternada e fazendo a harmonia da corrente e adequando a forma de onda para ter a conexão da rede. (TORRES, 2012).

Os inversores de conexão à rede geralmente apresentam saída monofásica com saídas individuais de até aproximadamente 5 kW. A partir deste ponto, os inversores de saída monofásicos são mais utilizados, já os inversores monofásicos são usados em uma associação trifásica, ou três fases. (PINHO E GALDINO, 2014)

Chaves eletrônicas de estado sólido são usadas em inversores modernos, e o avanço da eletrônica de potência teve um impacto significativo tanto nos componentes (principalmente semicondutores) quanto nas topologias de seus circuitos de potência e controle. Os primeiros inversores para sistemas fotovoltaicos

eram meras adaptações de circuitos pré-existent, mas os circuitos de hoje são projetados com a complexidade e as especificações de sua aplicação específica em mente. Como resultado, ao longo de algumas décadas, as topologias foram otimizadas e os custos de fabricação diminuíram, e as taxas de conversão de eficiência em alguns inversores para conexão de rede elétrica evoluíram para valores próximos a 99%. (PINHO E GALDINO,2014).

Os inversores podem ser divididos em dois grupos dependendo do tipo de operação: comutados pela rede (comutação natural) e auto comutados (comutação forçada).

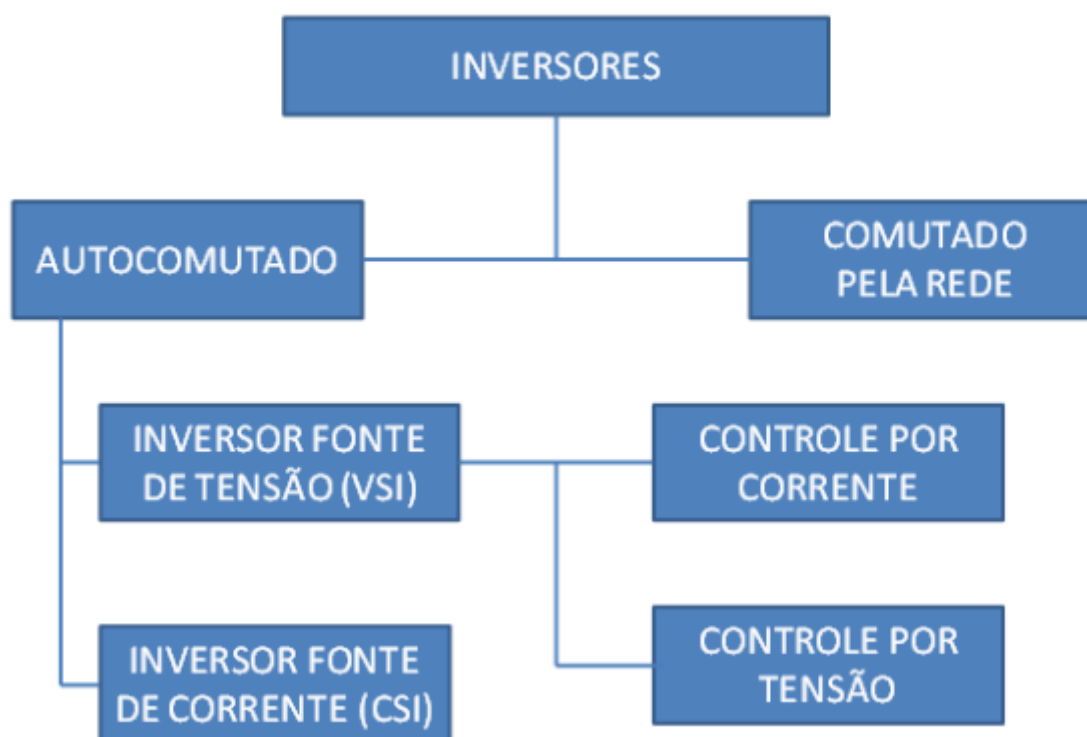


Figura 10. Tipos de inversores classificados de acordo com o princípio de funcionamento. (PINHO E GALDINO, 2014).

2.11 Tipos de Inversores

Inversor String é o mais comum e mais utilizado nas residências, comércios e indústrias, a depender do tamanho do sistema da instalação pode haver mais de um inversor no mesmo sistema string é a referência a fileiras de módulos cada fileira é chamada de string.



Figura 11. Modelo de inversor string. (NEOSOLAR,2016).

Microinversor tem dimensões físicas e potências inferiores que a maioria dos inversores, ele consegue atender menos painéis solares e otimizar cada um individualmente e suporta até 4 painéis geralmente, sendo que cada painel conecta diretamente no micro inversor sem estar conectado entre si.



Figura 12. Modelo de microinversor. (NEOSOLAR, 2016)

2.12 O uso da energia fotovoltaica em Universidades

As faculdades e universidades vem investindo em opções rentáveis e sustentáveis para amenizar o alto consumo diário de energia, e com a energia solar fotovoltaica é possível fazer a economia e ainda contribuir com o meio ambiente sendo uma energia renovável.

Algumas das universidades que investem em energia solar fotovoltaica, algumas na América do Norte e Europa e algumas na América do Sul todas investem em geração de energia solar fotovoltaica. As brasileiras que mais investem são: Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo, universidade Federal de Lavras (UFLA) – Minas Gerais, universidade Positivo – Paraná, universidade Federal da Paraíba (UFPB) – Paraíba, universidade Federal do Pará (UFPA) – Pará. (SOLARVOLT, 2022)

As economias com a instalação de energia solar são visíveis para a instituição, seja ela privada ou pública, já nos primeiros meses. A gestão administrativa da instituição poderá utilizar o dinheiro que teria utilizado para pagar os custos de energia com outros investimentos, como equipamentos, reformas de laboratórios e até mesmo na melhoria salarial dos funcionários, pois os custos de energia serão reduzidos com a implantação do sistema no espaço acadêmico.

De acordo com o Ministério da Educação (MEC) estão desde 2019 incentivando universidades que investem em energia solar fotovoltaica. Chegaram a fazer um anúncio em sua pasta federal de que R \$125 milhões foram destinados a 63 universidades públicas brasileiras para fazer a instalação de energia solar fotovoltaica assim estimando uma economia de R \$25 milhões anuais. Fazendo com que ao invés de gastar com contas de energia irá poder redistribuir esse gasto com melhora de infraestrutura, equipamentos e outras melhorias para a instituição. (SOLARVOT, 2022).

Um levantamento sobre o uso de energia solar fotovoltaica nas universidades federais no Brasil, constata-se que 51% tem iniciativas ou algum projeto de sistema fotovoltaico instalado, instalando ou ao menos com recursos e projetos aprovados para a compra dos equipamentos. Algumas universidades possuem mini usinas fotovoltaicas em algum campus específico, enquanto duas ou mais tem outros sistemas instalados no mesmo campus. Nota-se que quando uma universidade instala um projeto de mini usina tem sempre uma expansão desta ou de novas instalações a medida que a universidade recebe novos recursos. (OLIVEIRA, 2021).

Tabela 1. Panorama do uso da energia solar fotovoltaica nas universidades federais (OLIVEIRA,2021).

Situação*	Número de universidades	Porcentagem de universidades (%)
Instituições que possuem miniusinas solares fotovoltaicas instaladas	24	35
Instituições em fase de instalação das miniusinas solares fotovoltaicas	9	13
Instituições que possuem recursos aprovados para aquisição das miniusinas solares fotovoltaicas	2	3
Instituições que ainda não conseguiram aprovar recursos ou não possuem iniciativa desta natureza	34	49
Total	69	100

3 ASPECTOS DA ANÁLISE TÉCNICA PARA A POSSIBILIDADE DA INSTALAÇÃO DA USINA FOTOVOLTAICA

Esse capítulo vai explicar a metodologia que foi utilizada no estudo e os itens necessários para que seja concluído o objetivo esperado neste estudo.

3.1 Local do estudo de viabilidade técnica e econômica

A partir da localização, foram obtidas informações geográficas do local do estudo, latitude e longitude: -15.99051344685497, -48.04454990689107.

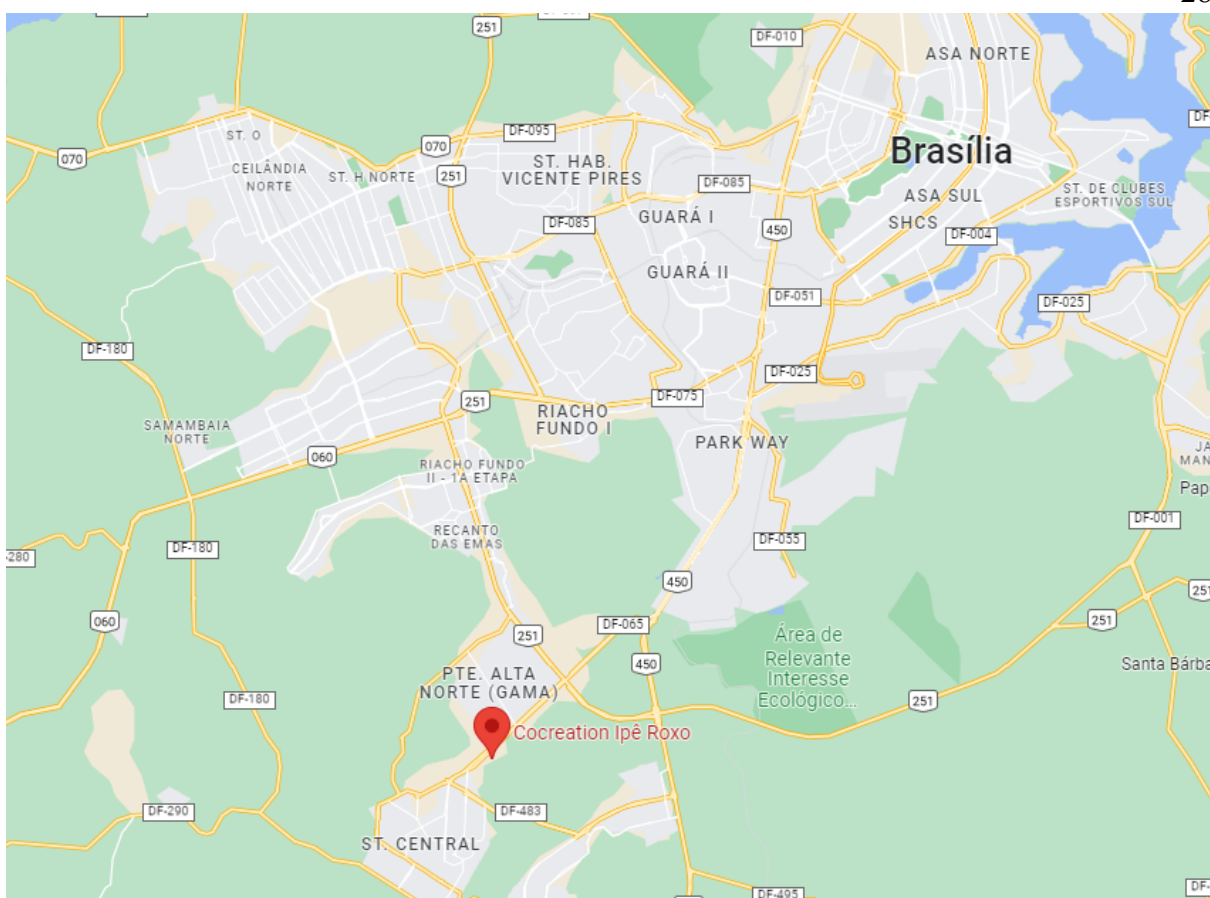


Figura 13. Local do estudo de caso. Fonte: google.com.br/maps, acesso em: 08/02/2023.



Figura 14. Localização geográfica e vista superior da praça de container da FGA. (GOOGLE EARTH,2022).

Vista superior do local do estudo a praça de container da FGA, com a direção apontando para o norte fazendo com que as placas sejam orientadas na horizontal como na instalação do sistema do prédio ao lado LDTEA.

3.2 NORMAS DE GD

A geração distribuída de energia elétrica é uma forma de produção de energia que ocorre em pequena escala, perto do local onde é consumida. Em geral, ela é realizada por meio de fontes renováveis de energia, como painéis solares, micro eólicas e pequenas centrais hidrelétricas.

As normas que regem a geração distribuída variam de país para país, mas algumas questões comuns incluem: Conectividade à rede elétrica: os geradores distribuídos precisam estar conectados à rede elétrica para que possam fornecer energia à comunidade. Algumas normas estabelecem requisitos para a qualidade da conexão e para a segurança do sistema elétrico.

Compensação pelo excesso de energia: alguns países estabelecem sistemas de compensação pelo excesso de energia gerado pelos geradores distribuídos, incentivando assim a produção de energia limpa e renovável. Instalação e manutenção: as normas também podem especificar requisitos para a instalação e manutenção dos sistemas de geração distribuída, incluindo segurança elétrica, proteção contra incêndios e outros aspectos relacionados à segurança.

Padrões técnicos: as normas também podem estabelecer padrões técnicos para os equipamentos utilizados na geração distribuída, garantindo assim a qualidade da energia gerada. Em resumo, as normas de geração distribuída visam garantir a segurança, a eficiência e a qualidade da energia elétrica produzida de forma descentralizada, além de incentivar a utilização de fontes renováveis de energia.

As normas de geração distribuídas utilizadas como base nesta pesquisa ANEEL PRODIST , ANEEL 14.300/2022.

“A Lei estabeleceu que as conexões de GD já existentes e as que protocolarem solicitação de orçamento de conexão nas distribuidoras até 7 de janeiro de 2023 têm direito, até o ano de 2045, à compensação de 100% das componentes tarifárias que incidem sobre o consumo compensado pela geração de energia excedente injetada na rede da distribuidora. Para as novas conexões (entrantes) de GD a partir de 8 de janeiro de 2023, os benefícios tarifários serão custeados por meio da CDE. Para esse grupo de novas conexões, contudo, o benefício será gradualmente reduzido até 2030 – ou seja, a CDE deixará de pagar parte dos custos da energia compensada”. (ANEEL,2023).

3.3 IRRADIAÇÃO SOLAR NO LOCAL DE ESTUDO

A irradiação solar no Brasil varia de acordo com a região do país, mas em geral, o Brasil tem uma boa quantidade de radiação solar. As regiões norte e nordeste do país têm uma maior quantidade de radiação solar, enquanto as regiões sul e sudeste têm uma menor quantidade de radiação. A radiação solar é importante porque é uma fonte importante de energia limpa e renovável. O Brasil tem investido na

geração de energia solar e tem potencial para se tornar um líder mundial na produção de energia solar.

A irradiação solar na Universidade de Brasília, Campus FGA, pode variar dependendo da época do ano e das condições climáticas. No geral, a cidade de Brasília tem uma alta incidência de radiação solar, devido à sua localização geográfica e à sua elevada altitude. Isso significa que a quantidade de radiação solar que atinge a UNB FGA é elevada ao longo do ano, especialmente durante os meses de verão. A irradiação solar é importante para a produção de energia.

Localidades próximas

Latitude: 15,990513° S
Longitude: 48,04455° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]												Média	Delta				
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set			Out	Nov	Dez	
✓	Brasilia	Brasilia	DF	BRASIL	16° S	48,049° O		1,2	5,39	5,64	5,09	5,00	4,80	4,75	4,94	5,81	5,63	5,47	5,09	5,38	5,25	1,06
✓	Brasilia	Brasilia	DF	BRASIL	15,9° S	48,049° O		10,1	5,35	5,66	5,05	4,99	4,78	4,67	4,93	5,82	5,68	5,52	5,05	5,37	5,24	1,15
✓	Brasilia	Brasilia	DF	BRASIL	16° S	47,949° O		10,3	5,35	5,63	5,00	4,97	4,78	4,74	5,03	5,89	5,67	5,43	4,99	5,33	5,23	1,15

Irradiação Solar no Plano Horizontal para Localidades próximas

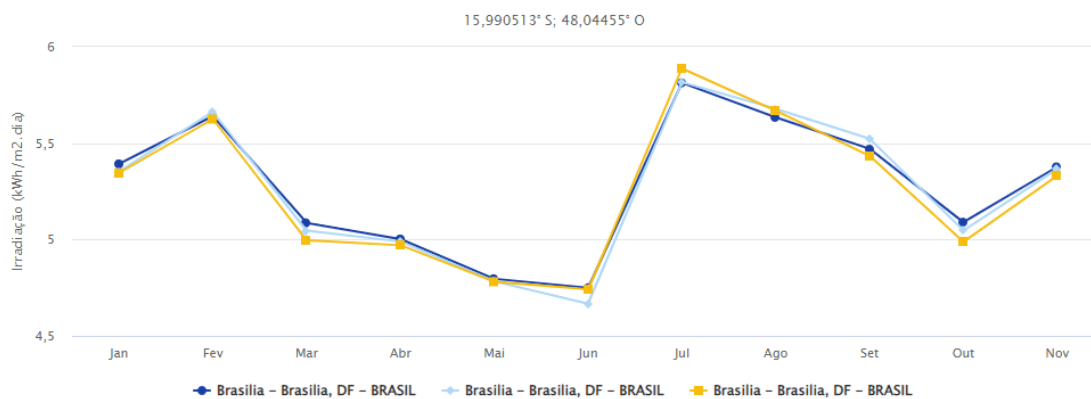


Gráfico 1 : Dados de irradiação solar do estudo de caso. Fonte: Cresesb.cepel.br

De acordo com os dados fornecidos pelo Cresesb, a região de pesquisa container da FGA terá uma média de irradiação solar diária de 5.25 Kwh/m² dia.

3.4 Ferramentas de engenharia econômica

Para os cálculos econômicos e análise de viabilidade do investimento serão utilizados o fluxo de caixa e o payback descontado. Devem-se adotar algumas premissas, as utilizadas neste trabalho são:

- Vida útil do sistema: 25 anos;
- Vida útil do inversor: 15 anos;
- Perda de eficiência dos módulos: até 3% no primeiro ano e depois 0,7% ao ano;

- Custo de Operação e Manutenção anual: 1% do investimento;
- Reajuste tarifário anual: 4.8% de média ao ano;
- Custo de disponibilidade trifásico: 100 kWh*tarifa de energia.

O reajuste tarifário foi baseado na evolução de tarifação praticada pela Neoenergia. Fez-se uma média dos reajustes praticados na vigência de 2010 a 2019. Foi utilizada a tabela que é apresentada a seguir.

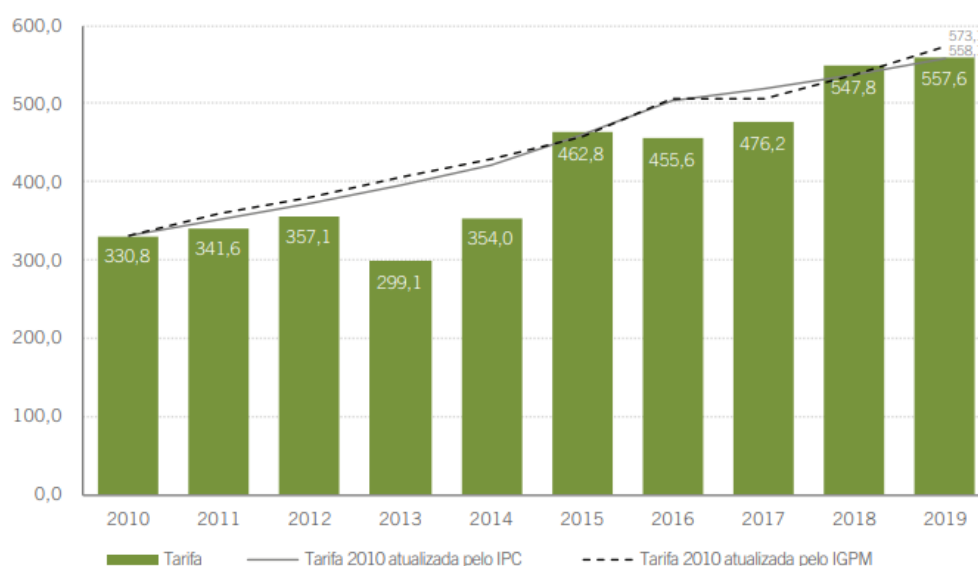


Gráfico 2: As tarifas residenciais (R\$/Mwh) Fonte: acendebrasil.com.br

3.5 Módulo fotovoltaico

Fazendo uma estimativa de preço de valores presentes no mercado para módulos fotovoltaicos, os valores são referentes a data de 10/02/2023, e podem ser visualizados na tabela 2 os sites utilizados foram:

- <https://www.aldo.com.br/>
- <https://app.sicessolar.com/>
- <https://www.win.com.br/>

Modelo	Potência (Wp)	Voc (V)	Isc (A)	Eficiência (%)	P _{máx} (%/°C)	Área (m ²)	Preço (R\$)
JAM72S30-550/MR	550	49,9	14	21,10%	-0,35%	2,58	R\$ 1.200,00
JKM -535M	535	49,42	13,79	20,79%	-0,35	2,58	R\$ 1.389,00
SF-M18144- 550	550	50	11,57	20,60%	-0,35%	2,56	R\$ 1.200,00
SS-550-72MDH	550	49,6	14,04	23,21%	-0,35%	2,58	R\$1.100,00
HFM144M10	580	49,87	13,98	22,45%	-0,35%	2,58	R\$1.350,00

Tabela 2. Tabela sobre custos de painéis solares. Fonte: elaboração própria.

Para definir o modelo de painel fotovoltaico foram utilizado alguns parâmetros como: preço, potência, eficiência, área e seu respectivo índice. pela tabela o com melhor custo benefício com potência e eficiência foi a Sunova SS-550-72 MDH com eficiência de 23,02%. A placa pode ser visualizada no anexo A.

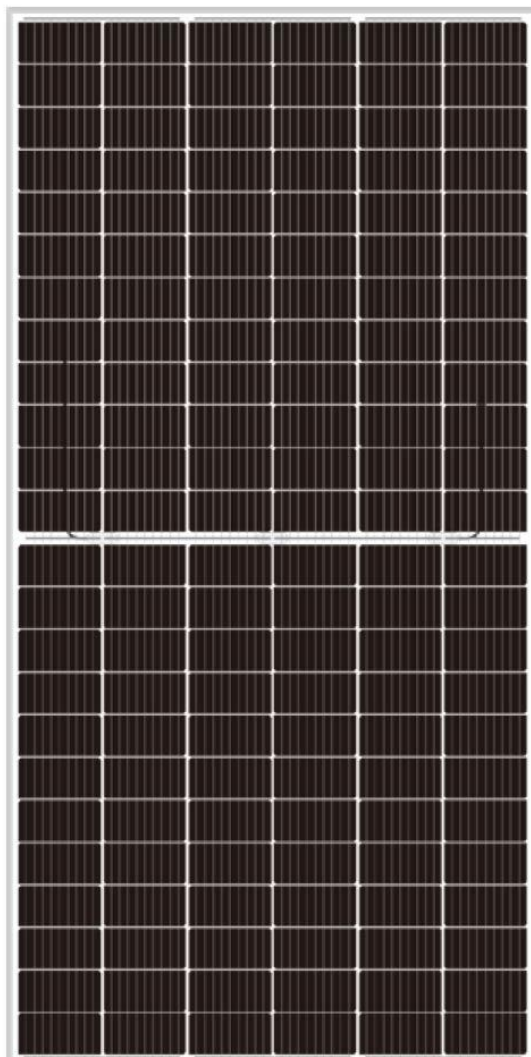


Figura 15. Placa Sunova 550 W. Fonte: <https://app.sicessolar.com/>

3.6 inversor fotovoltaico

Fazendo uma estimativa de preço de valores presentes no mercado para inversores fotovoltaicos, os valores são referentes a data de 10/02/2023, e podem ser visualizados na tabela 3 os sites utilizados foram:

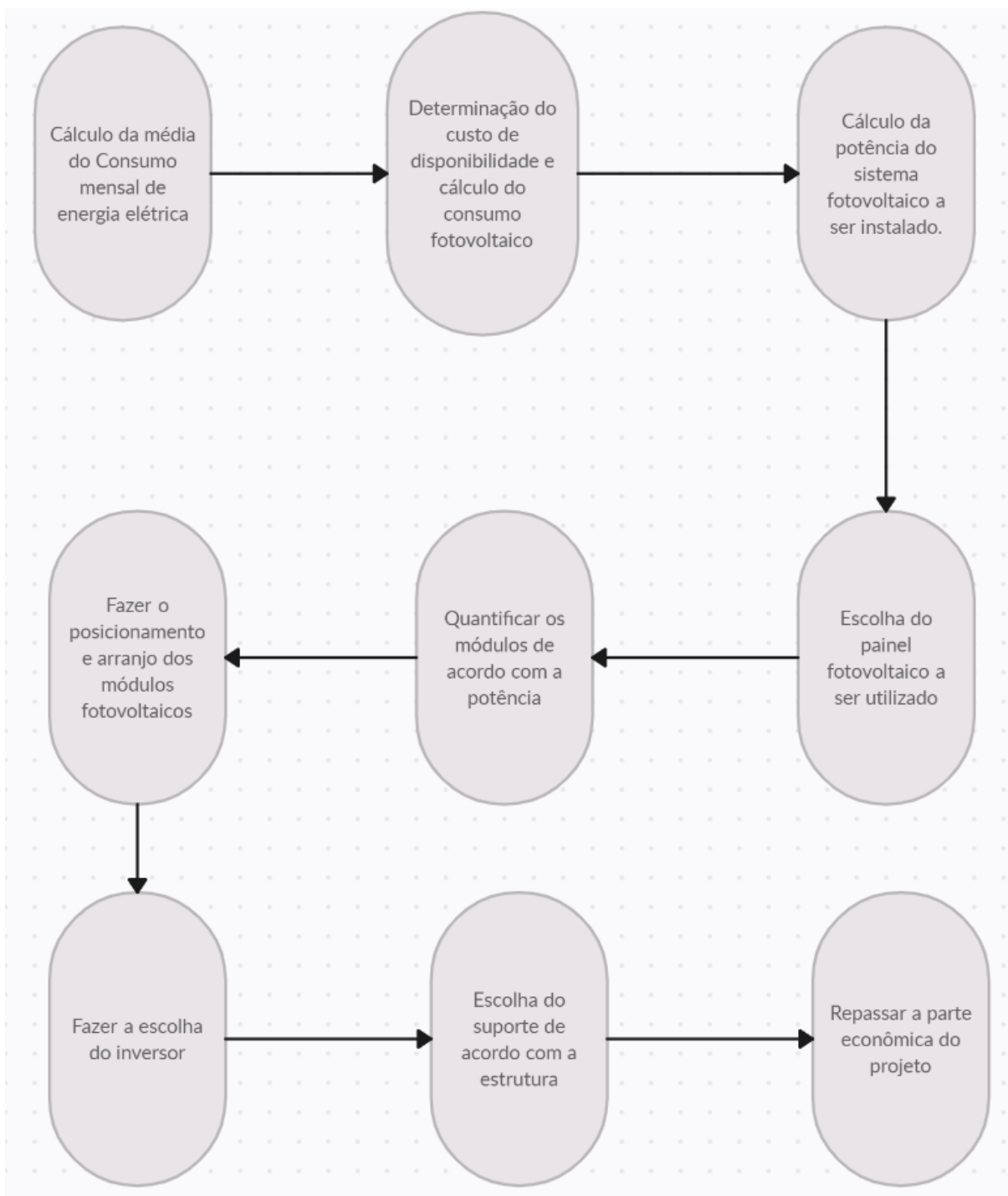
- <https://www.aldo.com.br/>
- <https://app.sicessolar.com/>
- <https://www.win.com.br/>

Modelo	Entrada					Saída			Eficiência (%)	Preço (R\$)
	Potência CC (Wp)	Vmin CC (V)	Vmax CC (V)	Imax CC (A)	nº de strings	Potência CA (Wp)	Pmax CA (Wp)	Imax CA (A)		
SG25CX-SA	25000	200	1000	40	6	25000	27500	72,2	97,5%	18.000,00
SG33CX	33000	200	1000	40	6	33000	36300	55,2	98,6%	20.000,00
SG36KTL-M	36000	200	1000	32	8	36000	36000	53,5	98,5%	24.000,00
SG40CX	40000	200	1000	40	8	40000	44000	66,9	98,6%	25.840,00
SG50CX	50000	200	1000	40	10	50000	55000	83,6	98,7%	30.000,00
SG60KTL	60000	570	850	140	14	60000	66000	96	98,7%	32.000,00
SUN 25K-G	25000	250	1000	40	6	25000	25000	39,9	98,6%	17.025,49
SUN 33K-G	33000	250	1000	90	9	33000	33000	48	98,7%	19.000,00
SUN 50K-G	50000	250	1000	120	12	50000	50000	79,64	98,7%	22.000,00
SUN 60K-G	60000	250	1000	120	12	60000	60000	95,7	98,9%	30.000,00

Tabela 3. Tabela de inversores para análise. Fonte: elaboração própria.

3.7 Métodos para dimensionamento de sistemas

Essa seção irá abordar a metodologia para um dimensionamento de sistemas ligados a redes de baixa tensão, onde pode-se observar no fluxograma a seguir.



Fluxograma 1. Metodologia para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos ligados à rede de baixa tensão. Fonte: Elaboração própria.

3.8 Cálculo da média do consumo mensal

Como não obtive a conta do local esperado será passado a quantidade de geração possível com a área disponível do local pela potência do projeto, sendo uma estimativa podendo variar de acordo com as condições climáticas, o cálculo quando se tem os valores de consumo da unidade consumidora pode ser visualizado na equação (1)

$$M_c = \sum_0^N v_n, \text{ onde } v_n \text{ é o consumo no mês } n \quad (1)$$

3.9 Potência do sistema fotovoltaico

Para dimensionar o sistema com as características da unidade consumidora escolhida, será calculado através da fórmula (2) tendo os dados de irradiância solar global obtido para o local de estudo analisado e na equação (3)

$$\text{Consumo}_{FV} = \text{Média de consumo} - \text{Custo de disponibilidade} \quad (2)$$

Nela calcula-se a potência a ser instalada no sistema fotovoltaico (PFV) considerando os 30 dias do mês. Com a PFV para o atendimento do consumo mensal da unidade consumidora, pode-se então prosseguir para a próxima etapa do método. A eficiência de conversão DC-AC do sistema é resultado do produto da eficiência do inversor, eficiência dos cabos AC, eficiência dos cabos DC, eficiência relacionada às perdas por sujeira acumulada nos módulos fotovoltaicos, eficiência relacionada às perdas por temperatura nos módulos.

$$P_{FV} = \frac{\text{Consumo}_{FV}}{\text{Irradiação Solar} * \text{Dias do mês} * \eta_{DC-AC}} \quad (3)$$

$$\eta_{DC-AC} = \eta_{INV.} * (1 - \text{Perdas}_{cabosAC}) * (1 - \text{Perdas}_{cabosAC}) * \\ *(1 - \text{Perdas}_{cabosDC}) * (1 - \text{Perdas}_{Temperatura}) * (1 - \text{Perdas}_{sujeira})$$

3.10 Escolha do painel fotovoltaico

A escolha do modelo utilizado foi baseada no desenvolvimento de um índice que é resultado da divisão da potência do módulo pelo custo e multiplicada pela eficiência do mesmo em valor percentual. O índice foi criado para facilitar a escolha do modelo, tendo em vista que a escolha deve ser diretamente proporcional à potência gerada e eficiência e inversamente proporcional ao custo, já que se deseja um projeto atrativo financeiramente. A expressão para o cálculo do índice pode ser vista na equação (4).

(4)

$$I = (P \div A) \cdot \eta$$

3.11 Posicionamento e distribuição dos módulos

Para a região de Brasília os painéis devem ser posicionados com um ângulo de 15° . Com relação ao caso estudado, o telhado possui inclinação de 8°. Desta forma, o uso do suporte será implementado de forma a facilitar o posicionamento dos painéis e auxiliar nas trocas de calor nos mesmos. A área em que serão instalados os painéis pode ser vista na figura 13. A forma como serão distribuídos os painéis pode ser visualizada na figura 14, nela pode-se verificar a forma como os suportes serão instalados e ter noção de como ficará o inversor

Para um melhor aproveitamento da radiação solar, os contêineres possuem medidas de 32,50 m x 6,50 m, totalizando uma área total de 211,25 m², como são 2 containers fica 422,5 m² de área disponível para a instalação.



Figura 16. Praça dos Containers com simulação das placas no PVSYST. Fonte: Elaboração própria.

Foto da praça de container com uma simulação básica de como ficaria a instalação dos painéis solares fotovoltaicos no espaço disponível dos containers da praça de containers da FGA, sendo 28 módulos por fileira tendo um total de 4 fileiras que fica no total de 112 painéis solares, no caso do exemplo o painel é da marca Sunova 550 W, características estruturais da placa na tabela 2.

3.12 Cálculo do sistema

Para calcular um projeto fotovoltaico com 112 painéis de 550W, deve considerar alguns fatores, tais como:

- Potência total do sistema: A potência total do sistema será de 112 painéis x 550W = 61.600W ou 61,6 kWp.
- Área necessária: A área necessária para instalar 112 painéis de 550W depende do tamanho dos painéis e da configuração do sistema. Em média,

cada painel fotovoltaico tem cerca de 2,1 m², o que significa que o sistema inteiro precisaria de cerca de 210 m² de espaço para ser instalado.

- Consumo de energia: Para calcular a quantidade de energia que o sistema pode gerar, é preciso levar em conta a irradiação solar disponível na sua região, e pode variar a geração no dia, dependendo das condições climáticas.

3.13 Dimensionamento do inversor

O dimensionamento do inversor vai ser de acordo com o tamanho do sistema total de energia solar que será de acordo com o tópico 3.7 de 61,6 KWp, sendo assim será usados critérios para a escolha de acordo com a tabela 3 como preço, potência e eficiência e o inversor escolhido foi um DEYE SUN 60K-G, segue no anexo b para melhor visualização.

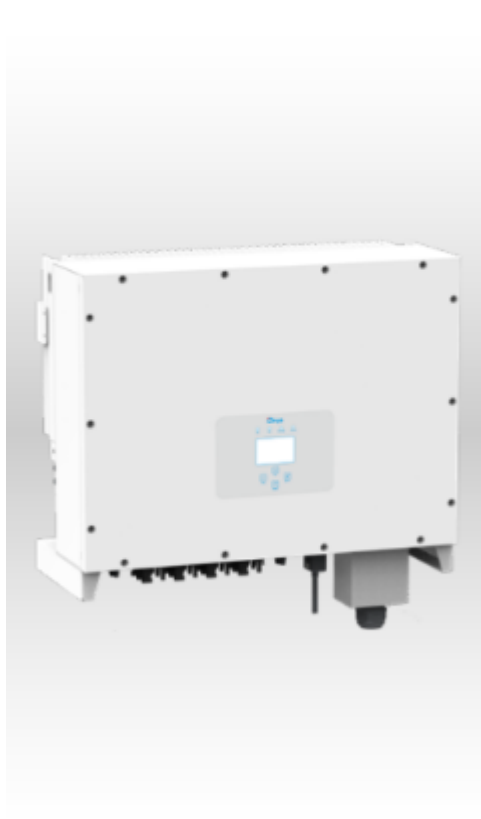


Figura 17. Inversor DEYE SUN 60 K-G. Fonte: <https://app.sicessolar.com/>

Quadro 3. Características estruturais do painel Sunova 550 W. (GENY,2022).

CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS	
Dimensões do módulo (C*L*A)	2278x 1134 x 35 mm
Largura	27.6 kg
Número de células	células
Célula	PERC Monocristalino 182x91 mm
Vidro	alta transmitância, baixo ferro Temperado, 3,2 mm AR,
Quadro/Armação	Liga de alumínio anodizado
Caixa de junção	IP68
Fio de saída	4,0 mm ² , comprimento do fio: 300 mm
Conector	Compatível com MC4
Carga mecânica	Carga de neve: 5400 Pa / Carga de vento: 2400 Pa

Concluindo a simulação fazendo 112 painéis de 550 Wp daria um sistema total de 61,6 KWp. Para calcular a geração e média anual com payback devem ser analisados outros fatores para divulgar esses dados.

3.14 ESTRUTURA DA LOCAÇÃO DAS PLACAS SOLARES

O local físico da instalação dos painéis solares consta com uma estrutura de ferro com telhado de chapa de ferro na parte superior, a estrutura vai contar com um sobrepeso contendo a estrutura que é fixado as placas solares e os cabos cc que vão até o inversor instalados com aproximadamente 3 mil kg de peso distribuídos sobre o espaço total disponível na parte superior do container da fga, não necessitando de avaliação estrutural para suportar os painéis solares juntamente com os componentes que finalizam a instalação para o funcionamento pleno da geração de energia.



Imagem 2. Estrutura do espaço container da FGA. Fonte: Elaboração própria.

Existem outras estruturas que acoplem o sistema solar, nem todos os telhados ou estruturas tem a forma retangular ou plana para a instalação do sistema solar fotovoltaico um exemplo para o estudo é o estudo de integração fotovoltaica no centro de pesquisa e capacitação da UFCS onde, existem diversos telhados diferentes com estruturas distintas assim fazendo com a ajuda da arquitetura o dimensionamento dos painéis e que sejam colocados em modos diferentes de inclinação para poder obter a capacitação solar. Mesmo com telhado côncavo e edificações não convencionais foi possível a instalação, isso reforça a importância da análise estrutural do projeto e quanto a estrutura para uma boa alocação do sistema solar.



Imagem 3. Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC. Fonte: google earth.

Na imagem acima pode-se observar a diferença de orientação do sistema e a estrutura côncava e outras estruturas no estudo com possíveis situações de instalação e diferentes inclinações que devem ser simuladas para a análise do sistema e viabilidade da sua conclusão.

3.15 APLICATIVO PARA MONITORAMENTO DO SISTEMA

Será utilizado o aplicativo solarman para monitoramento do sistema solar onde poderá verificar a geração das placas com informações precisas de tensão e corrente com gráficos por dia, mês ou ano com possibilidade de verificar alertas e algum erro do sistema fornecidos pelo inversor que é configurado com o logger que é acoplado ao inversor, é conectado a rede wi-fi para poder repassar os dados do sistema ao usuário para verificação do sistema.

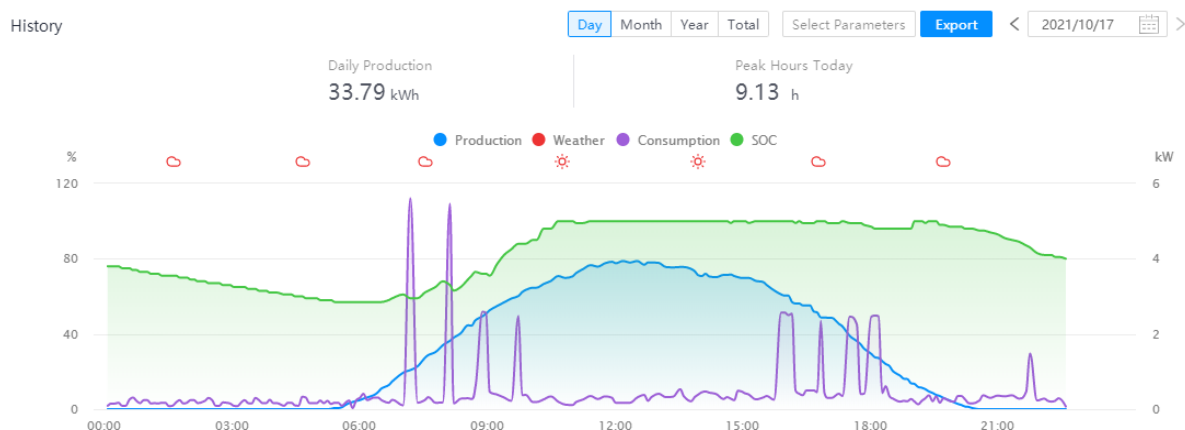


Imagem 3. Aplicativo SOLARMAN com dados e informações de um sistema solar on grid. Fonte: www.solarman.cn.

3.16 Análise Econômica do sistema

Por fim, deve-se realizar a análise de viabilidade econômica do projeto. Os modelos e valores dos itens utilizados no projeto podem ser verificados nas tabelas 2 e 3 que resumizam os custos operados no projeto. Com os modelos escolhidos ficará distribuído no projeto de acordo com a tabela abaixo com valores unitários:

ITEM	MODELO	VALOR
Módulo Fotovoltaico	Sunova SS-550-72MDH	R\$ 1.100,00
Inversor	DEYE SUN 60K-G	R\$ 30.000,00
Estrutura	Kit Sices	72 estruturas
Custo de operação	1 % Do Investimento	R\$ 1.940,00
Total	Kit Fotovoltaico	R\$ 194.859,00
Total	Kit + instalação	R\$ 221.107,46

Tabela 3. Custo do projeto fotovoltaico. Fonte de elaboração própria.

O custo do KIT para um sistema de 61,6 Kwp é de R\$194.859,00 incluso cabos e estruturas de acordo com a Sices solar.

O payback de um sistema fotovoltaico residencial no Brasil costuma ser de cerca de quatro anos, o que significa que o investimento é recuperado após esse período com a economia de energia elétrica. O tempo de retorno varia de 4 a 5 anos, dependendo do local de instalação. Após o retorno, é importante analisar o retorno do investimento ao longo dos anos. (Canal solar 2023).

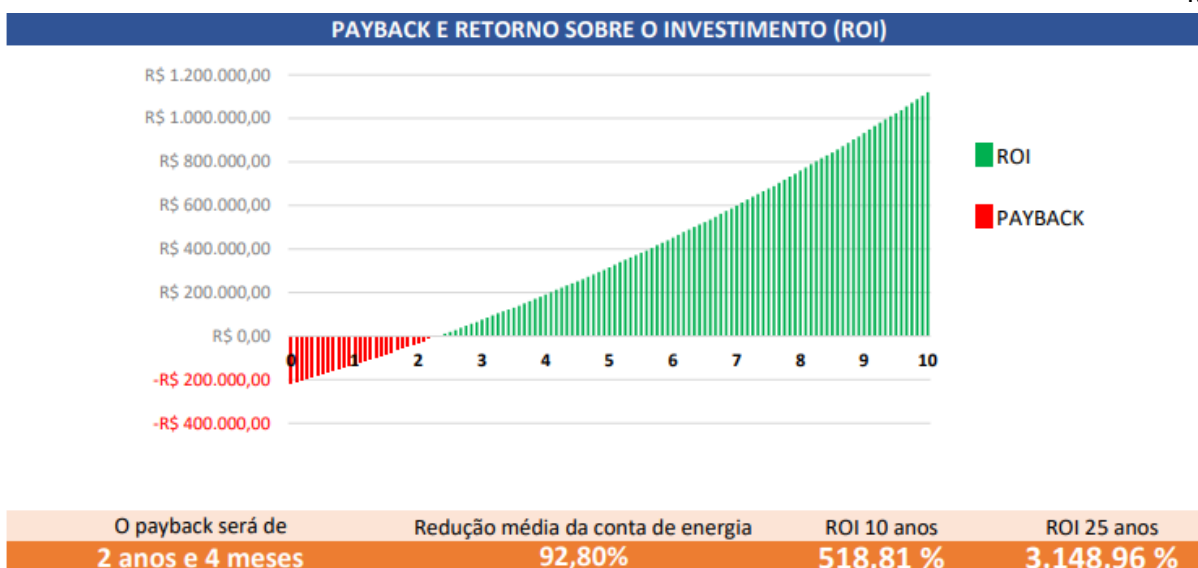


Gráfico 4. Payback do projeto fotovoltaico. Fonte: De elaboração própria.

O cálculo a ser realizado é o valor do sistema, dividido pela energia gerada sendo multiplicada pela quantidade de meses e multiplicada pelo valor da tarifa. $(221.107,46 / 76.070 \times 12 \times 1,0) = 0,24$. Que seria 2 anos e quatro meses.

O payback de 2 anos e 4 meses, foi considerado a média de KWh de R\$1,00 que é a média geral de Brasília, sendo que cada região tem a sua média tarifária considerando o tipo de consumidor.

4- Análise dos dados para a viabilidade do sistema

- Primeiro passo é ver o consumo total e a média de consumo do local da análise do estudo, nesse caso irei fazer por espaço disponível na área que é de 422,5 m² levando em consideração os dois telhados pois são divididos em dois containers de 211,25 m².
- Segundo passo é verificar o custo de disponibilidade que é deferido de acordo com a instalação na área seja monofásico, bifásico ou trifásico a cada uma a tarifa muda sendo 50 KWh, 70 KWh e 100 KWh a tarifa varia de acordo com cada região, variando assim o custo de disponibilidade.
- Terceiro passo é calcular a potência do sistema a ser instalado, de acordo com o item 3.5 baseado nos melhores parâmetros como eficiência, potência máxima, tensão e corrente foi selecionado uma placa SUNOVA de 550 W com a seguinte área 2,58 m². Neste estudo foi aplicado pela área disponível no telhado e pelo tamanho da placa e com uma margem de espaçamento entre elas de 0,5 m.

- Quarto passo foi a escolha do painel que está no item 3.5 e a selecionada foi a Sunova 550 W, fazer o posicionamento e o arranjo dos módulos fotovoltaicos no espaço destinado.
- Quinto passo é selecionar a quantidade de painéis de acordo com a potência e tamanho total do sistema.
- Sexto passo é a escolha do inversor que, de acordo com a tabela 3, foi selecionado de acordo com os parâmetros selecionados como número de strings, potência de entrada e saída e eficiência, foi selecionado um DEYE SUN 60K.
- Sétimo passo é a escolha da estrutura adequada para o sistema que será de grande importância para a sustentação dos painéis em cima do telhado.
- Oitavo passo é a elaboração financeira do projeto com todos os custos envolvidos.

5- Simulação no PVSYST

O sistema fotovoltaico foi submetido a uma simulação detalhada com base na análise de viabilidade, resultando em uma capacidade de 61,6 KWp. Nessa simulação, foram meticulosamente considerados diversos parâmetros, incluindo a localização geográfica exata, obtida pelas coordenadas do local, permitindo que o software simulasse as variações ao longo das estações do ano, bem como as flutuações de temperatura máxima e mínima. Além disso, a posição do sol em relação à instalação e os possíveis efeitos de sombreamento, que poderiam afetar a eficiência da geração de energia, foram levados em conta.

O telhado escolhido para o projeto é composto de material metálico, e sua inclinação foi fixada em 8° graus, levando em consideração a altura adequada para a instalação correta da estrutura que suportará os módulos solares. Foi dada especial atenção à melhor orientação possível dos módulos, visando maximizar o aproveitamento do sistema e otimizar a eficiência na conversão de energia solar em eletricidade.

A distribuição dos módulos foi realizada com base na capacidade do inversor, que possui 4 MPPTs. Para garantir um sistema balanceado e bem distribuído, os 112 painéis foram distribuídos de forma equitativa, com 14 placas conectadas em série em cada MPPT, na parte de corrente contínua (CC). O equilíbrio dos painéis pode

ser observado na imagem 3, onde foram destacadas cores representativas para cada agrupamento. Ficando 15.4 KWp por MPPT assim balanceando o sistema e obedecendo a conexão do inversor que deve ser obedecida, e assim facilitando na hora de monitorar o sistema e numa possível manutenção ou troca de equipamento. Para maior precisão, medidas reais dos edifícios foram adicionadas ao projeto, utilizando informações obtidas por meio do Google Earth e considerando-as no software de simulação. Essa abordagem garantiu que o projeto fosse ajustado de acordo com as condições reais do local, aprimorando a eficiência e a confiabilidade do sistema fotovoltaico.

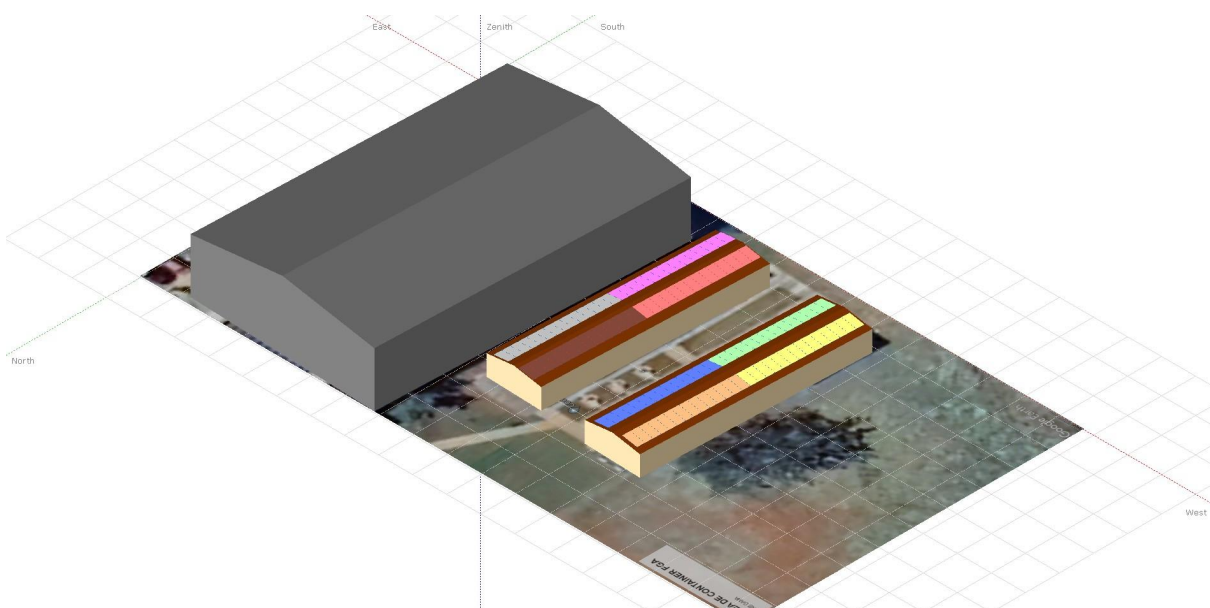


Imagem 4. Simulação do sistema da área de container da FGA em 3D. Fonte: Elaboração própria.

6. Resultados

A simulação foi realizada e bem sucedida conforme a perspectiva em 3D do sistema fotovoltaico da área de container tendo uma vista panorâmica superior com vista para o norte de como o sistema foi pensado visando a melhor orientação e eficiência para uma geração adequada considerando que a localização do Gama-DF sendo um bom local de grande incidência de radiação solar.

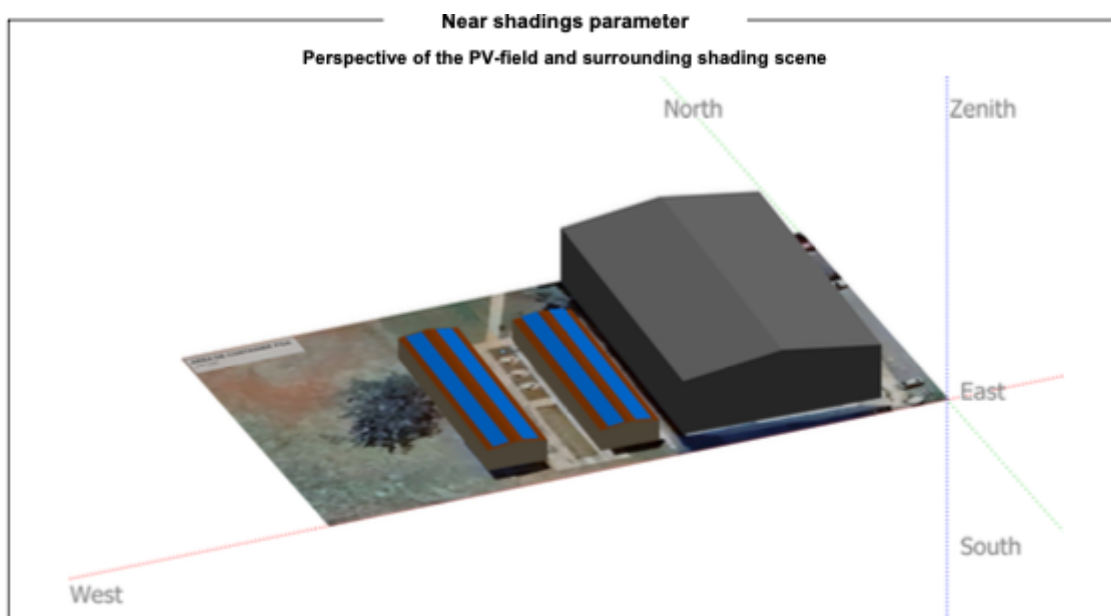


Imagem 5. Resultado da simulação com a perspectiva com os módulos. Fonte: Elaboração própria.

Desempenho do sistema da área de container da FGA

Produções normalizadas (por kWp instalado)

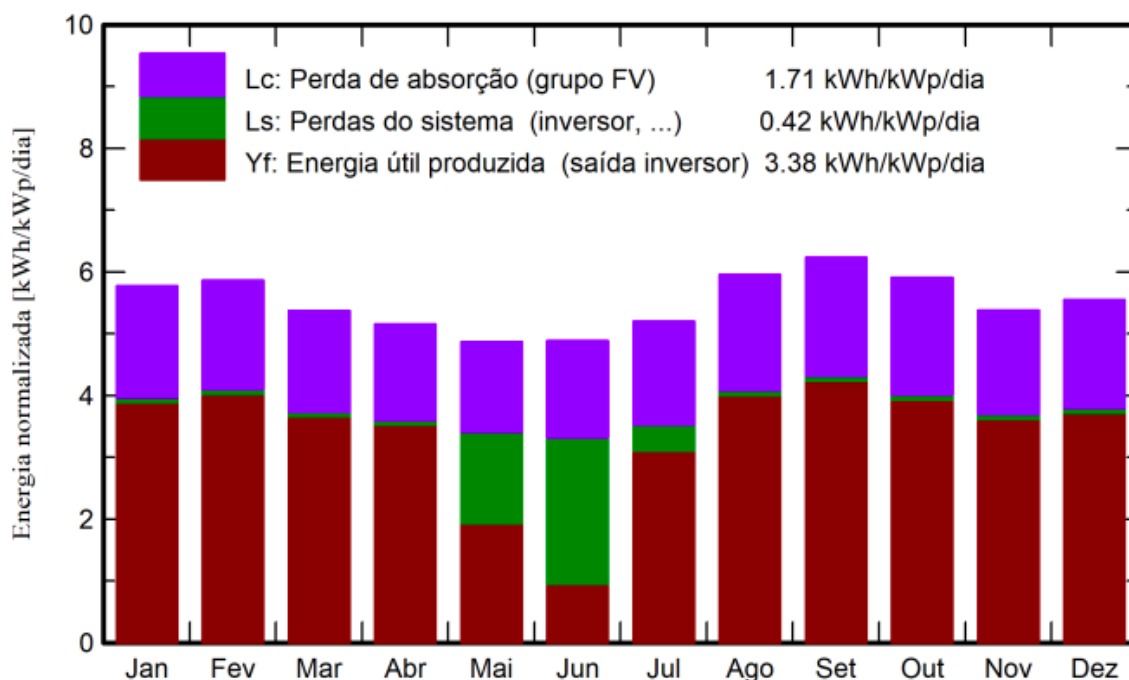


Gráfico 5. Produção normalizada por kWp instalado. Fonte: Elaboração própria.

A energia normalizada é a quantidade de energia gerada por kWp para facilitar a visualização da produção e representar o desempenho do sistema por dia como no gráfico 5 sendo, LC representa as perdas de absorção que representa 1.71 kWh/dia, LS a perda no inversor e componentes com valores de 0.42 kWh/dia e YF energia útil produzida de 3.38 kWh/ dia, são dados de análises úteis e preciso para quantificar a perda de eficiência do projeto servindo para comparações e geração de energia e consumo.

Índice de performance (PR)

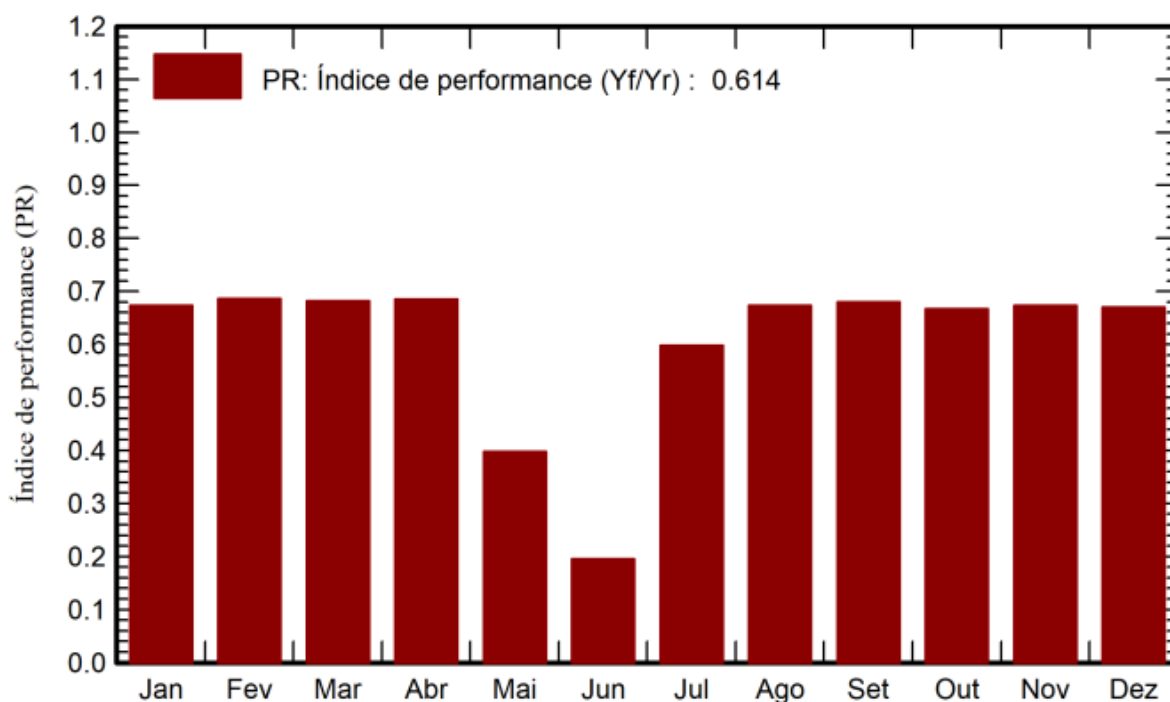


Gráfico 6. Relação de taxa de desempenho. Fonte: Elaboração própria.

A taxa de performance ou de desempenho de um sistema solar fotovoltaico é um parâmetro essencial que mede a eficiência real do sistema em converter a energia solar em eletricidade utilizável. Representada como um valor decimal ou porcentagem, a taxa de desempenho compara a energia elétrica produzida pelo sistema com a energia teórica esperada em condições ideais. Perdas de energia causadas por sombreamento, degradação dos painéis, reflexão, temperatura e outros fatores podem reduzir a taxa de desempenho. Um valor próximo de 100 % indica alta eficiência, enquanto valores abaixo indicam perdas significativas.

Monitorar a taxa de desempenho ao longo do tempo é crucial para identificar problemas e otimizar o sistema para maximizar a produção de energia. No caso da área de estudo é definida pela energia produzida dividida pela energia gerada nos meses do ano esperada, que no caso foi de 0.614, que em porcentagem significa 61,4% o que significa uma boa eficiência considerando as perdas do sistema. De acordo com a ANEEL um sistema solar com um ótimo desempenho varia entre 60% e 70%, considerando as perdas que podem variar constantemente por diversos

fatores, como a irradiação, eficiência dos equipamentos, perdas na saída do inversor entre outras.

Balanças e resultados principais								
	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR rácio
Janeiro	179.8	89.10	22.54	178.9	151.7	7.575	7.423	0.674
Fevereiro	164.9	76.66	22.39	164.2	140.9	7.081	6.939	0.686
Março	167.3	78.54	22.17	166.4	141.6	7.138	6.995	0.682
Abril	155.2	65.07	21.80	154.5	131.6	6.656	6.524	0.685
Mai	151.4	48.91	20.43	150.8	128.9	6.519	3.697	0.398
Junho	147.0	34.68	18.72	146.5	124.4	6.148	1.761	0.195
Julho	161.7	37.32	19.03	161.1	136.5	6.745	5.936	0.598
Agosto	185.2	34.00	20.74	184.4	158.0	7.800	7.646	0.673
Setembro	187.7	52.26	22.43	187.0	160.4	7.990	7.831	0.680
Outubro	183.8	73.46	23.62	183.2	155.3	7.673	7.520	0.666
Novembro	162.2	82.68	21.93	161.4	137.7	6.832	6.696	0.674
Dezembro	172.9	85.03	22.23	172.0	146.2	7.248	7.101	0.670
Ano	2019.2	757.71	21.50	2010.3	1713.2	85.404	76.070	0.614

Legendas

GlobHor	Irradiação global horizontal	EArray	Energia efetiva à saída do grupo
DiffHor	Irradiação difusa horizontal	E_Grid	Energia injetada na rede
T_Amb	Temperatura ambiente	PR	Índice de performance
GlobInc	Incidência global no plano dos sensores		
GlobEff	Global efetivo, corrigido para IAM e sombras		

Tabela 4. Balanço de dados dos principais resultados. Fonte: Elaboração própria.

A tabela 4 acima demonstra o resultado de geração com o balanço do sistema, Começando por Globhor que é a irradiação horizontal global que representa a quantidade total de energia solar que incide em uma superfície horizontal no local de estudo determinado, em relação a média dos meses do ano que é de 2019.2 KWh/m². Diffhor é a irradiação difusa horizontal sendo a radiação que é dispersa pela atmosfera e não tem direção com uma média de 757.71 KWh/m² ao ano.

Também é a temperatura ambiente do local que foi simulada e teve como resultado uma média de 21.50° se baseando na temperatura da região podendo variar em relação aos meses e estações do ano pois o tempo não pode ser medido com exatidão porém com as médias de temperaturas do ano em relação a anos anteriores é gerada uma média.

O próximo dado importante é a energia efetiva na saída da matriz no final de cada arranjo (string) foi de média 85.404 MWh anual sem contar as perdas somente a

energia gerada na saída do sistema. E em sequência a energia real injeta na rede a que é realmente convertida e que vai para a rede que foi de 76.070 MWh ano, e tendo a eficiência ou taxa de desempenho de 0.614 transformando em porcentagem ficando 61.4 % considerando já as perdas do processo e podendo ser diversificadas por diferentes categorias, e é importante compreender cada uma delas para otimizar a eficiência do sistema. Algumas das principais perdas de energia em um sistema solar fotovoltaico incluem:

Perdas por sombreamento: Quando uma ou mais partes dos painéis solares são sombreadas, a produção de energia é reduzida. Isso pode acontecer devido a objetos como árvores, prédios, chaminés, entre outros, que bloqueiam a luz solar incidente nos painéis.

Perdas por temperatura: O aumento da temperatura dos painéis solares pode levar a uma diminuição na eficiência da conversão de energia. Painéis solares geralmente têm uma queda na eficiência à medida que a temperatura aumenta.

Perdas por reflexão e transmissão: Parte da luz solar que incide sobre os painéis pode ser refletida ou transmitida sem ser absorvida e convertida em energia elétrica.

Perdas por soiling (sujeira): A acumulação de poeira, sujeira e outras partículas na superfície dos painéis pode reduzir a quantidade de luz solar que é efetivamente capturada pelos painéis.

Perdas por degradação: Com o tempo, os painéis solares podem sofrer uma degradação gradual, o que resulta em uma diminuição da eficiência ao longo dos anos.

Perdas por conexões elétricas: Conexões inadequadas entre os painéis solares e o inversor, ou entre os painéis individuais, podem causar perdas de energia devido a resistência elétrica indesejada.

Perdas do inversor: O inversor é responsável por converter a energia solar de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA) utilizável. Entretanto, o processo de conversão também pode gerar algumas perdas.

Perdas por angulação e orientação subótimas: A inclinação e orientação inadequadas dos painéis em relação à posição do sol podem resultar em menor eficiência e, conseqüentemente, em perdas de energia.

Perdas por sombreamento mútuo: Quando os módulos estão muito próximos uns dos outros, a sombra projetada por um painel pode afetar a produção de outros painéis próximos.

Perdas por cabos elétricos: A resistência dos cabos elétricos pode causar perdas de energia, especialmente em sistemas de grande escala. (ÉA TONOLO,2019) (PINHO E GALDINO, 2014).

Alguma dessas perdas são representadas a seguir no diagrama 1 com as perdas do sistema e gerando os seguintes resultados de produção anual de 105.8 MWh/ano sem considerar as perdas de geração de desempenho e após a simulação considerando as perdas por irradiação, temperatura, conversão da energia cc para ca, perdas na eficiência dos equipamentos, as conexões das strings, perdas ôhmicas, assim esperado uma energia de produção efetiva do sistema gerado de 76.1 MWh/ano.

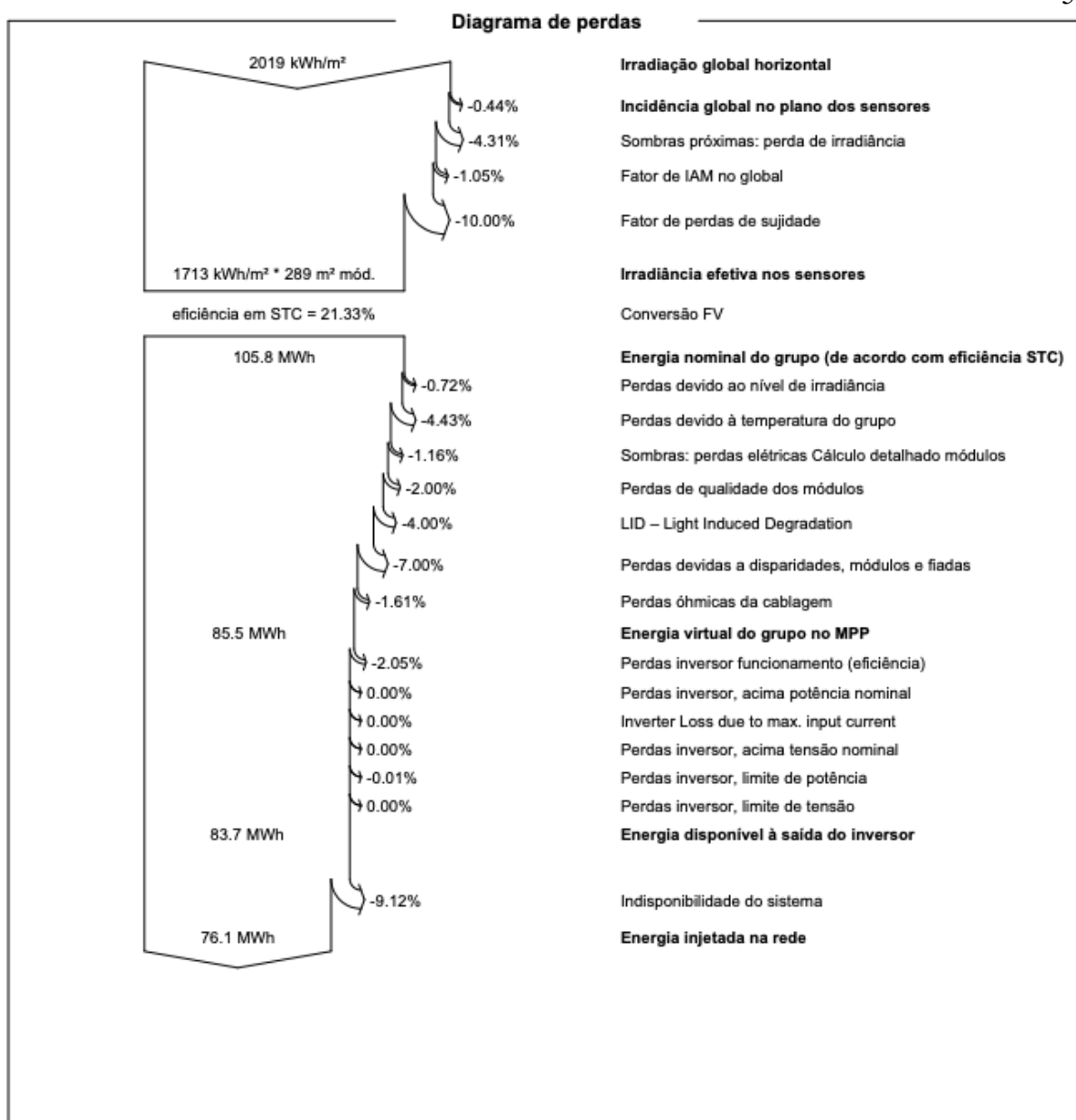


Diagrama 1. Resultado do diagrama de perdas do sistema solar. Fonte: Elaboração própria.

Com os resultados considera-se a produção anual de 105.8 MWh/ano que convertendo em mês seria a produção mensal pela quantidade de meses do ano desejado que neste estudo são 12 meses, que ficaria uma média mensal de 8.816 MWh/mês. As perdas do sistema foram 29.7 MWh anual do sistema total.

7. Conclusão

A conclusão apresentada neste estudo de conclusão de curso demonstra uma avaliação geral sólida e positiva da implementação de uma usina fotovoltaica na área de container da FGA. O estudo analisou dados técnicos e econômicos, chegando a condições favoráveis para o projeto com uma taxa de desempenho superior a 60%, mesmo considerando perdas do sistema e sombreamento existente. A localidade também foi considerada favorável, com uma boa irradiação solar de 5.25 KWh/m² dia.

A análise financeira foi abrangente, comparando diversos fornecedores e selecionando o melhor custo-benefício para o tamanho e potência do sistema, resultando em um projeto de R\$221.107,46. O payback estimado de 2 anos e 4 meses é altamente atrativo, especialmente quando comparado à média do Brasil, que é de 4 anos.

O projeto foi projetado para atender à comunidade que frequenta o espaço de container, fornecendo uma média mensal de produção de energia de 8.816 MWh/mês. Isso permitirá alimentar futuros projetos no espaço, tornando-o mais sustentável e tecnologicamente avançado. Além disso, a utilização de energia limpa e sustentável é uma vantagem notável, e a possibilidade de monitorar a geração de energia para acompanhamento e detecção de possíveis problemas no sistema é outro benefício importante.

Em resumo, o trabalho apresenta um planejamento consistente e promissor para a implementação de uma usina fotovoltaica na área de container da FGA, destacando-se pelos benefícios técnicos, econômicos e sustentáveis, bem como pelo potencial de contribuir para estudos futuros no campo da energia limpa. Recomenda-se que sejam realizados estudos contínuos para otimizar a eficiência do sistema e identificar novas oportunidades de aprimoramento ao longo do tempo. Com base nos resultados apresentados, o projeto pode se tornar uma importante fonte de energia renovável para a comunidade local, contribuindo para a redução de impactos ambientais e abrindo portas para iniciativas semelhantes em outras áreas.

8. Referências Bibliográficas

OLIVEIRA, G. L. N.; SILVA, V. R. da; ALTOÉ, L. Análise do uso da energia fotovoltaica em universidades. *Perspectivas Online: Exatas & Engenharia*, v. 11, n. 31, p. 44-54, 2021.

IEA. International Energy Agency. Photovoltaics Power Systems Programme.

Disponível em: < <http://www.iea-pvps.org/> > Acesso em 20 de setembro de 2022.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito.

Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, CRESESB, 2004.

NEOSOLAR. Fundamentos de Energia Solar. 2016. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/apostila-energia-solar-fotovoltaica>>. Acesso em: 30 setembro 2022.

CRESESB. Tutorial de Energia Solar Fotovoltaica - Princípios e Aplicações. Centro Pesquisa de Energia Elétrica. Brasília, p. 28. 2012.

PINHO, João Tavares e GALDINO, Marco Antonio. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Edição Revisada e Atualizada, 2014. Disponível em: < http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf >. Acesso em: 20 setembro 2022.

Scopus 2022. Disponível em: <

<https://www-scopus.ez54.periodicos.capes.gov.br/results/results.uri?sort=plf-f&src=s&st1=%22Photovoltaic+power+plant%22+OR+%22Photovoltaic+Solar+Energy%22+OR+%22Photovoltaic+Solar+Plant+small%22+AND+%22Techno-economic+feasibility%22+OR+%22Distributed+Generation+OR+Minigeneration%22&sid=ef566406543785ad28b3dbfec1cb6731&sot=b&sdt=b&sl=188&s=TITLE-ABS-KEY%28%22Photovoltaic+power+plant%22+OR+%22Photovoltaic+Solar+Energy%22+OR+%22Photovoltaic+Solar+Plant+small%22+AND+%22Techno-economic+feasibility%22+OR+%22Distributed+Generation+OR+Minigeneration%22%29&origin=searchbasic&editSaveSearch=&yearFrom=Before+1960&yearTo=Present> >.

Science direct 2022 Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/search?q=%22Techno-economic%20feasibility%22%20AND%20%22Photovoltaic%20Solar%20Energy%22> >.

Solarvolt energia 2022 Disponível em: <

<https://www.solarvoltenergia.com.br/blog/beneficios-da-energia-solar-para-escolas-e-universidades/> . >

Cresesb 2023 Disponível em: < <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data> >

Canal Solar 2023 Disponível em: < <https://canalsolar.com.br/> >

Aldo Solar 2023. Disponível em: < <https://aldosolar.com.br/> >

Sices Solar 2023. Disponível em: < <https://sicesolar.com.> >

Win solar 2023. Disponível em: < <https://www.win.com.br/> >

PVSYST 7.1.1. Disponível em: < <https://www.pvsyst.com/> >

ÉA TONOLO 2019 . ANÁLISE DOS FATORES DE PERDAS NOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DA UTFPR CAMPUS CURITIBA. Disponível em: <

http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4664/1/CT_PPGSE_M_Tonolo%2C%20%20C3%89dwin%20Augusto_2019 >.

Integração fotovoltaica à arquitetura e simulações de desempenho energético no Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC - Scientific Figure on ResearchGate. Available from:

https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Centro-de-Pesquisa-e-Capacitacao-em-Energia-Solar-da-UFSC-O-Centro-de-Pesquisa_fig1_306397697 [accessed 3 Aug, 2023]

9. ANEXO

Anexo A – Datasheet do módulo fotovoltaico Sunova 550 W.







SUNOVA SOLAR
Leading one step for Solar

HI-M ILO

540-555W

Módulo Mono PERC Half-Cell de Alta Eficiência






-  Excelente desempenho com baixa irradiação
-  Melhor retenção de luz e coleta de corrente para melhorar a saída de energia e a confiabilidade do módulo
-  Líder do setor com menor coeficiente térmico de energia
-  Projeto elétrico otimizado e menor corrente de operação para redução da perda de pontos quentes e melhor coeficiente de temperatura
-  Certificado para suportar carga de vento (2400 Pa) e carga de neve (15400 Pa)
-  Todo El. triplo de 100%, permitindo uma redução notável da taxa de rachaduras ocultas dos módulos

GARANTIA DE DESEMPENHO LINEAR



15 anos	25 anos	0.55%
Garantia de Produto	Garantia de Eficiência	Degradação Anual: Mais de 25 anos

CERTIFICADOS ABRANGENTES


ISO 9001: Sistema de Gestão da Qualidade
 ISO 14001: Sistema de Gestão Ambiental Padrão
 OHSAS 18001: Sistema Internacional de Avaliação de Saúde e Segurança Ocupacional Padrão

Módo E-Tracker

www.sunova-solar.com

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

144 células

Modelo dos módulos	SS-540-72MDH		SS-545-72MDH		SS-550-72MDH		SS-555-72MDH	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potência máxima — P_{mp} (W)	540	402	545	406	550	410	555	414
Voltagem de circuito aberto — V_{oc} (V)	49.42	46.65	49.51	46.74	49.60	46.82	49.68	46.93
Corrente de curto-circuito — I_{sc} (A)	13.85	11.19	13.94	11.27	14.04	11.35	14.13	11.42
Tensão máxima de energia — V_{mp} (V)	40.71	38.11	40.76	38.19	40.83	38.25	40.89	38.32
Corrente de potência máxima — I_{mp} (A)	13.27	10.56	13.38	10.64	13.48	10.73	13.58	10.81
Eficiência do Módulo — η_m (%)	20.9%		21.1%		21.3%		21.5%	
Tolerância de energia (W)	(0,+5)							
Tensão máxima do sistema (V)	1500							
Corrente nominal máxima do fusível (A)	25							
Temperatura de operação atual (°C)	-40~+85 °C							

STC (Condições de Teste Padrão): Irradiância 1000 W/m², Temperatura da Célula 25 °C, Espectro em AM1.5NOCT (Temperatura Nominal da Célula de Operação): Irradiância 800W/m², Temperatura Ambiente 20°C, Espectro em AM1.5, Vento em 1m/s

CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS

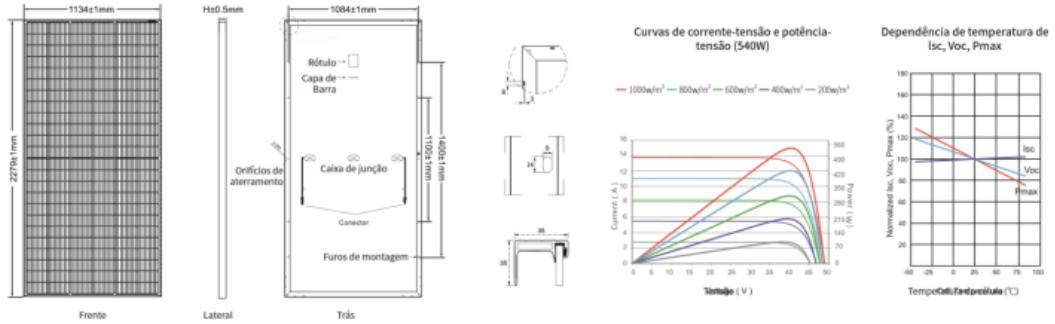
Dimensões do módulo (C*L*A)	2278x 1134 x 35 mm
Largura	27.6 kg
Número de células	células
Célula	PERC Monocristalino 182x91 mm
Vidro	alta transmitância, baixo ferro ^{Temperado} , 3,2 mm AR,
Quadro/Armação	Liga de alumínio anodizado
Caixa de junção	IP68
Fio de saída	4,0 mm ² , comprimento do fio: 300 mm
Conector	Compatível com MC4
Carga mecânica	Carga de neve: 5400 Pa / Carga de vento: 2400 Pa

CLASSIFICAÇÕES DE TEMPERFORMANCE

Coefficiente de temperatura (P_{mp})	-0.35 %/°C
Coefficiente de temperatura (V_{oc})	-0.27 %/°C
Coefficiente de temperatura (I_{sc})	+0.048 %/°C
Temperatura nominal da célula de operação	45±2 °C

Recipiente	40HQ
Quantidade/paleta	31
Paletes/contêiner	20
Quantidade/recipiente	620

CONFIGURAÇÃO DA EMBALAGEM DIMENSÕES DO MÓDULO (MM)



SUNOVA SOLAR

Limpeza e manutenção

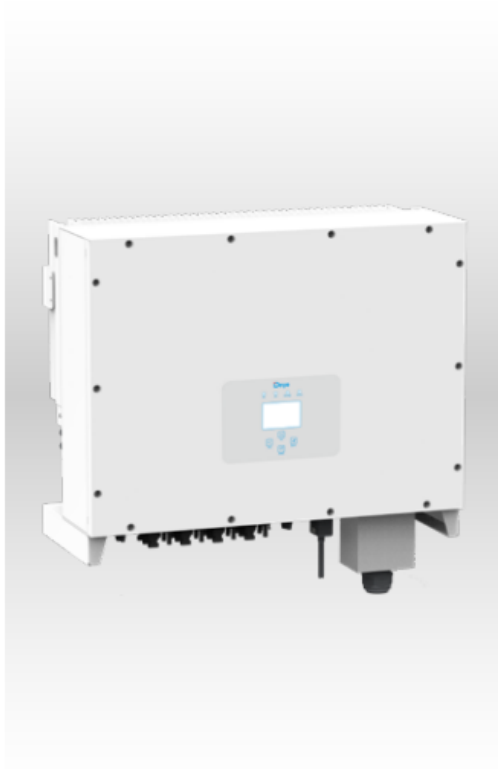
As informações técnicas contidas nesta ficha técnica são meramente orientadoras e não representam uma garantia de desempenho. Sempre que houver qualquer divergência entre a versão em português e a versão em inglês ou a versão em chinês (ou outros idiomas), a versão em inglês prevalecerá. Devido à contínua inovação, pesquisa e desenvolvimento e melhoria do produto, a Sunova reserva-se o direito de ajustar as informações desta ficha técnica a qualquer momento sem aviso prévio. O cliente deve ler a versão mais recente da ficha técnica ao assinar o contrato e torná-la parte integrante do contrato vinculativo assinado por ambas as partes. Os arquivos de tradução para chinês (ou outros idiomas) desta ficha de dados são apenas para referência. Se houver qualquer divergência entre a versão em inglês e a versão em chinês (ou outros idiomas), a versão em inglês prevalecerá. www.sunova-solar.com E-mail: info@sunova-solar.com



Anexo B: inversor DEYE 60 K

Tri Fásico

SUN- 60 / 70 / 75 / 80 K-G



Máx. Eficiência
98.9%



4 MPPT



RS485/RS232



DPS Interno



Exportação Zero



IP65
Grau de Proteção

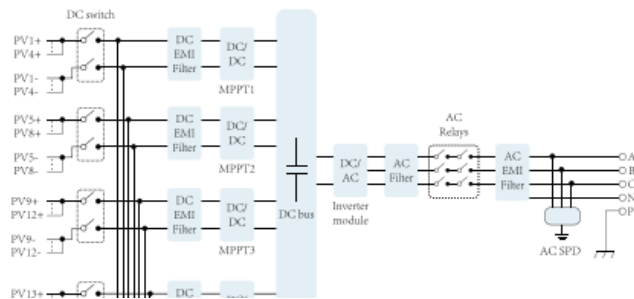


Alto Fator
de Potência

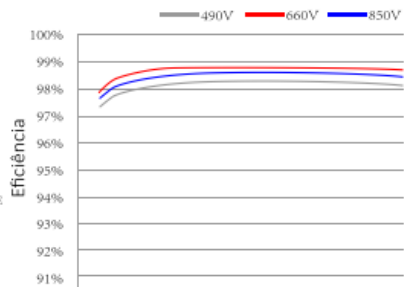


Alta Resistência
a Surto

Diagrama de Blocos de Circuito



Curva de Eficiência



Especificações Técnicas

Modelo	SUN-60K-G	SUN-70K-G	SUN-75K-G	SUN-80K-G
Fonte de Energia	Ligado à Rede FV			
Lado de Entrada				
Max. Potência de Entrada CC (kW)	78	91	97.5	96
Max. Tensão de Entrada CC(V)	1000			
Tensão de Entrada CC inicial (V)	250			
Faixa de operação MPPT (V)	200~850			
Max. Corrente de Entrada CC (A)	30+30+30+30	40+40+40+40	40+40+40+40	40+40+40+40
Número de MPPT / Strings por MPPT	4/3	4/4	4/4	4/4
Lado de Saída				
Potência de Saída Nominal (kW)	60	70	75	80
Máx. Potência Ativa (kW)	66	77	82.5	88
Tensão Nominal da Rede CA (V)	380/400			
Faixa de Tensão da Rede CA (V)	277~460			
Frequência da Rede Nominal (Hz)	50/60 (Opcional)			
Fase de Operação	Tri Fásico			
Corrente Nominal de Saída da rede CA (A)	87.8	101.5	108.7	115.9
Max. Corrente de Saída CA (A)	95.7	111.6	119.6	127.5
Fator de Potência de Saída	>0.99			
Corrente da Rede THD	<3%			
Corrente de Injeção CC (mA)	<0.5%			
Faixa de Frequência da Rede	47~52 or 57~62(Opcional)			
Eficiência				
Eficiência Máx.	98.9%			
Eficiência Euro	98.3%			
Eficiência MPPT	>99%			
Proteção				
Proteção Contra Polaridade Reversa CC	Sim			
Proteção Contra Curto-circuito CA	Sim			
Proteção de Sobrecorrente de Saída CA	Sim			
Proteção de Sobretensão de Saída	Sim			
Proteção de Resistência de Isolamento	Sim			
Monitoramento de Falha à Terra	Sim			
Proteção Contra Surtos	Sim			
Proteção de Isolamento	Sim			
Proteção de Temperatura	Sim			
Interruptor CC integrado	Opcional			
Dados Gerais				
Tamanho (mm)	700Lx575Ax297P			
Peso (kg)	60			
Topologia	Sem Transformador			
Consumo Interno	<1W(Noite)			
Temperatura de Funcionamento	-25~60 C			
Índice de Proteção	IP65			
Emissão de Ruído (Típica)	<30 dB			
Conceito de Refrigeração	Arrefecimento Inteligente			
Máx. Altitude de Operação Sem Desclassificação	2000m			
Vida Útil Projetada	>20 anos			
Padrão de Conexão à Rede	EN50549, IEC61727			
Umidade do Ambiente de Operação	0-100%			
Segurança EMC / Padrão	IEC62109-1/-2, AS3100, EN61000-6-1			
Características				
Conexão CC	MC-4			
Conexão CA	IP65, Plugue Classificado			