

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENERGIAS RENOVÁVEIS**

FÁBIO ADRIANO WILLMS

**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS PARA
ALIMENTAÇÃO DE CONTAINERS UTILIZADOS EM CANTEIRO DE OBRA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA - PR

2017

FÁBIO ADRIANO WILLMS

**DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS PARA
ALIMENTAÇÃO DE CONTAINERS UTILIZADOS EM CANTEIRO DE OBRA**

Monografia de Especialização apresentada ao Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis.

Orientador: Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior

CURITIBA - PR

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

FÁBIO ADRIANO WILLMS

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS PARA ALIMENTAÇÃO DE CONTAINERS UTILIZADOS EM CANTEIRO DE OBRA

Esta Monografia de Especialização foi apresentada no dia 28 de agosto de 2017, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Energia Renováveis – Departamento Acadêmico de Eletrotécnica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior
Coordenador de Curso de Especialização em Energias Renováveis

Prof. Romildo Alves dos Prazeres
Chefe do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior
Orientador - UTFPR

Prof. Dr. Gerson Máximo Tiepolo
UTFPR

Prof. Esp. Carlos Henrique karam Salata
UTFPR

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso

À família, professores e amigos, pelo
apoio.

RESUMO

WILLMS, Fábio Adriano. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos isolados para alimentação de containers utilizados em canteiro de obra**. 2017. 76 pg. Monografia de Especialização em Energias Renováveis - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Este trabalho visa apresentar uma alternativa para a implantação de containers em canteiros de obras onde é difícil a ligação de energia elétrica de forma provisória no início e em grande parte do decorrer da obra. Primeiramente propõe-se o projeto de containers de forma específica à sua utilização no canteiro. Serão abordadas variações na forma de vestiário, escritório, refeitório, banheiros e oficina. O consumo elétrico de cada container levará em conta as cargas de iluminação, tomadas de uso geral e circuitos de uso específico. Para o sistema elétrico será proposto sistema de geração de energia fotovoltaica de forma isolada da rede da concessionária, com utilização de banco de baterias. Serão projetados sistemas individuais para cada container, sendo que no módulo utilizado para banheiro, será projetado sistema adicional de aquecimento de água para os chuveiros por meio de coletores solares térmicos, onde haverá retaguarda elétrica independente do sistema fotovoltaico, ou seja, os chuveiros receberão alimentação elétrica no momento em que houver energia proveniente da concessionária de energia elétrica. O sistema fotovoltaico será projetado de modo fixo e que haja o melhor aproveitamento do sistema. Será definido um cenário específico para o estudo, onde serão definidos os parâmetros de análise e projeto de todo o sistema.

Palavras-chave: Container; Canteiro de Obras; Energia Solar Fotovoltaica; Sistema Fotovoltaico Isolado.

ABSTRACT

WILLMS, Fábio Adriano. **Dimensioning of isolated photovoltaic systems for feeding containers used in construction sites.** 2017. 76 pg. Specialized Monograph on Renewable Energies - Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2017.

This work aims to present an alternative for the implantation of containers in construction sites where it is difficult to connect electrical energy provisionally at the beginning and in great part of the course of the work. First, it is proposed the design of containers in a way specific to their use in the construction site. Variations in the form of changing rooms, office, refectory, bathrooms and workshop will be discussed. The electrical consumption of each container will take into account lighting loads, general purpose outlets and specific use circuits. For the electrical system, a photovoltaic power generation system will be proposed in isolation from the utility grid, with the use of a battery bank. Individual systems will be designed for each container, and in the module used for the bathroom, an additional water heating system will be designed for the showers by means of solar thermal collectors, where there will be an electrical rearguard independent of the photovoltaic system, that is, the showers will receive power when there is power from the utility. The photovoltaic system will be designed in a fixed way and that the best use of the system will be made. A specific scenario will be defined for the study, where the analysis and design parameters of the whole system will be defined.

Keywords: Container; Construction site; Photovoltaic Solar Energy, Photovoltaic System Isolated.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Estrutura básica de uma célula fotovoltaica de silício	18
Figura 2 - Célula fotovoltaica de silício cristalino.....	20
Figura 3 - Fabricação de tarugos (lingotes) de m-Si pela técnica de <i>float-zone</i> (FZ) e <i>Czochralski</i>	21
Figura 4 – Módulo de silício policristalino	22
Figura 5 – Módulo de silício amorfo	23
Figura 6 – Tipos de sistemas fotovoltaicos	26
Figura 7 – Sistema Isolado.....	27
Figura 8 – Sistema Híbrido.....	28
Figura 9 – Minirrede	29
Figura 10 – Componentes do SFVI.....	30
Figura 11 – Container 6 metros.....	32
Figura 12 – Exemplo de coletor solar.....	35
Figura 13 – Banco de dados da tabela 3 inserido no <i>software</i> Radasol.....	39
Figura 14 – Vista frontal do container.....	56
Figura 15 – Vista lateral do container.....	56
Figura 16 – Distância entre linhas de módulos.....	57
Figura 17 – Suporte para instalação dos módulos fotovoltaicos	58
Figura 18 – Compartimento de equipamentos	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação da eficiência das diversas tecnologias de células e módulos fotovoltaicos	25
Tabela 2 – Cargas elétricas de cada container	38
Tabela 3 – Irradiação incidente no cliente conforme banco de dados (Lat. -25,70°; Long. -49,36°).....	39
Tabela 4 – Irradiação incidente no cliente conforme ângulo de projeto	40
Tabela 5 – Custo para implantação no container do banheiro	60
Tabela 6 – Custo para implantação no container do vestiário.....	60
Tabela 7 – Custo para implantação no container do escritório.....	61
Tabela 8 - Custo para implantação no container do refeitório	61
Tabela 9 - Custo para implantação no container da oficina	62

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de normas técnicas
ANEELL	Agência Nacional de Energia Elétrica
a-Si	Silício Amorfo
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CdTe	Telureto de Cádmio
CIGS	Disseleneto de Cobre, Gálio e Índio
CIS	Disseleneto de Cobre e Índio
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
FV	Fotovoltaico
GaAs	Arseneto de Gálio
kW	Kilo Watt
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracker</i>
m-Si	Silício Monocristalino
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
p-Si	Silício Policristalino
SFV	Sistema Fotovoltaico
SFVCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica
SFVI	Sistema Fotovoltaico Isolado
SWERA	<i>Solar and Wind Energy Resources Assessment</i> lado
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Wh	Watt hora
Wp	Watt Pico
www	<i>World Wide Web</i> (Rede de Alcance Mundial)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	TEMA	12
1.1.1	Delimitação do Tema.....	12
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS	13
1.3	OBJETIVOS	13
1.3.1	Objetivo Geral.....	13
1.3.2	Objetivos Específicos	13
1.4	JUSTIFICATIVA	14
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	14
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	16
2.2	CÉLULA FOTOVOLTAICA.....	16
2.3	TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTÁICAS	18
2.3.1	Silício Cristalino	19
2.3.2	Silício Monocristalino (m-Si).....	20
2.3.3	Silício Policristalino (p-Si)	21
2.3.3.1	Filmes Finos	22
2.3.4	Comparação Entre as Tecnologias	24
2.4	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	25
2.4.1.1	Sistemas Fotovoltaicos Isolados (SFVI).....	26
2.4.1.2	Componentes do SFVI	29
2.5	CONTAINER	31
2.6	CANTEIRO DE OBRAS	32
2.7	ENERGIA SOLAR FOTOTÉRMICA	34
3	PROJETO DOS SISTEMAS ACOPLADOS AOS CONTAINERS	37
3.1	PARÂMETROS DO PROJETO	37
3.2	PROJETO DO SFVI	38
3.2.1.1	Projeto do SFVI do Vestiário	40
3.2.1.2	Projeto do SFVI do Escritório	46
3.2.1.3	Projeto do SFVI do Refeitório.....	49

3.2.1.4	Projeto do SFVI da Oficina	51
3.2.1.5	Projeto do SFVI do Banheiro.....	54
3.3	MODOS DE INSTALAÇÃO	55
3.4	CUSTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO	59
4	CONCLUSÃO	63
5	REFERÊNCIAS.....	65
6	ANEXOS	68

1 INTRODUÇÃO

Com o constante crescimento das cidades e entorno das mesmas, o ritmo de obras não é acompanhado pelo investimento em redes de distribuição de energia elétrica por parte das concessionárias de energia. Visando suprir as necessidades de cumprir o cronograma das construções, este trabalho tem como objetivo mostrar uma solução para a alimentação elétrica dos ambientes que compõe o canteiro de obras sem a utilização de energia elétrica das concessionárias.

Toda e qualquer energia gerada de forma limpa reduz a quantidade de poluição liberada no ambiente. Dessa forma, destacasse a energia solar, ou seja, energia gerada através de painéis fotovoltaicos, que é uma tecnologia limpa, sustentável e renovável.

A energia solar fotovoltaica é uma alternativa viável para complementar a geração de eletricidade no Brasil. Pode ser usada em qualquer local, gerando eletricidade no próprio ponto de consumo, sem a necessidade de levar a eletricidade através de linhas de transmissão ou redes de distribuição. Pode ser empregada em todo o território nacional, em áreas rurais e urbanas, produzindo eletricidade limpa e renovável a partir da luz do Sol (VILLALVA & GAZOLI, 2012).

Seguindo a linha de pensamento de gerar a própria energia, utilizou-se o sistema de forma isolada.

Os sistemas isolados são aqueles que não dependem da rede elétrica convencional para funcionar, sendo possível sua utilização em localidades carentes de rede de distribuição elétrica. Existem dois tipos de isolados: com armazenamento e sem armazenamento. O primeiro pode ser utilizado em carregamento de baterias de veículos elétricos, em iluminação pública e, até mesmo, em pequenos aparelhos portáteis (VILLALVA & GAZOLI, 2012). Enquanto o segundo, além de ser frequentemente utilizado em bombeamento de água, apresenta maior viabilidade econômica, já que não utiliza equipamentos para o armazenamento de energia (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

A organização de um canteiro de obras é uma das partes mais importantes do planejamento, resultando em projetos detalhados das locações e das áreas destinadas a instalações temporárias, que podem variar conforme a natureza do

empreendimento. Segundo a norma NR-18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, define-se canteiro de obras como: Área de trabalho fixa e temporária onde se desenvolvem operações de apoio e execução de uma obra. Segundo a norma NBR-12284 - Áreas de Vivências em Canteiros de Obras define o canteiro como: Áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência. Baseado nisto, é visível que os canteiros devem ser considerados como uma fábrica cujo produto final é o edifício. Logo, sendo considerada uma fábrica, o canteiro deve ser analisado sob a ótica dos processos de produção do edifício e também como o espaço onde as pessoas envolvidas na produção estarão vivendo seu dia-a-dia de trabalho (SOUZA, 2000). O canteiro deverá ser preparado de acordo com a previsão de todas as necessidades, assim como a distribuição conveniente do espaço disponível e obedecendo as necessidades do desenvolvimento da obra.

1.1 TEMA

Projetar sistemas de alimentação de energia fotovoltaica do tipo isolado para containers utilizados em ambientes de canteiros de obras. O projeto será desenvolvido de forma que o container seja um conjunto que possa ser utilizado em locais diferentes sofrendo somente pequenos ajustes.

1.1.1 Delimitação do Tema

Hoje as instalações elétricas temporárias utilizadas em canteiro de obra são totalmente dependentes de energia elétrica fornecida pela concessionária de energia. Em certos casos, este atendimento demora certo tempo, pois não existem redes de distribuição nos limites da obra. Para o atendimento do empreendimento acontecem obras de extensão e reforço de redes somente após a aprovação do projeto elétrico com a carga total utilizada pelo empreendimento, não sendo possível atender a demanda de carga provisória. Nestes casos podem demorar de 6 a 8 meses para a concessionária atender o empreendimento. Visando atender de imediato as necessidades das instalações elétricas do canteiro de obra, este trabalho busca uma

solução por meio de geração de energia solar fotovoltaica de forma isolada, sem a conexão com a concessionária de energia elétrica.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Pela experiência em trabalhar com projetos elétricos e com base em problemas encontrados em visitas a obras, a preocupação foi determinar a utilização dos ambientes da forma mais funcional possível, sanando os problemas no início de obras onde existe a falta de energia elétrica no local.

Um sistema fotovoltaico isolado corretamente dimensionado pode suprir a energia necessária para atender as cargas dos containers, onde as funções básicas iniciais da obra poderão ser supridas pelo sistema. Para aquecimento de água dos chuveiros a utilização de um sistema solar fototérmico, com retaguarda elétrica para quando a energia da concessionária for disponibilizada, também pode atender as necessidades do canteiro.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Projetar um Sistema Fotovoltaico Isolado (SFVI) em containers para utilização em ambientes de canteiro de obras.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Revisar a bibliografia relacionada ao tema energia solar fotovoltaica;
- Definir os ambientes a serem estudados no canteiro de obra;
- Definir as dimensões dos containers a serem utilizados;
- Determinar as cargas elétricas dos containers;

- Definir o sistema de aquecimentos de água para os banheiros;
- Projetar o sistema SFVI;
- Definir os equipamentos para a implementação do projeto.

1.4 JUSTIFICATIVA

Alguns canteiros de obras visitados têm problemas com falta de energia elétrica no início das obras, para minimizar este problema será dimensionado um sistema fotovoltaico isolado. Também será indicada uma solução para a falta de água quente dos chuveiros. Para atender a praticidade, rapidez de implantação e reutilização dos espaços, serão adotados containers como tecnologia de construção dos ambientes do canteiro de obra.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Primeiramente será feito um estudo de configurações do canteiro de obra com os ambientes a serem utilizados baseados na NBR-12284 - Áreas de Vivências em Canteiros de Obras e utilizando a boa prática para a funcionalidade do canteiro. Serão definidos os tamanhos dos containers e suas respectivas utilizações. Após esta etapa, será elaborado o projeto elétrico para cada ambiente utilizando técnicas de projeto e a NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão. Com o levantamento de cargas elétricas definidas, pode-se determinar a carga a ser atendida por alguma fonte de energia, nesta etapa será efetuado o projeto do sistema fotovoltaico isolado, onde será utilizado o *software* RADIASOL para geração de dados horários de radiação solar. Com base nestes dados, serão utilizados catálogos de fabricantes e orçamentos de vendedores para determinar quais equipamentos serão mais vantajosos para o projeto. Serão sugeridos sistemas para fixação mecânica dos equipamentos nos containers. Nos ambientes onde será necessário fornecimento de água quente, será indicado um sistema de aquecimento utilizando um sistema de coletores solares térmicos, mantendo a ideia de projeto sustentável com utilização de energias renováveis.

Ao final será determinado o custo total de implantação do sistema de cada ambiente.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho apresenta a seguinte estrutura:

No capítulo 1 é apresentada uma introdução, o tema de pesquisa, a delimitação, objetivo geral e específico, além de justificativas, problemas e premissas.

No capítulo 2 é feita uma revisão da literatura sobre os sistemas fotovoltaicos, containers e organização do canteiro de obras.

No capítulo 3 é apresentado o projeto elétrico dos containers, projeto do SFVI, especificação do sistema de aquecimento de água dos banheiros e os custos de sua implementação.

No capítulo 4 são apresentadas as conclusões e as considerações finais da implementação do SFVI nos containers estudados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A história da geração de energia elétrica a partir da radiação solar teve início em 1839 quando Edmond Bequerel observou o surgimento de uma diferença de potencial entre as extremidades de uma estrutura semicondutora quando se encontrava sob a incidência de luz, esse efeito ficou conhecido como efeito fotovoltaico. Em 1877, os americanos W.G. Adams e R. E. Day utilizaram as propriedades semicondutoras do selênio para desenvolver o primeiro dispositivo sólido de geração por exposição à luz, um avanço do modelo de Bequerel que consistia em eletrólito (VALLÊRA, 2007).

A energia do Sol pode ser utilizada para produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta da luz solar em energia elétrica.

Diferentemente dos sistemas solares térmicos, que a partir da energia térmica do Sol, são empregados para realizar aquecimento ou para produzir vapor que acionam turbinas para gerar eletricidade, os sistemas fotovoltaicos têm a capacidade de captar diretamente a luz solar e produzir corrente elétrica. Essa corrente é coletada e processada por dispositivos controladores e conversores, podendo ser armazenada em baterias ou utilizada diretamente em sistemas conectados à rede elétrica (VILLALVA & GAZOLI, 2012).

2.2 CÉLULA FOTOVOLTAICA

A célula fotovoltaica é o componente responsável pela conversão de energia solar em energia elétrica. Em síntese é um dispositivo semicondutor que gera uma corrente elétrica quando exposto a luz (radiação solar). Os módulos fotovoltaicos mais conhecidos são fabricados de silício na forma pura.

O silício é o segundo elemento mais abundante na superfície de nosso planeta, mais de 25% da crosta terrestre é silício e ele é 100 vezes menos tóxico que outros elementos (RÜTHER, 2004).

O Silício empregado na fabricação das células fotovoltaicas é extraído do minério de quartzo. Recentemente desenvolveram-se diversos processos para fabricar células e módulos fotovoltaicos.

Para a utilização do silício como matéria prima para a fabricação das células fotovoltaicas, esse deve ser purificado.

São dois, os graus de purificação do silício:

Silício metalúrgico, onde se combina ao quartzo quantidades controladas de carbono a altas temperaturas. O oxigênio presente no quartzito é removido na forma de CO₂ e, depois de outros processos, serão obtidas barras de silício com pureza de 98%.

Silício grau semicondutor (eletrônico e solar), onde o silício é convertido através de ácido clorídrico (HCl) a triclorosano: $\text{Si} + 3 \text{HCl} \Rightarrow \text{SiHCl}_3 + \text{H}_2$. Devido ao seu baixo ponto de ebulição (31,8 °C), este pode ser purificado pelo método de destilação fracionada, processo semelhante ao utilizado em refinarias de petróleo. Com a adição de H₂ acontece a seguinte reação química: $\text{SiHCl}_3 + \text{H}_2 \Rightarrow \text{Si} + 3 \text{HCl}$.

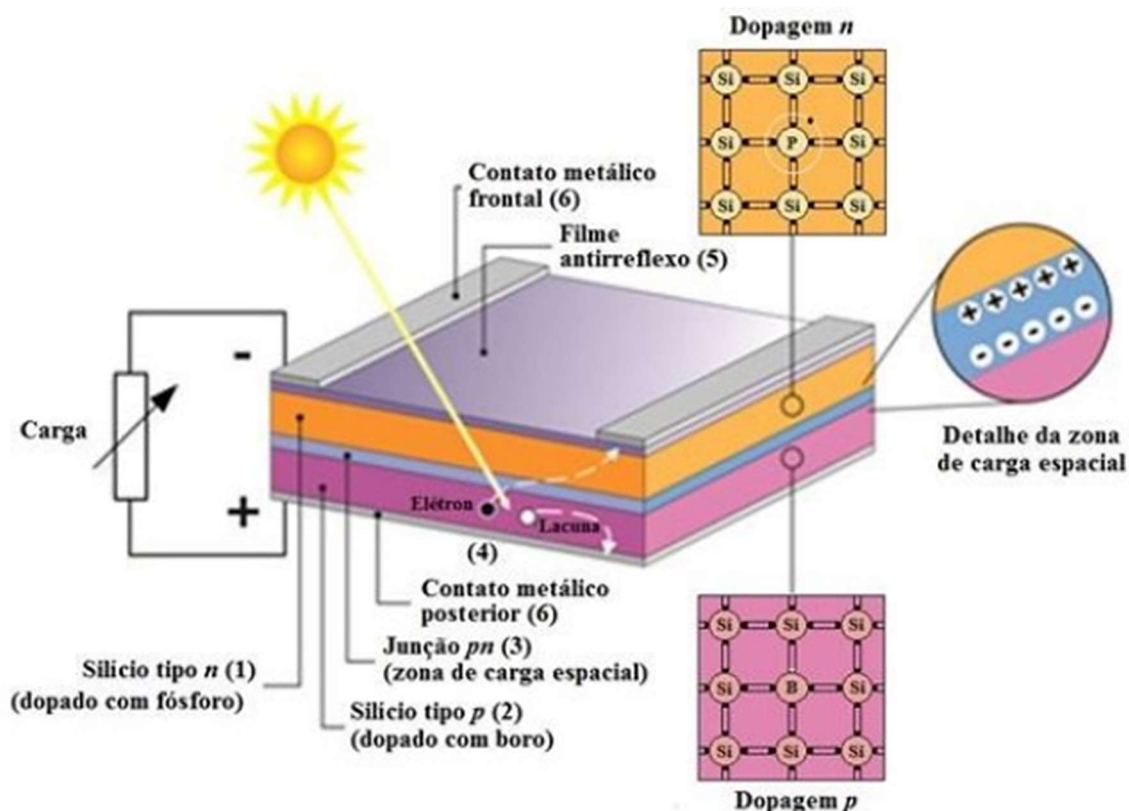
Após essa purificação, teremos criado um cristal de silício com até 99,9999% de pureza, que é um dos materiais mais puros produzidos pelo homem. É justamente esse processo de purificação que encarece a criação das células fotovoltaicas (BLUESOL, 2017).

Este elemento passa então por um processo de dopagem (inserção de outros elementos). Mediante a dopagem do silício com o fósforo obtém-se um material com elétrons livres, ou material com portadores de carga negativa (silício tipo N). Realizando o mesmo processo, mas acrescentando boro, obtém-se um material com características inversas (déficit de elétrons), ou material com cargas positivas (silício tipo P). Cada célula solar compõe-se de uma camada fina de material tipo N e outra com maior espessura de material tipo P.

Na prática, para se obter a junção PN da célula parte-se, por exemplo, de uma lâmina de silício já previamente dopada, em sua fabricação, com átomos do tipo P e se introduzem átomos do tipo N, de forma a compensar a região previamente dopada e obter uma região N na lâmina (por isso a maior concentração do dopante tipo N). Isto é feito na prática por meio de introdução do material em um forno a alta temperatura contendo um composto de fósforo em forma gasosa. Da mesma maneira, também se pode formar a junção PN em uma lâmina de silício tipo N, com introdução posterior de átomos tipo P (RÜTHER, 2004). A figura 01 mostra a estrutura física de uma junção PN de uma célula fotovoltaica.

Figura 1 - Estrutura básica de uma célula fotovoltaica de silício

Destaca-se: (1) região tipo n ; (2) região tipo p , (3) zona de carga espacial, onde se formou a junção pn e o campo elétrico; (4) geração de par elétron lacuna; (5) filme antirreflexo; (6) contatos metálicos.



Fonte: Pinho e Galdino (2014, p. 112)

2.3 TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTÁICAS

As tecnologias disponíveis atualmente incluem o silício monocristalino (m-Si), silício policristalino (p-Si), tecnologias de filmes finos de silício amorfo (a-Si), micro-amorfas (microcristalino / silício amorfo), telureto de cádmio (CdTe), cobre-índio-gálio-disseleneto (CIGS), concentrador-PV (CPV) e outras tecnologias emergentes. Cada módulo é diferenciado, principalmente, de acordo com o material utilizado, processo de fabricação, eficiência e custo.

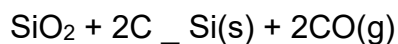
2.3.1 Silício Cristalino

O silício é o segundo material mais abundante na natureza perdendo apenas para o oxigênio. Pode ser encontrado na grande maioria das rochas, mas sua principal fonte de exploração é o quartzo, um dos minerais mais abundantes da crosta terrestre. O Brasil, um dos maiores produtores mundiais de silício de grau metalúrgico, possui as maiores jazidas de quartzo de alta qualidade do mundo. O quartzo é o mineral do qual se obtém este silício metalúrgico, que é utilizado principalmente na fabricação de ligas de alumínio. Além disso, também é a matéria-prima para a produção do silício cristalino, com o qual são produzidas as células solares fotovoltaicas, na figura 2 é mostrado um exemplo de célula de silício cristalino.

Para sua fabricação, a matéria prima utilizada é o silício ultrapuro. Pode ser utilizada a mesma matéria prima da indústria eletrônica (*chips*) o chamado silício grau eletrônico (Si-gE), com uma pureza de 99,9999999%, também denominada 9N (nove noves), ou então o silício grau solar (Si-gS), com 99,9999% (6N), de menor custo (este último não pode ser usado na indústria eletrônica).

O Si-gE é obtido, por meio de uma rota denominada processo Siemens, a partir do silício impuro, que é o silício grau metalúrgico (Si-gM), com pureza de ~99%. Já o Si-gS é obtido por meio do processo chamado Siemens modificado, ou por meio de outras rotas alternativas.

O Si metalúrgico (Si-gM), por sua vez, é obtido da sílica (SiO₂) em fornos a arco elétrico numa temperatura que pode atingir 1780°C, utilizando como matéria prima quartzo ou areia e o carvão, de acordo com a reação abaixo:



As células podem ser divididas em dois grupos, aquelas produzidas com silício monocristalino e policristalino e o que os diferenciam é a tecnologia de fabricação da célula (PINHO & GALDINO, 2014).

Figura 2 - Célula fotovoltaica de silício cristalino

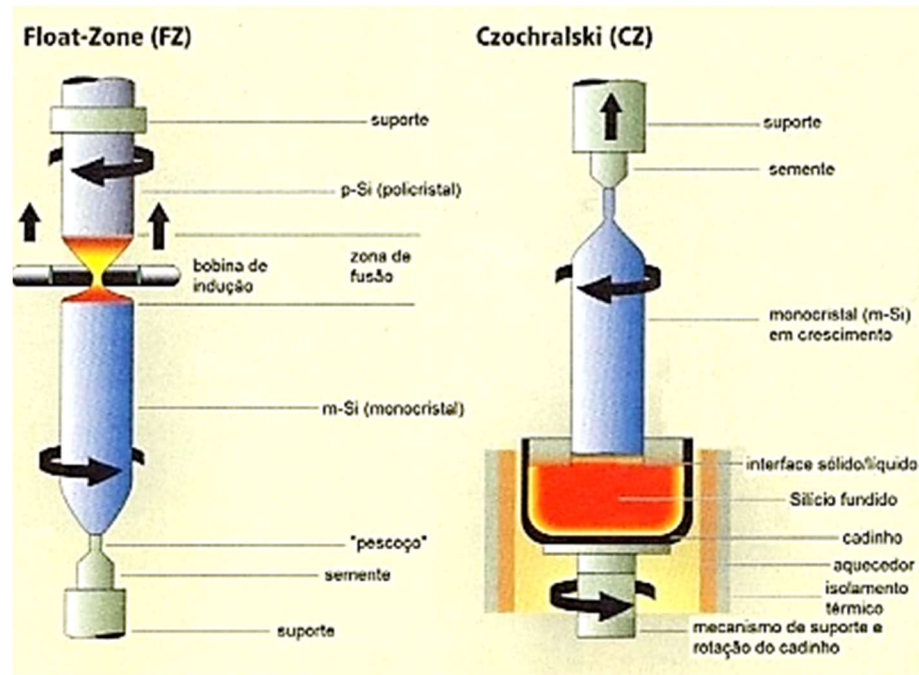


Fonte: Pinho e Galdino (2014, p. 128).

2.3.2 Silício Monocristalino (m-Si)

Possui uma estrutura homogênea, que exige silício com elevado grau de pureza, seu método de fabricação consiste na produção de barras de silício que serão cortadas em lâminas finas, que é obtido através do processo *Czochraski* (Si-Cz) ou também pela técnica de fusão zonal flutuante (Si-Fz, *Float Zone*), conforme a figura 3. Após o corte é depositado o fósforo, através de difusão de vapor a temperaturas entre 800-1200°C, e criada a rede de contatos frontais e traseiras que recolherão os elétrons liberados pelo efeito fotovoltaico. Também é feito um tratamento antirreflexo na parte posterior.

Figura 3 - Fabricação de tarugos (lingotes) de m-Si pela técnica de *float-zone* (FZ) e *Czochralski*



Fonte: Pinho e Galdino (2014, p. 129)

2.3.3 Silício Policristalino (p-Si)

O silício bruto é derretido e derramado em um molde quadrado, que quando esfria, se solidifica e é cortado em pastilhas perfeitamente quadradas. Neste processo, os átomos não se organizam em um único cristal e formam uma estrutura policristalina com superfícies de separação entre os cristais.

O silício policristalino apresenta menor eficiência de conversão, com a vantagem de um menor custo de produção, possui perfeição cristalina menor e processamento mais simples que no monocristalino (RÜTHER, 2004). A figura 4 ilustra o módulo de silício policristalino.

Figura 4 – Módulo de silício policristalino



Fonte: Kyocera solar (2017)

2.3.3.1 Filmes Finos

São dispositivos semicondutores finos, que são depositados normalmente em substratos de vidro, plástico ou em folha de metal, que cria células solares de película fina.

Os filmes finos fotovoltaicos têm espessuras que variam de 0,22-1,22 mm dependendo do fabricante, além de ser muito flexível. Os semicondutores mais comuns usados na produção de filmes finos solares são de silício amorfo (a-Si), telureto de cádmio (CdTe) e disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) (PINHO & GALDINO, 2014).

a) Silício Amorfo (a-Si)

A célula solar de silício amorfo, como mostrada na figura 5, foi a primeira tecnologia de filmes finos desenvolvida, começando a ser empregada em meados da década de 1970. Logo, começou a ser aplicada em equipamentos de baixo consumo elétrico como calculadoras, relógios, entre outros.

As células a-Si são camadas extremamente finas de silício, muitas vezes não tendo mais do que 0,5 micrometros de espessura com uma estrutura amorfa, o que reduz os níveis de eficiência quando comparado com as células cristalinas. O custo por metro quadrado é a metade do silício cristalino. Portanto, se a área disponível não for um problema, a tecnologia pode ter um melhor custo benefício.

Para fabricá-las, o semicondutor é depositado sobre um substrato (normalmente vidro, inox ou alguns plásticos), em processos a plasma (estado gasoso). Então, camadas condutoras transparentes são adicionadas para transmitir a

corrente elétrica. Um laser é usado para dividir a superfície em diversas células, processo usado para alcançar correntes e voltagens mais adequadas.

Em comparação com outras tecnologias, ela pode ser mais vantajosa em países de clima quente como o Brasil, pois não apresenta redução na potência com o aumento da temperatura de operação (AMERICA DO SOL, 2017).

Figura 5 – Módulo de silício amorfo



Fonte: Powerflex (2017)

b) Telureto de Cádmio (CdTe)

As células de CdTe são fabricadas sobre um substrato de vidro, com uma camada de óxido de estanho índio (OTI) como contato frontal, que é revestido com uma camada transparente de sulfato de cádmio (CdS) do tipo N, e depois com a camada de telureto de cádmio (CdTe) do tipo P. Podem ser fabricados por silkscreen, deposição galvânica ou pirólise pulverizada.

Os baixos custos de produção em grande escala, quando comparado às células de silício, são um atrativo, assim como a maior eficiência na conversão da energia solar em elétrica em relação ao silício amorfo (a-Si). Os problemas relacionados a essa tecnologia são a disponibilidade deste composto químico (bem

inferior à do silício) e a toxicidade do cádmio que, como o mercúrio, pode se acumular na cadeia de alimentos (AMERICA DO SOL, 2017).

c) Disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS)

As células solares fabricadas a partir da família de compostos baseados no Disseleneto de cobre e índio (CuInSe_2 , ou simplesmente CIS) e Disseleneto de cobre, gálio e índio (Cu(InGa)Se_2 , ou simplesmente CIGS) são bastante similares a do Telureto de cádmio.

Não são fáceis de serem fabricadas em escala industrial, razão pelo qual as empresas ativas nesta área levaram alguns anos para desenvolverem uma boa capacidade de produção. Devido à aparência estética, esses módulos são muitas vezes escolhidos pelos consumidores para a integração a edificações (AMERICA DO SOL, 2017).

d) Silício Microcristalino

As células microcristalinas são fabricadas em dois processos, um em alta temperatura e outro em baixa temperatura. O processo em alta temperatura consiste na deposição de filmes de silício de elevada qualidade sobre um substrato barato a temperaturas situadas entre 900 e 1000°C, criando estruturas microcristalinas semelhantes à do silício policristalino. A célula resultante desse primeiro processo é classificada como cristalina. O segundo processo, que ocorre em baixas temperaturas, é uma tecnologia de deposição de filme fino entre 200 e 500°C. Nesse processo são produzidas películas de silício com estruturas microcristalinas de grãos muito finos. As baixas temperaturas permitem a utilização de materiais baratos sobre os quais a célula é fabricada (vidro, metal ou plástico). Os processos de deposição são similares aos da tecnologia de silício amorfo (VILLALVA & GAZOLI, 2012).

2.3.4 Comparação Entre as Tecnologias

A Tabela 1 faz uma comparação entre algumas das tecnologias fotovoltaicas existentes, mostrando que as células e os módulos de silício mono e policristalino, com a exceção das células híbridas, são os que apresentam as maiores eficiências

de conversão, tanto nas experiências em laboratório como nos produtos comercialmente disponíveis.

Tabela 1 - Comparação da eficiência das diversas tecnologias de células e módulos fotovoltaicos

Material da Célula Fotovoltaica	Eficiência da Célula em Laboratório	Eficiência do Módulo em Laboratório	Eficiência dos Módulos Comerciais (Brasil)
Silício monocristalino	25,6%	23,8%	14 - 21%
Silício policristalino	21,3%	19,5%	13 - 16,5%
Silício amorfo	12,7%	12,3%	6 - 9%
Telureto de Cádmio	21%	18,6%	9 - 11%
CIGS	21%	17,5%	10 - 12%

Fonte: (GREEN, 2016) (PORTAL SOLAR, 2017)

2.4 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Um sistema fotovoltaico é uma fonte de potência elétrica, na qual as células fotovoltaicas transformam a Radiação Solar diretamente em energia elétrica.

Os sistemas fotovoltaicos podem ser implantados em qualquer localidade que tenha radiação solar suficiente. Sistemas fotovoltaicos não utilizam combustíveis, não possuem partes móveis, e por serem dispositivos de estado sólido, requerem menor manutenção. Durante o seu funcionamento não produzem ruído acústico ou eletromagnético, e tampouco emitem gases tóxicos ou outro tipo de poluição ambiental.

A confiabilidade dos sistemas fotovoltaicos é tão alta, que são utilizados em locais inóspitos como: espaço, desertos, selvas, regiões remotas, etc (BLUESOL, 2017).

Os sistemas fotovoltaicos podem ser divididos em dois grupos: os sistemas isolados e os sistemas conectados à rede elétrica, conforme mostra a figura 06.

Figura 6 – Tipos de sistemas fotovoltaicos



Fonte: Urbanetz (2010)

2.4.1.1 Sistemas Fotovoltaicos Isolados (SFVI)

Um sistema fotovoltaico isolado, como mostra a figura 7, é aquele que não tem contato com a rede de distribuição de eletricidade das concessionárias. Os sistemas isolados podem ser classificados em Híbridos ou Puros. Os sistemas isolados podem ser com, ou sem armazenamento elétrico. Um sistema fotovoltaico híbrido trabalha em conjunto com outro sistema de geração elétrica, que pode ser um aerogerador (no caso de um sistema híbrido solar-eólico), um moto-gerador a combustível líquido (ex.: diesel), ou qualquer outro sistema de geração elétrica.

Figura 7 – Sistema Isolado

Fonte: Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, USP (2017)

Um sistema híbrido, conforme figura 8, pode ou não possuir sistema de armazenamento de energia. Quando possui, geralmente o sistema de armazenamento tem autonomia de dois dias.

Um sistema fotovoltaico puro é aquele que não possui outra forma de geração de eletricidade. Devido ao fato de o sistema só gerar eletricidade nas horas de sol, os sistemas isolados são dotados de acumuladores que armazenam a energia para os períodos sem sol, o que acontece todas as noites, e também nos períodos chuvosos ou nublados. Os acumuladores são dimensionados de acordo à autonomia que o sistema deve ter, e essa varia de acordo às condições climatológicas da localidade onde será implantado o sistema fotovoltaico (BLUESOL, 2017).

Figura 8 – Sistema Híbrido



Fonte: Bluesol (2017)

Os sistemas isolados podem ser individuais ou em minirredes. No primeiro caso a geração é exclusiva para atendimento de uma única unidade consumidora, enquanto que no caso da minirrede, ilustrada na figura 9, a geração é partilhada entre um pequeno grupo de unidades consumidoras que estão geograficamente próximas umas das outras (PINHO & GALDINO, 2014).

Este trabalho trata-se de um sistema fotovoltaico isolado com armazenamento de energia.

Figura 9 – Minirrede

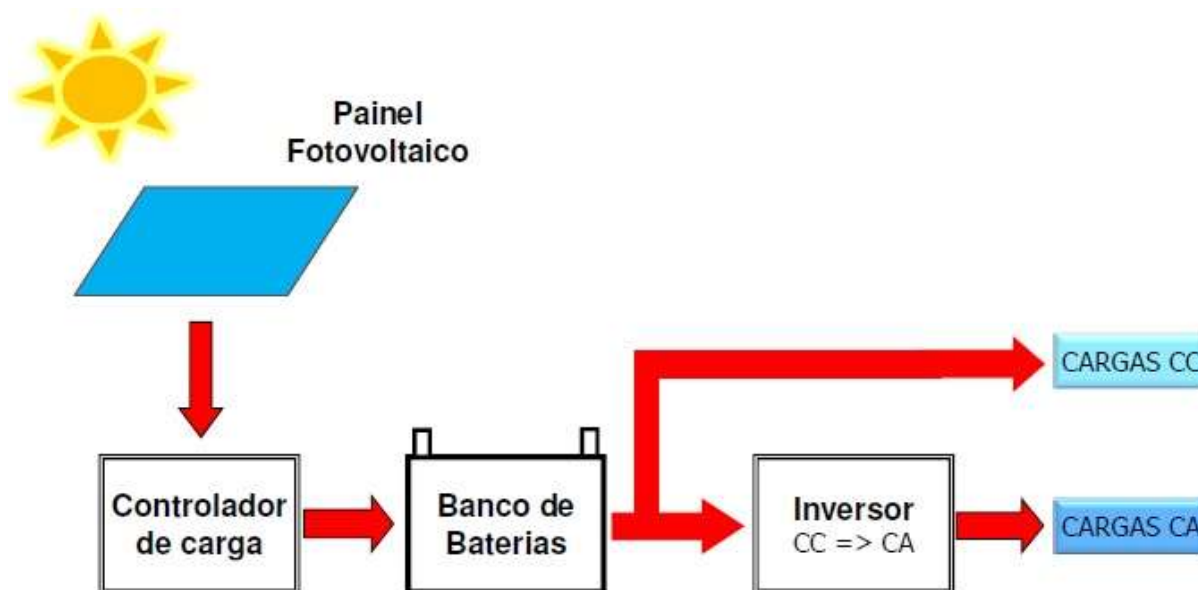


Fonte: Pinho; Galdino (2014)

2.4.1.2 Componentes do SFVI

Um sistema fotovoltaico isolado é geralmente composto de um módulo ou um conjunto de módulos fotovoltaicos, um controlador de carga, uma bateria e, conforme a aplicação, um inversor de tensão contínua para tensão alternada (VILLALVA GAZOLI, 2012). A figura 10 mostra os componentes do SFVI.

Figura 10 – Componentes do SFVI



Fonte: Urbanetz (2016)

Os painéis solares foram mostrados nos tópicos anteriores, a seguir serão tratados dos outros componentes do SFVI.

a) Baterias

A presença de uma bateria é necessária para proporcionar fornecimento constante de energia para o consumidor, permitindo seu armazenamento para uso posterior. As baterias podem ser agrupadas em série ou em paralelo para formar bancos de baterias. A associação em série permite obter tensões maiores e a associação em paralelo permite acumular mais energia ou fornecer mais corrente elétrica com a mesma tensão (VILLALVA & GAZOLI, 2012).

A bateria estacionária foi desenvolvida especialmente para aplicações fotovoltaicas e outros tipos de sistemas que necessitam de armazenamento de energia para a alimentação de equipamentos elétricos e eletrônicos. Pode ser usada por um longo tempo e pode ser descarregada até atingir uma porcentagem menor de sua carga máxima sem se danificar. As mais utilizadas são as baterias de chumbo-ácido. As baterias automotivas não são utilizadas pois são projetadas para oferecer grande intensidade de corrente elétrica por um curto período de tempo, diferente das necessidades do SFVI.

b) Controlador de Carga

O controlador de carga é o dispositivo que faz a correta conexão entre o painel fotovoltaico e a bateria, evitando que a bateria seja sobrecarregada ou descarregada excessivamente.

Funções do controlador de carga:

- Controle da perfeita recarga do banco de baterias;
- Proteção contra sobrecargas indevidas;
- Proteção contra descarga excessiva (acima de 80%, ou ajustável);
- Informação do nível de carga do banco de baterias.

c) Inversor

O inversor é necessário nos sistemas fotovoltaicos para alimentar consumidores em corrente alternada a partir da energia elétrica de corrente contínua produzida pelo painel fotovoltaico ou armazenada na bateria.

Características dos inversores:

- Onda de saída: senoidal pura ou senoidal modificada;
- Tensão CC de entrada (V);
- Tensão CA de saída (V);
- Frequência da tensão de saída (Hz);
- Potência nominal CA de saída (W);
- Potência máxima CA de saída (W);
- Consumo próprio (W).

2.5 CONTAINER

Container é uma estrutura metálica normalmente utilizada para transporte de cargas em navios e trens, no entanto, este material vem ganhando cada vez mais espaço no setor da construção civil, e aparece no Brasil como uma forma de inovação na arquitetura.

Segundo Saurin e Formoso (2006) o uso de containers no setor da construção em países desenvolvidos é uma prática recorrente e, tem sido adotada como

alternativa há muito tempo em obras de montagem industrial e grandes empreendimentos.

Contudo no Brasil, mesmo que atualmente tenha se disseminado a utilização de containers em obras de edificações residenciais e comerciais, essa alternativa ainda se considera como prática minoritária em comparação com a utilização de barracos em madeira.

Nos canteiros de obras atualmente dois tamanhos de containers são utilizados, (C=6,06 m x L=2,44 m x A=2,59 m) e (C=12,19 x L=2,44 m x A=2,59 m), sendo objeto deste estudo apenas o primeiro.

Figura 11 – Container 6 metros



Fonte: Delta Containers (2017)

2.6 CANTEIRO DE OBRAS

Segundo a norma NR-18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção, define-se canteiro de obras como: Área de trabalho fixa e temporária onde se desenvolvem operações de apoio e execução de uma obra.

Segundo a norma NBR-12284 - Áreas de Vivências em Canteiros de Obras define o canteiro como: Áreas destinadas à execução e apoio dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência.

Com estas definições, é visível que os canteiros devem ser considerados como uma fábrica cujo produto final é o edifício. Logo, sendo considerado uma fábrica, o canteiro deve ser analisado sob a ótica dos processos de produção do edifício e também como o espaço onde as pessoas envolvidas na produção estarão vivendo seu dia-a-dia de trabalho. (SOUZA, 2000)

O canteiro deverá ser preparado de acordo com a previsão de todas as necessidades, assim como a distribuição conveniente do espaço disponível e obedecendo as necessidades do desenvolvimento da obra (AZEREDO, 1997).

Dentro da estrutura do canteiro de obras, temos os seguintes elementos:

- Central de concreto;
- Central de argamassa;
- Central de preparo de armaduras;
- Central de produção de formas;
- Oficina de montagem de instalações de esquadrias;
- Central de pré-moldados;
- Central de carpintaria;
- Estoque;
- Almoxarifado;
- Elevadores e guias;
- Escritório administrativo / técnico com instalações sanitárias;
- Recepção da obra;
- Controle de ponto;
- Refeitório;
- Ambulatório;
- Sanitários e vestiários.

2.7 ENERGIA SOLAR FOTOTÉRMICA

O fornecimento de água quente representa uma necessidade nas instalações de determinados aparelhos e equipamentos ou uma conveniência para melhorar as condições de conforto e higiene em aparelhos sanitários de uso comum.

Devido à procura do homem pela maior utilização de recursos renováveis em suas construções, a busca pelo uso de coletores solares para aquecimento de água tem crescido.

A energia solar fototérmica é dada pela quantidade de energia que um determinado corpo é capaz de absorver, sob a forma de calor, a partir da radiação solar incidente no mesmo. Os equipamentos mais difundidos para a utilização dessa forma de energia são os coletores solares.

Os coletores solares são aquecedores de fluidos (líquidos ou gasosos). O fluido aquecido é mantido em reservatórios termicamente isolados até o seu uso final (água aquecida para banho, ar quente para secagem de grãos, gases para acionamento de turbinas, etc.).

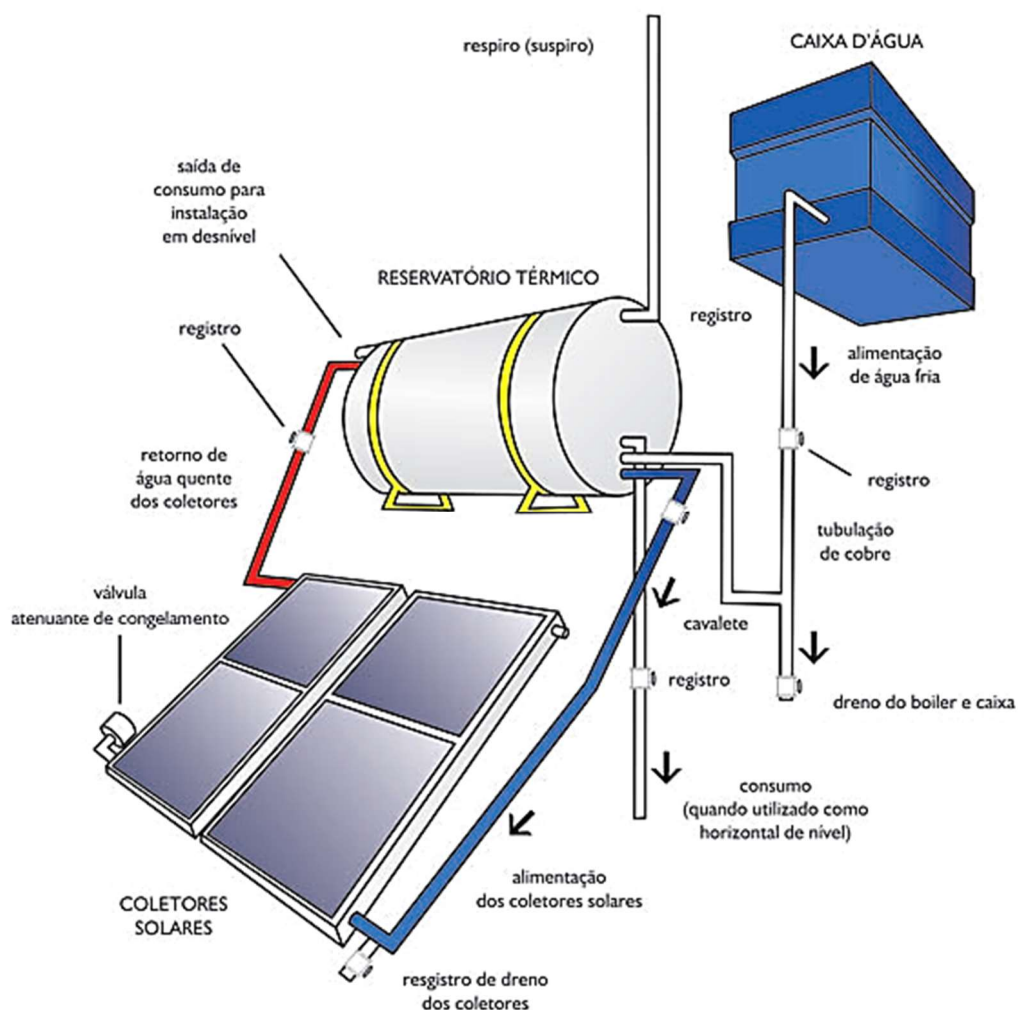
São necessários cálculos simples de dimensionamento de água quente, um adequado posicionamento dos coletores e reservatórios, a escolha de equipamentos que tenham selo de qualidade, para garantia de qualidade e longevidade do sistema e, sobretudo um projeto de arquitetura que preveja esta situação para os projetos em andamento e para as construções já executadas.

O sistema de geração de água quente à base de energia solar se compõe de:

- Coletores de energia (placas coletoras), que absorvem energia dos raios solares aquecendo-se e transferindo o calor para a água contida em um conjunto de tubos que constituem uma espécie de serpentina;
- Acumulador de energia (reservatório de água quente com revestimento térmico, boiler, *storage*);
- Rede de distribuição (tubulações e acessórios);
- Bomba de circulação, quando a circulação por convecção for suficiente para alcançar a temperatura desejada.

A figura 12 ilustra a estrutura do sistema coletor solar.

Figura 12 – Exemplo de coletor solar



Fonte: Soletrol (2017)

Os coletores devem ser montados de acordo com as seguintes prescrições:

- Orientação: deverá ser orientado para o norte verdadeiro;
- Inclinação: a inclinação com a horizontal deverá ser igual à latitude do local mais 5 a 10°;
- Nível: para que ocorra a circulação normal (fluxo ascendente de água com temperatura mais elevada), deverá haver um desnível de 60 cm ou mais entre a saída do coletor e o fundo do reservatório de água quente.

A utilização de energia solar no aquecimento de água apresenta uma importância cada vez maior devido ao elevado custo das outras formas de energia. O aproveitamento da energia solar no aquecimento de água exige um investimento inicial elevado que normalmente é compensado pela gratuidade da energia solar.

Vantagens:

- Não é poluidora;
- É autossuficiente;
- É completamente silenciosa;
- É uma fonte alternativa de energia;
- Geralmente está disponível no local do consumo;
- Um bom aquecedor consegue elevar a temperatura da água acima de 80°C.

Desvantagens:

- Encontra limitações do ponto de vista arquitetônico e também de espaço nas coberturas das edificações;
- Apresenta-se na forma disseminada, não concentrada, portanto de difícil captação;
- Apresenta disponibilidade descontínua (dia / noite, inverno / verão).
- Apresenta variações casuais (céu nublado, chuva);
- Pode haver necessidade de um aquecedor auxiliar que utilize energia convencional para suprir os períodos ou momentos de carência.

3 PROJETO DOS SISTEMAS ACOPLADOS AOS CONTAINERS

Para o desenvolvimento deste trabalho foi definido um cenário para determinar todos os parâmetros do projeto.

Os parâmetros definidos serão:

- Definição dos ambientes do Canteiro;
- Definição do número de trabalhadores;
- Escolha dos containers;
- Cargas elétricas de cada container;
- Delimitação geográfica considerada no projeto do SFVI.

3.1 PARÂMETROS DO PROJETO

Foi considerado para este trabalho um canteiro de obras contendo vestiário, escritório, refeitório, banheiro e oficina, sendo para isso utilizados containers com as seguintes dimensões (C=6,06 m x L=2,44 m x A=2,59 m). Os locais geográficos considerados para este projeto foi a área metropolitana de Curitiba, e para efeitos de cálculo, foi definido como base a região de Fazenda Rio Grande, com as coordenadas de latitude 25,70° sul e longitude 49,36° oeste. Segundo (Urbanetz, 2017), para a região sul deve-se instalar os painéis solares com as faces voltadas para o norte geográfico, e com uma inclinação de 10° a 15° somadas a latitude do local, quando em SFVI. Portanto para este caso considerou-se a inclinação dos módulos a 35°. Como o primeiro módulo das placas solares serão instaladas sempre nas mesmas posições, bem como os inversores serão instalados em posições padrão para todos os containers, foram definidas as distâncias dos condutores:

- Condutores CC (Painel FV - Controlador de Carga - Banco de Baterias) - 3 m;
- Condutores CC (Banco de Baterias - Inversor) - 2 m;
- Condutores CA (Inversor - Quadro de Distribuição) - 9 m;

Os níveis de tensão de trabalho foram definidos em 12, 24 ou 48 V, para o lado CC e 220 V para o lado CA.

De acordo com a NBR 5410 (Instalações elétricas de baixa tensão), foi definido em 4% o valor máximo de queda de tensão admissível.

Com relação as baterias, pode-se citar (Urbanetz, 2016) onde diz que a norma NBR14298 (Sistemas fotovoltaicos – Banco de baterias - Dimensionamento) apresenta uma série de definições relativas aos sistemas de acumulação de energia elétrica e traz algumas recomendações quanto à autonomia de sistemas isolados puros e também um roteiro para o dimensionamento do banco de baterias.

De forma simplificada, a capacidade do banco de baterias pode ser determinada como a seguir, supondo regime C₂₀, profundidade de descarga máxima admitida de 50%, profundidade de descarga diária máxima de 20%, temperatura de operação estimada em 25°C e fator de segurança de 10%. Serão utilizadas baterias chumbo-ácido estacionária com autonomia para 2 dias.

Determinou-se um número total de dez trabalhadores de diversas funções no canteiro. Foi considerada uma jornada de trabalho mensal de 22 dias com turno único de 8 horas diárias.

As cargas de cada container estão na tabela 2.

Tabela 2 – Cargas elétricas de cada container

AMBIENTE	ILUMINAÇÃO	TOMADAS	TOTAL
Vestiário	2x LED 18 W	1x TUG 100 W	136 W
Escritório	2x LED 18 W	3x TUG 100 W	336 W
Refeitório	2x LED 18 W	1x TUE 1500 W	1636 W
Banheiro	2x LED 18 W	1x TUG 100 W	136 W
Oficina	2x LED 18 W	1x TUE 1500 W	1636 W

Fonte: (Autoria Própria)

3.2 PROJETO DO SFVI

Para o sistema SFVI dos containers, foi decidido utilizar painéis solares com a tecnologia de silício policristalino com eficiência média de 14%, levando em conta a

sua durabilidade e por serem mais baratos, tornando o sistema atraente para a implementação nos containers de canteiros de obras.

De acordo com as coordenadas geográficas adotadas, foram retirados da base de dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006) os valores de irradiação global no plano horizontal nos meses na localidade, conforme mostra a tabela 3.

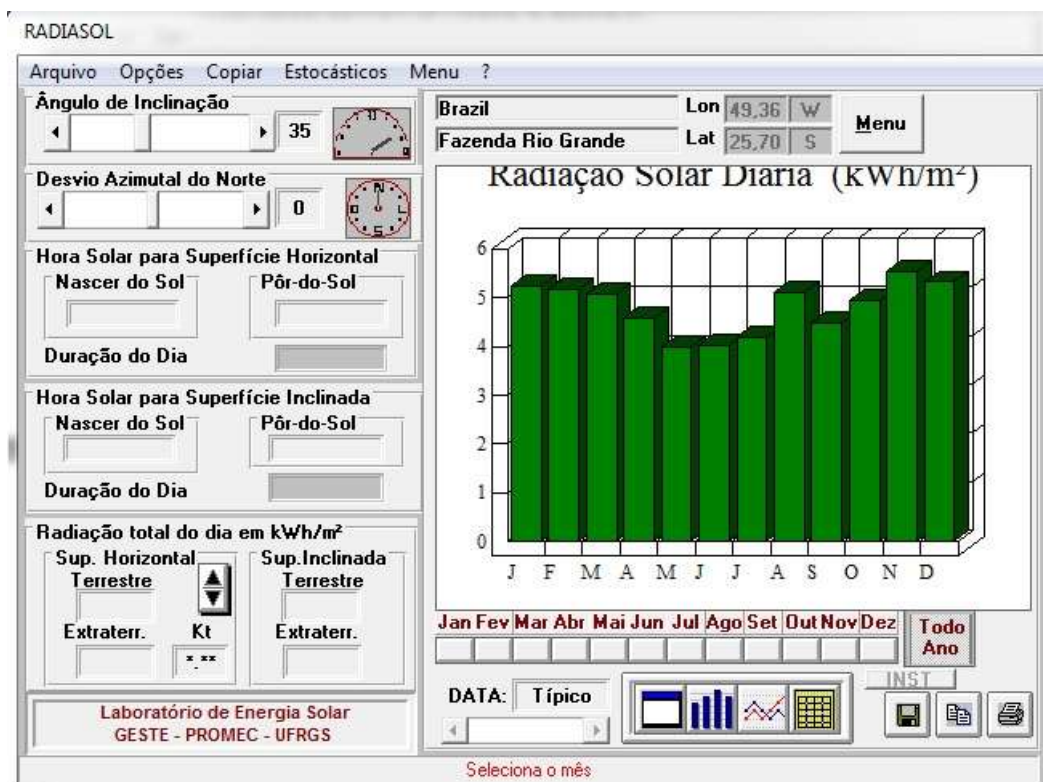
Tabela 3 – Irradiação incidente no cliente conforme banco de dados (Lat. -25,70°; Long. -49,36°)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Global Horizontal kWh/m².dia	5,82	5,48	4,97	4,09	3,28	3,06	3,24	4,17	4,27	5,10	6,11	5,98	4,63

Fonte: (Banco de dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2006)

Utilizando o *software* Radiasol, os valores da tabela 3 foram ajustados para a inclinação da instalação das placas solares como foram definidos nos parâmetros dos projetos. A figura 13 mostra os resultados obtidos no programa Radiasol.

Figura 13 – Banco de dados da tabela 3 inserido no *software* Radiasol



Fonte: Radiasol (2017)

Do gráfico gerado pelo *software*, foi elaborada a tabela 4, com a irradiação para o ângulo de projeto.

Tabela 4 – Irradiação incidente no cliente conforme ângulo de projeto

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Inclinada (35°) kWh/m².dia	5,24	5,16	5,07	4,59	3,98	4,02	4,20	5,11	4,48	4,94	5,55	5,32	4,81

Fonte: (Radiasol, 2017)

Para poder suprir a geração de energia no inverno, será utilizado nos cálculos o valor de menor irradiação, ou seja, 3,98 kWh/m².dia.

3.2.1.1 Projeto do SFVI do Vestiário

Foi considerada uma média de utilização das instalações elétricas do vestiário de 2 horas por dia, com tensão do lado CC de 12 V e do lado CA de 220 V.

Multiplicando a potência instalada indicada na tabela 2 pela quantidade de horas que o ambiente é utilizado, tem-se a energia demandada pelas cargas diariamente, ou seja:

$$E = P \times t \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

E - energia demandada pelas cargas diariamente (Wh/dia);

P - Potência instalada (W);

t - Tempo diário de utilização do sistema (h).

$$E = 136 \times 2 = 272 \text{ Wh/dia}$$

a) Determinação da potência do painel FV (P_{FV})

Para atender ao consumo diário médio, é dada pela equação 2 a seguir:

$$P_{FV} = \frac{E \cdot G}{H_{TOT} \cdot R} \cdot F_{CARREG} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

P_{FV} - Potência do painel fotovoltaico em (Wp);

E - Energia demandada pelas cargas diariamente (Wh/dia);

G - Irradiância nas condições STC (1.000 W/m²);

H_{TOT} - Irradiação solar incidente no plano dos módulos FV (Wh/m².dia);

F_{CARREG} - Fator de carregamento diário das baterias, será adotado 1,1;

R - rendimento do conjunto de aparelhos e componentes do sistema: controlador de carga, bateria, inversor (quando houver) e fiação.

O valor de R para sistemas FV isolados situa-se tipicamente entre 65 e 75%. Neste caso utilizou-se $R=70\%$.

$$P_{FV} = \frac{272 \cdot 1000}{3980 \cdot 0,7} \cdot 1,1 = 107,4 \text{ Wp}$$

A área necessária para instalar esta potência FV é dada pela equação 3.

$$A = \frac{P_{FV}}{E_{FF}} \cdot 100 \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

A – Área necessária para (m²);

P_{FV} – Potência do painel FV (kWp);

E_{FF} - eficiência de conversão da tecnologia fotovoltaica adotada (%).

Conforme definido nos parâmetros de projeto, a eficiência dos módulos será de 14%.

$$A = \frac{0,1074}{14} \cdot 100 = 0,76 \text{ m}^2$$

b) Determinação do banco de baterias

Com base nos parâmetros de projeto, determina-se o banco de baterias utilizando os critérios citados por (Urbanetz, 2017):

- Tipo: (normalmente chumbo-ácido estacionária);
- Tensão nominal (V);
- Capacidade nominal em regime C_{20} (Ah);
- Tipo e posição dos bornes.

Para os cálculos (Urbanetz, 2017) sugere:

- (i) Consumo em Ah/dia = Consumo diário ÷ tensão CC (Ah/dia);
- (ii) Capacidade preliminar não ajustada = (i) x autonomia desejada em dias
- (iii) Capacidade ajustada em função da máx. prof. de descarga = (ii) ÷ máxima profundidade de descarga (%);
- (iv) Capacidade ajustada em função da máx. prof. de descarga diária = (i) ÷ máxima profundidade de descarga diária (%);
- (v) Capacidade ajustada em função da profundidade de descarga = maior valor entre (iii) e (iv);
- (vi) Capacidade ajustada em função do fator de segurança = (v) + fator de Segurança (%).

Onde:

- Máxima profundidade de descarga – normalmente 50%;
- Máxima profundidade de descarga diária – normalmente 20%;
- Fator de segurança – normalmente 10%.

Para o consumo diário de 272 Wh/dia, determinado no item 3.2.1.1 tem-se:

- (i) Consumo em Ah/dia = $272 \text{ Wh/dia} \div 12 \text{ V} = 22,7 \text{ Ah/dia}$;
- (ii) Capacidade preliminar não ajustada = (i) x 2 dias = 45,3 Ah;
- (iii) Capacidade ajustada em função da máx. prof. de descarga = (ii) ÷ 50% = 90,7 Ah;
- (iv) Capacidade ajustada em função da máx. prof. de descarga diária = (i) ÷ 20% = 113,3 Ah;
- (v) Capacidade ajustada em função da profundidade de descarga = maior valor entre (iii) e (iv) = 113,3 Ah;

(vi) Capacidade ajustada em função do fator de segurança = $(v) + 10\% = 124,7$

Ah

c) Especificação dos equipamentos do sistema fotovoltaico

Módulos FV

Com a escolha do arranjo dos módulos e com base no catálogo do fabricante, segundo (Urbanetz, 2017) deve-se determinar os seguintes parâmetros do arranjo:

$V_{m\acute{a}x}$ = número de módulos em série x V_{oc} ;

V_{MPP} = número de módulos em série x V_{MPP} módulo;

I_{MPP} = número de módulos em paralelo x I_{MPP} módulo;

P_{DC} = número de módulos do arranjo x P_{MAX} módulo.

Onde:

$V_{m\acute{a}x}$ - Tensão máxima de circuito aberto do arranjo (V);

V_{MPP} - Tensão máxima do arranjo (V);

I_{MPP} = Corrente máxima do arranjo (A);

P_{DC} = Potência máxima do arranjo (W);

P_{MAX} = Potência máxima do módulo (W).

Para determinação do número de módulos fotovoltaicos:

Quantidade mínima de módulos FV = P_{FV} / P_{MAX} módulo

Logo:

Quantidade mínima de módulos FV = $107,4 / 325 = 0,33$

Será utilizado um arranjo de 1 módulo de 325 Wp. O modelo utilizado será o CS6U-325P da Canadian Solar.

Com base nos dados do catálogo do fabricante foi determinado que:

$V_{m\acute{a}x} = 1 \times 45,5 = 45,5 \text{ V}$

$V_{MPP} = 1 \times 37 = 37 \text{ V}$

$I_{MPP} = 1 \times 8,78 = 8,78 \text{ A}$

$P_{DC} = 1 \times 325 = 325 \text{ W}$

Banco de Baterias

Para atender a tensão determinada do lado CC de 12 V e o valor calculado anteriormente será utilizado um arranjo composto por 1 bateria, modelo DF2500 – 150 Ah da Freedom (150 Ah / 12 V).

Controlador de Carga

De acordo com (Urbanetz, 2017), para especificação do controlador de carga, devem ser levados alguns parâmetros em consideração:

- Tensão(ões) nominal(is) de saída;
- Máxima tensão de entrada;
- Corrente nominal;
- Tipo: on/off; PWM; MPPT.

Portanto, para as condições abaixo:

- Tensão nominal de saída: 12 V
- Máxima tensão de entrada: > 45,5 V
- Corrente nominal: > 8,78 A
- Tipo: PWM.

Foi escolhido o controlador modelo VS1024AU da EP Solar.

Inversor

Para a especificação do inversor (Urbanetz, 2017), diz que devem ser seguidos alguns critérios:

- Onda de saída: senoidal pura ou senoidal modificada;
- Tensão CC de entrada (V);
- Tensão CA de saída (V);
- Frequência da tensão de saída (Hz);
- Potência nominal CA de saída (W);
- Potência máxima CA de saída (W);
- Consumo próprio (W).

Foi escolhido o inversor modelo SHI400-12 da EP Solar, que possui as seguintes características:

- Onda de saída: senoidal pura;
- Tensão CC de entrada: 12 V;
- Tensão CA de saída: 220 V;
- Frequência da tensão de saída: 60 Hz;
- Potência nominal CA de saída: 400 W;
- Potência máxima CA de saída: 900 W;
- Consumo próprio: 1 W.

e) Dimensionamento dos condutores

Com base nos níveis de tensão definidos nos parâmetros de projeto foram calculados os condutores do sistema utilizando a equação 4, conforme (Urbanetz, 2017).

$$S_{\text{Cond}} = \left(\frac{2 \cdot L \cdot P \cdot 0,0178}{V^2 \cdot \Delta V} \right) \cdot 100 \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

S_{cond} - Seção dos condutores (mm^2);

L - Comprimento dos condutores (m);

P - Potência total do circuito (W);

V - Tensão nominal do circuito (V);

ΔV - Queda de tensão (%).

- Condutores CC (Painel FV – Controlador de Carga – Banco de Baterias)

$$S_{\text{Cond}} = \left(\frac{2 \cdot 3 \cdot 325 \cdot 0,0178}{12^2 \cdot 4} \right) \cdot 100 = 6,0 \text{ mm}^2$$

- Condutores CC (Banco de Baterias - Inversor)

$$S_{\text{Cond}} = \left(\frac{2 \cdot 2 \cdot 400 \cdot 0,0178}{12^2 \cdot 4} \right) \cdot 100 = 4,9 \text{ mm}^2$$

Serão adotados condutores #6,0 mm².

- Condutores CA (Inversor - Cargas)

$$S_{\text{Cond}} = \left(\frac{2 \cdot 9 \cdot 400 \cdot 0,0178}{220^2 \cdot 4} \right) \cdot 100 = 0,1 \text{ mm}^2$$

Em função da NBR 5410, serão adotados condutores #2,5 mm².

3.2.1.2 Projeto do SFVI do Escritório

Foi considerada uma média de utilização das instalações elétricas do escritório de 4 horas por dia, com tensão do lado CC de 24 V e do lado CA de 220 V.

Conforme a equação 1 tem-se:

$$E = 336 \times 4 = 1344 \text{ Wh/dia}$$

a) Determinação da potência do painel FV (PFV)

Para atender ao consumo diário médio, utilizando a equação 2 tem-se:

$$P_{\text{FV}} = \frac{1344 \cdot 1000}{3980 \cdot 0,7} \cdot 1,1 = 530,65 \text{ Wp}$$

A área necessária para instalar esta potência FV é dada pela equação 3.

$$A = \frac{0,5306}{14} \cdot 100 = 3,79 \text{ m}^2$$

b) Determinação do banco de baterias

Para o consumo diário de 1344 Wh/dia, temos:

(i) Consumo em Ah/dia = 1344 Wh/dia ÷ 24 V = 56 Ah/dia;

(ii) Capacidade preliminar não ajustada = (i) x 2 dias = 112 Ah;

(iii) Capacidade ajustada em função da máx. prof. de descarga = (ii) ÷ 50% = 224 Ah;

(iv) Capacidade ajustada em função da máx. prof. de descarga diária = (i) ÷ 20% = 280 Ah;

(v) Capacidade ajustada em função da profundidade de descarga = maior valor entre (iii) e (iv) = 280 Ah;

(vi) Capacidade ajustada em função do fator de segurança = (v) + 10% = 308 Ah.

c) Especificação dos equipamentos do sistema fotovoltaico

Módulos FV

Quantidade mínima de módulos FV = $530,65 / 325 = 1,63$

Será utilizado um arranjo de 2 paralelos de 1 módulo de 325 Wp. O modelo utilizado será o CS6U-325P da Canadian Solar.

Com base nos dados do catálogo do fabricante foi determinado que

$$V_{\text{máx}} = 1 \times 45,5 = 45,5 \text{ V}$$

$$V_{\text{MPP}} = 1 \times 37 = 37 \text{ V}$$

$$I_{\text{MPP}} = 2 \times 8,78 = 17,56 \text{ A}$$

$$P_{\text{DC}} = 2 \times 325 = 650 \text{ W}$$

Banco de Baterias

Será utilizado um arranjo composto por 2 paralelos de 2 baterias em série, modelo DF3000 - 170 Ah da Freedom (340 Ah / 24 V).

Controlador de Carga

Para as condições abaixo:

- Tensão nominal de saída: 24 V
- Máxima tensão de entrada: > 37 V
- Corrente nominal: > 17,56 A
- Tipo: PWM.

Foi escolhido o controlador modelo VS2024AU da EP Solar.

Inversor

Foi escolhido o inversor modelo SHI1000-22 da EP Solar, que possui as seguintes características:

- Onda de saída: senoidal pura;
- Tensão CC de entrada: 24 V;
- Tensão CA de saída: 220 V;
- Frequência da tensão de saída: 60 Hz;
- Potência nominal CA de saída: 1000 W;
- Potência máxima CA de saída: 2250 W;
- Consumo próprio: 1 W.

d) Dimensionamento dos condutores

- Condutores CC (Painel FV – Controlador de Carga – Banco de Baterias)

$$S_{\text{Cond}} = \left(\frac{2 \cdot 3 \cdot 650 \cdot 0,0178}{24^2 \cdot 4} \right) \cdot 100 = 3,0 \text{ mm}^2$$

- Condutores CC (Banco de Baterias - Inversor)

$$S_{\text{Cond}} = \left(\frac{2 \cdot 2 \cdot 1000 \cdot 0,0178}{24^2 \cdot 4} \right) \cdot 100 = 3,1 \text{ mm}^2$$

Serão adotados condutores #4,0mm².

- Condutores CA (Inversor - Cargas)

$$S_{\text{Cond}} = \left(\frac{2 \cdot 9 \cdot 1000 \cdot 0,0178}{220^2 \cdot 4} \right) \cdot 100 = 0,2 \text{ mm}^2$$

Em função da NBR 5410, serão adotados condutores #2,5mm².

3.2.1.3 Projeto do SFVI do Refeitório

Foi considerada uma média de utilização das instalações elétricas do refeitório de 1 hora por dia, com tensão do lado CC de 24 V e do lado CA de 220 V.

Conforme a equação 1 tem-se:

$$E = 1636 \times 1 = 1636 \text{ Wh/dia}$$

a) Determinação da potência do painel FV (PFV)

Para atender ao consumo diário médio, utilizando a equação 2 tem-se:

$$P_{FV} = \frac{1636 \cdot 1000}{3980 \cdot 0,7} \cdot 1,1 = 645,94 \text{ Wp}$$

A área necessária para instalar esta potência FV é dada pela equação 3.

$$A = \frac{0,646}{14} \cdot 100 = 4,61 \text{ m}^2$$

b) Determinação do banco de baterias

Para o consumo diário de 1636 Wh/dia, temos:

(i) Consumo em Ah/dia = $1636 \text{ Wh/dia} \div 24\text{V} = 68,2 \text{ Ah/dia}$;

(ii) Capacidade preliminar não ajustada = (i) x 2 dias = 136,3 Ah;

(iii) Capacidade ajustada em função da máx. prof. de descarga = (ii) ÷ 50% = 272,7 Ah;

(iv) Capacidade ajustada em função da máx. prof. de descarga diária = (i) ÷ 20% = 340,8 Ah;

(v) Capacidade ajustada em função da profundidade de descarga = maior valor entre (iii) e (iv) = 340,8 Ah;

(vi) Capacidade ajustada em função do fator de segurança = (v) + 10% = 374,9 Ah.

c) Especificação dos equipamentos do sistema fotovoltaico

Módulos FV

Quantidade mínima de módulos FV = $645,94 / 325 = 1,98$

Será utilizado um arranjo de 2 paralelos de 1 módulo de 325 Wp. O modelo utilizado será o CS6U-325P da Canadian Solar.

Com base nos dados do catálogo do fabricante foi determinado que

$$V_{\text{máx}} = 1 \times 45,5 = 45,5 \text{ V}$$

$$V_{\text{MPP}} = 1 \times 37 = 37 \text{ V}$$

$$I_{\text{MPP}} = 2 \times 8,78 = 17,56 \text{ A}$$

$$P_{\text{DC}} = 2 \times 325 = 650 \text{ W}$$

Banco de Baterias

Será utilizado um arranjo composto por 2 paralelos de 2 baterias em série, modelo DF4001 - 220 Ah da Freedom (440 Ah / 24 V).

Controlador de Carga

Para as condições abaixo:

- Tensão nominal de saída: 24 V
- Máxima tensão de entrada: > 37 V
- Corrente nominal: > 17,56 A
- Tipo: PWM.

Foi escolhido o controlador modelo VS2024AU da EP Solar.

Inversor

Foi escolhido o inversor modelo SHI2000-22 da EP Solar, que possui as seguintes características:

- Onda de saída: senoidal pura;
- Tensão CC de entrada: 24 V;
- Tensão CA de saída: 220 V;
- Frequência da tensão de saída: 60 Hz;
- Potência nominal CA de saída: 2000 W;

- Potência máxima CA de saída: 4600 W;
- Consumo próprio: 1 W.

d) Dimensionamento dos condutores

- Condutores CC (Painel FV – Controlador de Carga – Banco de Baterias)

$$S_{\text{Cond}} = \left(\frac{2 \cdot 3 \cdot 650 \cdot 0,0178}{24^2 \cdot 4} \right) \cdot 100 = 3,0 \text{ mm}^2$$

- Condutores CC (Banco de Baterias - Inversor)

$$S_{\text{Cond}} = \left(\frac{2 \cdot 2 \cdot 2000 \cdot 0,0178}{24^2 \cdot 4} \right) \cdot 100 = 6,2 \text{ mm}^2$$

Serão adotados condutores #10 mm².

- Condutores CA (Inversor - Cargas)

$$S_{\text{Cond}} = \left(\frac{2 \cdot 9 \cdot 2000 \cdot 0,0178}{220^2 \cdot 4} \right) \cdot 100 = 0,3 \text{ mm}^2$$

Em função da NBR 5410, serão adotados condutores #2,5mm².

3.2.1.4 Projeto do SFVI da Oficina

Foi considerada uma média de utilização das instalações elétricas da oficina de 2,5 horas por dia, com tensão do lado CC de 48 V e do lado CA de 220 V.

Conforme a equação 1 tem-se:

$$E = 1636 \times 2,5 = 4090 \text{ Wh/dia}$$

a) Determinação da potência do painel FV (PFV)

Para atender ao consumo diário médio, utilizando a equação 2 tem-se:

$$P_{FV} = \frac{4090 \cdot 1000}{3980 \cdot 0,7} \cdot 1,1 = 1614,86 \text{ Wp}$$

A área necessária para instalar esta potência FV é dada pela equação 3.

$$A = \frac{1,1615}{14} \cdot 100 = 11,53 \text{ m}^2$$

b) Determinação do banco de baterias

Para este caso, utilizaremos a tensão CC de 48V.

Para o consumo diário de 4590 Wh/dia, temos:

(i) Consumo em Ah/dia = 4590 Wh/dia ÷ 48V = 85,2 Ah/dia;

(ii) Capacidade preliminar não ajustada = (i) x 2 dias = 170,4 Ah;

(iii) Capacidade ajustada em função da máx. prof. de descarga = (ii) ÷ 50% = 340,8 Ah;

(iv) Capacidade ajustada em função da máx. prof. de descarga diária = (i) ÷ 20% = 426 Ah;

(v) Capacidade ajustada em função da profundidade de descarga = maior valor entre (iii) e (iv) = 426 Ah;

(vi) Capacidade ajustada em função do fator de segurança = (v) + 10% = 468,6 Ah.

c) Especificação dos equipamentos do sistema fotovoltaico

Módulos FV

Quantidade mínima de módulos FV = 1614,86 / 325 = 4,96

Será utilizado um arranjo de 3 paralelos de 2 módulos de 325 Wp em série. O modelo utilizado será o CS6U-325P da Canadian Solar.

Com base nos dados do catálogo do fabricante foi determinado que

$$V_{\text{máx}} = 2 \times 45,5 = 91 \text{ V}$$

$$V_{\text{MPP}} = 2 \times 37 = 74 \text{ V}$$

$$I_{\text{MPP}} = 3 \times 8,78 = 26,34 \text{ A}$$

$$P_{\text{DC}} = 6 \times 325 = 1950 \text{ W}$$

Banco de Baterias

Será utilizado um arranjo composto por 3 paralelos de 4 baterias em série, modelo DF3000 - 170 Ah da Freedom (510 Ah / 48 V).

Controlador de Carga

Para as condições abaixo:

- Tensão nominal de saída: 48 V
- Máxima tensão de entrada: > 91 V
- Corrente nominal: > 26,34 A
- Tipo: PWM.

Foi escolhido o controlador modelo VS3048AU da EP Solar.

Inversor

Foi escolhido o inversor modelo SHI2000-42 da EP Solar, que possui as seguintes características:

- Onda de saída: senoidal pura;
- Tensão CC de entrada: 48 V;
- Tensão CA de saída: 220 V;
- Frequência da tensão de saída: 60 Hz;
- Potência nominal CA de saída: 2000 W;
- Potência máxima CA de saída: 4600 W;
- Consumo próprio: 1 W.

d) Dimensionamento dos condutores

- Condutores CC (Painel FV – Controlador de Carga – Banco de Baterias)

$$S_{\text{Cond}} = \left(\frac{2 \cdot 3 \cdot 1950 \cdot 0,0178}{48^2 \cdot 4} \right) \cdot 100 = 2,3 \text{ mm}^2$$

- Condutores CC (Banco de Baterias - Inversor)

$$S_{\text{Cond}} = \left(\frac{2 \cdot 2 \cdot 2000 \cdot 0,0178}{48^2 \cdot 4} \right) \cdot 100 = 1,5 \text{ mm}^2$$

Serão adotados condutores #2,5 mm².

- Condutores CA (Inversor - Cargas)

$$S_{\text{Cond}} = \left(\frac{2 \cdot 9 \cdot 2000 \cdot 0,0178}{220^2 \cdot 4} \right) \cdot 100 = 0,3 \text{ mm}^2$$

Em função da NBR 5410, serão adotados condutores #2,5 mm².

3.2.1.5 Projeto do SFVI do Banheiro

Conforme foi definida na tabela 2, a carga elétrica do banheiro é igual a carga elétrica do vestiário. Consideraram-se também os mesmos parâmetros de tempo de utilização do sistema e equipamentos, portanto o dimensionamento do sistema ficou igual ao definido no item 3.2.1.1.

Porém no banheiro, foi definido que será instalado um sistema de energia de coletores solares, conforme descrito no item 2.7, para o fornecimento de água quente para dois chuveiros. O sistema de coletores solares terá retaguarda elétrica, independente do sistema fotovoltaico, tendo um quadro de distribuição exclusivo para alimentar o boiler.

Neste quadro de distribuição serão instalados os dispositivos de proteção do circuito de alimentação do boiler e a espera para receber a energia da concessionária. No momento em que for disponibilizada a energia da concessionária no canteiro de obras, o sistema elétrico deverá funcionar em conjunto com o sistema térmico.

Para a determinação do sistema de aquecimento de água, foram considerados o número de pessoas do canteiro, a vazão de água por minuto e o tempo de banho estimado de cada pessoa. Assim foi possível determinar a capacidade do boiler e a área dos coletores solares.

O reservatório térmico, ou boiler, precisa ter o volume compatível com um dia de consumo e ser isolado termicamente para manter a água aquecida até que um novo ciclo de aquecimento pelo sol seja iniciado.

Conforme manual técnico do fabricante (Soletrol, 2017), definiu-se uma vazão de 4 litros por minuto para o banho com duração de 7 minutos. Para os dez trabalhadores definidos nos parâmetros de projeto o consumo diário total de água quente é de 280 litros.

Para este consumo de água será necessário um boiler de 300 litros.

Com base na capacidade do boiler, determina-se a área utilizada para os coletores solares. Normalmente a quantidade de coletores solares é proporcional ao volume a ser aquecido, seguindo a relação de 1 m² de área coletora para cada 100 litros de água. Portanto, a área a ser utilizada para os coletores solares será de 3 m². Neste caso serão utilizados 3 coletores de 1,02 m² cada (Soletrol, 2017).

O reservatório térmico deverá ser instalado no local mais próximo do consumo de água quente para minimizar as perdas térmicas no percurso de consumo. Portanto ele será instalado na parte superior do container, no local onde ficarão os chuveiros. E ainda, de acordo com o fabricante (Soletrol, 2017), o reservatório deve ser instalado com sua parte inferior a uma altura mínima de 30 cm do topo dos coletores, portanto, deverá ser previsto um suporte de fixação com esta finalidade. Deverá ainda ser previsto um compartimento para que o boiler não seja instalado diretamente ao tempo.

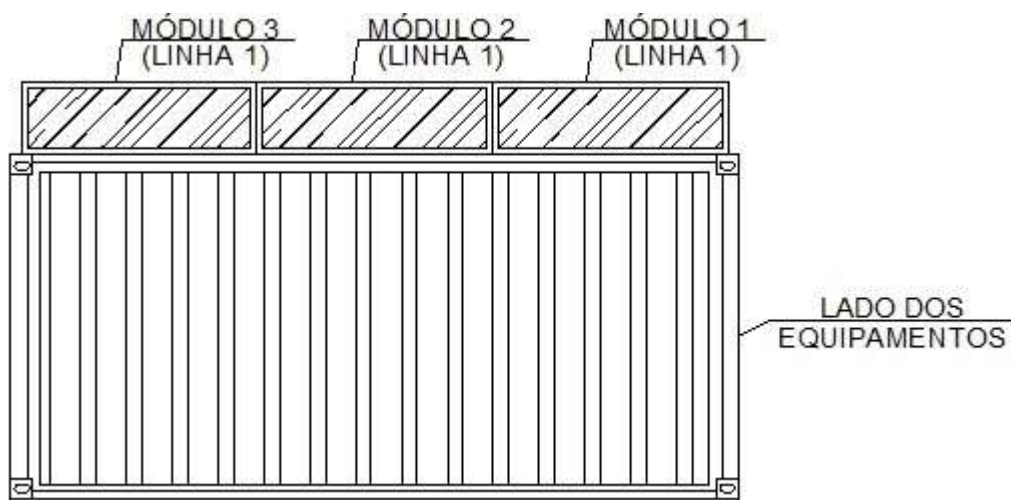
A instalação dos coletores solares seguirá o que foi determinado para os painéis fotovoltaicos, ou seja, as faces instaladas no lado maior do container, voltadas ao norte geográfico e com inclinação de 35°. Conforme diz (Soletrol, 2017) os coletores deverão ser instalados na posição vertical e devem estar distantes a no máximo 5 m do reservatório, portanto, para evitar interferências de sombreamento os mesmos deverão ser instalados a uma distância de 2 m entre o primeiro coletor e o compartimento do boiler.

3.3 MODOS DE INSTALAÇÃO

Com base nos dimensionamentos elaborados anteriormente, foi possível definir os modos de instalação dos módulos fotovoltaicos nos containers. Baseado no espaço disponível na cobertura do container e para diminuir os efeitos dos ventos, definiu-se que os módulos serão instalados no modo paisagem. Serão instalados alinhados com o lado maior do container. Os containers deverão ser posicionados no

canteiro de forma que os módulos fotovoltaicos fiquem voltados para o norte geográfico. Foi definido que o primeiro módulo será instalado no lado de onde serão instalados os equipamentos do sistema fotovoltaico, conforme figura 14. Na medida em que for necessário instalar mais módulos, os mesmos deverão ser instalados ao lado do primeiro módulo até preencher todo o espaço da primeira linha. Os módulos serão fixados em suportes em alumínio próprios para fixação em ambientes planos.

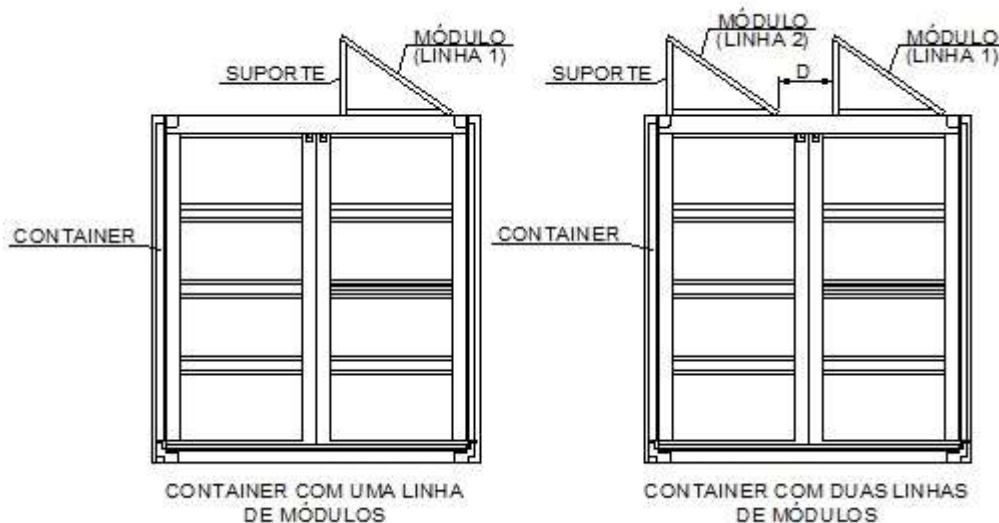
Figura 14 – Vista frontal do container



Fonte: Autoria própria (2017)

Sendo necessária a instalação de outra linha de módulos, a mesma deverá ser instalada na parte dos fundos do container, conforme mostra a figura 15.

Figura 15 – Vista lateral do container



Fonte: Autoria própria (2017)

Para determinar o espaçamento entre as linhas dos módulos, de acordo com (CEPEL, 2014), esta distância pode ser calculada por:

$$D = H \cdot \tan \varphi \quad \text{Equação 5}$$

onde:

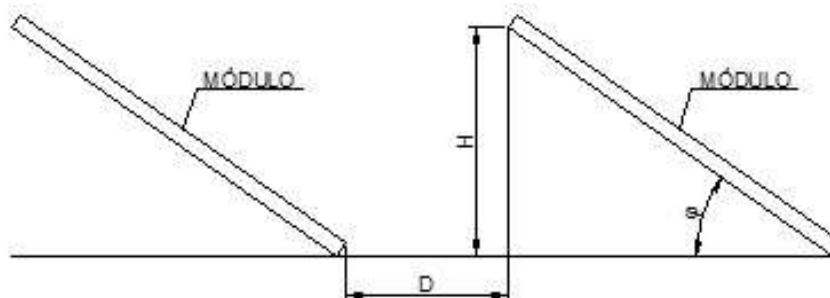
D - distância entre as linhas de módulos fotovoltaicos (m);

H – altura do ponto mais alto do módulo (m);

φ – ângulo de inclinação do módulo ($^{\circ}$).

A figura 16 mostra os componentes da equação 5.

Figura 16 – Distância entre linhas de módulos



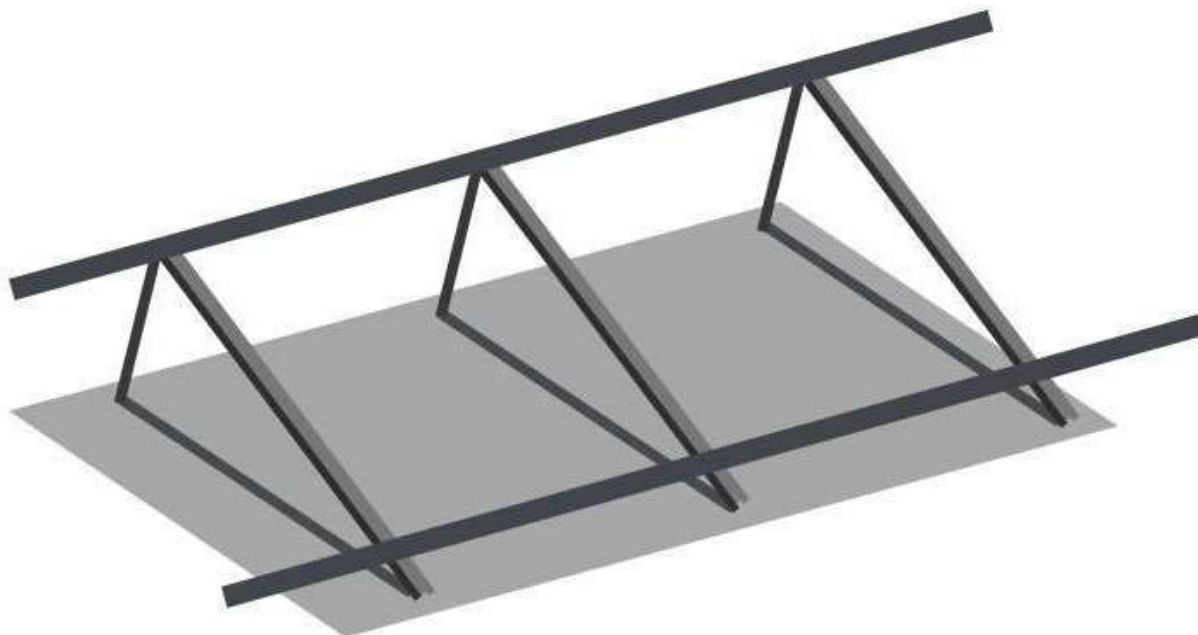
Fonte: Autoria própria (2017)

Para a instalação dos módulos definidos anteriormente, definiu-se:

$$D = 0,57 \cdot \tan 35^{\circ} = 0,40 \text{ m.}$$

Os suportes para a instalação dos módulos fotovoltaicos serão em alumínio próprio para instalação em locais planos, conforme exemplo da figura 17.

Figura 17 – Suporte para instalação dos módulos fotovoltaicos



Fonte: Neosolar (2017)

Os demais equipamentos do sistema fotovoltaico, como as baterias, controlador de carga, inversor e quadro de distribuição elétrico serão instalados em um compartimento nos fundos do lado menor do container, conforme se pode ver no exemplo da figura 18.

Figura 18 – Compartimento de equipamentos



Fonte: Contanier SA (2017)

3.4 CUSTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO

Com todo o sistema definido, foram determinados os custos para implantação do sistema fotovoltaico isolado para cada container utilizado na proposta deste trabalho.

Tabela 5 – Custo para implantação no container do banheiro

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Módulo FV	01	875,00	875,00
Controlador de Carga	01	189,00	189,00
Inversor	01	790,00	790,00
Bateria	01	999,00	999,00
Estrutura de fixação	01	349,00	349,00
Sistema de Aquecimento de Água	01	6.033,05	6.033,05
Outros	01	2.000,00	2.000,00
TOTAL			11.235,05

Fonte: (Neosolar, 2017) (Resizesolar, 2017) (Minhacasasolar, 2017) (Leroy Merlin, 2017)

Tabela 6 – Custo para implantação no container do vestiário

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Módulo FV	01	875,00	875,00
Controlador de Carga	01	189,00	189,00
Inversor	01	790,00	790,00
Bateria	01	999,00	999,00
Estrutura de fixação	01	349,00	349,00
Outros	01	2.000,00	1.000,00
TOTAL			4202,00

Fonte: (Neosolar, 2017) (Resizesolar, 2017) (Minhacasasolar, 2017)

Tabela 7 – Custo para implantação no container do escritório

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Módulo FV	02	875,00	1.750,00
Controlador de Carga	01	236,55	236,55
Inversor	01	1.790,00	1.790,00
Bateria	04	1.099,00	4.396,00
Estrutura de fixação	01	549,00	549,00
Outros	01	1.000,00	1.000,00
		TOTAL	9.721,55

Fonte: (Neosolar, 2017) (Resizesolar, 2017) (Minhacasasolar, 2017)

Tabela 8 - Custo para implantação no container do refeitório

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Módulo FV	02	875,00	1.750,00
Controlador de Carga	01	236,55	236,55
Inversor	01	2.590,00	2.590,00
Bateria	04	1.289,00	5.156,00
Estrutura de fixação	01	549,00	549,00
Outros	01	1.000,00	1.000,00
		TOTAL	11.281,55

Fonte: (Neosolar, 2017) (Resizesolar, 2017) (Minhacasasolar, 2017)

Tabela 9 - Custo para implantação no container da oficina

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL (R\$)
Módulo FV	06	875,00	5.250,00
Controlador de Carga	01	236,55	629,10
Inversor	01	2.590,00	2.590,00
Bateria	12	1.099,00	13.188,00
Estrutura de fixação	02	729,00	1.458,00
Outros	01	1.500,00	1.500,00
		TOTAL	24.615,10

Fonte: (Neosolar, 2017) (Resizesolar, 2017) (Minhacasasolar, 2017)

Como se podem notar os sistemas que requerem mais baterias são os mais custosos para a implementação do sistema, como a vida útil deste tipo de baterias gira em torno de 4 anos, os sistemas com grandes quantidades de baterias não ficam atrativos financeiramente, como é o caso do container oficina.

Mas para o restante dos containers os valores finais para implementação do sistema são interessantes do ponto de vista financeiro, levando em conta a confiabilidade e a praticidade da utilização dos containers no início da obra, minimizando os prejuízos decorrentes de atrasos no cronograma.

4 CONCLUSÃO

A busca constante na agilidade das obras e a procura por fontes alternativas de energia foram as principais influências deste trabalho. A energia solar é renovável, de fonte inesgotável e que não gera poluentes, uma preocupação básica no andamento das obras de construção civil. Com base nestes conceitos e aliada a praticidade de utilização de containers procurou-se desenvolver um sistema para aperfeiçoar a estrutura dos canteiros de obras a fim de torná-los práticos.

O sistema também pode ser flexível quanto a disposição dos canteiros na obra, onde dependendo da necessidade da obra pode-se movimentar um container sem precisar refazer toda a infraestrutura de alimentação elétrica, diminuindo o tempo e o custo da operação. Sobre esta questão, também vale ressaltar a diminuição do tempo e do custo para o container entrar em operação em comparação com o sistema convencional, pois não há necessidade imediata de qualquer instalação de outra fonte de energia.

Com a determinação de um cenário para o estudo, foram especificados os sistemas fotovoltaicos isolados para alguns ambientes de canteiros, e foi apresentada uma alternativa para aquecimento de água dos chuveiros utilizando energia solar fototérmica.

Com base nos valores para implantação do SFVI, concluiu-se que para os ambientes onde não são necessárias grandes cargas elétricas, o sistema se torna atrativo financeiramente, já para os containers onde tem-se uma grande quantidade de cargas por uso prolongado, o sistema torna-se um pouco custoso. Conforme foi observado nos custos do sistema, os containers que necessitam de grandes conjuntos de baterias são os mais custosos. Outra consideração a ser feita sobre esta questão, é que para a dimensão do container estudado tem-se uma limitação do espaço disponível para a instalação dos painéis fotovoltaicos da forma de fixação sugerida no estudo.

Sugere-se para futuros estudos, uma variação dos ambientes do canteiro e o tempo de utilização dos containers, bem como a dimensão do mesmo. Outra sugestão é uma análise de outra forma de fixação dos painéis, possibilitando girar e ou inclinar os painéis para a condição ideal para qualquer localização. Outro ponto é que os dados utilizados para os cálculos da irradiação são do Atlas Brasileiro de Energia Solar

de 2006. Porém, esse banco de dados pode e deve ser atualizado, para estudos futuros.

O sistema proposto, também impactará numa diminuição da conta de energia quando for instalada a energia via concessionária, sendo que até esta instalação poderá ser suprimida dependendo das necessidades da obra.

Outra consideração a ser feita é com relação ao transporte do sistema, pelo fato dos painéis solares ficarem expostos na parte superior dos containers.

De uma forma geral este trabalho atingiu o que foi proposto no cenário definido, para obras no período inicial e sem o fornecimento de energia pela concessionária, o sistema proposto é uma alternativa interessante onde atrasos no cronograma de início da obra geram prejuízos e pela praticidade de poder transportar o sistema para qualquer outra obra sem precisar de instalações adicionais.

5 REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 11704: Sistemas fotovoltaicos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 12284: Áreas de Vivência em Canteiros de Obra - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1991.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 14298: Sistemas Fotovoltaicos - Banco De Baterias - Dimensionamento**. Rio de Janeiro, 1999.

ALVES, A. L. – **Organização do canteiro de obras: um estudo aplicativo na Construção do Centro de Convenções de Joao Pessoa** – PB; UFPB, 2012.

AMERICA DO SOL. **Tipos de Módulos Fotovoltaicos**. Disponível em: < <http://lsf.ief.usp.br/?q=pt-br/sistemas-fotovoltaicos-isolados> >. Acesso em: 31 mai. 2017

AZEREDO, H. A.; **O Edifício Até Sua Cobertura**; Edgard Blücher, São Paulo, 1997

BLUE SOL. **Os sistemas de energia solar fotovoltaica – Livro digital de introdução aos sistemas solares**. Disponível em: < <http://www.blue-sol.com.br/> >. Acesso em: 10 mai, 2017

BRASIL. Ministério do Trabalho. NR-18: **Condições na indústria da construção**. Brasília, 2013

CANADIAN SOLAR. **Solar modules**. Disponível em: < <http://http://www.canadiansolar.com/solar-panels/dymond.html> >. Acesso em: 31 mai. 2017.

CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica). **Guia para eficiência energética nas edificações públicas** – Ministério de Minas e Energia, 2014.

CONTAINER SA. **10 Containers que Utilizam Energia Solar Limpa**. Disponível em: < <http://www.containerisa.com.br/2013/06/10-conteineres-que-utilizam-energia.html> >. Acesso em: 06 jun. 2017

DANTAS, J.P – **Partilha do conhecimento, a construção civil na prática** – São Paulo, 2004.

DELTA CONTAINERS. **Portfólio**. Disponível em: <http://www.deltacontainers.com.br/portfolio> >. Acesso em: 08 abr. 2017.

EP SOLAR. **Products**. Disponível em: < http://www.epsolarpv.com/en/index.php/Product/index/id/653/am_id/134 >. Acesso em: 31 mai. 2017.

FATOR SOLAR ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Conheça o Silício: matéria-prima das placas fotovoltaicas e abundante no Brasil !**. Disponível em: < <http://>

<http://fatorsolar.eco.br/conheca-o-silicio-materia-prima-das-placas-fotovoltaicas-e-abundante-no-brasil/>>. Acesso em: 31 mai. 2017.

GREEN, M. A. et al. **Solar cell efficiency tables: version 44**. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, v. 24, p. 905-913, 2016.

IMHOFF, J. **Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007. 146 f.

INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Sistemas Fotovoltaicos isolados**. Disponível em: < <http://americadosol.org/tipos-de-modulos-fotovoltaicos/#toggle-id-1>>. Acesso em: 31 mai. 2017.

KYOCERA. **Módulos Solares**. Disponível em: < <http://www.kyocerasolar.com.br/modulos-solares.html> >. Acesso em: 31 mai. 2017.

LEROY MERLIN. **Loja**. Disponível em: < <http://www.leroymerlin.com.br/aquecedores-de-agua-solares/> >. Acesso em: 31 jul. 2017.

MINHA CASA SOLAR. **Loja**. Disponível em: < <http://www.minhacasasolar.com.br/> >. Acesso em: 06 jun. 2017.

NEOSOLAR. **Loja**. Disponível em: < <https://www.neosolar.com.br/loja> >. Acesso em: 06 jun. 2017

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindústria, 2011.

PINHO, João T.; GALDINO, Marco A.; Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES).

CEPEL - GTES. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 2014.

PORTAL SOLAR. **Tipos de Painéis Fotovoltaicos**. Disponível em: < <http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html> > Acesso em: 31 mai. 2017.

RESIZE SOLAR ENERGY. **Loja**. Disponível em: < <https://www.resizesolar.com/loja> >. Acesso em: 06 jun. 2017.

RÜTHER, Ricardo; **Edifícios solares fotovoltaicos: O Potencial da Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligada à Rede Elétrica Pública no Brasil**, 1ª edição. Editora UFSC/ Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2004.

SAURIN, T.A.; FORMOSO, C.T. **Planejamento de Canteiros de Obra e Gestão de Processos**. Porto Alegre: ANTAC, 2006.

SOLETROL. **Aquecedores Solares de Água – Manual Técnico**. Disponível em: <<http://www.soletrol.com.br/extras/manuais/>>. Acesso em: 31 mai. 2017

SOUZA, U.E.L. - **Projeto e implantação do canteiro – Coleção primeiros passos da qualidade no canteiro de obras** - São Paulo, 2000.

SWERA, **Solar and Wind Energy Resource Assessment**, Disponível em: <<http://en.openei.org/apps/SWERA/>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

TEIXEIRA, A.A.A. **Avaliação do Conforto Térmico em Containers Metálicos Utilizados Como Alojamento em Canteiro de Obras**. 2014. 67 f. Monografia (Especialização) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

URBANETZ JR, Jair **Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Redes de Distribuição Urbanas: Sua Influência na Qualidade da Energia Elétrica e Análise dos Parâmetros que possam afetar a Conectividade** (Tese de Doutorado). Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Florianópolis, 2010.

URBANETZ JR, Jair. **Energia solar fotovoltaica: notas de aula**. Curitiba, 2016.

VALLÊRA, A. M., **Meio Século de História Fotovoltaica**. Gazeta de física, Campo Grande, v.29, 2007

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R.; **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações**; Érica; São Paulo; 2012.

6 ANEXOS



MAXPOWER CS6U-315|320|325|330P

Canadian Solar's modules use the latest innovative cell technology, increasing module power output and system reliability, ensured by 15 years of experience in module manufacturing, well-engineered module design, stringent BOM quality testing, an automated manufacturing process and 100% EL testing.

KEY FEATURES



Excellent module efficiency of up to 16.97 %



Outstanding low irradiance performance up to 96.5 %



High PTC rating of up to 91.55 %



IP67 junction box for long-term weather endurance



Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa

 CanadianSolar



linear power output warranty



product warranty on materials and workmanship

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2008 / Quality management system
ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / CQC / MCS / INMETRO / CEC AU
UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US) / FSEC (US Florida)
UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE
UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1
IEC 60068-2-68: SGS
Take-e-way



* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

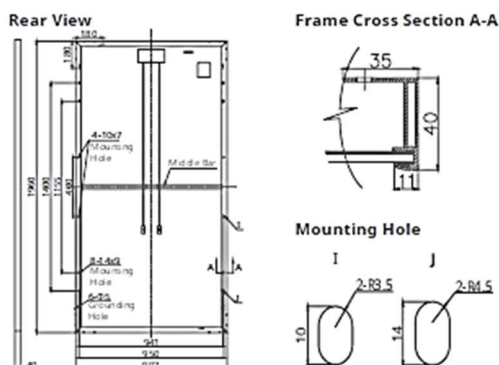
CANADIAN SOLAR (USA), INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 17 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

*For detail information, please refer to Installation Manual.

CANADIAN SOLAR (USA), INC.

2430 Camino Ramon, Suite 240 San Ramon, CA, USA 94583-4385 | www.canadiansolar.com/na | sales.us@canadiansolar.com

ENGINEERING DRAWING (mm)



ELECTRICAL DATA / STC*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (Pmax)	315 W	320 W	325 W	330 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	36.6 V	36.8 V	37.0 V	37.2 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.61 A	8.69 A	8.78 A	8.88 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.1 V	45.3 V	45.5 V	45.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.18 A	9.26 A	9.34 A	9.45 A
Module Efficiency	16.20%	16.46%	16.72%	16.97%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)			
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)			
Max. Series Fuse Rating	15 A			
Application Classification	Class A			
Power Tolerance	0 ~ + 5 W			

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C

ELECTRICAL DATA / NOCT*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (Pmax)	228 W	232 W	236 W	239 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	33.4 V	33.6 V	33.7 V	33.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	6.84 A	6.91 A	6.98 A	7.05 A
Open Circuit Voltage (Voc)	41.5 V	41.6 V	41.8 V	41.9 V
Short Circuit Current (Isc)	7.44 A	7.50 A	7.57 A	7.66 A

* Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

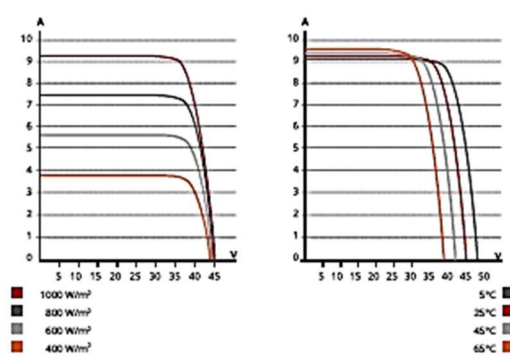
PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Outstanding performance at low irradiance, with an average relative efficiency of 96.5 % from irradiances, between 200 W/m² and 1000 W/m² (AM 1.5, 25°C).

The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV modules requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the modules.

CS6U-320P / I-V CURVES



MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	72 (6 x 12)
Dimensions	1960 x 992 x 40 mm (77.2 x 39.1 x 1.57 in)
Weight	22.4 kg (49.4 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm ² (IEC) or 4 mm ² & 12 AWG 1000V (UL), 1160 mm (45.7 in)
Connector	T4 (IEC/JUL)
Per Pallet	26 pieces, 635 kg (1400 lbs)
Per Container (40' HQ)	624 pieces

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temp. Coefficient (Pmax)	-0.41 % / °C
Temp. Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temp. Coefficient (Isc)	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

PARTNER SECTION





BATERIA ESTACIONÁRIA **FREEDOM**[®]



As baterias Estacionárias Freedom[®] são fabricadas na planta da Johnson Controls, o fabricante que mais entende de baterias no mundo.

Na cidade de Sorocaba, interior do estado de São Paulo, numa área de 600 mil metros quadrados fica localizada a fábrica da Johnson Controls no Brasil. Esta é a maior e mais moderna fábrica de baterias da América do Sul.

As baterias Estacionárias Freedom[®] são produzidas com alto padrão de qualidade e respeito ao meio ambiente. São homologadas pela Anatel e certificações ISO9002, ISO14000 e ISOTS16949. Todos os títulos conferem à Freedom[®] qualidade e confiabilidade de ordem internacional.

FREEDOM[®]

Características Elétricas

Principais Características Elétricas

MODELOS		DF300	DF500	DF700	DF1000	DF1500	DF2000	DF2500	DF3000	DF4001
Capacidade a 25 °C (Ah)	10 h	24	30	41	54	76	94	130	156	200
	20 h	26	36	45	60	80	105	150	170	220
	100 h	30	40	50	70	93	115	165	185	240
Dimensões (mm)	Comprimento	175	175	210	244	330	330	511	511	525
	Largura	175	175	175	175	172	172	213	213	275
	Altura	175	175	175	175	240	240	230	230	250
Peso (kg)		8,8	9,7	12,5	14,7	23,9	27,1	44,6	48,3	60,3
Torque	Mínimo	9 N.m	9 N.m	9 N.m	9 N.m	13,6 N.m	13,6 N.m	9 N.m	9 N.m	9 N.m
	Máximo	11 N.m	11 N.m	11 N.m	11 N.m	20,3 N.m	20,3 N.m	11 N.m	11 N.m	11 N.m
Tensão de Flutuação						de 13,2 a 13,8 V a 25 °C				
Tensão de carga / equalização						de 14,4 a 15,5 V a 25 °C				
Compensação de Temperatura						para cada 1°C acima de 25 °C, subtrair 0,033V para cada 1°C abaixo de 25 °C, adicionar 0,033V				

Correntes de descarga (A) em diferentes regimes a 25 °C (tensão final 10,5V)

MODELO	HORAS															MINUTOS			
	100h	20h	10h	9h	8h	7h	6h	5h	4,5h	4h	3,5h	3h	2,5h	2h	1,5h	1h	45'	30'	15'
Bateria	100h	20h	10h	9h	8h	7h	6h	5h	4,5h	4h	3,5h	3h	2,5h	2h	1,5h	1h	45'	30'	15'
DF300	0,3	1,3	2,4	2,6	2,9	3,3	3,8	4,4	4,9	5,4	6	7	8,2	10	12,8	18	21	25	40
DF500	0,4	1,8	3	3,3	3,7	4,2	4,9	5,8	6,2	6,8	7,6	8,6	9,9	12	15	20	25,3	33	52
DF700	0,5	2,3	4,1	4,5	5	5,6	6,5	7,5	8,2	9,2	10	11,5	13,6	16,3	21	27	32	43	65
DF1000	0,7	3	5,4	5,8	6,4	7,3	8,2	9,8	10,5	11,5	12,5	14,5	17	19	25,2	35	42,5	55	84
DF1500	0,93	4	7,4	8,2	9	10	11,5	13,2	14,5	16	18,2	21	25	30,5	38	54	60	90	130
DF2000	1,2	5,3	9,4	10,2	11,5	13	14,5	17	18,4	20,3	22,6	25	29,5	34,5	44	60	75	96	150
DF2500	1,7	7,5	13	14,4	16,2	18	20	23	25	28	31	34	40	47	58	81	99	130	200
DF3000	1,9	8,5	15,6	17	19	21,4	24,7	28	30	33	36	41	48	57	72	95	112	152	231
DF4001	2,4	11	20	21,5	24	26,5	30	35	38	41,5	46	52	60	72	90	120	145	191	290

Capacidade em ampère-hora (Ah) a 25 °C em diferentes regimes de descarga (tensão final 10,5V)

MODELO	HORAS															MINUTOS			
	100h	20h	10h	9h	8h	7h	6h	5h	4,5h	4h	3,5h	3h	2,5h	2h	1,5h	1h	45'	30'	15'
Bateria	100h	20h	10h	9h	8h	7h	6h	5h	4,5h	4h	3,5h	3h	2,5h	2h	1,5h	1h	45'	30'	15'
DF300	30	26	24	23,8	23,5	23,1	22,8	22	21,9	21,6	21	21	20,5	20	19,2	18	15,8	12,5	10
DF500	40	34	30	29,9	29,8	29,7	29,4	28,8	27,7	27	26,4	25,8	24,8	24	22,5	20	19	16,5	13
DF700	50	45	41	40,5	40	39,5	39,2	37,5	37,1	36,8	35	34,5	34	32,5	31,5	27	24	21,5	16,3
DF1000	70	60	54	51,8	51,6	51,1	49,2	49	47,3	46	43,8	43,5	42,5	38	37,8	35	31,9	27,5	21
DF1500	93	80	76	73,8	72	70	69	66	65,3	64	63,7	63	62,5	59	57	54	51,8	45	32,5
DF2000	115	105	94	92	91,8	91	87	85	82,8	81,2	79,1	75	73,8	69	66	60	56,3	48	37,5
DF2500	165	150	130	129,8	129,6	126	120	115	112,5	112	108,5	102	100	94	87	81	74,3	65	50
DF3000	185	170	156	153	152	150	148,2	140	135	132	126	123	120	114	108	95	84	76	57,8
DF4001	240	220	200	193,5	192	185,5	180	175	171	166	161	156	150	144	135	120	108,6	95,5	72

Watts-hora (Wh) a 25 °C (tensão final 10,5V)

MODELO	HORAS															MINUTOS			
	100h	20h	10h	9h	8h	7h	6h	5h	4,5h	4h	3,5h	3h	2,5h	2h	1,5h	1h	45'	30'	15'
Bateria	100h	20h	10h	9h	8h	7h	6h	5h	4,5h <td>4h</td> <td>3,5h</td> <td>3h</td> <td>2,5h</td> <td>2h</td> <td>1,5h</td> <td>1h</td> <td>45'</td> <td>30'</td> <td>15'</td>	4h	3,5h	3h	2,5h	2h	1,5h	1h	45'	30'	15'
DF300	3	16	25	28	32	35	37	45	46	47	50	65	68	75	90	125	145	175	300
DF500	5	22	36	40	43	48	53	65	67	70	75	92	95	107	130	167	200	250	510
DF700	6	29	45	51	55	62	68	84	82	85	94	118	120	135	165	210	250	300	550
DF1000	7	36	63	69	76	84	96	111	121	133	148	168	194	233	248	257	278	487	712
DF1500	10	51	94	100	113	125	140	170	185	190	205	250	255	300	342	400	492	598	960
DF2000	13	65	104	118	126	139	160	188	192	200	217	270	268	310	372	490	582	694	1200
DF2500	19	93	155	170	181	202	224	269	273	287	311	378	381	441	581	698	817	989	1638
DF3000	25	110	179	197	217	238	251	306	311	333	382	437	448	517	637	798	958	1148	1917
DF4001	26	139	217	240	264	285	315	376	381	406	441	536	547	643	766	995	1185	1424	2374

FREEDOM



PWM Solar charge controller

ViewStar AU series



The VS-AU controller is a common positive PWM charge controller with built in LCD display and USB port. The multiple load control modes enable it can be widely used on solar home system, traffic signal, solar street light, solar garden lamp, etc.



Models:

- VS1024AU, 10A, 12/24V auto work
- VS2024AU, 20A, 12/24V auto work
- VS3024AU, 30A, 12/24V auto work
- VS4524AU, 45A, 12/24V auto work
- VS6024AU, 60A, 12/24V auto work
- VS3048AU, 30A, 12/24/36/48V auto work
- VS4548AU, 45A, 12/24/36/48V auto work
- VS6048AU, 60A, 12/24/36/48V auto work

Features:

- PWM charging
- Battery type selectable: Sealed, Gel, and Flooded
- Informative black light LCD display
- Double USB design, Max. output 2.4A
- Multiple load control modes
- Energy statistics function
- Full power working at temperature range from -25 to 55 °C
- Adopt high quality, high reliability components of ST,IR and Infineon
- UL and VDE certified Nickel plated copper terminals, to ensure safe and solid connection


Technical specifications:
CE RoHS

Model	VS1024AU	VS2024AU	VS3024AU	VS4524AU	VS6024AU
			VS3048AU	VS4548AU	VS6048AU
Nominal system voltage	VS**24AU 12/24V auto work		VS**48AU 12/24/36/48V auto work		
Battery input voltage range	VS**24AU 9~32V		VS**48AU 9V~64V		
Rated charge/discharge current*	10A	20A	30A	45A	60A
Max. PV open circuit voltage	VS**24AU 50V		VS**48AU 96V		
Battery type	Sealed(Default) / Gel / Flooded				
Equalize charging voltage*	Sealed:14.6V/ Gel: No/ Flooded:14.8V				
Boost charging voltage*	Sealed:14.4V/ Gel:14.2V/ Flooded:14.6V				
Float charging voltage*	Sealed/Gel/Flooded:13.8V				
Low voltage reconnect voltage*	Sealed/Gel/Flooded:12.6V				
Low voltage disconnect voltage*	Sealed/Gel/Flooded:11.1V				
Self-consumption	≤10mA/12V; ≤18mA/24V; ≤14.5mA/36V; ≤17mA				
Temperature compensation coefficient	-3mV/°C/2V (25°C)				
Grounding	Common positive				
USB output	5VDC/2.4A				
Overall dimension	142x85x41.5 mm	160x94.9x49.3 mm	181x100.9x59.8 mm	194x118.4x63.8 mm	214x128.7x72.2 mm
Terminals	12AWG(4mm ²)	8AWG(10mm ²)	6AWG(16mm ²)	6AWG(16mm ²)	3AWG(25mm ²)
Net weight	0.22kg	0.35kg	0.55kg	0.76kg	1.02kg
			0.58kg	0.88kg	1.04kg
Enclosure	IP30				
Working environment temperature	-25°C~+55°C(Product can work continuously at full load)				
Humidity range	≤95% (N.C.)				

*Above the parameters are in 12V system at 25°C, twice in 24V system, triple in 36V system and quadruple in 48V system.

*Rated charge/discharge current temp. range is -25 to 55 °C



BEIJING EPSOLAR TECHNOLOGY CO.,LTD.
 Add: BLDG #18, CO.PARK ,NO.8 HEYING
 ROAD,CHANGPING DISTRICT, BEIJING, CHINA
 Tel: 86-10-82894962 / 82894112
 Fax: 86-10-82894882
 E-mail: info@epsolarpv.com

ISO9001:2008 ISO14001:2004

www.epsolarpv.com



Pure Sine Wave Inverter

SHI series



SHI series is a pure sine wave inverter which can convert 12/24/48Vdc to 220/230Vac 50/60Hz based on full digital and intelligent design. It features high reliability, high efficiency, concise outline, small volume, easy installation and operation. The inverter can be applied in many fields, such as household appliances, electric tools and industrial devices etc, especially for solar photovoltaic power system.

Features:

- ◆ Input & output fully isolation
- ◆ Adoption of advanced SPWM technology, pure sine wave output
- ◆ Dynamic current loop control technology to ensure inverter reliable operation
- ◆ Wide DC input voltage range
- ◆ The output voltage and frequency can be switched
- ◆ Low output harmonic distortion (THD \leq 3%)
- ◆ LED indicators for input voltage range, load power range, normal output & failure state
- ◆ Optional energy saving mode
- ◆ Wide working temperature range (industrial level)
- ◆ Continuous operation at full power

☐

☐



Technical specifications:

Types	SHI400-12	SHI400-22	SHI600-12	SHI600-22	SHI1000-22	SHI1000-42
Nominal Battery Voltage	12V	24V	12V	24V	24V	48V
Input Voltage Range	10.8~16Vdc	21.6~32Vdc	10.8~16Vdc	21.6~32Vdc	21.6~32Vdc	43.2~64Vdc
No Load Current	≤0.8A	≤0.45A	≤0.7A	≤0.45A	≤0.45A	≤0.35A
Output Wave	Pure Sine Wave					
Output Voltage	220Vac±3% / 230Vac±10%					
Continuous Power	400W		600W		1000W	
Power 10 sec	600W		900W		1500W	
Power 1.5 sec	800W		1200W		2000W	
Surge Power	900W		1350W		2250W	
Frequency	50/60Hz±0.2%					
Distortion THD	≤ 3% (resistive load)					
Efficiency at Rated Power	≥91%	≥92%	≥91%	≥92%	≥93%	≥93.5%
Max. Efficiency	≥92%	≥93%	≥93%	≥94%	≥94%	≥94%
Terminal	16mm ²		25mm ²		25mm ²	
Dimensions	280×166×74.3mm		295×186×82mm		295×208×98mm	
Installation	150×158mm		150×178mm		150×200mm	
Hole Size	Φ5mm		Φ6mm		Φ6mm	
Net Weight	1.8kg		2.3kg		3.3kg	
Working Temperature	-20℃~ +50℃					
Storage Temperature	-35℃~ +70℃					
Humidity	< 95% (N.C.)					
Altitude	< 5000m(Derating to operate according to IEC62040 at a height exceeding 1000m)					

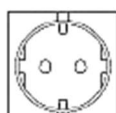


Types	SHI2000-22	SHI2000-42	SHI3000-22	SHI3000-42
Nominal Battery Voltage	24V	48V	24V	48V
Input Voltage Range	21.6 ~32Vdc	43.2 ~64Vdc	21.6 ~32Vdc	43.2 ~64Vdc
No Load Current	≤0.7A	≤0.7A	≤1.2A	≤1.0A
Output Wave	Pure Sine Wave			
Output Voltage	220Vac±3% / 230Vac±10%			
Continuous Power	2000W		3000W	
Power 10 sec	3000W		4500W	
Power 1.5 sec	4000W		6000W	
Surge Power	4600W		6900W	
Frequency	50/60Hz±0.2%			
Distortion THD	≤ 3% (resistive load)			
Efficiency at Rated Power	≥93%	≥94%	≥93%	≥94%
Max. Efficiency	≥95%	≥95%	≥95%	≥95%
Terminal	50mm ²		50mm ²	
Dimensions	436×249×116mm		507×249×116mm	
Installation	236×220mm		236×270mm	
Hole Size	Φ6mm		Φ6mm	
Net Weight	6.0kg		7.5kg	
Working Temperature	-20℃~ +50℃			
Storage Temperature	-35℃~ +70℃			
Humidity	< 95% (N.C.)			
Altitude	< 5000m(Derating to operate according to IEC62040 at a height exceeding 1000m)			

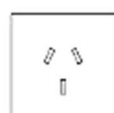
Output socket (option) :



Universal



European



Australia/New Zealand