



**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
Autarquia Municipal de Regime Especial  
pelo Dec. Fed. nº 78.924/76  
Recredenciada Reconhecida pelo CEE/SP  
CNPJ 45.176.153/0001-22

**Departamento de Engenharia Elétrica**  
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi  
Taubaté-Sp 12060-440  
Tel.: (12) 3625-4190  
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

**THIAGO FONSECA MACENA**  
**RAFAEL LOPES VIEIRA**

**ESTUDO TÉCNICO E ECONÔMICO PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS  
ON-GRID E OFF-GRID**

**Taubaté - SP**  
**2020**

**THIAGO FONSECA MACENA  
RAFAEL LOPES VIEIRA**

**ESTUDO TÉCNICO E ECONÔMICO PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON-  
GRID E OFF-GRID**

Trabalho de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Taubaté, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica.

Orientador (a): Marcelo Pinheiro Werneck

**Taubaté  
2020**

A confecção da ficha catalográfica é realizada exclusivamente pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação e deve ser inserida no lugar desta folha.



**UNITAU**

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
Autarquia Municipal de Regime Especial  
pelo Dec. Fed. nº 78.924/76  
Recredenciada Reconhecida pelo CEE/SP  
CNPJ 45.176.153/0001-22

**Departamento de Engenharia Elétrica**  
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi  
Taubaté-Sp 12060-440  
Tel.: (12) 3625-4190  
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

## **ESTUDO TÉCNICO E ECONÔMICO PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON- GRID E OFF-GRID**

**THIAGO FONSECA MACENA**

**RAFAEL LOPES VIEIRA**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “GRADUADO EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA”

### **BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Me. MARCELO PINHEIRO WERNECK

Orientador/UNITAU-DEE

Prof. Dr. WILTON NEY DO AMARAL PEREIRA

Membro Externo

Prof. Me. SANDRO BOTOSSÍ DOS SANTOS

UNITAU-DEE

Dezembro de 2020

## **DEDICATÓRIA**

Dedicamos este trabalho primeiramente as nossas famílias, que sempre nos apoiaram nos estudos e em todo nosso caminho acadêmico. Agradecemos também a todos os professores que nos apoiaram durante o curso, em especial ao professor Marcelo Pinheiro Werneck que nos orientou para este trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus por me dar saúde e sabedoria para que eu pudesse concluir meus estudos junto a universidade.

Agradeço minha família por ter me apoiado em todo período acadêmico, meus pais Marisa de Fatima Lopes Vieira e Valdir Vieira sempre estavam comigo quando necessitava de ajuda em algum estudo, sem a ajuda deles não seria possível percorrer todo este caminho. Agradeço meu irmão Diogo Lopes Vieira pois assim como meus pais, sempre me apoiou nos estudos.

Agradeço a todos os professores que tive em meu período na universidade, pelo empenho e paciência em me ajudar, em especial ao nosso orientador Marcelo Pinheiro Werneck que nos ajudou nesta última caminhada na universidade.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família pelo apoio incondicional para conseguir alcançar meus objetivos através da educação, me fornecendo apoio em todos os sentidos para que pude me dar estrutura e motivação para concluir mais uma etapa na minha vida que a formação acadêmica em engenharia elétrica

Agradeço aos professores que tive o prazer de conhecer e aprender muito sobre o conteúdo de minha formação em engenharia elétrica, tendo paciência e comprometimento em garantir o aprendizado, em especial ao professor Marcelo Pinheiro Werneck que nos auxiliou em nossa trajetória final com seu conhecimento.

“Dificuldades preparam pessoas comuns para destinos  
extraordinários.”  
C.S Lewis



## **RESUMO**

O Brasil apresenta um vasto mercado na produção de energia solar fotovoltaica, tendo que nosso território apresenta constante incidência solar na maior parte do ano. Na década de 70 sua função era fornecer energia os satélites, mas devido a necessidade de novas fontes de energias sustentáveis para suprir o crescente aumento de consumo de energia da população.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma visão coerente sobre a geração de energia elétrica através, estabelecendo uma proposta de implantação de um sistema On Grid em uma residência familiar, englobando a história da energia fotovoltaica no Brasil, sua fabricação, seu modo de funcionamento, bem como análise da viabilidade econômica do sistema para o estudo de caso em questão, apresentando ainda o procedimento para aprovação deste tipo de projeto.

A análise feita comprova que mesmo com um custo considerável inicialmente é recomendável e vantajoso se instalar o sistema On Grid, principalmente para famílias de baixa renda sendo que a estimativa aproximada é o valor se pagar em 5 anos, tendo boa rentabilidade posteriormente a esse período.

**PALAVRAS-CHAVE:** ENERGIA FOTOVOLTAICA, ON GRID, VANTAJOSO.

## **ABSTRACT**

Brazil has a vast market in the production of photovoltaic solar energy, and our territory has a constant solar incidence for most of the year. In the 1970s, its function was to supply energy to satellites, but due to the need for new sources of sustainable energy to supply the increasing increase in energy consumption of the population. The objective of this work is to present a coherent view on the generation of electric energy through, establishing a proposal for the implantation of an On Grid system in family residence, encompassing the history of photovoltaic energy in Brazil, its manufacture, its mode of operation, as well as an analysis of the case study in question, also presenting the procedure for approval of this type of project.

The analysis shows that even with a considerable cost initially, it is recommended and advantageous to install the On Grid system, especially for low- income familiars, and the approximate estimate is the amount to be paid in 5 years, with good profitability after that period.

**KEYWORDS:** PHOTOVOLTAIC ENERGY, ON GRID, ADVANTAGEOUS.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Célula fotovoltaica de Silício .....	19
Figura 2 – Detalhe de corte transversal e partes constituintes de um modulo fotovoltaico .....	20
Figura 3 – Inversor C.C/C.A On Grid .....	20
Figura 4 – Modelo de instalação de sistemas fotovoltaicos interligados à rede.....	21
Figura 5 – Controlador de Carga .....	22
Figura 6 – Bateria estacionaria .....	23
Figura 7 – Inversor C.C/C.A Off Grid .....	23
Figura 8 – Modelo de instalações de sistemas fotovoltaicos Off Grid .....	24
Figura 9 – Ilustração da estrutura do telhado cerâmico .....	26
Figura 10 – Dimensões do telhado .....	26
Figura 11 – Gráfico HSP .....	28
Figura 12 – Datasheet do Módulo TSM DE15M(II) .....	29
Figura 13 – Datasheet inversor SIW300H-M020 .....	30
Figura 14 – Avaliações de temperatura .....	30
Figura 15 – Informações técnicas do inversor .....	34
Figura 16 – Profundidade de descarga .....	35
Figura 17 – Layout do banco de baterias .....	36
Figura 18 – Radiação solar .....	36
Figura 19 – Layout dos módulos .....	37
Figura 20 – Parâmetros do controlador de carga .....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de consumo On Grid .....	27
Tabela 2 – Tabela de perdas do sistema .....	28
Tabela 3 – Retorno financeiro On Grid.....	32
Tabela 4 – Consumo Off Grid .....	33
Tabela 5 – Retorno financeiro Off Grid .....	39

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Potencia de módulos On Grid .....	27
Equação 2 – Número de módulos On Grid .....	29
Equação 3 – Tensão máxima do circuito.....	31
Equação 4 – Tensão mínima do circuito .....	31
Equação 5 – Geração mensal do sistema On Grid.....	32
Equação 6 – Energia diária a ser fornecida as cargas.....	34
Equação 7 – Energia real diária.....	35
Equação 8 – Capacidade útil do banco de baterias.....	35
Equação 9 – Capacidade real do banco de baterias .....	35
Equação 10 – Baterias em paralelo.....	35
Equação 11 – Baterias em série.....	35
Equação 12 – Potência do sistema Off Grid.....	36
Equação 13 – Número de módulos Off Grid.....	36
Equação 14 – Corrente de entrada.....	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C.C	Corrente contínua
C.A	Corrente alternada
MPPTs	Rastreamento do ponto de máxima potência
PWM	Modulação por largura de pulso
HSP	Horas de sol pleno
EPI	Equipamento de proteção individual
ED	Energia diária a ser fornecida as cargas
ER	Energia real diária
R	Rendimento Global
CU	Capacidade útil do banco de baterias
CR	Capacidade real do banco de baterias
Pd	Profundidade de descarga
BP	Baterias em paralelo
BS	Baterias em série
MP	Módulos em paralelo
MS	Módulos em série

## LISTA DE SÍMBOLOS

V	Tensão
P	Potência
A	Ampere
W	Watts
kWp	Quilo Watt pico
kWh	Quilo Watt hora
R\$	Reais
Voc	Tensão de circuito aberto
Isc	Corrente de curto-circuito
cm	Centímetro
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
%	Porcentagem
V <sub>mpp</sub>	Tensão de máxima potência
I <sub>mpp</sub>	Corrente de máxima potência
R\$	Reais
V <sub>cc</sub>	Tensão em corrente contínua
V <sub>b</sub>	Tensão da bateria
C	Capacidade da bateria

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	17
1.2	OBJETIVO .....	17
1.2.1	OBJETIVO GERAL .....	17
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	19
2.1	COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO ON GRID .....	19
2.1.1	EFEITO FOTOVOLTAICO .....	19
2.1.2	MÓDULO FOTOVOLTAICO .....	19
2.1.3	INVERSOR SOLAR ON GRID .....	20
2.2	FUNCIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO ON GRID .....	21
2.3	COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID .....	22
2.3.1	CONTROLADOR DE CARGA .....	22
2.3.2	BANCO DE BATERIAS .....	22
2.3.3	INVERSOR SOLAR OFF GRID .....	23
2.4	FUNCIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID .....	24
<b>3</b>	<b>PROBLEMA</b> .....	25
<b>4</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</b> .....	26
4.1	TELHADO .....	26
4.1.1	ESTRUTURA DO TELHADO .....	26
4.1.2	ÁREA DO TELHADO .....	26
4.2	INSTALAÇÃO ELÉTRICA .....	27
4.3	CONSUMO DA RESIDÊNCIA .....	27
4.4	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA ON GRID .....	27
4.4.1	DIMENSIONAMENTO DOS MÓDULOS .....	27
4.4.2	DIMENSIONAMENTO DO INVERSOR .....	29
4.4.3	GERAÇÃO DO SISTEMA .....	32
4.4.4	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONOMICA DO SISTEMA .....	32
4.5	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA OFF GRID .....	33
4.5.1	INVERSOR OFF GRID .....	33
4.5.2	BANCO DE BATERIAS .....	34
4.5.3	MODULO FOTOVOLTAICO .....	36



4.5.3.1	GERAÇÃO DO MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	36
4.5.3.2	NÚMERO DE MÓDULOS.....	36
4.5.3.3	DISTRIBUIÇÃO DOS MÓDULOS .....	37
4.5.4	CONTROLADOR DE CARGA.....	37
4.5.5	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA OFF GRID.....	38
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>41</b>

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO**

O sol desde os tempos passados é considerado uma fonte inesgotável de energia, sendo utilizados em diversas culturas com símbolos religioso e expressões de movimentos ao longo dos séculos. No século atual ele se apresenta com papel bem mais relevante com suas pesquisas e formas de utilização em transformação de energia.

Com a crise do petróleo o mundo começou a buscar alternativas para a geração de energia de preferência inesgotável ou renováveis e houve o crescimento na preocupação da preservação do meio ambiente, aumentando a consciência da população ao longo dos anos.

Fontes de energias alternativas têm sido estudadas nas últimas décadas, como solução complementar a matriz energética atual, que baseia majoritariamente em hidráulica e biomassa. A conversão de energia solar em energia elétrica a partir do princípio do elemento fotovoltaico é uma das formas mais promissoras de energia alternativa, sabe-se que painéis fotovoltaicos podem ser os grandes responsáveis pelo aumento da produção de energia limpa em grandes centros, seja pela necessidade em residenciais ou nas empresas, criando mais mercado ao longo do tempo. Muitos estudiosos acreditam que adotar geração própria de energia solar é uma decisão acertada e que garante eficiência à produção e redução de custos em médio e longo prazo é também um legado de sustentabilidade e um recado de amadurecimento e força ao mercado. Sendo promissores pelos seguintes motivos: A incidência solar sobre a Terra e conseqüentemente no Brasil é mais que suficiente para a geração de energia necessária; é uma energia silenciosa; não gera poluição atmosférica.

Sendo que os desafios enfrentados para a popularização de tecnologias de fontes renováveis de energia estão associados ao desenvolvimento de materiais mais eficazes para a conversão de energia solar em elétrica e a disseminação de novas tecnologias sobre essas fontes. Criando obstáculos no custo dos módulos e equipamentos que tem um considerável investimento, mesmo sendo bem rentável pela sua baixa periodicidade manutenção.

## **1.2 OBJETIVO**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Apresentar uma visão concisa sobre o sistema de geração de energia elétrica através de radiação solar, estabelecendo uma proposta de implantação de um sistema On Grid e Off Grid em uma residência familiar.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

-Apresentar os conceitos relacionados à geração de energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos;

- Expor as vantagens e desvantagens destes sistemas de energia alternativa considerando o Brasil como cenário;
- Avaliar a implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica para uma residência.
- Analisar a viabilidade da implantação do sistema On Grid e Off Grid para a edificação em estudo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

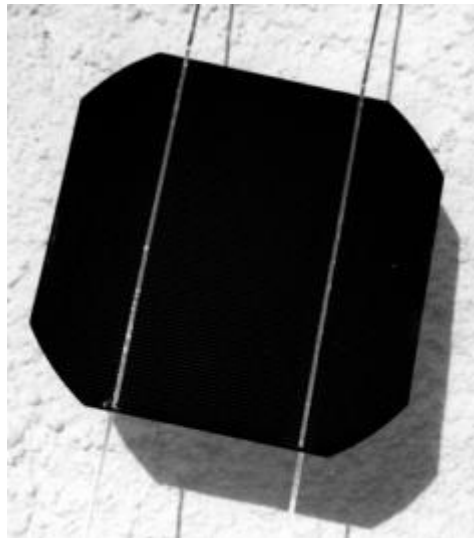
### 2.1 COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO ON GRID.

#### 2.1.1 Efeito Fotovoltaico.

O efeito fotovoltaico ocorre em materiais semicondutores com capacidade de absorver a energia dos fótons, presentes na radiação luminosa. Esta energia é absorvida por estes materiais que quebram as ligações químicas entre as moléculas, com este efeito as cargas elétricas são liberadas e são utilizadas para a realização de trabalho. Os materiais utilizados são escolhidos com base na absorção do espectro solar, além dos custos e impactos ambientais causados na deposição do material. Os elementos semicondutores mais utilizados para a conversão fotovoltaica são: Silício, Arseneto de Gálio, Disseleneto de cobre e índio, entre outros.

Esta energia elétrica obtida pela radiação solar em materiais semicondutores, é possível devido as células fotovoltaicas, que são dispositivos construídos de forma a aproveitar o efeito fotovoltaico para produção de energia elétrica. A maioria das células fotovoltaicas utilizam o silício como material de base para sua fabricação, pois há grande abundância deste material na natureza. A Figura 1 demonstra como é uma celular fotovoltaica de silício.

**Figura 1:** Célula fotovoltaica de Silício.



Fonte: (Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica)

#### 2.1.2 Módulo Fotovoltaico.

Em aplicações práticas as células fotovoltaicas são agrupadas em associações série e paralelo para produzir tensão e corrente adequadas para aplicações elétricas. Este agrupamento de células fotovoltaicas é encapsulado para construir um módulo fotovoltaico. O módulo tem função de proteger a célula, isolá-las de contatos exteriores e fornece rigidez mecânica. Além das células o módulo é composto por pequenas tiras metálicas responsáveis por interligar as células e fornecer contatos para a saída; por um material encapsulante disposto diretamente sobre as células; por um vidro temperado e antirreflexivo para cobertura frontal; por uma cobertura posterior de polifluoreto de vinila; por uma caixa de conexões

localizada na parte posterior do módulo; e uma estrutura metálica que sustenta o equipamento. A Figura 2 mostra como é formado um módulo fotovoltaico.

**Figura 2:** Detalhe de corte transversal e partes constituintes de um módulo fotovoltaico.



Fonte: (Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica)

### 2.1.3 Inversor Solar On Grid.

O inversor pode ser considerado o coração do Sistema fotovoltaico, tem por finalidade efetuar a conversão da potência C.C, fornecida pelo gerador fotovoltaico, em potência C.A, que será injetada na rede elétrica, sincronizando com a tensão e frequência da rede. Além disso, o inversor tem por função efetuar o seguimento do ponto de máxima potência do gerador, fazendo com que sempre esteja disponível, na entrada do inversor, a máxima potência que o gerador pode suprir em determinado momento. A Figura 3 demonstra um inversor On Grid.

**Figura 3:** Inversor C.C/C.A On Grid.



Fonte: (WEG S.A.)

## 2.2 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO ON GRID.

Os sistemas On Grid são sistemas interligados a rede elétrica da concessionária, muito utilizado por residências, indústrias e comércios. Um conjunto de módulos fotovoltaicos captam a radiação solar e a transformam em energia elétrica (C.C), para determinar a quantidade de módulos será ideal é feito um cálculo levando em consideração o consumo, local e características da residência a ser instalado, como possíveis sombreamentos e exposições do telhado. O local ideal a ser instalado, seria um local alto, sem sombreamentos e se possível estar voltado para o Norte (no Brasil).

Depois que é obtido a quantidade de módulos necessária para atender a residência, é preciso dimensionar o circuito ideal em que os módulos vão estar ligados no telhado, seguindo como base as características das entradas MPPTs do inversor utilizado, como tensão de partida, tensão máxima, corrente de funcionamento. Visando sempre a melhor eficiência do inversor, é utilizado um sobre dimensionamento do inversor, que seria a potência dos módulos podendo chegar em até 130% da potência do inversor.

O inversor irá transformar a energia elétrica (C.C) em energia elétrica (C.A), que é interligada no circuito elétrico do estabelecimento e conseqüentemente no circuito da concessionária de energia. Esta energia gerada pelos módulos e transformada pelo inversor irá ser utilizada pelos equipamentos do estabelecimento instantaneamente causando uma grande diminuição no valor da conta de energia, quando a geração for maior que o consumo, esta energia elétrica é levada para a rede da concessionária onde é transformada em créditos para serem abatidos nos meses futuros, com validade de 60 meses.

Este sistema necessita de homologação junto a concessionária de energia, devido a ligação com a rede. Necessita também de uma troca do medidor de energia, um medidor bidirecional é instalado no local.

A manutenção periódica após a instalação do sistema é feita a cada 1 ano, nesta manutenção é feita a limpeza dos módulos, verificação dos quadros de distribuição, estruturas de fixação, cabeamento e análises termográficas para identificar possíveis falhas no sistema, assim como medições dos parâmetros elétricos garantindo o bom funcionamento, a segurança e o retorno do investimento. A Figura 4 demonstra o modelo do sistema fotovoltaico On grid.

**Figura 4:** Modelo de instalações de sistemas fotovoltaicos interligados à rede.



Fonte: (NeoSolar)

## 2.3 COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID.

### 2.3.1 Controlador de Carga.

As tensões dos módulos fotovoltaicos variam ao longo do dia, devido a este fator, é utilizado o controlador de carga que tem como função entregar uma tensão estável para o banco de baterias. Podem utilizar a tecnologia PWM ou MPPT.

Além da estabilização da tensão o controlador de carga é responsável pelo monitoramento de descarga de baterias, evitando baterias totalmente descarregada, otimizando a utilização e aumentando a vida útil das baterias. A Figura 5 mostra um modelo de controlador de carga MPPT.

**Figura 5:** Controlador de Carga.



Fonte: (Epever)

### 2.3.2 Banco de baterias.

O banco de baterias dá autonomia ao sistema, ele irá determinar a quantidade de energia que pode ser armazenada no sistema. São utilizadas baterias estacionárias, uma de suas características é que não devem ser descarregadas por completo.

As baterias podem ser interligadas em série, paralelo ou ligações mistas de forma a obter a tensão compatível com o controlador de carga e inversor. A Figura 6 demonstra uma bateria estacionária.

**Figura 6:** Bateria Estacionaria.



Fonte: (Moura)

### 2.3.3 Inversor solar Off Grid.

O inversor converte energia de C.C transmitidas pelas baterias (geralmente entre 12V, 24 e 48V) para C.A (110V, 220V) , nos sistemas Off Grid o inversor deve ser considerado como única fonte de energia, ele deve ser capaz de fornecer potência para alimentar todos os equipamentos interligados ao sistema. Pois se forem conectados equipamentos com uma potência maior do que ele possa fornecer ele não conseguirá suprir a demanda e irá desarmar. A Figura 7 demonstra um inversor Off grid.

**Figura 7:** Inversor C.C/C.A Off Grid



Fonte: (Growatt)



## 2.4 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID.

Sistemas fotovoltaicos Off Grid são sistemas totalmente independentes da rede elétrica da concessionária, assim como os sistemas On Grid, a fonte de energia são os módulos fotovoltaicos, que convertem radiação solar em energia elétrica. Esta energia elétrica em C.C é transportada para controladores de carga onde as tensões são reguladas de acordo com a tensão das baterias, após ser efetuada esta regulação, esta energia é armazenada em um banco de baterias estacionárias.

Este banco de baterias é conectado a um inversor, onde é feita a conversão de energia C.C para energia C.A, que é utilizada por equipamentos.

Como os sistemas Off Grid não possuem nenhum auxílio da rede elétrica da concessionária, os sistemas são dimensionados para ter dois dias de autonomia, caso não tenha radiação solar suficiente para geração de energia. Estes sistemas são frequentemente utilizados em locais onde não a disponibilidade de energia elétrica da concessionária. A Figura 8 demonstra o modelo do sistema fotovoltaico Off Grid.

**Figura 8:** Modelo de instalações de sistemas fotovoltaicos Off Grid.



Fonte: (NeoSolar)

### **3 PROBLEMA**

Na montagem do sistema fotovoltaico com a popularidade e aumento do consumo os equipamentos se tornaram mais acessíveis com um melhor rendimento. Uma das principais dificuldades é posicionar a placa e seu manuseio para colocar em uma angulação que torne o melhor rendimento possível, que contornasse subindo no devido lugar com equipamentos imprescindíveis e EPI's corretos devido à altura com o talabarte, escada e capacetes devidamente ajustados se resolve o problema de posicionamento da placa e da segurança.

As conexões devem ser devidamente respeitadas na ligação do inversor e quadro elétrico, sendo que cada local é diferente podendo ter dificuldade na passagem dos fios.

## 4 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

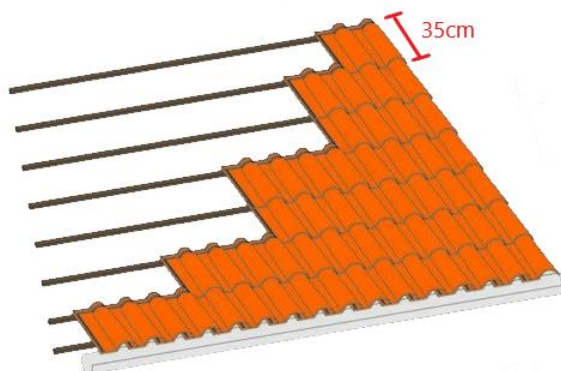
Primeiramente devemos levar em consideração as características do local a ser instalado o sistema, deve-se levar em consideração a estrutura do telhado, área do telhado, obstáculos que podem causar sombreamentos nos módulos, instalação elétrica, equipamentos que vão ser abastecidos pelo sistema e o consumo a ser abatido pelo sistema.

### 4.1 TELHADO

#### 4.1.1 Estrutura do telhado

O telhado da residência em que vamos fazer o estudo, possui uma estrutura para telhas cerâmicas, que no Brasil, é a telha mais utilizada nas construções residenciais. Onde na estrutura possui uma distância de 30cm até 35cm entre as ripas. A Figura 9 demonstra um exemplo de telhado cerâmico.

**Figura 9:** Ilustração da estrutura do telhado cerâmico.

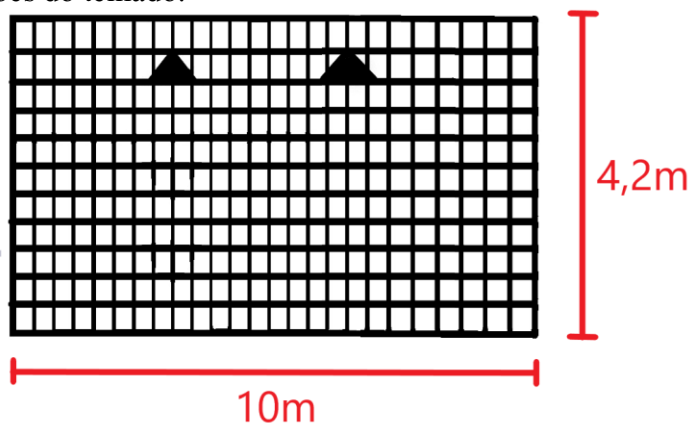


Fonte: (Casa da Construção)

#### 4.1.2 Área do telhado

Neste caso, a residência possui uma área de telhado de 10m x 4,2m com uma área útil de 42m<sup>2</sup>, voltada para o norte com inclinação de 21° (condições ideais). A Figura 10 demonstra as dimensões do telhado a ser instalado o sistema.

**Figura 10:** Dimensões do telhado.



Fonte: (Autoria própria)

## 4.2 INSTALAÇÃO ELÉTRICA

A residência possui uma instalação elétrica bifásica, com a tensão de atendimento de 220V. O padrão de entrada é 32A, com isso a carga instalada da residência é de 7,04kW. Possuindo um eletroduto do telhado até o quadro de disjuntores.

## 4.3 CONSUMO DA RESIDÊNCIA

O consumo da residência será o ponto de partida para que possamos dimensionar o tamanho do sistema ideal. Conforme a Tabela 1 foi declarado os equipamentos abastecidos pelo sistema, suas devidas potências e o tempo de uso.

**Tabela 1:** Tabela de consumo On Grid.

Tabela de consumo					
Equipamento	Quant. de equip.	Potência	Horas/Dias	Dias	Consumo
TV	3	200	5	30	90000
Notebook	2	100	6	30	36000
Chuveiro	1	5500	0,5	30	82500
Video game	1	20	5	25	2500
Maquina de Lavar	1	1000	1	8	8000
Geladeira	1	250	12	30	90000
Lampadas	9	7	6	30	11340
Demais aparelhos	1	100	1	30	3000
<b>Total (kWh/mês)</b>					<b>323,34</b>

Fonte: (Autoria própria)

## 4.4 DIMENSIONAMENTO SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID

### 4.4.1 Dimensionando a potência de módulos

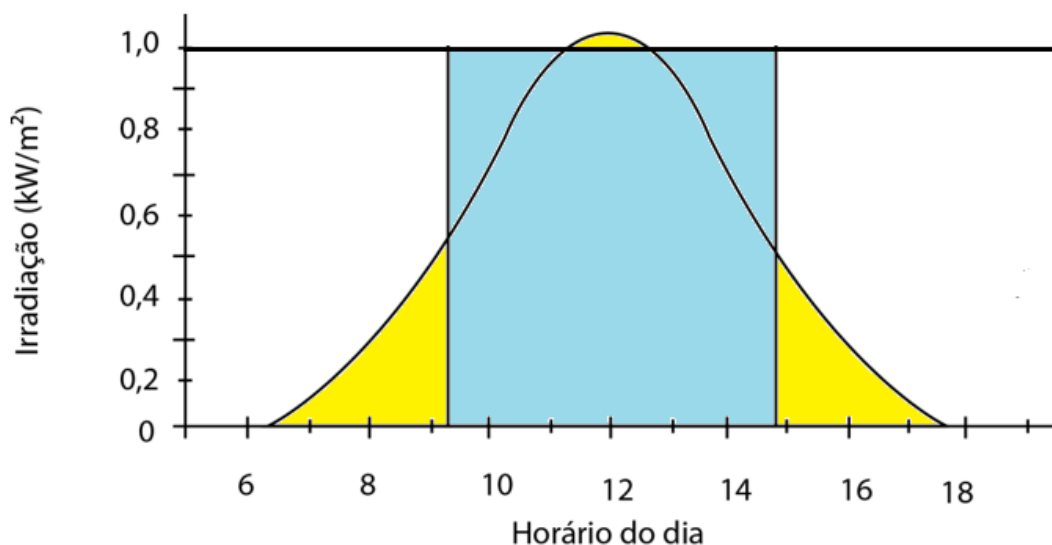
O consumo mensal da residência é 323,34kWh, como a instalação elétrica é bifásica temos que subtrair 50kWh deste consumo, pois este é o valor mínimo cobrado pela concessionaria devido ao uso da instalação.

$$\text{Consumo abatido} = 323,34\text{kWh} - 50\text{kWh} = 273,34\text{kWh/mês}$$

No dimensionamento da potência de módulos necessária para atender o consumo da residência temos a Equação 1 que nos auxiliara no dimensionamento.

$$\text{Potência dos Módulos} = \frac{\text{Consumo da residência}}{\text{Tempo de exposição} \times \text{Rendimento}} \quad (1)$$

Nesta fórmula utilizamos o consumo diário da residência, com isso, o consumo será igual a 9,111kWh/dia, o tempo de exposição utilizaremos o termo HSP, que é o tempo onde o sol atinge 1000W/m<sup>2</sup>, como mostra a Figura 11. Em Taubaté o HSP fornecido pela CRESESB é 4,8kWh/m<sup>2</sup>.dia.

**Figura 11:** Gráfico HSP.

Fonte: (Autoria própria)

O rendimento é obtido por diversos fatores que podem ocasionar perdas de energia pelo sistema, tais como perdas por temperatura, incompatibilidade elétrica, acúmulo de sujeira, perdas por cabeamento C.C e C.A e perdas associadas ao inversor. Na Tabela 2 demonstramos as perdas no sistema.

**Tabela 2:** Tabela de perdas do sistema.

Motivo	Perdas
Perdas por Temperatura	11,5%
Incompatibilidade Elétrica	1,5%
Acumulo de Sujeira	2%
Cabeamento C.C	1%
Cabeamento C.A	1%
Inversor	3%
Total	20%

Fonte: (Autoria própria)

Portanto será utilizado um rendimento de 80% devido as perdas obtidas pelo sistema. Com o valor do rendimento temos todos os valores da fórmula para descobrir a potência de módulos necessária para atender o consumo da residência.

$$\text{Potência dos Módulos} = \frac{9,111\text{kWh/dia}}{4,8\text{kWh/m}^2 \cdot \text{dia} \times 80\%}$$

$$\text{Potência dos Módulos} = 2,373\text{kWp}$$

Para o consumo da residência estudada, precisamos de uma potência de módulos de 2,373kWp. Vamos utilizar módulos de 410Wp da TrinaSolar no projeto, pois possui uma

garantida de performance de 80% após 25 anos. As dimensões e os dados elétricos serão informados na Figura 12.

**Figura 12:** Datasheet do Módulo TSM DE15M(II).

ELECTRICAL DATA (STC)						
Peak Power Watts- $P_{MAX}$ (Wp)*	390	395	400	405	410	415
Power Output Tolerance- $P_{MAX}$ (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage- $V_{MPV}$ (V)	40.0	40.1	40.3	40.5	40.7	40.9
Maximum Power Current- $I_{MPV}$ (A)	9.75	9.86	9.92	10.0	10.07	10.15
Open Circuit Voltage- $V_{OC}$ (V)	48.5	48.7	49.0	49.2	49.4	49.6
Short Circuit Current- $I_{SC}$ (A)	10.30	10.37	10.45	10.52	10.59	10.66
Module Efficiency $\eta_m$ (%)	19.4	19.7	19.9	20.2	20.4	20.7

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.  
\*Measuring tolerance: ±3%.

---

MECHANICAL DATA	
Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	144 cells (6 × 24)
Module Dimensions	2015 × 996 × 35 mm (79.33×39.21×1.38 inches)
Weight	22.0 kg ( 48.5 lb)

Fonte: (TrinaSolar)

Portanto para obter o número de módulos, basta fazer a divisão da potência de módulos obtida pela Equação 1 pela potência de pico de cada módulo, como demonstra a Equação 2.

$$\text{Número de Módulos} = \frac{2,373\text{kWp}}{410\text{Wp}} = 5,788 \text{ módulos} \quad (2)$$

Como precisamos de um número inteiro para obtermos a quantidade de módulos, colocaremos 6 módulos de 410Wp, com isso nossa potência total de módulos ficará 2,46kWp.

#### 4.4.2 Dimensionamento do inversor

O inversor solar deve ser dimensionado com uma faixa de operação de 80%-130% de sua potência nominal buscando sua máxima eficiência, assim como a potência de módulos informada anteriormente é 2,46kWp, podemos utilizar um inversor de 2kW, assim o inversor estará dimensionado à 123%.

Após a verificação da potência, devemos verificar as tensões e correntes de trabalho do inversor, para a distribuição ideal dos módulos em serie e paralelo. A Figura 13 demonstra os parâmetros de operação do inversor.

**Figura 13:** Datasheet inversor SIW300H-M020.

Especificações técnicas	SIW300H - M020
<b>Eficiência</b>	
Eficiência máxima	98,4%
Eficiência europeia	97,0%
<b>Entrada</b>	
Tensão de entrada máxima	500 V
Faixa de tensão de operação <sup>1</sup>	90 V – 600 V
Tensão de partida	120 V
Faixa de tensão MPPT em máxima potência	120 V – 480 V
Tensão de entrada nominal	380 V
Corrente de entrada máxima por MPPT	11 A
Corrente de curto-circuito máxima	15 A
Número de MPPTs	2
Número máximo de entradas por MPPT	1
<b>Saída</b>	
Conexão à rede	Monofásica
Potência nominal de saída	2.000 W
Potência aparente máxima	2.200 VA
Tensão de saída nominal	220 V / 230 V / 240 V
Frequência de rede CA nominal	50 Hz / 60 Hz
Corrente de saída máxima	10 A
Fator de potência ajustável	0,8 adiantado ... 0,8 atrasado
Distorção harmônica total máxima	≤3%
<b>Proteção</b>	
Proteção anti-ilhamento	Sim
Proteção contra polaridade CC invertida	Sim
Monitoramento da isolamento	Sim
Proteção contra raios CC	Sim
Proteção contra raios CA	Sim
Monitoramento de correntes residuais	Sim
Proteção contra sobrecorrente CA	Sim
Proteção contra curto-circuito CA	Sim
Proteção contra sobretensão CA	Sim
Proteção contra sobretemperatura	Sim

Fonte: (WEG S.A.)

Escolhemos este inversor pois possui as proteções necessárias na entrada C.C., com isto, não necessitaremos de uma String Box.

Observando na Figura 13, a faixa de tensão em máxima potência é 120-480V, e a corrente máxima por MPPT é 11 A. Com estes parâmetros conseguiremos distribuir os módulos de tal forma que os atendam. Conforme já observado na Figura 12, os parâmetros de tensão e corrente do módulo vamos colocar os 6 módulos em série, todos em uma entrada do inversor. Porém como a tensão do módulo varia conforme a temperatura, iremos calcular os valores de tensão máxima e tensão mínima dos módulos de acordo com a temperatura, para isso vamos utilizar a Figura 14 que mostra as avaliações dos parâmetros dos módulos de acordo com a temperatura.

**Figura 14:** Avaliações de temperatura.

TEMPERATURE RATINGS	
NMOT (Nominal Module Operating Temperature)	41 C (±3 C)
Temperature Coefficient of P <sub>MAX</sub>	-0.36%/C
Temperature Coefficient of V <sub>OC</sub>	-0.26%/C
Temperature Coefficient of I <sub>SC</sub>	0.04%/C

Fonte: (TrinaSolar)

O cálculo da tensão máxima do módulo é obtida pela Equação 3.

**Tensão de circuito aberto**

$$V_{oc\_max} = V_{oc} \times ( 1 - ( \frac{\beta_{voc}}{100} \times ( 25 - T_{min} ) ) )$$

**Tensão máxima**      **Temperatura mínima**  
**Coeficiente de temperatura da tensão de circuito aberto**

(3)

Portanto:

$$V_{oc\_max} = 49,4V \times ( 1 - ( \frac{-0,26}{100} \times ( 25 - ( 0 ) ) ) ) = 52,61V$$

A tensão máxima de cada módulos será 52,61V, como temos 6 módulos em série, temos que multiplicar esta tensão por 6 para encontrarmos a tensão do circuito C.C..

**Tensão máxima do circuito C.C. = 52,61V x 6 = 315,7V**

Esta tensão se encontra dentro dos parâmetros do inversor.

Agora iremos calcular a tensão mínima dos módulos, obtida pela Equação 4:

**Tensão de máxima potência**

$$V_{mp\_min} = V_{mp} \times ( 1 - ( \frac{\beta_{vmp}}{100} \times ( 25 - T_{max} ) ) )$$

**Tensão mínima**      **Temperatura Máxima**  
**Coeficiente de temperatura da tensão de máxima potência**

(4)

Portanto:

$$V_{mp\_min} = 40,7V \times ( 1 - ( \frac{-0,36}{100} \times ( 25 - ( 60 ) ) ) ) = 35,57V$$

A tensão mínima de cada modulo será 35,57V, também teremos que multiplicar por 6 para encontrarmos a tensão mínima do circuito C.C..

**Tensão mínima do circuito = 35,57V x 6 = 213,43V**

A tensão mínima assim como a tensão máxima se encontra dentro dos parâmetros do inversor, nos permitindo utilizar a configuração estipulada anteriormente. Como todos os módulos estão em série, a corrente dos módulos acaba sendo 10,15A, também dentro dos parâmetros do inversor.



#### 4.4.3 Geração do Sistema.

O sistema dimensionado de 2,46kWp, irá gerar 283,4kWh/mês, atendendo a necessidade da residência, já que terá um valor mínimo de 50kWh pois a instalação elétrica é bifásica, como demonstra a Equação 5.

$$\text{Geração} = (\text{Potência dos Módulos} \times \text{HSP} \times \text{Perdas}) \times 30 \text{ Dias} \quad (5)$$

$$\text{Geração} = (2,46\text{kWp} \times 4,8 \times 0,8) \times 30 = 283,4\text{kWh/mês}$$

#### 4.4.4 Estudo de viabilidade econômica do sistema On grid

O consumo da residência é 323,34kWh, utilizando a tarifa de R\$0,73 por kWh, fornecida pela EDP para consumidores residenciais na região do Vale do Paraíba. A residência tem um gasto mensal de R\$236,00 sem o sistema fotovoltaico.

Com a instalação do sistema fotovoltaico o consumo da residência será de 50kWh, sendo o valor mínimo de uso da instalação da concessionária. Sendo assim, o gasto da residência com a conta de energia após a instalação do sistema fotovoltaico será de aproximadamente R\$37,00. Uma economia de 84,5% do valor de sua conta de energia anteriormente.

Fizemos uma pesquisa de mercado com empresas que trabalham com sistemas fotovoltaicos na região do Vale do Paraíba SP, encontramos que o valor médio é de R\$14.500,00 para um sistema fotovoltaico potência de 2,46kWp e um inversor de 2kW, este valor inclui o equipamento, projeto, homologação e instalação, o sistema estará funcionando. Além do valor da aquisição inicial do sistema, temos um valor de R\$300,00 por ano, para que sejam feitas as manutenções anuais no sistema. Visando que o sistema possui uma garantia de produção de 80% após os 25 anos de instalação.

Para a análise do retorno financeiro da residência não vamos utilizar a inflação sobre a tarifa de energia, pois varia conforme o ano. Conforme a Tabela 3 demonstramos o tempo de retorno do investimento.

**Tabela 3:** Retorno financeiro.

Economia Anual	R\$ 2.388,00
Gasto Inicial com o sistema	R\$ 14.500,00
Ano 1	R\$ 12.412,00
Ano 2	R\$ 10.324,00
Ano 3	R\$ 8.236,00
Ano 4	R\$ 6.148,00
Ano 5	R\$ 4.060,00
Ano 6	R\$ 1.972,00
Ano 7	R\$ 116,00

Fonte: (Autoria própria)

#### 4.5 DIMENSIONAMENTO SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID

Para o dimensionamento do sistema Off Grid não utilizaremos chuveiro elétrico, pois como ele exige uma potência muito alta o sistema acabará aumentando de tamanho consideravelmente.

Portando o consumo da residência para dimensionarmos o sistema Off Grid seguirá a Tabela 4.

**Tabela 4:** Consumo Off Grid.

Tabela de consumo				
Equipamento	Quant. de equip.	Potência	Horas/Dias	Consumo Diário
TV	3	200	5	3000
Notebook	2	100	6	1200
Video game	1	20	5	100
Maquina de Lavar	1	1000	1	1000
Geladeira	1	250	12	3000
Lampadas	9	7	6	378
Demais aparelhos	1	100	1	100
		<b>2233</b>		<b>8778</b>

Fonte: (Autoria própria).

##### 4.5.1 Inversor Off Grid

Para sistemas Off Grid, para se encontrar o inversor, devemos utilizar a somatória das potencias instantâneas dos equipamentos, como demonstra a Tabela 4, a somatória é 2233W.

Os inversores de corrente possuem sua máxima eficiência entre 50% e 70%, sendo assim devemos prever uma folga ao dimensionar o inversor, desta maneira:

$$\frac{2233W}{0,7} = 3190W$$

$$\frac{2233W}{0,5} = 4466W$$

Podemos escolher um inversor que se encontra dentro desta faixa de potência com saída de 220V para alimentar os equipamentos.

O inversor para esta conversão, foi o 4000W-220V KP-528A. A Figura 15 mostra os parâmetros do inversor:

**Figura 15:** Informações técnicas do inversor

- Forma de onda: Onda senoidal Modificada
- Tensão de entrada: 24v DC
- Tensão de saída: 220v AC
- Potência de saída: 4000w
- Frequência: 50Hz/60Hz / + ou - 4Hz
- Proteção de baixa tensão: <9,6V Proteção de alta tensão: >14V
- Corrente sem carga: 0,4A
- Proteção contra sobre carga: 4000w
- Proteção contra super aquecimento: 70°C
- Fusível: 40°
- Proteção contra curto circuito
- Proteção de polaridade positiva e negativa reversa
- Cooler Termostático: 43°C
- Tomada universal
- Botão Liga/Desliga
- Led indicador de Liga/Desliga
- Cooler de ventilação (silencioso)

Fonte: (NovaKnup)

Este inversor possui uma eficiência de 90%, sendo assim devemos considerar um novo valor para a energia elétrica a ser gerada, como demonstra a Equação 6:

$$ED = \frac{8778}{0,9} = 9753\text{Wh/dia}$$

(6)

#### 4.5.2 Banco de bateria

Devido as perdas dos sistemas fotovoltaicos Off Grid, devemos considerar uma potência maior do considerado anteriormente, onde o valor médio do rendimento global do sistema seja 89%.

$$R = 0,89$$

A tensão de trabalho do sistema do lado C.C. será de 24V, pois as bitolas dos cabos podem ser menores sem que hajam perdas de potência elétrica.

A autonomia do sistema varia de acordo com o local de instalação, nível de segurança. Neste estudo vamos utilizar uma autonomia de 2 dias para o sistema pois em Taubaté temos uma boa exposição solar.

Utilizaremos baterias Moura 12MF220, pois possui uma capacidade maior, de 220Ah, e uma tensão nominal de 12V. Utilizaremos uma profundidade de descarga da bateria de no máximo 40% no final da autonomia, portando terá uma profundidade de descarga de 20% a

cada dia (ciclo) que nos dará uma capacidade de aproximadamente cinco anos e meio de vida útil da bateria (1800 ciclos), como mostra a Figura 16.

**Figura 16:** Profundidade de descarga



Fonte: (Moura)

Com a determinação dos parâmetros da bateria, e perdas do sistema fotovoltaico Off Grid, vamos calcular a ER pela Equação 7:

$$ER = \frac{ED}{R} = \frac{9753}{0,89} = 10960 \text{Wh/dia} \quad (7)$$

Sabendo a energia real, podemos calcular a capacidade útil do banco de baterias para 2 dias de autonomia, utilizando a Equação 8:

$$CU = \frac{ER \times N}{V_{cc}} = \frac{10960 \times 2}{24} = 913,3 \text{Ah} \quad (8)$$

Como mencionado anteriormente, vamos utilizar uma profundidade de descarga da bateria de 40%, sendo assim vamos encontrar a capacidade real do banco de baterias com a Equação 9:

$$CR = \frac{CU}{P_d} = \frac{913,3}{0,4} = 2283 \text{Ah} \quad (9)$$

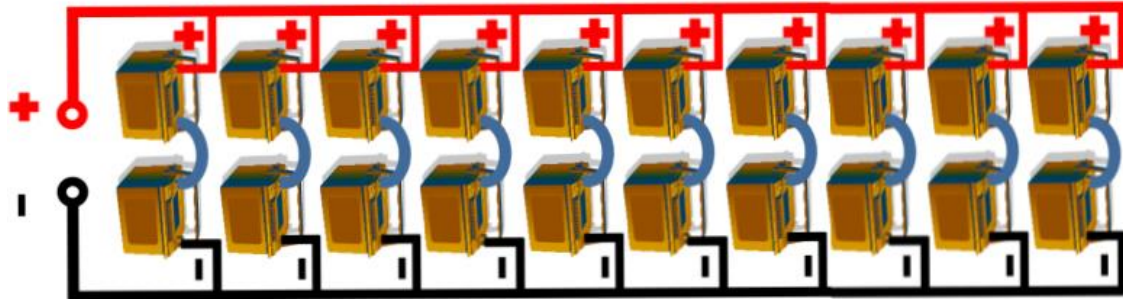
Portanto o banco de baterias deverá ter a capacidade real de 2283Ah para prover a potência de 10960Wh/dia por 2 dias. Verificaremos agora como serão distribuídas as baterias para o sistema, em paralelo e em série utilizando as Equações 10 e 11.

$$BP = \frac{CR}{C} = \frac{2283}{220} = 10,3 \text{ Baterias em paralelo} \quad (10)$$

$$BS = \frac{V_{cc}}{V_b} = \frac{24}{12} = 2 \text{ Baterias em série} \quad (11)$$

De acordo com estes cálculos vamos utilizar em nosso sistema 20 baterias de 220Ah, distribuídas conforme a Figura 17.

**Figura 17:** Layout do banco de baterias



Fonte: (Autoria própria)

#### 4.5.3 Modulo Fotovoltaico

##### 4.5.3.1 Geração do modulo fotovoltaico

Para dimensionarmos quanto um modulo fotovoltaico irá gerar no sistema Off Grid, utilizamos o pior caso de radiação solar, como mostra a Figura 18.

**Figura 18:** Radiação solar.

Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
21° N	4,82	5,38	4,91	4,85	4,34	4,25	4,31	5,20	4,77	4,88	4,75	5,14	4,80

Fonte: (Cresesb)

Verificamos que no caso de Taubaté, o pior mês de radiação é o mês de junho. Também devemos levar em consideração as sujeiras nos módulos, que podem causar em média 2% de perda na produção dos módulos, sendo assim, a correção do potencial energético será:

$$4,25 \times 0,98 = 4,165 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{dia}$$

##### 4.5.3.2 Número de módulos

Como obtivemos a radiação do local onde vamos instalar o sistema, basta dividir a energia real a ser fornecida pela radiação, como mostra a Equação 12:

$$\text{Potência do Sistema} = \frac{10960}{4,165} = 2632 \text{ Wp} \quad (12)$$

Iremos utilizar o modulo de 410Wp cuja tensão em Voc é 49,4V e a Isc é 10,59 A. Com estes dados conseguimos obter o número de módulos, desta forma:

$$\text{Número de Módulos} = \frac{2632}{410} = 6,42 \text{ Módulos} \quad (13)$$

A quantidade de módulos exigida pelo consumo seria 7 módulos de 410Wp, porém vamos utilizar 8 módulos pois precisamos de números pares para ligações em paralelo.

$$\text{Potência do Sistema} = 8 \times 410 = 3,28\text{kWp}$$

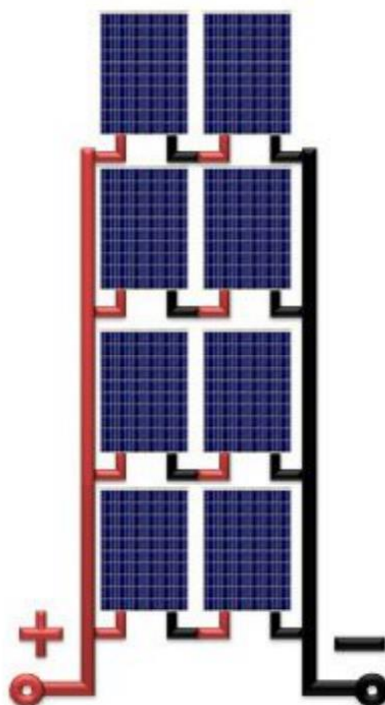
#### 4.5.3.3 Distribuição dos módulos

A distribuição dos módulos em serie e paralelo no sistema ficará desta forma desta forma como mostra a Figura 19:

$$M_s = 2$$

$$M_p = 4$$

**Figura 19:** Layout dos módulos



Fonte: (Autoria própria)

Calculando o a tensão e corrente para a ligação com o controlador de carga:

$$\text{Voc do Circuito} = 49,4 \times 2 = 98,8\text{V}$$

$$\text{Isc do circuito} = 10,59 \times 4 = 42,36\text{A}$$

#### 4.5.4 Controlador de carga

Para o controlador de carga vamos utilizar equipamentos com MPPT, buscando uma melhor eficiência da geração de módulos. Isto nos permite adotar que a energia que o modulo irá gerar será a mesma que a energia real. Caso contrário, se o controlador utilizasse PWM, teríamos que adotar uma eficiência de 90%.

Devemos dimensionar o controlador de carga com um fator de segurança de 25% da corrente de curto-circuito do modulo, que neste caso é 10,59A, conforme a Equação 14:

$$I_e = 42,36 \times 1,25 = 52,95A \quad (14)$$

Vamos utilizar um controlador de carga de 100A modelo TRACER 10415AN, pois ele possui um aproveitamento melhor da geração do sistema fotovoltaico, tendo desempenho melhor do que os controladores de 60A e 80A, como mostra a Figura 20.

**Figura 20:** Parâmetros do Controlador de Carga

Model	Tracer10415AN
Nominal System Voltage	12/24/36/48VDC or Auto
Battery Input Voltage Range	8V~68V
Battery Type	Sealed(Default)/Gel/Flooded/U:
Rated charge current	100A
Rated charge Power	1250W/12V 2500W/24V 3750W/36V 5000W/48V
Max. PV open circuit voltage	150V① 138V②

Fonte: (Epver)

#### 4.5.5 Estudo de viabilidade econômica do sistema Off Grid

O consumo da residência é 263,34kWh/mês, utilizando a tarifa de R\$0,73 por kWh, fornecida pela EDP para consumidores residenciais na região do Vale do Paraíba. A residência tem um gasto mensal de R\$192,00 sem o sistema fotovoltaico.

Fizemos uma pesquisa de mercado com empresas que trabalham com sistemas fotovoltaicos na região do Vale do Paraíba SP, encontramos que o valor médio é de R\$49.600,00 para um sistema fotovoltaico Off Grid com os mesmos equipamentos informados no estudo, este valor inclui o equipamento e instalação. Além do valor da aquisição inicial do sistema, temos um valor de R\$300,00 por ano, para que sejam feitas as manutenções anuais no sistema. Possui também uma troca de baterias a cada cinco anos e meio.

Para a análise do retorno financeiro da residência não vamos utilizar a inflação sobre a tarifa de energia, pois varia conforme o ano. Conforme a Tabela 5 demonstramos o tempo de retorno do investimento.

**Tabela 5:** Retorno financeiro do sistema Off Grid

Valor Unitario (Bateria)	R\$ 1.400,00
Economia Anual	R\$ 2.304,00
Gasto inicial com o sistema	R\$ 49.600,00
Ano 1	R\$ 47.596,00
Ano 2	R\$ 45.592,00
Ano 3	R\$ 43.588,00
Ano 4	R\$ 41.584,00
Ano 5	R\$ 67.580,00
Ano 6	R\$ 65.576,00
Ano 7	R\$ 63.572,00

Bateria

Fonte: (Autoria própria)



## **5 CONCLUSÃO**

Após ser feitos os cálculos dos dois sistemas, tanto tecnicamente quanto financeiramente, verificamos que o sistema On Grid é mais vantajoso que o sistema Off Grid, pois utiliza menor quantidade de equipamentos, pois tem o auxílio da rede da concessionária de energia para o abastecimento da energia gerada, e os equipamentos possuem uma vida útil maior não necessitando de trocas em curtos períodos.

Portanto o sistema On Grid é considerado um investimento financeiro, já o Off Grid é indicado somente para locais onde não possui energia disponibilizada pela concessionária.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ROBERTO ZILLES, Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica– São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

BLUESOL EDUCACIONAL, Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica - Jardim América / Ribeirão Preto - SP.

CEPEL – CRESESB, Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos, Rio de Janeiro – março – 2014.

ONUDI, Programa de Capacitação em Energias Renováveis.

RC COM SISTEMAS, Manual de Energia Solar Fotovoltaica, - São José dos Campos - SP – Brasil, 1997.

CATÁLOGO MOURA, Moura Clean Nano, A Bateria Para Instalações Eco Eficientes.

DATASHEET TRINASOLAR, Datasheet Módulo Fotovoltaico TSM DE15M(II).

DATASHEET WEG S.A., Datasheet Inversor Fotovoltaico SIW300H-M020.

DATASHEET NOVAKNUP, Datasheet Inversor Fotovoltaico 4000W-200V KP-548A.

DATASHEET EPVER, Datasheet Controlador de Carga TRACER 10415AN.

BLUESOL. Energia Solar: Como Funciona? – O Efeito Fotovoltaico, disponível em , publicado em 23 de dezembro de 2011, último acesso em 26 de Maio de 2018.

RUTHER, R. Instalações solares fotovoltaicas integradas a edificações urbanas e interligadas à rede elétrica pública. Florianópolis, 2000

ELETROBRÁS. Conservação de energia: Eficiência energética de instalações e equipamentos. Procel. Itajubá, MG, Editora da EFEI, 2001.

ANEEL, C. T. Micro e minigeração distribuída. Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Brasília, DF, Brasil: Centro de Documentação–Cedoc, 2014.

MIRANDA, A. Análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede. Projeto de Graduação–UFRJ/Escola Politécnica/Curso de Engenharia Elétrica, Rio de Janeiro, Brasil, 2014.

