

**CENTRO PAULA SOUZA  
ETEC PHILADELPHO GOUVÊA NETO  
Técnico em Eletrotécnica**

**Samuel Alejandro Bonilla Ramirez  
Wanderson de Oliveira Batista**

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR  
OFF GRID**

**São José do Rio Preto- SP  
2025**

**Samuel Alejandro Bonilla Ramirez  
Wanderson de Oliveira Batista**

**UTILIZAÇÃO DE SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR  
OFF GRID**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso técnico em eletrotécnica da ETEC Philadelpho Govêa neto, orientado pelo Prof. Mario Kenji Tamura, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em eletrotécnica.

**São José do Rio Preto-SP  
2025**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Josemar Antônio Domingues: Engenheiro eletricista da empresa CMC Modular.

Alberto Iacovacci Júnior: Especialista projetista da empresa CMC Modular.

E a empresa CMC modular e colaboradores, por terem permitido a realização deste projeto em conjunto com a equipe.

E todas as outras pessoas que contribuíram para a realização do trabalho.

## **RESUMO**

A monografia a seguir traz como resultado o Desenvolvimento de um Sistema de Geração de Energia Solar OFF Grid. O sistema em questão será desenvolvido de modo que possa ser implementado em contêineres que podem ser utilizados como alojamento de apoio para trabalhadores que realizam suas atividades em lugares afastados onde não é possível receber energia via cabos. Neste caso, o sistema de Geração off Grid tem como função suprir energia suficiente durante o dia para as atividades básicas e carregar o banco de baterias estacionárias para manter o acampamento durante a noite. Durante seu desenvolvimento, são apresentadas várias características que englobam a parte elétrica, dimensionamento, montagem do projeto e aplicações na atualidade. Além disso, tem como função criar um projeto de baixo custo e documentar a metodologia imposta para o desenvolvimento dele, a qual será disponibilizada gratuitamente por meio deste trabalho.

Palavras-chave: sustentabilidade. Energia solar. Off-Grid. Banco de baterias.

## **ABSTRACT**

The following monograph presents the development of an off-grid solar power generation system. The system will be designed to be implemented in containers that can be used as housing for workers working in remote locations where power is not available via cables. In this case, the off-grid generation system's function is to supply sufficient energy during the day for basic activities and charge the stationary battery bank to maintain the camp at night. During its development, several features are presented, including electrical engineering, sizing, project assembly, and current applications. Furthermore, it aims to create a low-cost project and document the methodology required for its development, which will be made available free of charge through this work.

Keywords: sustainability. Solar energy. Off grid. Battery bank.

## Lista de figuras

Figura 1- Representação de um sistema fotovoltaico On-Grid.....	15
Figura 2- Representação de um sistema fotovoltaico Off-Grid.....	16
Figura 3- Representação de um sistema fotovoltaico Híbrido.....	18
Figura 4- Representação de um painel solar.....	19
Figura 5- Representação de um String Box.....	20
Figura 6- Reguladores de carga PWM e MPPT.....	21
Figura 7- Sistema fotovoltaico Off-Grid utilizando regulador de carga .....	22
Figura 8- Sistema fotovoltaico Off-Grid utilizando regulador de carga e inversor .....	22
Figura 9- Bateria solar Moura.....	23
Figura 10- Inversor fotovoltaico.....	25
Figura 11- Conector MC4.....	26
Figura 12- Página e endereço da empresa CMC modular.....	32
Figura 13- Desenho base com Medidas do contêiner.....	33
Figura 14- Esquema elétrico dos painéis é String Box.....	39
Figura 15- Esquema elétrico contendo a String box, controlador de cargas, inversor fotovoltaico, Banco de baterias e quadro elétrico Geral .....	40
Figura 16- Esquema elétrico correspondente ao banco de baterias .....	41
Figura 17- Desenho completo do circuito.....	42
Figura 18- Esquema elétrico desenvolvido para geração fotovoltaica Off-Grid do sistema de iluminação do contêiner sanitário .....	45
Figura 19- Desenho da primeira e segunda vista do desenho do contêiner sanitário com a estrutura para os painéis solares .....	46
Figura 20- Desenho da terceira vista do desenho do contêiner sanitário com a estrutura para os painéis solares .....	46
Figura 21- Contêiner e estrutura da caixa de água antes de ser fixada.....	47
Figura 22- Perfil de alumínio para fixação do painel solar.....	50
Figura 23- Painéis solares fixos a estrutura da caixa de água.....	50
Figura 24- Resultado da fixação dos painéis solares ao contêiner .....	51
Figura 25- Fixação dos painéis nos suportes .....	51

Figura 26- montagem String Box, regulador de cargas e quadro de proteção do banco de baterias.....	52
Figura 27- montagem interna do sistema fotovoltaico Off-Grid.....	53
Figura 28- Alojamento das baterias.....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Cronograma de atividades.....	31
Tabela 2 – Cálculo de demanda contêiner de apoio.....	34
Tabela 3- lista de custos prévios requeridos para a proposta de projeto do sistema fotovoltaico Off-Grid do contêiner de apoio.....	42
Tabela 4 – dados e parâmetros para o sistema fotovoltaico Off-Grid da iluminação do contêiner sanitário.....	43
Tabela 5 – lista de matérias e preços encontrados para o sistema fotovoltaico Off-Grid do contêiner sanitário.....	44

## LISTA DE ABREVIATURAS

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica.

CA- Corrente Alternada.

CC- Corrente Contínua.

CdTe- Telureto de Cádmio.

CIGS- Seleneto de Cobre, Índio e Gálio.

DOD- Depth of Discharge. (Profundidade de descarga).

DPS- Dispositivo de Proteção contra Surtos.

EPI- Equipamento de proteção Individual.

MPPT- Maximum Power Point Trackin.

OFF-GRID- Sistema Isolado (Não conectado à Rede).

ON-Grid- Sistema Conectado à Rede.

PSH- Peak Sun Hours (Horas de Sol Pleno).

PWM- Pulse Width Modulation

RN- Resolução Normativa.

Voc- Tensão em Aberto (Open Circuit Voltage)

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	11
Justificativa .....	11
Objetivos .....	11
Geral .....	12
Específicos .....	12
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
1.1 História da Energia Solar .....	12
1.2 O que é um sistema de geração fotovoltaico .....	13
1.2.1 Sistema fotovoltaico ON GRID .....	14
1.2.2 Sistema fotovoltaico OFF GRID .....	15
1.2.3 Sistema Fotovoltaico híbrido “Nobreak solar” .....	17
1.3 Definição de um sistema fotovoltaico off grid .....	18
1.3.1 Painéis solares .....	18
1.3.2 String box .....	20
1.3.3 Controladores de carga .....	20
1.3.4 Baterias para sistemas fotovoltaicos .....	23
1.3.5 Inversores fotovoltaico .....	23
1.3.6 Conectores para sistemas fotovoltaicos .....	25
1.3.7 Cabos para sistema solar .....	26
1.3.8 Dimensionamentos do sistema fotovoltaico off-grid .....	27
2 MÉTODOS .....	29
2.1 Tipo do trabalho .....	30
2.2 Recursos .....	30
3 DESENVOLVIMENTO .....	30
3.1 Cronograma do projeto .....	31
3.2 Empresa parceira .....	31
3.3 Representação e contêiner disponibilizado para o projeto .....	32
3.4 Dimensionamento do sistema fotovoltaico off-grid do contêiner de apoio. ....	33
3.4.1 Cálculo de demanda energética do contêiner de apoio .....	33
3.4.2 Dados médios utilizados para realização dos cálculos .....	34
3.4.3 Demanda de geração dos painéis por dia .....	34

3.4.4	Energia diária gerada por cada painel .....	35
3.4.5	Número de painéis .....	35
3.4.6	Número de baterias .....	36
3.4.7	Controlador de carga MPPT .....	37
3.4.8	Definição do inversor .....	38
3.5	Desenho do Circuito .....	38
3.5.1	Esquema de ligação dos painéis solares e String Box .....	38
3.5.2	String Box, Controlador de carga e inversor .....	39
3.5.3	Ligação banco de baterias .....	40
3.5.4	Esquema elétrico desenhado. ....	41
3.6	Resultado do estudo de viabilidade realizado pela empresa .....	43
3.7	Desenho da estrutura disponibilizado pela empresa. ....	45
3.8	Montagem do sistema fotovoltaico off-grid. ....	47
3.9	Montagem interna do sistema solar off-grid. ....	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	53
	REFERÊNCIAS.....	55

## **INTRODUÇÃO**

Atualmente, os sistemas de geração de energia isolados vêm sendo muito utilizados é ser tornando cada vez mais viáveis, em especial um destes modelos de geração vem ganhando um espaço de mercado: no caso o sistema de geração solar off-grid, o qual conta com um sistema de geração autônoma, sustentável e renovável. O sistema de geração de energia é composto por painéis solares que capturam a luz e transforma em energia elétrica CC (corrente contínua) e acopla um regulador de cargas para alimentar um banco de baterias para o armazenamento da energia não utilizada durante o período de geração. Um inversor é utilizado para transformar a energia em CA (corrente alternada), a qual é configurada para ter as mesmas características da energia que é recebida através da companhia de energia.

Entre as características que promovem os destaques destes sistemas de geração estão a inclusão energética, devido a conseguirem levar energia a locais sem acesso, contribuindo para o desenvolvimento local, permitindo o uso de eletrodomésticos, equipamentos e ferramentas para a educação, saúde, sustentabilidade e à autonomia, devido a ser um sistema independente.

### **Justificativa**

A elaboração deste trabalho tem como foco superar dificuldades geradas pela necessidade de uma demanda de energia elétrica em lugares afastados das cidades, onde as companhias de energia elétricas não conseguem fornecer energia elétrica devido à falta de redes de distribuição, gerando inviabilidade e outros fatores relevantes, tendo como foco suprir a demanda de energia necessária para garantir o conforto básico a trabalhadores que realizam a extração de celulose em lugares afastados e em pequenos vilarejos onde não se tem acesso à energia elétrica.

### **Objetivos**

A princípio, este trabalho tem como objetivo definir, dimensionar e desenvolver um sistema de geração fotovoltaico Off-Grid, qual consiga suprir a demanda necessária para um contêiner utilizado como apoio no local onde ficam trabalhadores que realizam a extração de celulose.

## **Geral**

Realizar um projeto em parceria com a empresa CMC modular para o desenvolvimento de um sistema fotovoltaico off-grid, que será aplicado a um protótipo de um contêiner de apoio utilizado por trabalhadores na extração de celulose.

## **Específicos**

Realizar o dimensionamento, desenho técnico do circuito, elaboração da lista de Pré-orçamento e auxiliar na montagem do sistema dentro do possível. Ficou a cargo da empresa a proposta técnica comercial, disponibilização de ferramentas, componentes e contêiner, elaborar o sistema de fixação e acomodação do sistema, fornecer qualquer assessoria futura após a instalação, além de auxiliar na montagem e uso de IPs necessários.

## **1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

NESTE CAPÍTULO APRESENTAREMOS O CONCEITO GERAL DE ENERGIA SOLAR, TIPOS DE MATERIAIS E COMPONENTES.

Durante o decorrer do primeiro capítulo deste artigo serão apresentados os principais temas e processos de geração de energia fotovoltaica.

### **1.1 História da Energia Solar**

O surgimento da energia fotovoltaica se deu por volta de 1839, devido à pesquisa do físico francês Alexandre Edmond Becquerel, que por meios de seus estudos descobriu o efeito fotovoltaico. A partir destas descobertas, houve a criação da primeira célula fotovoltaica em 1883 por Charles Fritts, a qual, apesar de pouco eficiente, demonstrava o potencial da tecnologia. Durante o ano de 1905, Albert Einstein, por meio de suas pesquisas, modernizou o conceito fotoelétrico após seus estudos mostrarem a emissão de elétrons de uma superfície em interação com ondas eletromagnética. (SOLAR, PORTAL, 2020).

Um marco importante para a história ocorreu por volta de 1954, quando Daryl Chapin, Calvin Fuller e Gerald Pearson desenvolveram a primeira célula solar eficiente a partir de silício na Bell Labs. Esta célula já gerava energia o suficiente para ser usada de forma prática. Durante a década de 1950, a NASA encontrou uma aplicação para as células fotovoltaicas, sendo implementadas para alimentar satélites, sendo descrita como uma tecnologia confiável e duradoura e uma meio de ser gerar energia no espaço. (SOLAR, PORTAL ,2020).

Durante a crise do petróleo em torno de 1970, a energia solar mostrou-se uma alternativa energética, porém ainda muito cara e limitada. Somente durante as próximas décadas, com um aumento de demanda e busca por fontes renováveis, houve um investimento em tecnologias que tornou as células solares significativas. Durante o ano 2000, surgiram os primeiros sistemas solares On-Grid, sistemas fotovoltaicos ligados a redes de distribuição elétricas que foram aplicados em países de primeiro mundo, e tinham como função suprir parte da demanda de energia elétrica, elevando assim a produção de energia disponível. (SOLAR, PORTAL ,2020).

Em 2006, um novo modelo de construção surgiu a partir de polissilício, o qual gerava uma eficiência de até 40% em relação à tecnologia anterior. Em 2011 o crescimento de fábricas na China reduziu os custos de fabricação e tornou a tecnologia bem mais acessível pelo mundo. No Brasil, somente em 2012, devido às aplicações da tecnologia pelo território nacional, foi estabelecido a Resolução Normativa Nº 482 da ANEEL, que tratava sobre microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia. Criando também o sistema de compensação de energia elétrica permitindo a qualquer consumidor gerar sua própria energia renovável conectado à rede de distribuição e conseguir acúmulo de créditos energéticos a partir do excedente, desde que cumpra os critérios estipulados pela normativa. (SOLAR, PORTAL, 2020).

Visando aprimorar a RN 482/2012, a ANEEL determinou os limites para microgeração, que ficaram abaixo de 75 KW, e minigeração de energia solar, maior que 75 KW menor que 5 MW. (SOLAR, PORTAL ,2020).

## **1.2 O que é um sistema de geração fotovoltaico**

Segundo MOURA BATERIA (2024). Um sistema fotovoltaico é um conjunto de componentes que atua para converter a luz solar em energia elétrica a partir de

seus raios, comportamento chamado de efeito fotovoltaico.

O sistema fotovoltaico é composto por módulos fotovoltaicos (também conhecidos como painéis solares), estruturas de montagens e fixação, cabos, conectores, terminais em alguns casos são utilizados inversores ou reguladores de cargas e baterias ou a junção de ambos.

Estes sistemas podem ser classificados da seguinte forma:

- ON GRID, quando a energia gerada é injetada diretamente na rede elétrica.
- OFF GRID, quando a energia gerada fica armazenada em baterias para ser usada quando necessário.
- híbrido quando a um sistema composto entre as duas formas de armazenamento de energia. (MOURA, BATERIA,2024)

O uso da energia solar pode ser aplicado em vários lugares, A MOURA BATERIA (2024). Cita como exemplos residências, indústrias, usinas e outros ambientes onde se necessita de energia elétrica, entre suas vantagens estão a sustentabilidade e a economia.

### **1.2.1 Sistema fotovoltaico ON GRID**

Segundo WEG (2025), o sistema de geração de energia solar denominado On-Grid (do inglês Grade/rede) recebe este nome devido a ser um sistema fotovoltaico conectado à rede pública de distribuição de energia. devido a isso a geração de energia e a companhia elétrica da região ficam interligadas para que não haja falta nem desperdício de energia.

Quando uma unidade consumidora produz mais energia do que consome, esta quantia excedente é enviada para outra unidade através da rede elétrica da concessionária gerando créditos de energia que são acumulados e contabilizados a partir de um relógio bidirecional, o qual marca o consumo e geração. Quando a geração for menor que o consumo, estes créditos são consumidos, além disso estes créditos podem ser transferidos para abater o consumo de outras unidades e acumulam com um prazo de validade de até 5 anos.

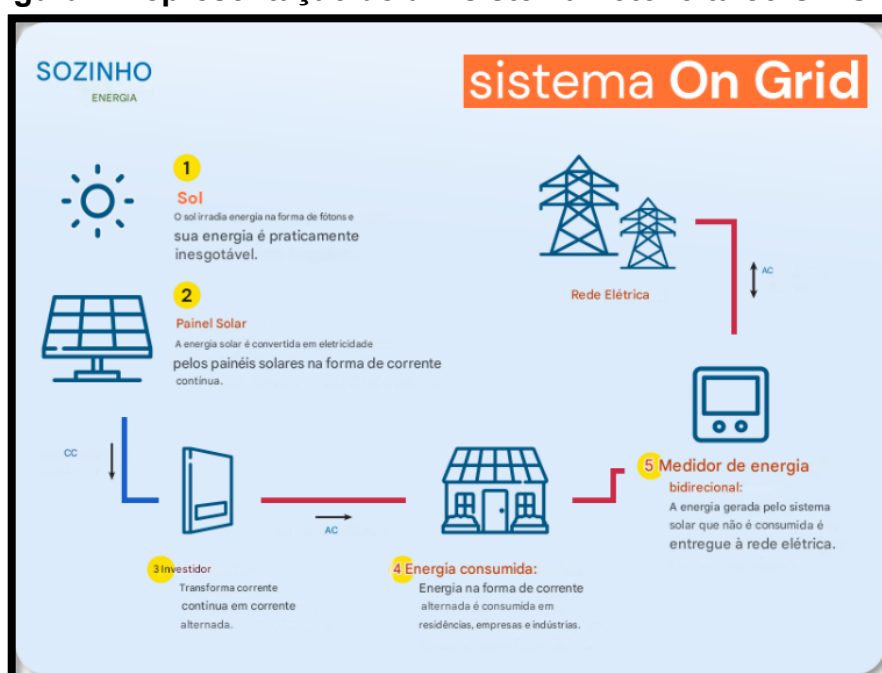
Estes sistemas são uma ótima alternativa para serem aplicadas em regiões urbanas devido proporcionar redução na conta de luz, facilitar a distribuição de energia da rede pública e não causar poluição ambiental. Além disso, temos outras vantagens:

baixo custo de aplicação, ser compacto, ser conectado à rede pública, gerar redução de até 95% da conta de luz e alta eficiência na entrega de energia. (WEG, 2025)

Essa é uma opção mais equilibrada devido ao fato de ser possível consumir toda a energia gerada de forma que proporcione mais sustentabilidade. (WEG, 2025)

A seguir temos o esquema conceitual de um sistema de geração elétrica fotovoltaico ON GRID representado na figura 1:

**Figura-1 Representação de um sistema Fotovoltaico ON GRID**



**Fonte: WEGA ENERGY, 2023.**

### 1.2.2 Sistema fotovoltaico OFF GRID

O sistema fotovoltaico off grid é considerado um sistema independente devido a não estar ligado à rede convencional de distribuição de energia, este modelo é predominantemente alimentado por energia solar e conta com bancos de baterias para armazenar a energia excedente gerada, isso torna este sistema indicado para consumidores que buscam independência no abastecimento de energia ou estão se encontrando em locais isolados onde não há abastecimento por conta da companhia elétrica local.

AMPERI, Alan Da, 2024. Cita como principais componentes de um sistema off Grid:

- Painéis solares: responsável por captar a radiação solar e transformar em energia na forma de corrente contínua (CC).
- Controlador de carga: responsável por regular a transferência de eletricidade dos coletores para as baterias, tendo como função prevenir sobrecargas e descargas excessivas.
- Baterias: são responsáveis pelo armazenamento da energia em corrente contínua entregue pelo regulador de carga, esta energia é armazenada para ser usada posteriormente em momentos de pouca luz onde a geração é menor que o consumo necessário.
- Inversor: transforma a energia de corrente contínua armazenada nas baterias em energia de corrente alternada de forma compatível com os dispositivos elétricos a serem utilizados.
- Sistemas de Backup: alguns sistemas contam com soluções de reserva para situações críticas, normalmente são soluções que incluem outros tipos de geradores.

O diagrama presente na figura 2 a seguir representa o conceito de funcionamento deste método:

**Figura 2 – Representação de um sistema fotovoltaico OFF Grid.**



**Fonte: WEGA ENERGY, 2023.**

### 1.2.3 Sistema Fotovoltaico híbrido “Nobreak solar”

O sistema solar híbrido é a junção de recursos de um on Grid com off grid. Assim sendo possível ter um sistema que armazena parte energia geradas em bancos de baterias, enquanto tem os recursos e segurança de um sistema ligado a rede de distribuição pública para casos críticos onde as baterias não possuem energia suficiente para suprir a demanda, normalmente é uma ótima alternativa para aproveitamento da tarifa branca, uma modalidade onde a energia é mais barata durante o dia e mais cara no período da noite, esta tarifa afeta principalmente empresas devidos a contratos de demanda realizados com a concessionária de energia.

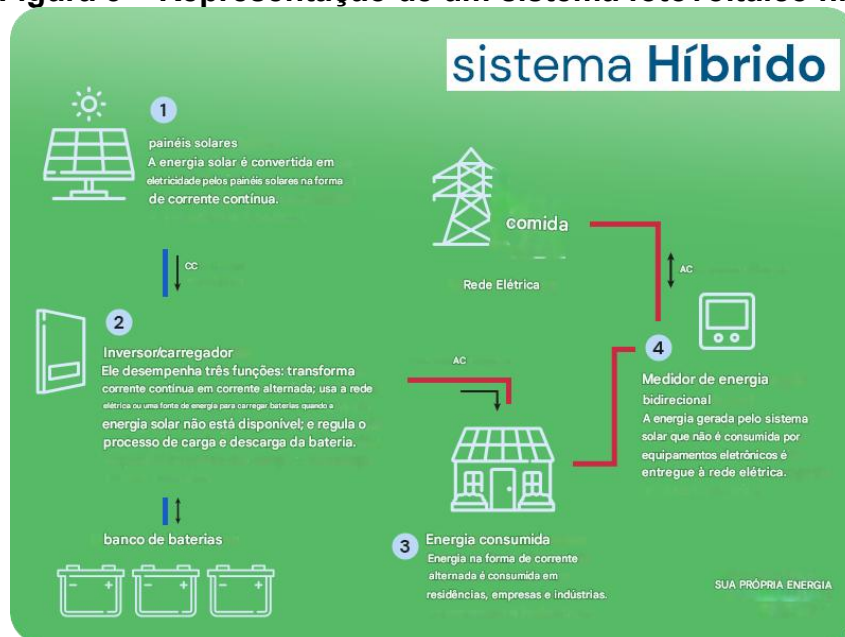
Segundo WEG. (2025). Os sistemas fotovoltaicos híbridos variam de acordo como o equipamento é composto no projeto de energia solar. Existem dois tipos que atendem diferentes necessidades.

- Sistema on Grid acumulativo: indicado para melhor aproveitamento da tarifa branca durante a noite, este sistema é gerido pelo inversor e bateria que utilizam a energia armazenada nas baterias durante o dia a usando durante a noite. Neste modelo, em caso de surto de energia no sistema da concessionária, o sistema será desligado devido á proteção anti-ilhamento.

- Sistema Híbrido on Grid/Off Grid: este sistema é indicado para pessoas que precisam que instalações e equipamentos específicos não parem de funcionar em caso de surto de energia na rede da concessionária, este sistema permite se adaptar a qualquer situação.

O diagrama esquemático qual representa o funcionamento deste método está presente na Figura 3:

**Figura 3 – Representação de um sistema fotovoltaico híbrido.**



**Fonte: WEGA ENERGY, 2023.**

### 1.3 Definição de um sistema fotovoltaico off grid

Segundo Copyright, BYD. (2025) um sistema solar off-grid, e um sistema isolado autônomo independente da rede pública, a principal diferença para um sistema on-grid é a não conexão com a rede elétrica e armazenamento da energia gerada excedente em bancos de bateria.

#### 1.3.1 Painéis solares

SOLAR, Investir em Energia. (2025). refere-se a painéis solares como dispositivo essencial que são fabricadas a partir de material semicondutor, qual tem a capacidade de absorver a luz do sol e a converter em energia elétrica da forma de corrente contínua CC, através do efeito fotovoltaico, efeito esse que ocorre quando as partículas de luz fótons atingem as células fotovoltaicas gerando a movimentação dos elétrons, resultando em uma corrente elétrica CC.

Entre suas principais aplicações de painéis solares SOLAR, investir em energia (2025). cita:

- Sistemas de geração de energia fotovoltaicos para residências

empresas e áreas remotas.

- Fornecimento de energia para sistemas de aquecimento de água
- Iluminação pública e em espaços externos
- Alimentação de equipamentos eletrônicos, como calculadoras, lanternas

solares, telescópios e satélites.

Os principais tipos de painéis solares utilizados atualmente são: (SOLAR, investir em energia. 2025).

- Painéis solares de silício monocristalino: se destaca devido a sua alta eficiência, variando em um rendimento de 15 a 22% de aproveitamento da luz solar, estes painéis são fabricados a partir de um único cristal de silício e podem ser facilmente identificados pela sua cor uniforme e cantos arredondados.

- Painéis solares de silício policristalinos: fabricados a partir de vários cristais de silício, atingem um rendimento médio de 14 a 20% de aproveitamento da luz solar, geralmente ocupam mais espaço.

- Painéis solares de Telureto de cádmio (CDTE): esta tecnologia oferece um uma boa relação custo benéfico, com uma eficiência variando entre 9 a 16% são frequentemente usados em usinas solares.

- Painéis solares seleneto de cobre, índio e gálio (CIS/CIGS): painel de filme fino com boa eficiência, operando normalmente entre 10 a 12%, são mais leves e flexíveis, facilitando a instalação em diversas superfícies, a figura 4 contém a representação de um painel solar:

**Figura 4 – Representação de um painel solar.**



**Fonte: portal solar. 2025.**

### 1.3.2 String box

Segundo Solar, portal 2025, tratasse de uma caixa de junção ou de conexão, podendo ser definida como um dispositivo utilizado para consolidar provenientes dos painéis solares, têm a função de agrupar e proteger as conexões dos painéis solares quais são agrupados e denominados String, fornecendo um ponto de conexão centralizado para a conexão com o inversor solar, este equipamento é indispensável para a proteção do sistema de geração fotovoltaico.

Este sistema de proteção conta com itens de proteção de proteção como disjuntores, (DPs) Dispositivos contra surtos elétricos, chaves de proteção, caixas de terminais e conectores, invólucro resistentes e etiquetas.

Podemos observar na figura 5 a representação de uma String Box:

**Figura 5 – Representação de uma String Box.**



**Fonte: Clamper, 2025.**

### 1.3.3 Controladores de carga

Os controladores de cargas aplicados a energia fotovoltaica se dividem em duas tecnologias de construção sendo elas PWM (Pulse Width Modulation) e MPPT (Maximum Power Point Tracking). As arquiteturas construtivas se diferenciam de acordo com o algoritmo de controle e otimização de cada um, dito isso, os controladores MPPT possuem um sistema mais eficiente que consegue controlar a tensão e corrente de forma proporcional assim entregando ao sistema toda a potência

gerada pelos painéis, enquanto o controlador PWM trabalha somente sobre a tensão enquanto mantém a corrente constante, assim causando uma queda na potência fornecida às baterias gerando mais perdas. (SOLARENERGY, 2024).

Podemos observar na Figura 6 uma imagem ilustrativa de cada modelo de regulador de carga.

**Figura 6- Reguladores de carga PWM e MPPT.**



**Fonte: SOLARENERGY, 2024.**

A aplicação do regulador de carga pode ocorrer de duas formas quando o sistema só utilizar o regulador de cargas para alimentar as baterias onde não se tem a necessidade de um inversor fotovoltaico como apresentado na figura 6, ou em sistemas onde precisamos utilizar um inversor de frequência devido a necessidade de transformar a energia de forma compatível com eletrodomésticos, ferramentas e equipamentos elétricos.

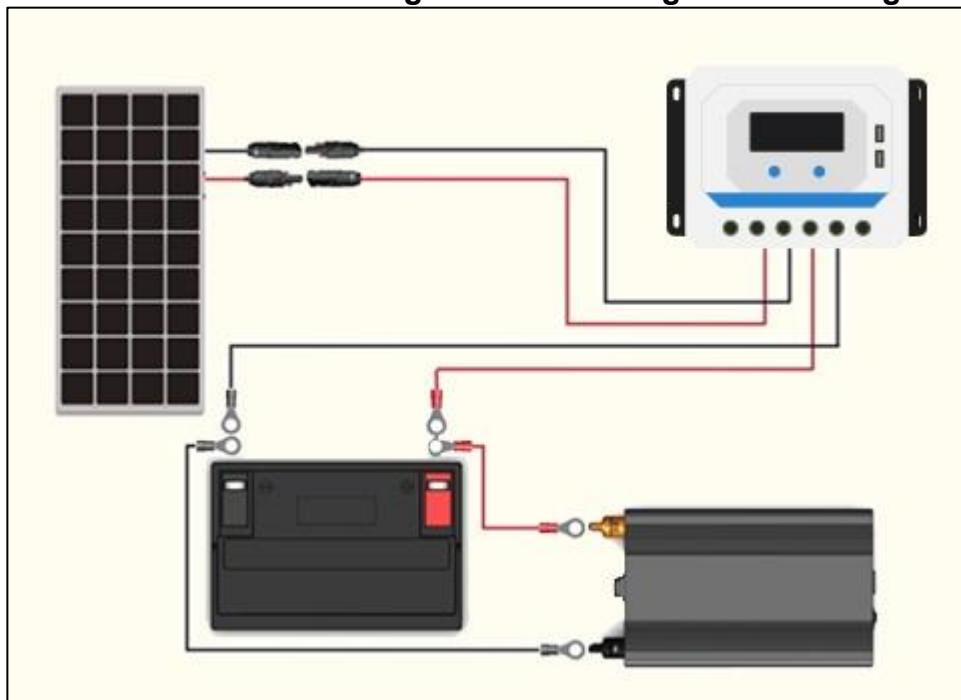
As figuras 7 e 8 representam as duas principais configurações utilizadas em sistemas fotovoltaicos Off-Grid.

Figura 7- Sistema fotovoltaico off-grid utilizando regulador de carga.



Fonte: SOLARENERGY, 2024.

Figura 8- Sistema fotovoltaico off-grid utilizando regulador de carga e inversor.



Fonte: SOLARENERGY, 2024.

### 1.3.4 Baterias para sistemas fotovoltaicos

Estes modelos de bateria são utilizados para o armazenamento da energia gerada pelos painéis fotovoltaicos para uso posterior, fazem parte de sistemas off-grid e híbridos de geração fotovoltaica, normalmente são utilizadas baterias tracionárias e estacionárias. (MOURA, 2025).

- as baterias mais aplicadas em sistemas fotovoltaicos são estão divididas entre chumbo-ácido e íons de lítio: As baterias de chumbo-ácido, que apresentam menor custo, porém menos energética e vida útil aproximada de 5 anos, já as baterias de íons de lítio possuem custo mais elevado, mas oferecem maior densidade energética e vida útil em torno de 15 anos. (MOURA, 2025).

**Figura 9- Bateria solar Moura MSL.**



**Fonte: MOURA, 2025.**

### 1.3.5 Inversores fotovoltaico

O inversor solar é responsável pela conversão de energia elétrica da forma

de corrente contínua (CC) em energia elétrica na forma de corrente alternada (CA) energia usada por eletrodomésticos e ferramentas, geralmente a faixa de frequência e de 50 ou 60 HZ dependendo da região onde é implementado o sistema. Os inversores modernos oferecem monitoramento de performance, proteção contra surtos, desconexão em caso de falha na rede elétrica e otimização da produção energética. (SOLAR, Tudo energia. 2025).

Segundo SOLAR, Tudo energia (2025). Existem vários modelos de inversores fotovoltaicos com aplicações distintas de acordo com os tipos de sistema implementados e carga geradas os principais são:

- Inversores GRID-TIE, STRING-inverte e Micro inversor solar são aplicados a sistemas on-grid: ambos funcionam em conjunto com a rede elétrica mantendo a frequência dentro da tolerância da rede pública de distribuição de energia local, estes modelos não utilizam um meio de armazenamento, toda a energia excedente gerada e injetada a rede são aplicados a o sistema de compensação de créditos energéticos.

- Inversores solar off-grid: são projetados para trabalhar com sistemas independentes da rede elétrica local, são interligados a bancos de baterias para armazenamento do excedente de energia gerada para uso durante momentos em que a demanda energética seja maior que o gerado, são comuns em locais remotos ou áreas rurais. (SOLAR, Tudo energia. 2025).

- Inversores solar Híbrido on Grid/Off Grid: estes inversores são incrementados em lugares onde há constante falta de energia ou não se podem faltar energia devido a equipamentos de uso contínuo, os quais não pode ser desligado. Estes inversores conseguem trabalhar ligados ou desligados a rede elétrica pública sendo usados em sistemas de Backup solucionando problemas de falta de energia.

A figura 10, contém a imagem ilustrativa de dois modelos de inversores de energia solar.

**Figura 10- inversores fotovoltaicos.**



**Fonte: SOLAR, Tudo Energia. 2024.**

### **1.3.6 Conectores para sistemas fotovoltaicos**

Segundo SOLARBUY,2024. Os conectores solares são conectores elétricos específicos para energia solar da mesma forma que outros componentes como inversores, controladores de cargas e cabos, o desenvolvimento desses conectores é datado desde os primeiros avanços da tecnologia de geração elétrica a partir de energia fotovoltaica, entre os vários tipos os conectores os MC4 tem sido amplamente reconhecido e utilizado em sistemas solares de todos os tamanhos.

Os conectores MC4 foram desenvolvidos no início dos anos 2000 pela empresa suíça Multi-contact, utilizando com base os modelos MC3 e apresentando algumas melhorias em relação a seu antecessor, SOLARBUY,2024 descreve as seguintes características:

- **Habilitação externa:** o conector macho e fêmea apresenta um invólucro de plástico durável resistente a luz UV e retardante de chamas.
- **Contato de crimpagem de metal:** o contato macho usado no conector macho e moldado em forma de pino, enquanto o contato fêmeo e em forma de soquete. Estes contatos normalmente são fabricados em cobre estanhado, assim criam uma melhor condutividade e resistência à corrosão.
- **Anel de vedação:** normalmente fabricado em borracha ou silicone, é

posicionado ao redor da base do protetor de contato dentro do invólucro macho, tem como função impermeabilização e proteção contra poeira.

- **Luva de compressão:** com a função de criar uma forte ligação mecânica entre o cabo e o alojamento, é utilizado em conjunto com o alívio de tensão e a tampa da extremidade parafusada.
- **Alívio de tensão:** trata-se de um relevo projetado para manter a luva de compressão dentro do invólucro do conector, assim garantido que a luva cumpra sua função de comprimir o cabo para manter uma conexão fixa, isso enquanto controla as tensões mecânicas no cabo.
- **Tampa de extremidade aparafusada:** a tampa rosqueada e aparafusada na extremidade do alojamento. Utilizada para fixar o cabo comprimindo junto a luva ao redor dele, assim evitando movimentos que podem afrouxar as conexões ao longo do tempo.

Podemos observar na figura 11, a estrutura de um conector MC4 desmontado, este é o modelo de conector solar mais utilizado, com o melhor benefício.

**Figura 11- conector MC4.**



**Fonte: SOLARBUY,2024.**

### 1.3.7 Cabos para sistema solar

A Princípio os cabos para sistemas fotovoltaicos e cabos comuns são bem semelhantes, entretanto há características que os diferenciam, ambas estas características são responsáveis por garantir o desempenho e segurança do sistema, dentre elas REICON, 2023 cita:

- Resistência às condições ambientais: os cabos solares são projetados para resistir a condições climáticas variáveis e radiação UV, sendo assim eles não se desgastam sobre a exposição solar, o que os tornam ideais para instalações ao ar livre.
- Flexibilidade: são cabos flexíveis e de fácil manuseio, simplificando a instalação, são também aplicados em painéis móveis ou áreas com ventos fortes.
- Isolamento de qualidade: os cabos solares têm isolamento de alta qualidade que protegem contra curtos-circuitos e incêndios, proporcionando segurança adicional ao sistema.
- Baixa de energia: cabos solares minimizam a perda de energia, garantindo que a eletricidade gerada pelos painéis solares chegue ao inversor de forma eficiente.

### 1.3.8 Dimensionamentos do sistema fotovoltaico off-grid

Segundo moura, 2025. O dimensionamento de um sistema de geração fotovoltaico off-grid deve seguir alguns passos:

- Avaliação da demanda que será necessária a se suprir: o primeiro passo é realizar o cálculo do consumo gerados pelos aparelhos ligados á rede utilizando a fórmula 1 abaixo:

Fórmula 1: *consumo (W)diário = potência (W) \* horas de funcionamento*

- Algo muito importante é a definição de parâmetros médios utilizados para a base de cálculos, por exemplo: consumo médio, perdas dos sistemas, isolação média, fator de degradação, autonomia das baterias, tipo de baterias e tensão de trabalho.
- Cálculo da demanda de geração dos painéis diários: demanda diária necessária com correção de perdas do Sistema.

Demanda do usuário: Wh/Dia.

Perdas do sistema: 30%.

Energia consumida: Wh/Dia.

Fórmula 2: *Energia consumida =  $\frac{\text{Demanda do usuário}}{\text{perdas do sistema}}$*

- Geração de cada painel; capacidade de geração diária que cada painel consegue entregar.

Energia gerada por cada painel=  $E_{gp}$  (W).

Potência por painel: (W).

Exposição diária ao sol (horas).

Fator de degradação (0.75).

Fórmula 3:  $E_{gp} = \text{Potência do painel} * \text{Exposição diária ao sol} * \text{Derating}$

- Definição da quantidade de painéis necessários para suprir a demanda do sistema.

Energia Consumida (Wh/Dia).

Energia gerada por cada painel (Wh/Dia).

Número de painéis

Fórmula 4:  $\text{Número de painéis} = \frac{\text{energia consumida}}{\text{energia gerada por cada painel}}$

- Determinação da capacidade de armazenamento necessário: após a definição da carga de demanda o próximo passo necessário será definir a capacidade de armazenamento, a princípio há algumas recomendações a serem seguidas, calcular um período de autonomia das baterias de no mínimo dois a três dias, por conta da isolação variada em diferentes estações do ano, Nos sistemas off-grid, há a necessidade de considerar o fator de correção de consumo devido a perdas no inversor, a eficiência do inversor é informada no datasheet

Energia Útil (kWh).

Energia Consumida (Wh/Dia).

Autonomia das baterias (Dias)

Fórmula 5:  $\text{energia útil} = \text{energia consumida} * \text{Autonomia das baterias}$

- Escolha do tipo de bateria: para garantir o desempenho do sistema é necessário definir o tipo de bateria adequado, as mais comuns são as baterias de

chumbo-ácido e baterias de lítio, um detalhe a se dar atenção e a capacidade da descarga da bateria (DOD) este fator é crucial pois define a vida útil das baterias. Cálculo da capacidade nominal necessária e número de baterias necessárias:

Capacidade nominal necessária = Cnn (Wh).

Energia Útil (Wh/Dia).

Para baterias de lítio o (DOD) = (80%)

Para baterias chumbo ácido o (DOD) = (50%)

$$\text{Fórmula 6: } \textit{capacidade nominal necessária} = \frac{\textit{Energia útil}}{\textit{DOD}}$$

- O cálculo do número de baterias a serem utilizadas e definido pela fórmula 7:

Número de baterias (KWh).

Capacidade nominal necessária (WH/Dia).

Potência das baterias escolhida KW/h

$$\text{Fórmula 7: } \textit{Número de baterias} = \frac{\textit{capacidade nominal necessária}}{\textit{potência da bateria}}$$

- O número de bateria em série é paralelo, definido de acordo com a tensão da bateria escolhida e a tensão do inversor e regulador de cargas.
- O regulador de cargas é definido pela potência total dos painéis dividido pela tensão de alimentação das baterias, resultando assim na corrente de pico do sistema fotovoltaico.
- Já o inversor fotovoltaico depende da potência de pico de carga, tensão de entrada DC do sistema e tensão de saída AC. O sistema necessita de um inversor de onda senoidal pura para funcionar.

## 2 MÉTODOS

Durante o decorrer deste capítulo serão apresentadas informações referentes aos métodos que foram necessários para o desenvolvimento do Trabalho, desde qual

tipo de trabalho, os recursos necessários, até o orçamento.

## **2.1 Tipo do trabalho**

Este Trabalho de Graduação trata-se de uma pesquisa que tem como função desenvolver e realizar a montagem de um sistema de geração de energia fotovoltaico off-grid, o qual possa ser aplicado a um contêiner que será usado como apoio por trabalhadores que realizam suas atividades em regiões afastadas da civilização. Visando assim gerar energia limpa e renovável de forma autônoma para garantir a demanda necessária para atividades básicas de trabalhadores e moradores locais.

## **2.2 Recursos**

Para a elaboração deste Trabalho foram necessários:

Pesquisar sobre os principais tipos de geração de energia elétrica através da energia fotovoltaica.

Desenvolver conhecimento básico sobre energia solar, quais possibilidades e variedades temos no mercado e aplicação de cada tipo de sistema.

Determinar o cálculo de demanda, visando definir os componentes, perdas e possibilidades dentro da realidade apresentada.

Desenvolver conhecimento em desenho técnico via AutoCad.

Realizar uma pesquisa de mercado visando definir os custos da lista de materiais e lista de componentes necessários.

Aprender sobre montagem de sistemas fotovoltaicos off-grid, e as configurações e conexão dos painéis solares em relação a tensão entregue ao regulador de cargas.

## **3 DESENVOLVIMENTO**

Neste capítulo serão apresentados o cronograma do desenvolvimento do projeto, a empresa parceira responsável por auxiliar, componentes e passos utilizados para a elaboração do protótipo do sistema de geração fotovoltaico off-grid.

### 3.1 Cronograma do projeto

O cronograma do projeto está definido de acordo com o gráfico a seguir: em tabela1:

**Tabela 1- cronograma de atividades.**

atividades	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Pesquisa do tema	x								
Definição do tema		x							
pesquisa bibliográfica			x						
Coleta de dados				x					
Apresentação e discussão dos dados					x				
Elaboração do projeto						x			
Entrega do projeto								x	

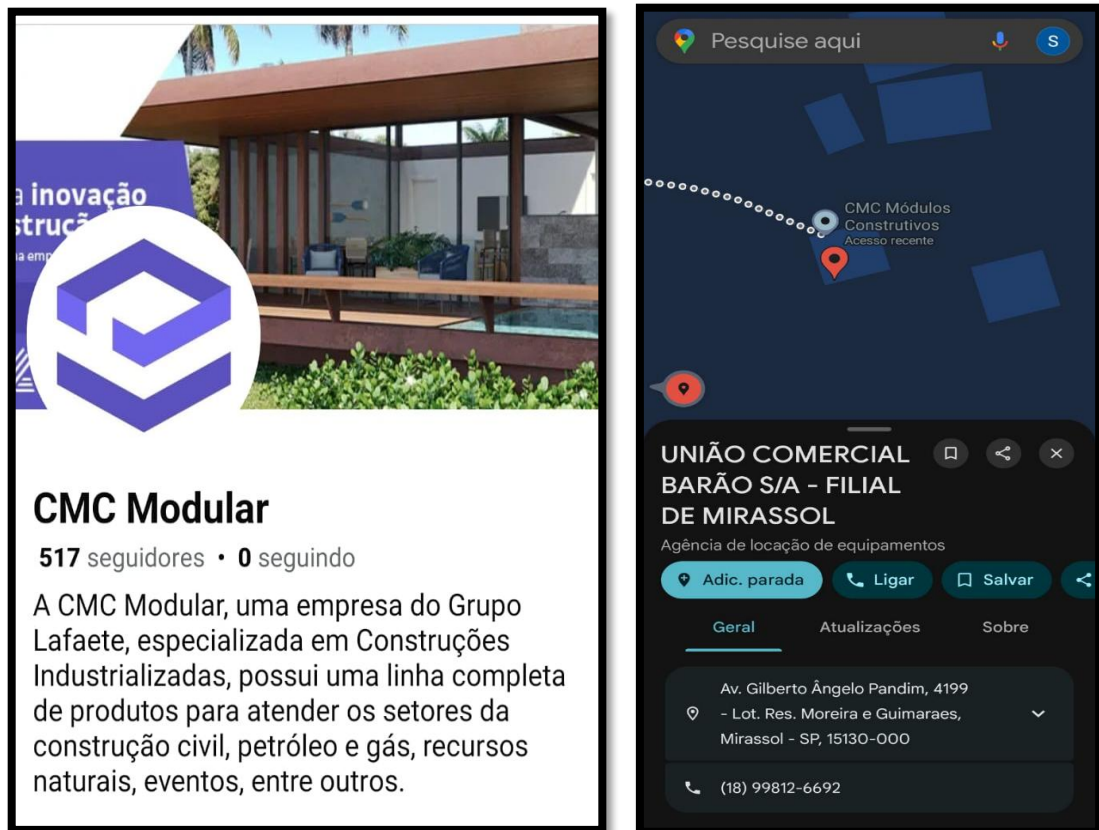
**Fonte: autoria própria, 2025.**

### 3.2 Empresa parceira

Este projeto foi realizado de acordo com uma necessidade da empresa CMC Modular filial de Mirassol-SP, qual atua na área de construção modular especializada em construções de casas modulares, alojamentos e galpões de rápida desmontagem atendendo principalmente o mercado industrializado nos setores da construção civil, petróleo gás, recursos naturais entre outros.

A figura 12 contém o endereço eletrônico e localização da empresa, lugar onde o contêiner ficará durante a realização do projeto.

**Figura 12- página e endereço da empresa CMC Modular.**

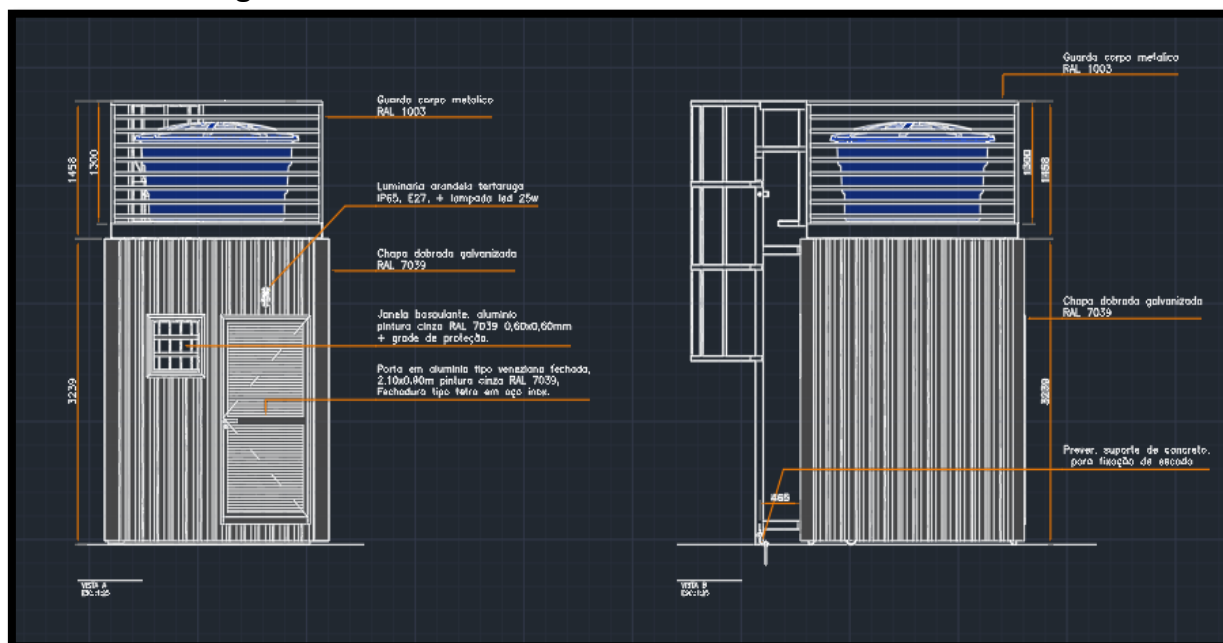


**Fonte: Autoria própria,2025.**

### **3.3 Representação e contêiner disponibilizado para o projeto.**

A empresa CMC modular a princípio disponibilizou um contêiner para a realização do projeto, além disso um projeto CAD do mesmo para utilizar as medidas e esboços dos desenhos dos protótipos, a figura 13, representa o desenho contendo as medidas do contêiner.

**Figura 13- desenho base com medidas do contêiner.**



**Fonte: Autoria própria, 2025.**

### **3.4 Dimensionamento do sistema fotovoltaico off-grid do contêiner de apoio.**

Para o início do projeto Houve a necessidade de definir as etapas para a realização do projeto teórico e um orçamento inicial, a primeira etapa é dada pelo dimensionamento do sistema fotovoltaico off-grid, levando em consideração a necessidade dos eletrodomésticos utilizados em um contêiner e seu tempo de uso.

#### **3.4.1 Cálculo de demanda energética do contêiner de apoio.**

A princípio temos a necessidade de realizar o levantamento das cargas de cada eletrodomésticos e ferramentas utilizadas durante o decorrer do dia, com isso foi desenvolvido a tabela 2, que atende as necessidades básicas e conforto para os dependentes do contêiner.

**Tabela 2- cálculo de demanda contêiner de apoio.**

cálculo de demanda						
Equipamento	Tensão (V)	Potência (W)	Quant.	Potência total(W)	Utilização (H/Dia)	Consumo diário (Wh/Dia)
Freezer 12V/24	24	120	1	120	24	2880
Lâmpadas	127	10	4	60	5	300
Smart TV	127/220	50	1	50	5	250
Carregador usb	127/220V	2	2	2	5	20
Star link	127/220	100	1	100	24	2400
Notebook	127/220	50	1	50	5	250
Ponto de tomada	220	100	2	200	4,5	900
Potência de pico				532 W		
Total Wh/dia						7000

**Fonte: autoria própria, 2025.**

### 3.4.2 Dados médios utilizados para realização dos cálculos.

Alguns dados podem variar de acordo com o local e componentes utilizados, devido a isso para a realização dos cálculos com uma margem de segurança maior definimos uma média para conseguir dimensionar um sistema fotovoltaico confiável.

- Consumo diário 8 kWh/dia
- Perdas do sistema (inversor, cabeamento, temperatura, eficiência do MPPT e baterias: 30% com fator de eficiência de 0,70).
- Isolação média (Peak sun Hours) 4,5 h/Dia
- Fator de degradação/ Derating do painel (sujeira, temperatura, Mismatch) = 0,75.
- Autonomia da bateria= 3 dias (padrão para off-grid).
- Opções de bateria consideradas: LiFePO4 (DOD 80%) e chumbo- ácido (DOD 50%).
- Banco de tensão escolhido 48V

### 3.4.3 Demanda de geração dos painéis por dia

Devido a perdas algo comum em sistemas de geração fotovoltaico temos que ajustar o valor de demanda de acordo com a necessidade e levando em conta a

capacidade de geração dos painéis, para isso utilizamos a fórmula 4.

- Demanda do usuário ( $D_u$ ) Wh/Dia.
- Perdas do sistema ( $P_s$ ) 30%.
- Energia consumida ( $E_c$ ). Wh/Dia.

$$\text{Fórmula 4: } E_c = \frac{D_u}{P_s}$$

$$10 \text{ KWh/Dia} = \frac{7.000 \text{ Wh/Dia}}{0.70}$$

#### 3.4.4 Energia diária gerada por cada painel

Para o cálculo do valor gerado diariamente por cada painel há a necessidade de especificar a potência de cada painel, estudasse a possibilidade de utilizar painéis de 550W, tensão em aberto (VOC) 49.6 V e corrente de curto-circuito 14,04 A. O cálculo será representado na fórmula 5.

- Energia gerada por cada painel=  $E_{gp}$  (W).
- Potência por painel=  $P_p$  (W).
- Exposição diária ao sol (PHS).
- Fator de degradação (Derating).

$$\text{Fórmula 5: } E_{gp} = P_p * PHS * Derating$$

$$1.856,25 \text{ W} = 550 \text{ W} * 4,5 * 0.75$$

#### 3.4.5 Número de painéis

A definição da quantidade de painéis é dada a partir do resultado obtido pela equação 6.

- Energia Consumida =  $E_c$  (Wh/Dia).
- Energia gerada por cada painel=  $E_{gp}$  (Wh/Dia).
- Número de painéis

$$\text{Fórmula 6: Número de painéis} = \frac{e_c}{E_{gp}}$$

$$5,38 = \frac{10.000}{1.856,25}$$

Pelo fato de não termos frações de painéis solares o valor deverá ser

arredondado para cima totalizando 6 painéis.

### 3.4.6 Número de baterias

A especificação do número de bateria depende de alguns fatores extra são eles: o tipo de bateria escolhido neste caso as de chumbo ácido e o tempo de autonomia cerca de 2 dias, o cálculo utilizado para definir energia útil necessária está especificado na fórmula 7.

- Energia Útil =  $En.u$  (kWh).
- Energia Consumida =  $Ec$  (Wh/Dia).
- Autonomia das baterias=2 dias

Fórmula 7:  $En.u = Ec * Autonomia das baterias$

$$20 kWh = 10.000 * 2$$

A capacidade nominal necessária e definida de acordo com o tipo de bateria escolhido este valor entrasse na fórmula 8.

- Capacidade nominal necessária =  $Cnn$  (Wh).
- Energia Útil =  $En.u$  (Wh/Dia).
- Para baterias chumbo ácido o (DOD) = 50%

Fórmula 8:  $Cnn = \frac{En.u}{DOD}$

$$40kWh = \frac{20.000}{0.50}$$

O próximo passo é a definição da quantidade de baterias necessárias para suprir a capacidade nominal útil, de acordo com a fórmula 9:

- Número de baterias =  $Cnn$  (KWh).
- Capacidade nominal necessária =  $Cnn$  (WH/Dia) (Wh/Dia).
- Potência das baterias = 2,8 KWh

$$\text{Fórmula 9: } N.baterias = \frac{Cnn}{pot\ bateria}$$

$$14,28 = \frac{40.000}{2.800}$$

Após definir a capacidade nominal necessária é preciso definir a corrente nominal do banco de baterias para isso precisamos dividir a capacidade nominal pela tensão do controlador de cargas escolhido de acordo com a fórmula 10:

- Corrente nominal do banco de baterias  $Cnbb$  (Ah)
- Capacidade nominal necessária =  $Cnn$  (Wh).
- Tensão do controlador de carga/ MPPT (V)

$$\text{Fórmula 10: } Cnbb = \frac{Cnn}{V}$$

$$833,34\text{ Ah} = \frac{40.000}{48}$$

### 3.4.7 Controlador de carga MPPT

Prosseguindo com o dimensionamento do controlador de cargas MPPT, qual é dimensionado a partir da corrente máxima, neste caso para obtermos a corrente de pico dividimos a potência dos painéis pela tensão em que o banco de baterias funcionará. Este cálculo utilizar a fórmula 10:

- Array=(A)
- Potência total dos Painéis= $Ptp$  (W)
- Tensão do banco de baterias= $Tbb$  (V)

$$\text{Fórmula 10: } Array = \frac{Ptp}{tbb}$$

$$68,75 = \frac{3.300}{48}$$

O levantamento de dados para a definição do regulador de cargas indica que ele deve preencher as seguintes condições.

- Tensão nominal de 48V
- Potência mínima de entrada 3,3 kW
- Corrente mínima de carga 68,75 A.

### **3.4.8 Definição do inversor**

O dimensionamento do inversor solar depende da tensão em que o sistema funcionará no caso presente 48V em corrente contínua para 127V em corrente alternada, além disso a potência de pico 532 W, este valor é definido pela demanda total de consumo de todos os aparelhos sendo usados ao mesmo tempo.

## **3.5 Desenho do Circuito**

Com a definição dos dados de dimensionamento do circuito podemos avançar para o desenvolvimento de um modelo desenhado via software CAD do projeto elétrico do circuito necessário para auxiliar na montagem do projeto.

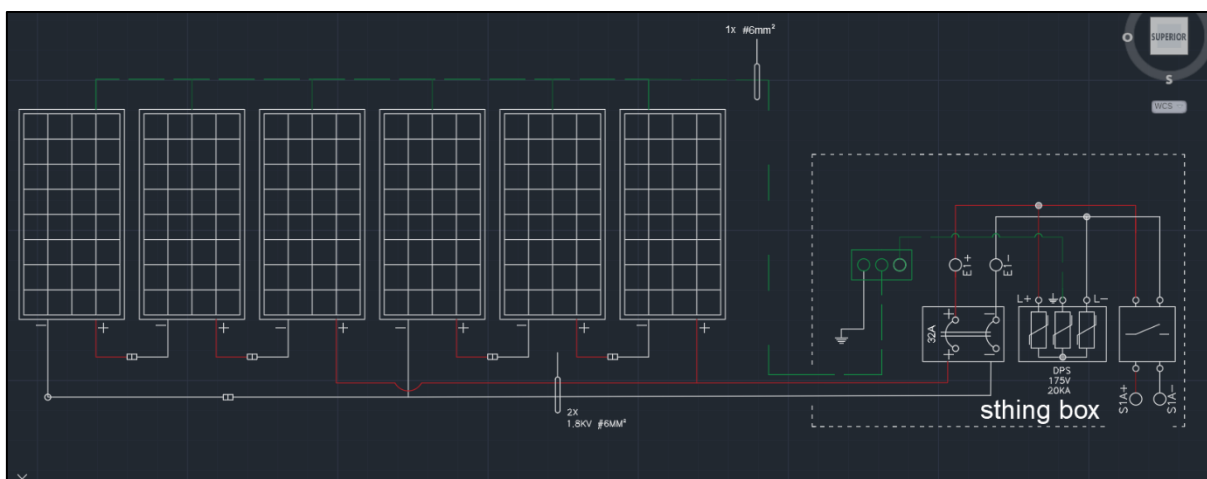
Devido a disponibilidade de uma licença de estudante e utilização em sala de aula do software da Autodesk AutoCad, o desenho do circuito será realizado utilizando esta ferramenta.

### **3.5.1 Esquema de ligação dos painéis solares e String Box**

O esquema elétrico definido para o projeto conta com seis painéis de 550W, sendo eles ligados em dois grupos paralelos de painéis, quais são compostos cada um por três painéis em série, esta escolha tende a buscar uma boa relação entre tensão e corrente e caso necessário possibilitar a divisão dos painéis em duas String ou grupos separados de painéis, o circuito conta com cabos solares preto e vermelho de 1,8 kV 6mm<sup>2</sup>, cabo flexível verde de 6mm<sup>2</sup>, conectores MC4 macho e fêmea.

o circuito precisa de uma String box este quadro de proteção é essencial para a proteção elétricas dos módulos solares, o esquema elaborado para representar a String Box contém um disjuntor DC de 32 A, dispositivos contra surto DPS, caixa de fusível, barramento de conexão para o aterramento e chave liga desliga.

**Figura 14- Esquema elétrico dos painéis solares é String box.**



**Fonte: Autoria própria, 2025.**

### 3.5.2 String Box, Controlador de carga e inversor

Na saída do circuito de proteção da String box existe uma chave liga desliga, a qual serve para interromper a alimentação do regulador de cargas na saída desta chave, será utilizado cabos flexíveis 1KV 6 mm<sup>2</sup> de cor vermelho para conduzir a parte positiva e cabos 1KV 6 mm<sup>2</sup> preto conduzindo o negativo, para alimentar o regulador de carga, além do aterramento ligado ao barramento terra da String box.

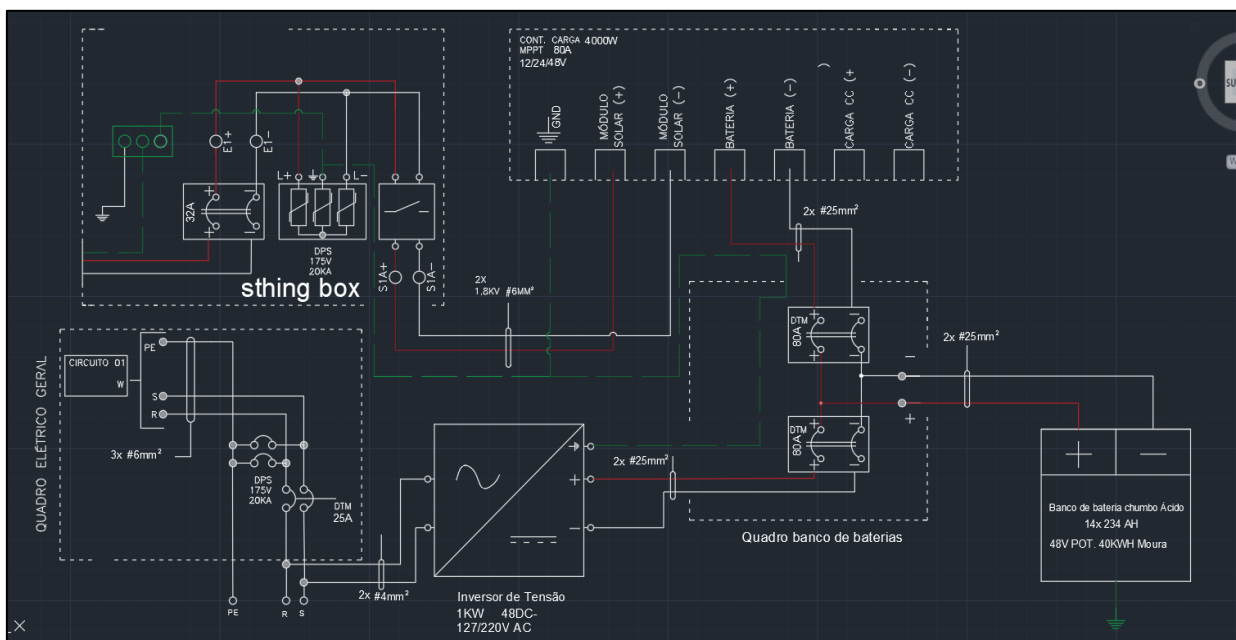
Após alimenta o regulador de cargas pelas entradas temos as saídas para as baterias, quais são conectadas através de cabo flexíveis de 25 MM<sup>2</sup> vermelho e preto a um disjuntor CC de 80 A no quadro do banco de baterias, este disjuntor é responsável por alimentar o barramento que alimenta o banco de bateria e o disjuntor que alimenta o inversor de frequência (ele possui a função de chave que isolar os circuitos caso necessário e protege contra sobre tensão o banco de bateria e inversor).

A alimentação do inversor é realizada através do quadro do banco de bateria pelo barramento que alimenta o disjuntor CC de 80 A, qual tem em sua saída conectadas cabos flexíveis 1 KV de 25 MM<sup>2</sup> vermelho e preto, qual entregam energia de forma de corrente contínua para a entrada do inversor.

O inversor de onda perfeita transforma esta energia em tensão de corrente alternada 127 V 60 HZ monofásica.

A figura 15 corresponde ao diagrama do circuito:

**Figura 15- esquema elétrico contendo a String box, controlador de cargas, inversor fotovoltaico, banco de baterias e quadro elétrico geral.**



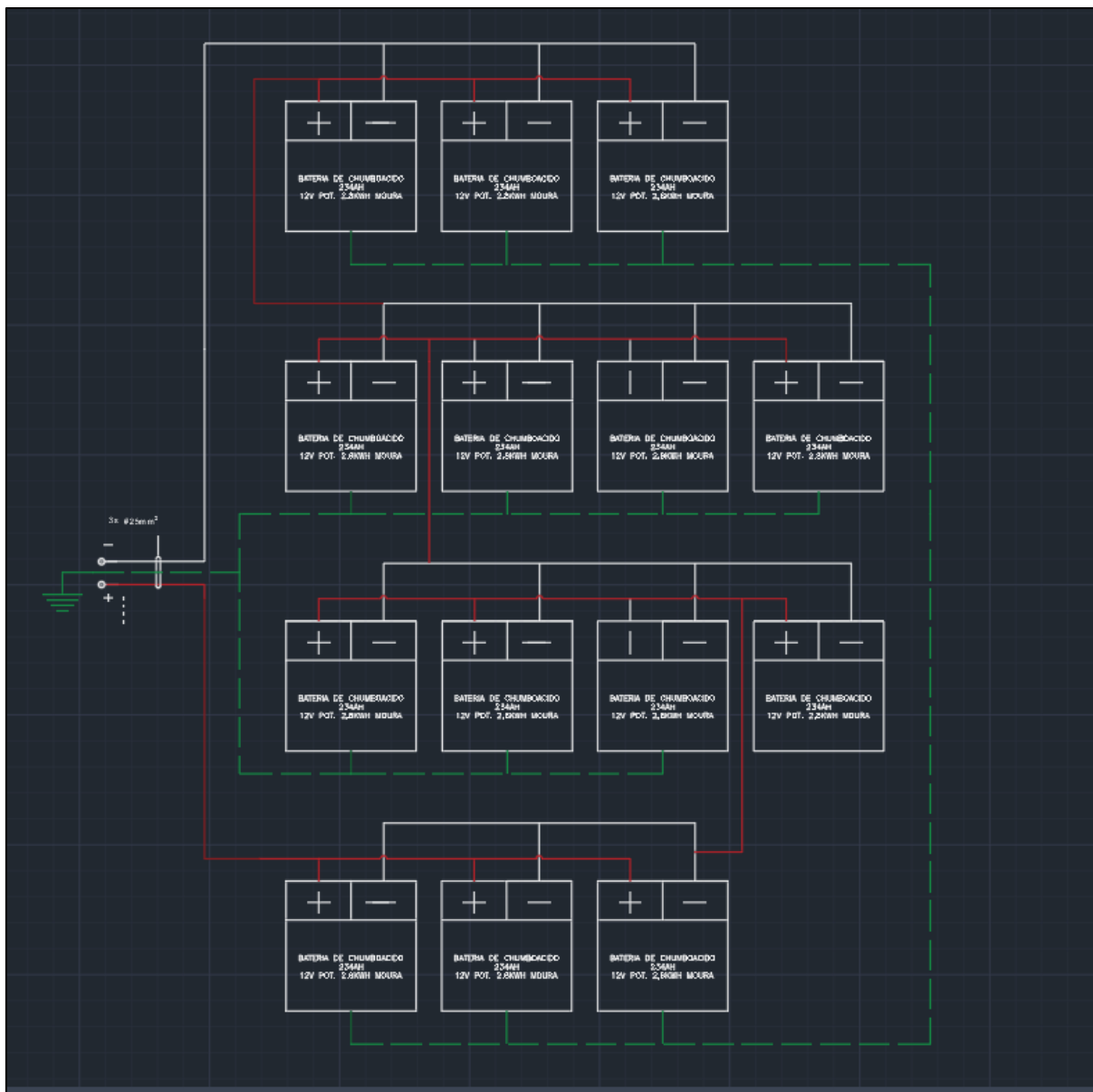
**Fonte: Autoria própria, 2025.**

### 3.5.3 Ligação banco de baterias

O banco de baterias conta com 14 baterias estacionárias de chumbo ácido 234Ah,12V, 2,8KW/h da marca moura, modelo este sugerido pela empresa, para o orçamento prévio. Este banco de bateria está ligado em quatro grupos, que são formados por dois grupos de quatro baterias em paralelo, e dois grupos de três baterias em paralelo, como as baterias são 12V os quatro grupos precisam ser ligados em série para conseguir entregar 48V para a saída do regulador de carga e alimentar o inversor. Os cabos utilizados pelas baterias são flexíveis 1kV de 25mm<sup>2</sup> vermelho no positivo e 1kV de 25mm<sup>2</sup> preto para o negativo, isso vale para a alimentação e interligação das baterias, já para o aterramento cabos 1kV de 25mm<sup>2</sup> verde.

Podemos verificar na figura 16, o esquema correspondente ao banco de baterias.

**Figura 16- Esquema elétrico correspondente ao banco de baterias.**



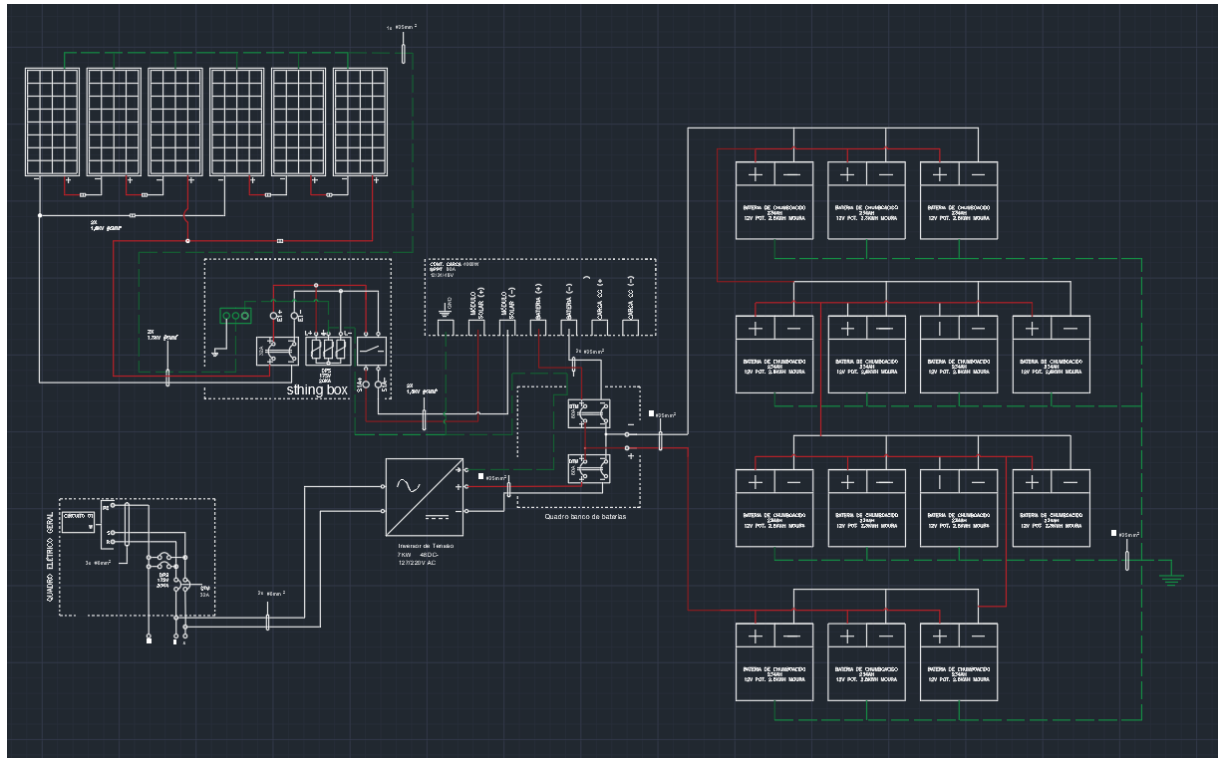
**Fonte: Autoria própria, 2025.**

### 3.5.4 Esquema elétrico desenhado.

Com uma definição do circuito utilizado, podemos realizar uma definição de lista de componentes para realizar um orçamento e determinar o custo aproximado do projeto. Ressaltando que este orçamento foi realizado a pedido da empresa para estudo interno de viabilidade do projeto.

Para este estudo foi necessário disponibilizar a lista com cálculos, o desenho do circuito montado e a lista de materiais e custos.

**Figura 17- Desenho completo do circuito.**



**Fonte: Autoria própria, 2025.**

A lista representa um orçamento prévio, contendo materiais e custo de mão de obra do projeto, ressaltando que a estrutura para fixação dos painéis e contêiner ficaram por conta do setor de engenharia da empresa.

**Tabela 3- lista de custos prévio requerido para a proposta de projeto do sistema fotovoltaico off-grid do contêiner de apoio.**

lista de Pré-orçamento requerido pela empresa			
Itens	Quantidades	valor unitário	total
Inversor 1 KW/ 48VDC/ 220V	1 Unidade	R\$ 1.649,00	R\$ 1.649,00
MPPT 48V/ 80A	1 Unidade	R\$ 1.400,00	R\$ 1.400,00
Painéis solares 550W	6 Unidade	R\$ 710,00	R\$ 4.260,00
String box CC Clamper para 32A	1 Unidade	R\$ 539,90	R\$ 539,90
Disjuntor 80A	2 Unidade	R\$ 80,00	R\$ 160,00
DPS 175V 20KV	2 Unidade	R\$ 36,50	R\$ 73,00
Cabo solar 1.8KV 6MM preto	25 Metros	R\$ 7,50	R\$ 187,50
Cabo solar 1.8KV 6MM vermelho	25 Metros	R\$ 7,50	R\$ 187,50
Cabo flexível 1 kV 6MM verde	30 Metros	R\$ 5,97	R\$ 179,10
Cabo flexível 1 kV 25MM preto	20 Metros	R\$ 32,00	R\$ 640,00
Cabo flexível 1kV 25MM vermelho	20 Metros	R\$ 32,00	R\$ 640,00
Cabo flexível 1 kV 25MM verde	20 Metros	R\$ 32,00	R\$ 640,00

Barramento tipo pente bipolar 80A	1 Unidade	R\$ 35,00	R\$ 35,00
Barramento de terra	10 Unidade	R\$ 16,00	R\$ 160,00
Conectores MC4 40A M12 1500V	10 Unidade	R\$ 16,00	R\$ 160,00
Bateria estacionaria Moura de chumbo ácido 234Ah 12V POT. 2,8KWh	14 Uni	R\$ 1.450,00	R\$ 20.300,00
mão de obra	2 Uni	R\$ 1.500,00	R\$ 3.000,00
Fixador grampo intermediário para painéis solares	10 Uni	R\$ 7,00	R\$ 70,00
Fixador grampo Final para painéis solares	4 Uni	R\$ 8,70	R\$ 34,80
total custos			R\$ 34.315,80

**Fonte: Autoria própria, 2025.**

### 3.6 Resultado do estudo de viabilidade realizado pela empresa

Devido ao tempo necessário para análise de viabilidade do projeto pelo setor de engenharia da empresa, o projeto não conseguiu ser aprovado a tempo tendo sido designado para um futuro próximo. Entretanto a empresa disponibilizou participação em projeto de energia solar para um contêiner sanitário no qual é responsável pela geração de energia para a iluminação, assim nos permitido realizar algo físico relacionado a energia fotovoltaica off-grid.

**Tabela 4- dados e parâmetros para o sistema solar off-grid da iluminação do contêiner sanitário.**

Dados do Dimensionamento do sistema fotovoltaico Off-Grid do contêiner sanitário		
Descrição de dados	quantidade	valores obtidos
Consumo w/h		500W/h
Consumo w/h dia	500*2.5	1250W/Dia
Demanda necessária pelos painéis	1250/0,70	1.785,7W/DIA
Energia gerada por cada painel	340*4,5*0,75	1.147,5 W/DIA
Número de painéis necessários	1.785/1.147,5	2
Autonomia das baterias	1.785*1.5	2.677,5W/DIA
Capacidade nominal necessária	2.677,5/0.5	5.355kW/DIA
Corrente do banco de baterias	700/24	29,16A
banco de baterias	5.355/2.800	2 baterias

		12V 2,8KW 334Ah
Controlador MPPT		48VDC 3.3kW 68,75 A
Inversor fotovoltaico		48V DC 220VaC 532W

**Fonte: autoria própria, 2025.**

Através desta tabela conseguimos realizar um orçamento prévio com os itens necessários.

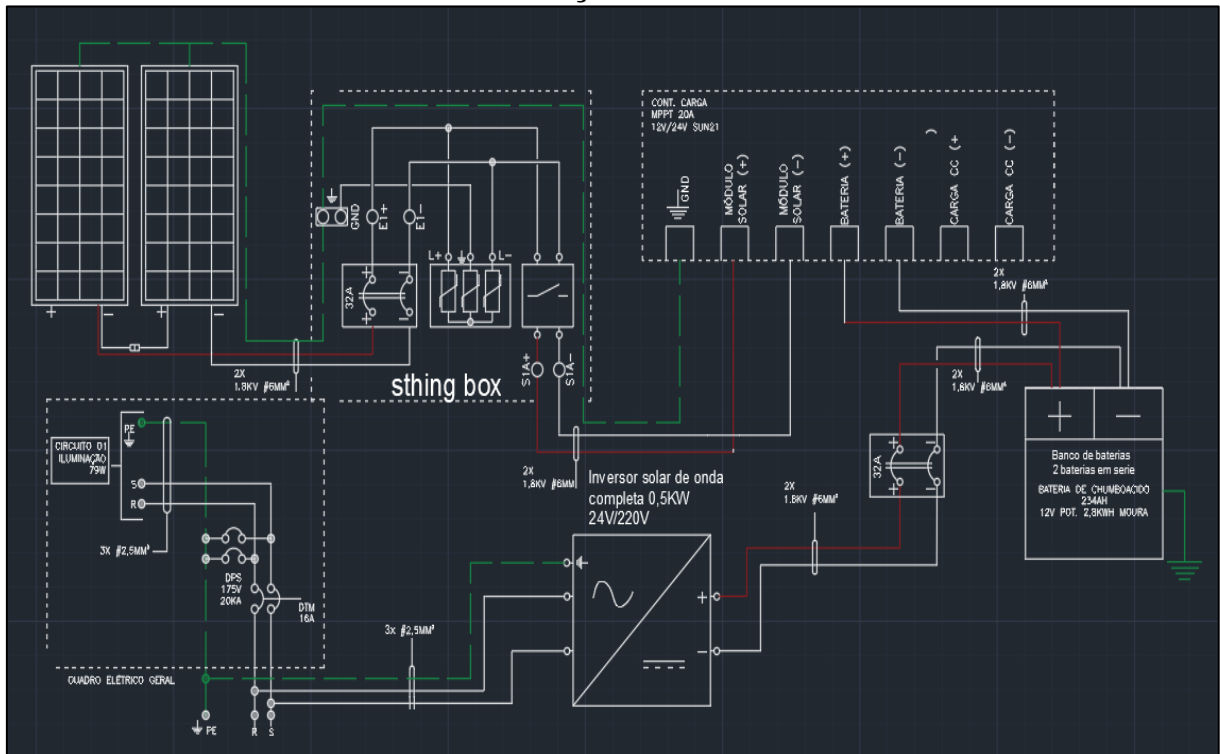
**Tabela 5- lista de matérias e preços encontrados para o sistema fotovoltaico Off-Grid do contêiner sanitário.**

Itens	Quantidades	valor unitário	total
Inversor 500W/ 12VDC/ 220V	1 Unidades	R\$ 350,00	R\$ 350,00
MPPT 12/24V/ 40A	1 Unidades	R\$ 640,50	R\$ 640,50
Painéis solares 340W	2 Unidades	R\$ 550,22	R\$ 1.100,44
String box CC Clamper para 32A	1 Unidades	R\$ 539,90	R\$ 539,90
Disjuntor	1 Unidades	R\$ 45,00	R\$ 45,00
DPS 175V 20KV	2 Unidades	R\$ 36,50	R\$ 73,00
Cabo solar 1.8KV 6MM preto	10 Metros	R\$ 7,50	R\$ 75,00
Cabo solar 1.8KV 6MM vermelho	10 Metros	R\$ 7,50	R\$ 75,00
Cabo flexível 1 KV 6MM verde	15 Metros	R\$ 5,97	R\$ 89,55
Cabo flexível 1 KV 6MM preto	10 Metros	R\$ 32,00	R\$ 320,00
Cabo flexível 1KV 6MM vermelho	10 Metros	R\$ 32,00	R\$ 320,00
Barramento tipo pente bipolar 80A	1 Unidades	R\$ 35,50	R\$ 35,50
Barramento de terra	10 Unidades	R\$ 16,00	R\$ 160,00
Conectores MC4 40A M12 1500V	10 Unidades	R\$ 16,00	R\$ 160,00
Bateria estacionaria moura de chumbo ácido 234Ah 12V POT. 2,8KWh	2 Unidades	R\$ 1.450,00	R\$ 2.900,00
mão de obra	2 Unidades	R\$ 750,00	R\$ 750,00
Fixador grampo Final para painéis solares	4 Unidades	R\$ 8,70	R\$ 34,80
Fixador grampo intermediário para painéis solares	10 Unidades	R\$ 7,00	R\$ 28,00
total custos			R\$ 7.696,69

**Fonte: Autoria própria, 2025.**

Seguindo com o projeto junto ao grupo de engenharia da empresa realizamos o desenho do circuito.

**Figura 18: Esquema elétrico desenvolvido para geração fotovoltaica off-grid do sistema de iluminação do contêiner sanitário.**

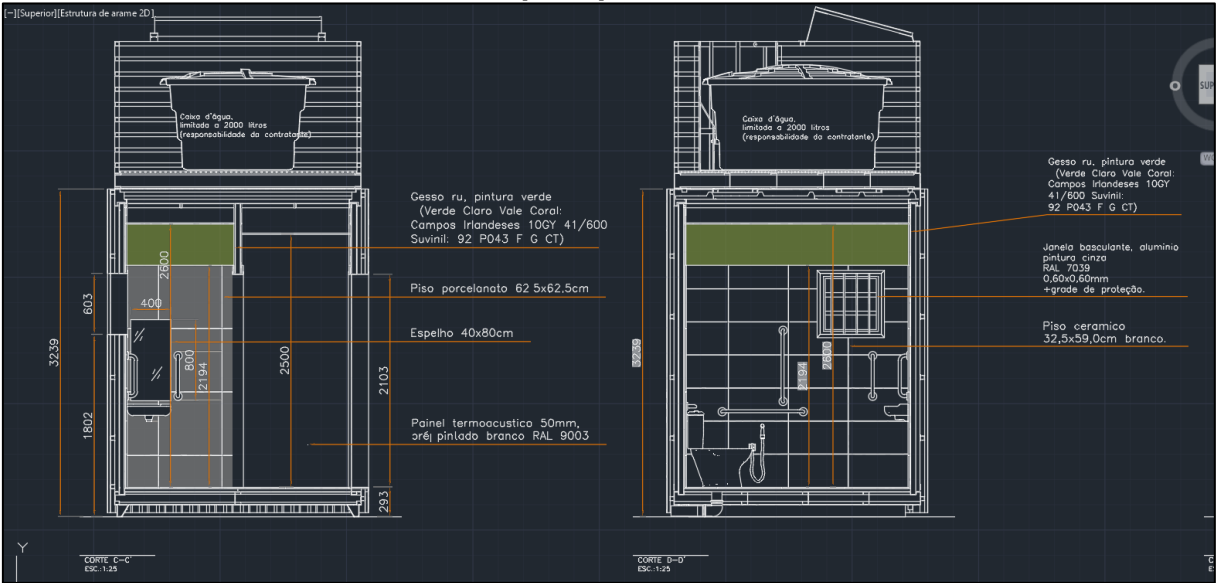


**Fonte: Autoria própria, 2025.**

### 3.7 Desenho da estrutura disponibilizado pela empresa.

Após terminar o desenho do circuito e lista de matérias, a empresa disponibilizou um desenho de como a estrutura desenvolvida ficaria para análise e se necessário correção de algo relacionado ao projeto CAD, foram disponibilizado um desenho em três vistas realizado pelo setor de engenharia da empresa CMC modular.

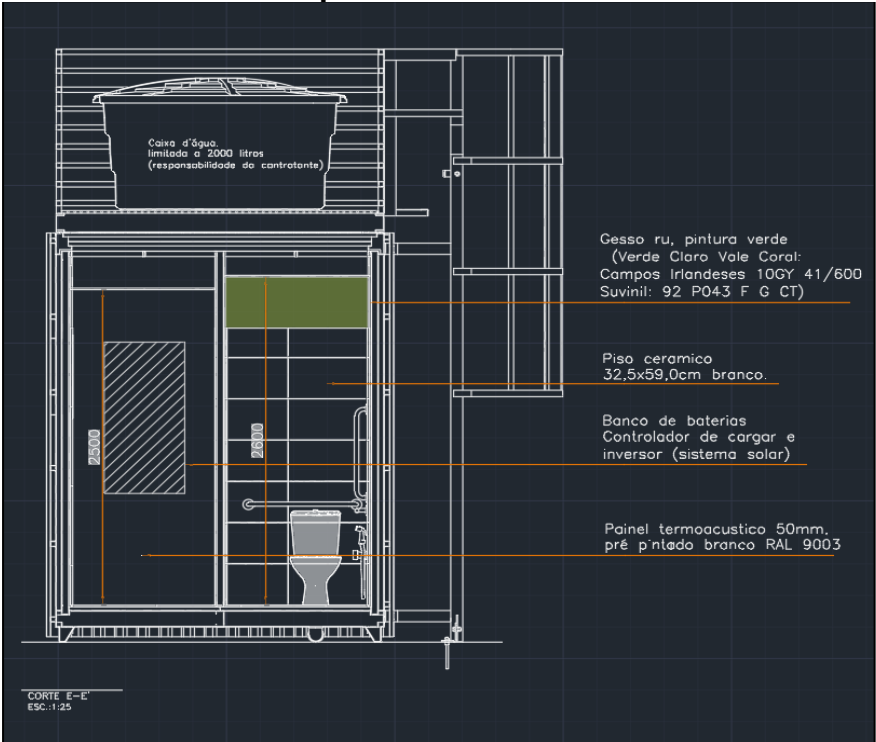
**Figura 19: Desenho primeira e segunda vista do contêiner sanitário com estrutura para painéis solares.**



Fonte: setor de engenharia CMC modular, 2025.

A figura a seguir contém o desenho da terceira vista do projeto do contêiner sanitário.

**Figura 20: Desenho da terceira vista do contêiner sanitário com estrutura para painéis solares.**



Fonte: Grupo de engenharia CMC modular, 2025.

### 3.8 Montagem do sistema fotovoltaico off-grid.

A princípio a empresa ficou encarregada de realizar todo o trabalho de preparação no contêiner para realizarmos a implementação do sistema de geração fotovoltaico, os painéis solares ficaram sobre uma estrutura desenvolvida que e fixa em cima do alojamento da caixa de água que fica na parte superior do contêiner, após a realização de toda a adaptação necessária ao contêiner, começamos a realizar as atividades de montagem do sistema fotovoltaico.

**Figura 21: Container e estrutura da caixa de água antes de ser fixada.**

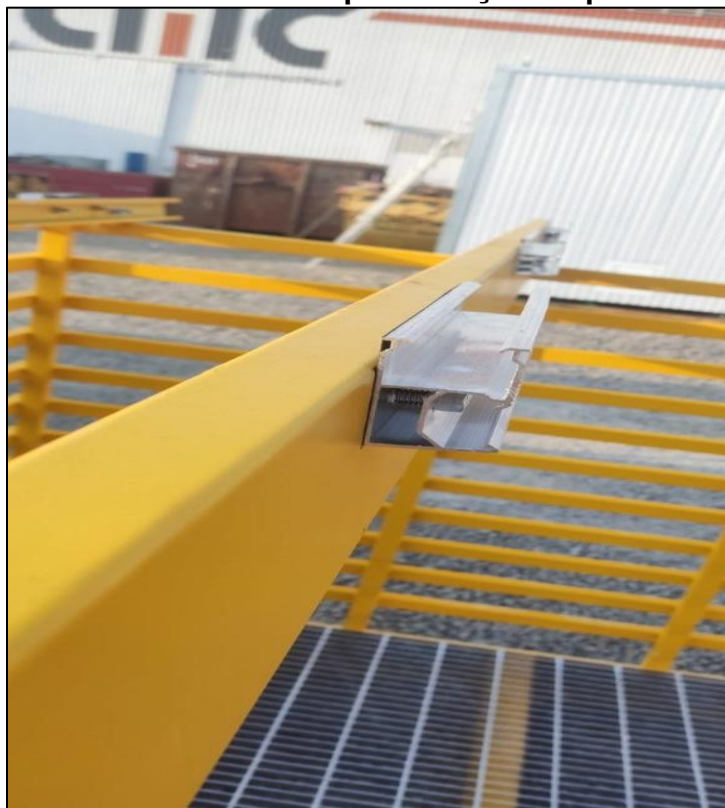


**Fonte: Autoria própria, 2025.**

O primeiro passo a ser realizado foi a fixação dos painéis solares sobre a estrutura laranja, para isso foram utilizados perfis de alumínio de trilhos os mesmos utilizados em instalações de painéis fotovoltaicos em telhados de zinco. Os trilhos são fixados por parafusos sextavados brocantes, são utilizados quatro pedaços de trilhos de 20 centímetros de comprimento em cada lado do suporte dos painéis solares. Os suportes estão representados na figura:

Seguindo com a montagem são fixados aos suportes os painéis solares, para isso utilizamos uma porca específica para fixar internamente na cava do perfil, os parafusos utilizados são de 8\*14mm com sextavado interno, o resultado podemos ver na figura:

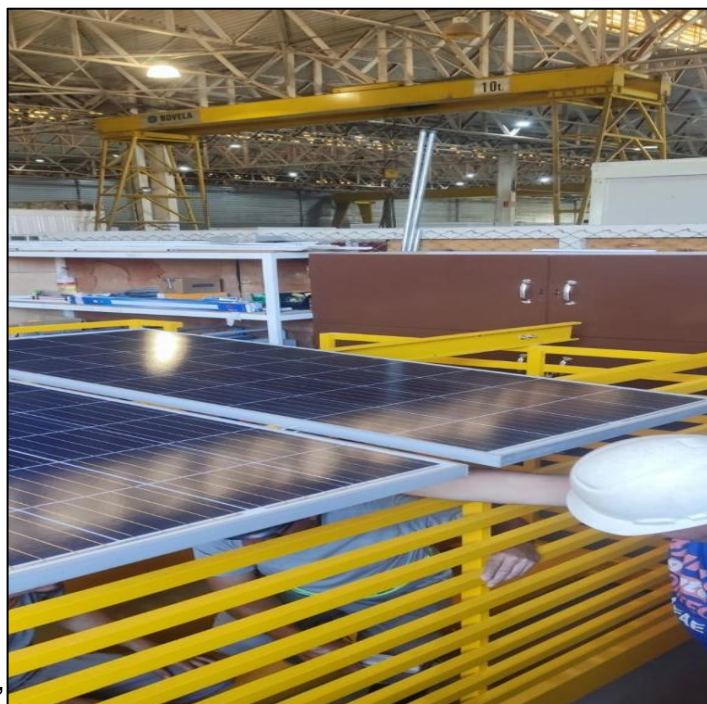
**Figura 22: Perfil de alumínio para fixação da placa solar.**



**Fonte: Autoria própria, 2025.**

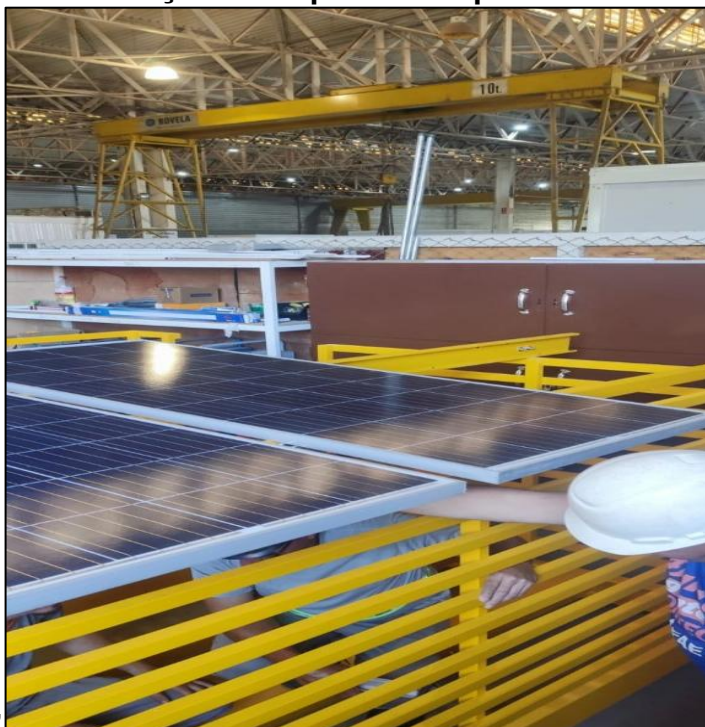
Foto dos painéis solares fixados na estrutura

**Figura 23: Painéis solares fixos na estrutura da caixa de água.**



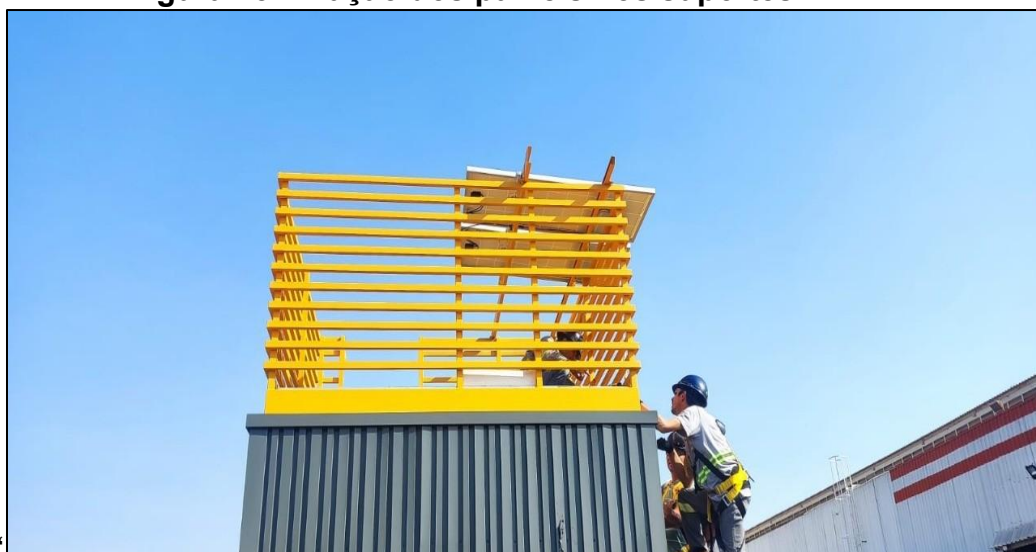
**Fonte: Autoria própria, 2025.**

**Figura 24: Resultado da fixação do suporte com painéis solares ao contêiner.**



**Fonte: Autoria própria, 2025.**

**Figura 25: fixação dos painéis nos suportes.**



**Fonte: Autoria própria, 2025.**

### **3.9 Montagem interna do sistema solar off-grid.**

Após fixamos os painéis solares ao suporte em cima do contêiner, passamos os cabos solares e de aterramento pelos eletrodutos que conectar a parte de cima do teto do contêiner a o lugar designado para a montagem da String Box de proteção do

inversor, valendo ressaltar que a conexão dos cabos e conectores dos painéis só será realizada após a conexão dos cabos solares a String Box, os cabos solares alimenta o disjuntor DC de 32A da String Box passando pelo circuito de proteção, saindo após a chave de proteção presente nela.

Os conduítes onde passam os cabos solares que vem da parte superior do contêiner entram atrás da String Box pelo lado esquerdo, já o que conecta a saída da String Box a o regulador de cargas passa pelo caixa de acrílico que comporta os dois disjuntores de proteção do banco de bateria e inversor como podemos ver na imagem:

**Figura 26: montagem String Box, regulador de carga e quadro de proteção do banco de baterias.**

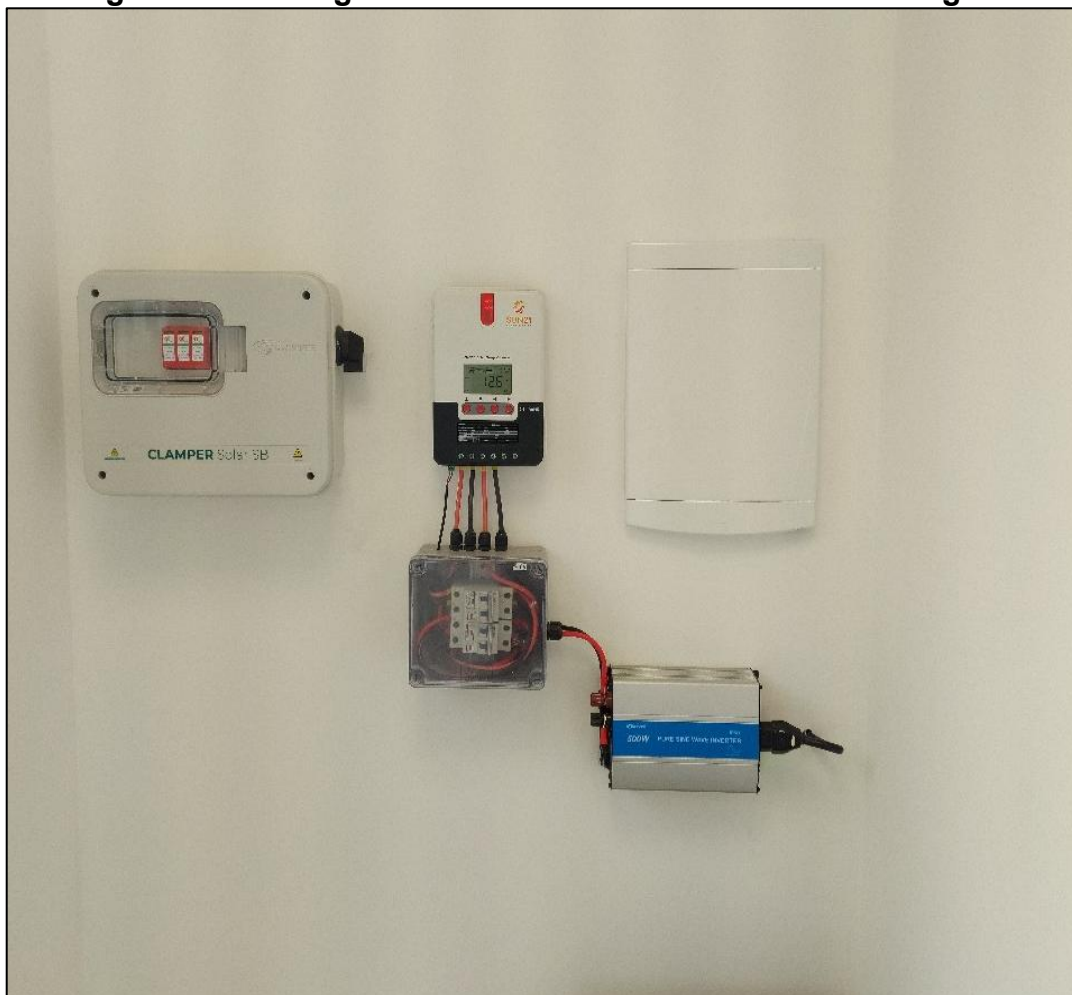


**Fonte: Autoria própria, 2025.**

Os cabos que saem da saída do regulador de carga, seguem para a caixa de acrílico para realizar a alimentação dos disjuntores que protegem o banco de bateria e inversor de frequência, atrás do quadro de acrílico há um conduíte que leva os cabos de alimentação do banco de bateria ao alojamento das baterias, os cabos para alimentação do inversor saem do disjuntor direto pela lateral direita do quadro de acrílico já que o inversor solar se encontra-se fixado logo ao lado, ao lado da saída do

inversor temos um furo utilizado para guiar o cabo de alimentação até o quadro geral de distribuição do contêiner, podemos verificar a representação do circuito na imagem:

**Figura 27 :Montagem interna do sistema fotovoltaico off-grid.**



**Fonte: Autoria própria, 2025.**

Após realizamos a montagem, fixação e passagem de todos os cabos necessários na parte interna do contêiner partimos para a montagem das baterias em seu alojamento, para alocação da bateria foi desenvolvido um compartimento na parte inferior do contêiner, como o projeto está em fase de testes foi adicionado somente uma bateria solar.

**Figura 28: Alojamento das baterias.**



**Fonte: Autoria própria, 2025.**

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho de graduação alcançou parte de seus objetivos principais, atingindo os seguintes pontos apresentados, o desenvolvimento de um sistema solar fotovoltaico Off-Grid para ser implementado a um contêiner que será utilizado como apoio para trabalhadores em locais remotos onde realizam a extração de celulose, elaboração do circuito, desenho do circuito via software CAD, lista de materiais necessários. A parceria com a empresa CMC Modular permitiu a aplicação e realização de um projeto em um contexto real de necessidade de inclusão energética e autonomia.

Entretanto a realização do projeto prático não foi concluída durante o período programado, assim deixando parte do projeto para ser realizado futuramente, sendo esta parte a montagem do sistema completo, além de terem surgidos algumas ideias de ampliação do projeto após a análise de viabilidade, que serão tratadas como projetos futuros.

Como dificuldades encontradas ao longo deste projeto podemos citar o curto período de tempo para realizar o projeto, dificuldade de comunicação com o setor de engenharia da empresa parceira, além de imprevistos que acabaram atrapalhando o cronograma do projeto, fazendo a montagem prática do protótipo idealizado não ser realizada dentro do prazo previsto, ficando para um projeto futuro, devido a isso para gerar uma participação em montagem prática de um projeto relacionado a energia solar off grid, aceitamos a participação dentro da forma possível na montagem dos sistema aplicado no protótipo do contêiner sanitário.

Como projeto futuro, após uma análise do projeto completo, percebemos a falta de espaço para montagem dos painéis na estrutura acima do contêiner, com isso a empresa pretende realizar o desenvolvimento de um projeto contendo mais contêiner acoplados, com a intenção de criar um bloco de contêiner para apoio contendo, sanitário, refeitório, e área de acessibilidade integrada. Além de adicionar geradores a Diesel para resolver um problema existente em sistemas isolados de geração de energia (durante dias nublados o sistema fotovoltaico não tem um rendimento necessário para suprir a demanda e gerar energia suficiente para carregar as baterias). neste momento entram em ação os geradores a diesel para suprir a energia necessária para cumprir a demanda de consumo.

A princípio o projeto nos agregou conhecimento sobre a área abordada, sistemas de geração de energia fotovoltaica off-grid, estes conhecimentos estão relacionados ao dimensionamento, circuitos de proteção, desenvolvimento dos circuitos e montagem, além de nos apresentar novas ferramentas como o AutoCad da Autodesk. Com isso podemos verificar a importância de ter um projeto de inclusão no qual os alunos possam procurar desenvolver e acessar áreas diferentes.

## REFERÊNCIAS

AMPERI, Alan Da. O que é e como funciona o sistema solar off Grid. 2024 disponível em: [Sistema off-grid: o que é e como funciona?](#). Acesso em 06 setembro.2025.

Clamper. equipamentos específicos/ energia solar fotovoltaica/ Clamper solar. 2025 disponível em <https://www.lojaclamper.com.br/dps-clamper-solar-string-box-18ka/p>. acesso em 06 setembro.2025.

Copyright, BYD. Sistema solar off-grid: o que e, como funciona e suas vantagens. Disponível em: <https://bydenergia.com/sistema-off-grid-energia-solar/>. Acesso em 06 setembro.2025.

Energy, Wega. Qual a diferença entre um sistema on grid e off grid. 2023. Disponível em: <https://wega-energy.com/blog/diferencia-sistema-on-grid-off-grid/> acesso em 06 setembro. 2025.

MOURA, BATERIA. Sistema voltaico o que é, como funciona e onde usar. 2024. Disponível em: <https://www.moura.com.br/blog/sistema-fotovoltaico>. Acesso em 30 agosto. 2025.

MOURA, BATERIA. Como dimensionar um sistema off-grid? Entenda passo a passo. 2024. Disponível em: <https://www.moura.com.br/blog/como-dimensionar-um-sistema-off-grid> . Acesso em 30 agosto. 2025.

REICON. Cabos solar VS. Cabo comum: Qual é a melhor para sistemas fotovoltaicos? 2023 Disponível em: <https://reicon.ind.br/postagens/cabo-solar-vs-cabo-comum-qual-e-a-melhor-escolha-para-sistemas-fotovoltaicos/> Acesso em 30 agosto. 2025.

SOLARBUY. Conectores MC4 explicados + vídeo de introdução/guia ilustrado.2024. Disponível em: <https://solarbuy.com/pt/solar-101/mc4-connectors/> Acesso em 30 agosto. 2025.

SOLARENERGY. Entendendo os controladores de carga solar: Tipos, funções e melhores práticas. 2024. Disponível em: <https://energy.ironws.com/pt/inverters/solar-charge-controllers-guide/> Acesso em 30 agosto. 2025.

SOLAR, Investir em energia. Painéis solares: Tudo que você precisa Saber o que é, como funciona. Disponível em: <https://investirenergiasolar.com.br/paineis-solares/> Acesso em 30 agosto. 2025.

SOLAR, PORTAL. Quem criou a energia solar? História da energia solar. 2020. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/noticias/materias/historia-e-origem-da-energia-solar>. Acesso em 30 agosto. 2025.

SOLAR, PORTAL. Bateria solar o que é, tipos e como funciona. 2025. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/bateria-solar.html>. Acesso em 30 agosto. 2025.

SOLAR, TUDO Energia. Inversor solar: o que é, como. 2025. Disponível em: <https://tudoenergiasolar.com.br/inversor-solar-o-que-e-como-funciona-e-como-escolher/> Acesso em 30 agosto. 2025.

WEG. Sistema fotovoltaico on grid e off grid: saiba a diferenças e as vantagens de cada tipo. 2025. Disponível em: <http://weg.net/solar/blog/sistema-fotovoltaico-on-grid-e-off-grid-saiba-as-diferencas-e-as-vantagens-de-cada-tipo/> acesso em 06 setembro.2025.

WEG. O que é um sistema solar hibrido. 2025. Disponível em: <https://www.weg.net/solar/blog/o-que-e-um-sistema-solar-hibrido/>. Acesso em 06 setembro. 2025.

Energy, Wega. Qual a diferença entre um sistema on grid e off grid. 2023. Disponível em: <https://wega-energy.com/blog/diferencia-sistema-on-grid-off-grid/> acesso em 06 setembro. 2026.