



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

LEANDRO APARECIDO DE SOUZA

**CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO BÁSICO DE UM
SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÔNOMO PARA SUPRIR
AS NECESSIDADES DE ENERGIA ELÉTRICA DE
EQUIPAMENTOS FRIGORÍFICOS EM MINIMERCADOS
DO MUNICÍPIO DE FLORIANO PIAUÍ.**

Orientador:

Prof. Dr. Cláudio Roberto de Freitas Pacheco

São Paulo

2018

LEANDRO APARECIDO DE SOUZA

**CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO BÁSICO DE UM
SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÔNOMO PARA SUPRIR
AS NECESSIDADES DE ENERGIA ELÉTRICA DE
EQUIPAMENTOS FRIGORÍFICOS EM MINIMERCADOS
DO MUNICÍPIO DE FLORIANO PIAUÍ.**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Área de Concentração: Energia Solar Fotovoltaica

Orientador:

Prof. Dr. Cláudio Roberto de Freitas Pacheco

São Paulo

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Souza, Leandro

Concepção e dimensionamento básico de um sistema fotovoltaico autônomo para suprir as necessidades de energia elétrica de equipamentos frigoríficos em minimercados do município de Floriano Piauí / L. Souza – São Paulo, 2018.

54 p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1. Energia solar I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II. t.

FICHA DE APROVAÇÃO

Nome: **Leandro Aparecido de Souza**

Título: **Concepção e dimensionamento básico de um sistema fotovoltaico autônomo para suprir as necessidades de energia elétrica de equipamentos frigoríficos em minimercados do município de Floriano Piauí**

Monografia apresentada ao Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética.

Aprovado em: ____ / ____ / 2018

Orientador:

Prof. Dr. Cláudio Roberto de Freitas Pacheco

Assinatura: _____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Roberto Simões Moreira

Assinatura: _____

Prof. Dr. Daniel Setrak Sowry

Assinatura: _____

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a Deus por ter me dado o dom da vida, e também a todos os Professores que fizeram parte da minha vida acadêmica e que dedicaram o seu tempo para compartilhar os seus conhecimentos comigo.

Contudo gostaria de agradecer principalmente a minha esposa Miriam Ribeiro, que me deu o prazer de estudar comigo durante os dois anos da pós-graduação, compartilhando os diversos momentos que passamos junto na sala de aula e nos trajetos até a universidade.

Resumo

Com o decorrer do tempo vemos que as consequências que o avanço industrial e o aumento populacional trazem para o meio ambiente é preocupante, se o mundo continuar evoluindo na mesma velocidade e não nos preocuparmos com a poluição ambiental, o efeito estufa e as reservas naturais, as gerações futuras poderão vir a sucumbir.

A geração de energia fotovoltaica é considerada uma fonte de energia renovável que não polui o meio ambiente, isso porque ela converte energia irradiada pelo Sol em energia elétrica através de módulos fotovoltaicos.

Neste trabalho iremos abordar uma alternativa de fornecimento de energia elétrica para os equipamentos de refrigeração de um minimercado, quando houver uma falta de energia na rede principal da concessionária, o sistema fotovoltaico autônomo fornecerá energia para os equipamentos de refrigeração.

Desta maneira o comerciante poderá continuar mantendo os alimentos perecíveis refrigerados, mesmo sem energia na rede da concessionária, evitando descartes dos alimentos e fornecendo energia de forma limpa e renovável, sem poluir o meio ambiente.

Para isso iremos abordar neste trabalho o dimensionamento e o projeto básico de um sistema autônomo de energia fotovoltaica para a região de estudo (Floriano-PI) com dados coletados pelas estações de medições do CRESESB e pelos dados fornecidos pelos fabricantes de equipamentos de geração fotovoltaica.

Abstract

In the course of time we see that the companies that drive the industrial activities and the population's increase is worrisome for the environment, the world continues to evolve in the same way and does not leave us with the environmental nature, the greenhouse effect and the natural reserves, the future generations may succumb.

The generation of photovoltaic energy consists of a renewable energy source that does not pollute the environment because it is capable of generating energy radiated by the sun in electric energy through photovoltaic modules.

In this work, there is an alternative for the supply of electric energy for local sell store markets refrigeration equipment, that is, an off-grid system. You can keep perishable food refrigerated, even without power at the utility, avoiding energy and energy waste in a clean and renewable way, without polluting the environment.

For this article, we address the design and basic design work of a photovoltaic solar energy system for a study region with data collected by CRESESB data processing stations and by data made by photovoltaic equipment manufacturers.

Lista de Ilustrações

Figura 1 Igreja Matriz Floriano	17
Figura 2 Universidade Estadual do Piauí	18
Figura 3: associação de células solares em série e em paralelo.....	20
Figura 4: Topologia de sistema fotovoltaico autônomo ou isolado	21
Figura 5: esquemático para o princípio de funcionamento da bateria de chumbo-ácido	22
Figura 6: Vitrine refrigerada.....	23
Figura 7: Freezer Vertical.....	24
Figura 8: Câmara Fria.....	25
Figura 9: Geladeira expositora vertical	26
Figura 10: Ilha para congelados.....	28
Figura 11: Expositor Vertical de Frutas	29
Figura 12: Planta Baixa do minimercado	33
Figura 13: Planta Superior do minimercado.....	34
Figura 14: Kit Fotovoltaico	35
Figura 15: Características técnicas do módulo fotovoltaico.....	38
Figura 16: Controlador de Carga	43
Figura 17: Esquema unifilar do Sistema Fotovoltaico autônomo	44
Figura 18: Arranjo de módulos e do Sistema fotovoltaico.....	45

Lista de Tabelas

Tabela 1: Dados solarimétricos de Floriano-PI	18
Tabela 2: características equipamentos	30
Tabela 3: Regime de operação equipamentos frigoríficos	31
Tabela 4: Período crítico durante 4 horas	32
Tabela 5: Relação de produtos típicos no balcão de refrigeração e freezer	33
Tabela 6: Irradiação Estação Floriano	35
Tabela 7: Características técnicas da Bateria	40
Tabela 8: Dados técnicos do Controlador de Carga	42
Tabela 9: Dados do Inversor.....	44
Tabela 10: Custos dos Equipamentos.....	46
Tabela 11: Estoque de alimentos Perecíveis.....	47
Tabela 12: Análise de Investimento 6%.....	48
Tabela 13: Análise de Investimento 18%.....	49

Lista de Gráficos

Gráfico 1 Irradiação Média.....	19
Gráfico 2: Irradiação solar diária média (Floriano-PI).....	34
Gráfico 3 : Máxima de temperatura histórica.....	37
Gráfico 4: Capacidade de descarga bateria DF 300	41
Gráfico 5 :Valor líquido presente	50
Gráfico 6: Valor líquido presente acumulado.....	51

Lista de Símbolos

T_C [°C] - temperatura da célula

T_a [°C] - temperatura ambiente

T_C^* [°C] - temperatura nominal de operação da célula TNOC

G_T [W/m²] - radiação solar média no plano de célula

CBI – É a capacidade do banco de baterias em Ah para o regime de descarga em 4 horas

PCD – Quantidade de energia consumida diariamente

V_{Bat} – Tensão da Bateria

η_I – Eficiência do inversor

E_{rede} - energia entregue pelo inversor à rede kWh/dia

E_{GFV} - energia gerada pelo gerador fotovoltaico entregue ao inversor kWh/dia

P^o_{INV} - potência nominal do inversor

P_{MP} - potência máxima do painel FV usado kW

N - número de painéis fotovoltaicos que compõe o gerador fotovoltaico

η_{SPMP} - eficiência do seguidor do ponto de máxima potência

η_{INV} - eficiência do inversor

Δt - intervalo de tempo válido para certo valor de P_{MP}(h)

P_{mp} - Potência Média da célula na temperatura de operação

P_{mp0} – Potência Nominal do modulo fotovoltaico

SFV- Sistema Fotovoltaico

G_{ref} [W/m²] - radiação solar nas condições STC

γ_{mp} [°C⁻¹] coeficiente de temperatura para potência máxima

P_{MP} [W] - Potência do Painel Fotovoltaico

Sumário

1. Introdução	13
1.1. Objetivo	14
1.2. Justificativa	14
1.3. Metodologia	14
1.4. Estrutura do trabalho	15
2. Revisão Bibliográfica	16
2.1. Avaliação do potencial solar	16
2.2. Painéis fotovoltaicos para sistemas autônomos	19
2.3. Controladores de Carga e inversores CC/CA para sistemas autônomos	21
2.4. Baterias	22
2.5. Características de equipamentos Frigoríficos usuais em minimercados	23
3. Estudo da situação problema	30
3.1. Descrições do sistema frigorífico objeto de estudo	30
3.2. Configuração do sistema fotovoltaico autônomo	34
4. Investimento	46
4.1. Viabilidade Econômica	46
4.2. Discussões de alternativas operacionais	51
5. Conclusões e recomendações	52
Bibliografia	53

1. Introdução

A crise hídrica vivenciada pela população brasileira em 2001 e 2002 influenciou diretamente na economia do país, isso porque diversas empresas tiveram que realizar também um racionamento de energia elétrica, pois a maior parte da energia gerada no Brasil provém de usinas hidroelétricas.

Esse evento nos fez refletir sobre a importância de diversificar nossa fonte de energia elétrica, porém não podemos gerar energia elétrica de qualquer maneira, precisamos sempre pensar nas gerações futuras e para isso devemos gerar energia de forma limpa e renovável.

A geração fotovoltaica se encaixa muito bem nesses requisitos, pois ela capta a energia do Sol e transforma em energia elétrica através de células semicondutoras comercializadas em módulos feitos em silício. A grande vantagem da energia fotovoltaica é a matéria prima, o Sol, que é captado de forma gratuita e a energia é transformada sem a emissão de poluentes com baixo custo de manutenção e de forma renovável.

O Brasil é um dos países com maior potencial de geração fotovoltaica do mundo, ele produz entre 1.500 á 2.400 kWh m²/ano, fonte (SINIMBU, 2017). A melhor região brasileira para geração de energia fotovoltaica é a região nordeste e a pior fica localizada na região sul, segundo (AMERICADOSOL, 2015) quando comparamos a pior região brasileira para geração de energia fotovoltaica com a Alemanha, que é um País que já utiliza bastante a energia solar, suprimindo cerca de 45% da energia total gerada no país, essa região brasileira ainda é melhor do que a melhor região da Alemanha.

Falta de Energia em regiões remotas e prejuízos aos comerciantes

Apesar de muitas vezes não divulgado pela mídia e pelos meios de comunicação, a falta de energia em algumas cidades de pequeno porte na região nordeste é mais comum do que parece, segundo (GOMES, 2018) em Março uma grande região brasileira sofreu falta de energia por quase duas horas, a suspeita é que isso aconteceu devido a um problema em um gerador de uma usina hidrelétrica, porém o ONS não confirmou a informação.

As faltas de energia nessas cidades afetam a população e trazem prejuízos para os pequenos comerciantes como, por exemplo, donos de minimercados e de frigoríficos. Segundo (COLLA, 2003) variações de temperatura na estocagem dos alimentos causam recristalização e isto afeta a qualidade do alimento.

Na maioria das vezes a concessionária consegue reestabelecer a energia em até 4 horas após a falha e o prejuízo destes pequenos comerciantes poderiam ser evitados se eles tivessem

algum sistema autônomo que suprisse a necessidade de energia em equipamentos essenciais como geladeiras e câmaras frias.

1.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é realizar o projeto básico e o estudo de viabilidade econômica para implementação de um sistema fotovoltaico autônomo com bateria para suprir em até 4 horas a falta de energia nas geladeiras e câmaras frigoríficas de minimercados e açougues da região de Floriano Piauí.

1.2. Justificativa

A falta de energia prejudica o comerciante e consequentemente os seus clientes principalmente quando falamos de alimentos perecíveis, isso porque sem energia elétrica os comerciantes são obrigados a descartar alimentos e arcar com os prejuízos dos descartes, com o trabalho proposto nesta monografia sugere-se uma alternativa para que o comerciante possa operar os equipamentos essenciais para o sistema de refrigeração de um minimercado por até 4 horas sem energia elétrica na rede da concessionária.

Sabemos que hoje já existem diversos equipamentos que fazem a função de gerar energia elétrica como geradores a diesel, geradores a gás, nobreak entre outros. O intuito deste trabalho é aproveitar o conhecimento adquirido durante o curso de pós-graduação em energia renováveis e propor uma alternativa para fornecer energia limpa e renovável em caso de falha da rede.

1.3. Metodologia

O estudo do projeto foi realizado para a região de Floriano – PI. Foi realizado um levantamento do potencial solar da cidade através das informações contidas no CRESESB e com informações coletadas dos fabricantes de placas e demais equipamentos para geração fotovoltaica, em seguida realizou-se para o minimercado tomado como exemplo um pré-dimensionamento da instalação fotovoltaica, por fim a análise de viabilidade econômica. O valor do investimento necessário foi avaliado comparando os gastos com os descartes de alimentos perecíveis devido à falta de energia elétrica, considerando que o comerciante realiza o descarte do alimento uma vez ao ano.

1.4. Estrutura do trabalho

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO: Apresentação sobre o tema do trabalho, com explanação do objetivo e justificativa do estudo.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: Apresentação sobre conceitos do efeito fotovoltaico, da geração através de painéis fotovoltaicos, fatores que influenciam a geração e principais componentes do sistema.

CAPÍTULO 3 – ESTUDO DE CASO: Apresentação da identificação da oportunidade, dos cálculos e considerações efetuadas para o dimensionamento do sistema.

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA: Apresentação do custo de implantação do sistema, considerando os custos das adequações civis necessárias, custos de aquisição e de serviços de engenharia, comparação com o custo de alimento refrigerado descartado.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO: Apresentação dos resultados gerais, produtos das análises efetuadas ao longo do trabalho, com a abordagem das dificuldades ou facilidades encontradas no estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS: Apresentação de todo material bibliográfico consultado para subsidiar os estudos.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Avaliação do potencial solar

O Sol é a principal fonte de energia da Terra, todos os dias ele emite luz e calor para nosso planeta e é através desta energia que se estabelece padrões climáticos para existência de vida humana.

O Sol é considerado uma fonte de energia inesgotável e isso chamou a atenção de milhares de pesquisadores do mundo todo, e estes pesquisadores em sua maioria tentam desenvolver meio tecnológicos para tirar o maior proveito da energia solar, pois todos nós sabemos que outras fontes de energia como o petróleo é limitada e se esgotará em breve.

A energia solar para aquecimento de água tem sido muito bem aproveitada, seja em processos industriais, residenciais e comerciais, porém existe outra forma de energia que pode ser derivada do sol, a energia fotovoltaica, que é a transformação de energia irradiada pelo sol em energia elétrica.

A energia Fotovoltaica foi muito bem aceita pela mídia e pela crítica ambiental, pois é considerada uma energia limpa e renovável, pois o processo de geração de energia elétrica não polui o meio ambiente.

O semicondutor mais utilizado para realizar, receber e converter a energia solar em fotovoltaica é o silício, pois ele possui um elétron que é fracamente ligado ao seu núcleo e a energia solar irradiada em sua superfície faz com que este elétron passe para a banda de condução, por fim teremos uma diferença de potencial que pode ser aproveitada em circuitos eletroeletrônicos.

A intensidade de irradiação solar varia de região para região, países que tem um índice de irradiação solar alto possuem um maior potencial fotovoltaico do que outros. Para realizações de projetos e análise de viabilidade econômica destes projetos é utilizado o mapa Solarimétrico da região onde o empreendimento será instalado, uma fonte muito utilizada no Brasil para estas pesquisas é o site do CRESESB, ele possui diversas estações de medições espalhadas pelo país e para verificar a estação mais próxima do seu projeto basta inserir as coordenadas no site.

A Região escolhida para este estudo é a cidade de Floriano no Piauí, segundo publicação (SENA, 2016) o Piauí está em terceiro lugar no que se refere ao potencial de geração de energia fotovoltaica e o governo do Estado vem buscando investimento para multiplicar a geração fotovoltaica no Piauí.

Um pouco sobre Floriano PI

A cidade de Floriano situa-se à margem direita do Rio Parnaíba e faz divisa com a cidade de Barão de Grajaú, Maranhão, ela fica a 240 km da capital do estado do Piauí (Teresina). Além disso, Floriano está localizado num ponto referencial, o portão de entrada para o sul e sudeste do Piauí.

De acordo com os dados do IBGE para o ano de 2013, era a quinta cidade mais rica do estado com um Produto Interno de Bruto de 778 mil de reais, sendo o setor de serviços é o mais importante, a população da cidade é de 62.158 habitantes e possui uma área de 3.403,7 km² (WIKIPÉDIA, 2018), a figura 1 mostra a praça central da cidade de Floriano.



Figura 1 Igreja Matriz Floriano

Fonte: (CARVALHO, 2018)

O sistema educacional da Cidade é consolidado, segundo (WIKIPÉDIA, 2018) a região de Floriano é a 3ª região fiscal do Piauí que mais arrecada tributos, perdendo apenas para a região metropolitana da Grande Teresina e a Microrregião de Picos. Um dos orgulhos dos moradores da cidade de Floriano é que na cidade esta instalada a universidade Estadual do Piauí que segundo (G1, 2017) ofertou 9.124 vagas pelo SiSU 2017. A figura 2 mostra a fachada da universidade.



Figura 2 Universidade Estadual do Piauí

Fonte: (G1, 2017)

Potencial Solar Floriano-PI

O Potencial Solar foi analisado através do site do CRESESB, informando as coordenadas da região em estudo e o resultado segue conforme mostrado na tabela 1.

Estação	Município	UF	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]											
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Floriano	Floriano	PI	5,2	5,31	5,27	5,2	5,2	5,3	5,6	6,09	6,6	6,36	6	5,57
Barão de Grajau	Barão de Grajau	MA	5,1	5,27	5,25	5,1	5,2	5,3	5,6	6,15	6,6	6,29	5,96	5,48

Tabela 1: Dados solarimétricos de Floriano-PI

Fonte : (CRESEB, 2018)

O Gráfico 1 mostra o comportamento da Irradiação Solar durante o ano

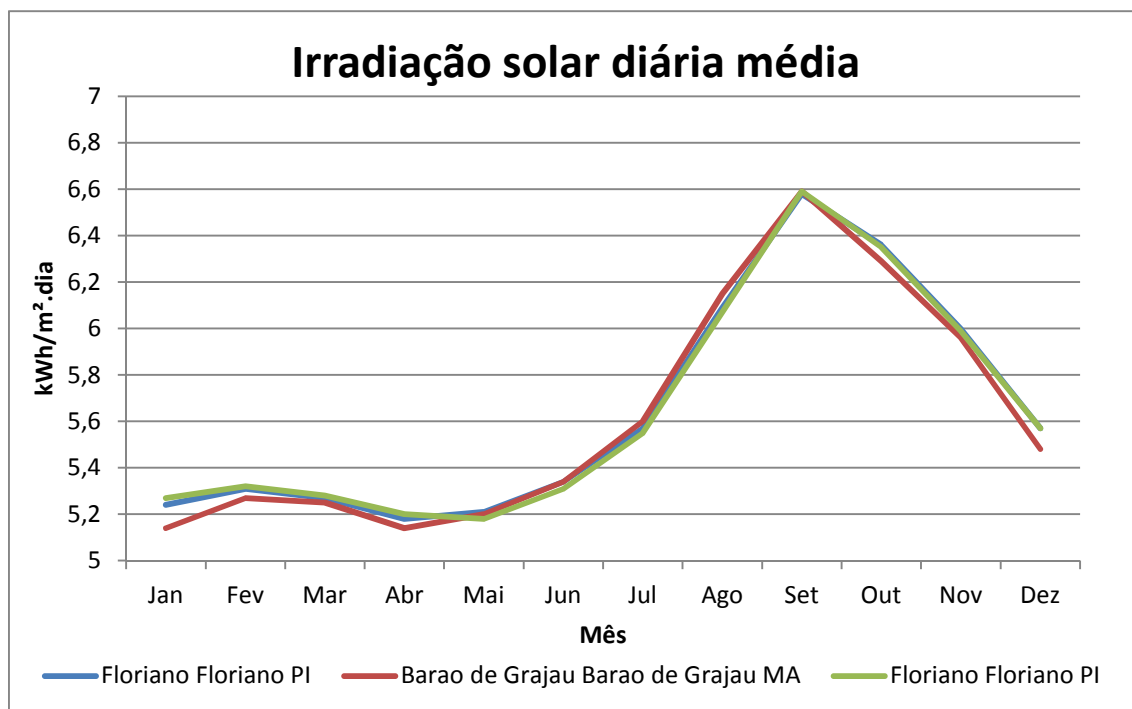


Gráfico 1 Irradiação Média

Fonte: Própria do autor (2018)

2.2. Painéis fotovoltaicos para sistemas autônomos

As aplicações dos Painéis fotovoltaicos são atualmente divididas em dois sistemas, sistema on grid onde a rede da concessionária é ligada junto ao sistema eletrônico da energia fotovoltaica e sistema autônomo também conhecido como sistema off grid onde o sistema é isolado da rede da elétrica.

Neste trabalho iremos utilizar o sistema off grid, ele normalmente é utilizados para uma aplicação específica como, por exemplo, alimentar cidades remotas como ilhas, tornando assim o método mais econômico de geração, porém nada impede que o mesmo também seja utilizado para alimentar sistemas essenciais para processos produtivos como, por exemplo, uma câmera fria abastecida por alimentos, onde após uma falta de energia o sistema desconecta da concessionária e passa a receber energia de um modulo autônomo incorporado a um sistema de baterias, inversor e controlador de carga.

Para dimensionar o painel os projetistas optam por módulos fotovoltaicos monocristalinos ou policristalinos, os valores e rendimentos dos módulos variam de uns para outros, então esta escolha varia muito de projeto para projeto, alguns fatores que influenciam nesta escolha é a área disponível para instalação, durabilidade, valor de investimento e outros.

Segundo (PACHECO, 2017), um painel solar fotovoltaico é constituído pela associação de células solares em série e em paralelo. O arranjo dos módulos em serie serve para que a tensão em corrente contínua seja amplificada e o arranjo em paralelo serve para que a corrente contínua seja aumentada, desta maneira é possível atender as especificações do controlador de carga, do inversor de frequência e a potência demandada da carga. A figura 3 mostra como é feita uma associação em serie e uma associação em paralelo.

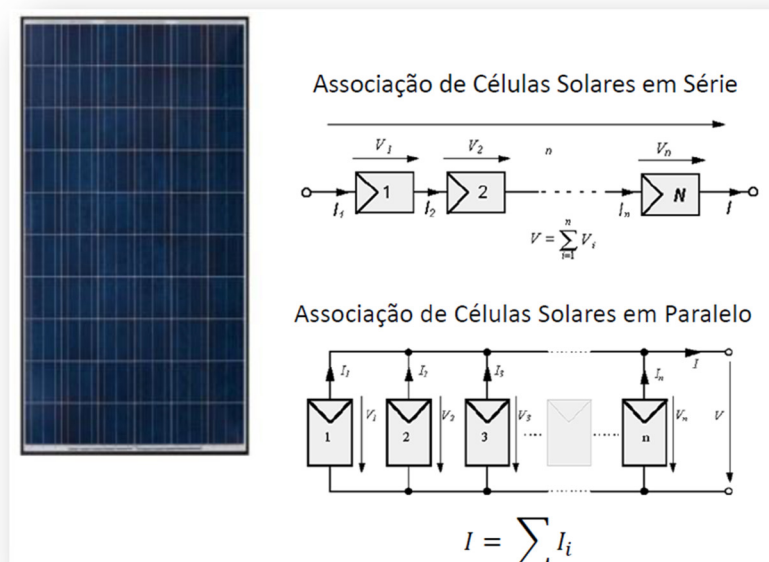


Figura 3: associação de células solares em série e em paralelo

Fonte: (PACHECO, 2017)

Outro fator muito importante para os projetos fotovoltaico é o rendimento dos módulos coletores, os rendimentos dos módulos variam de acordo com a temperatura de operação, quanto maior a temperatura de operação da célula menor será o rendimento deste equipamento.

2.3. Controladores de Carga e inversores CC/CA para sistemas autônomos

O controlador de carga é um equipamento essencial, quando trabalhamos com sistemas autônomos ele é responsável por monitorar o banco de bateria e fornecer carga para ele à medida que as baterias vão se descarregando devido ao uso ou devido a longos períodos sem a utilização. Além disto, ele também é responsável por realizar a desconexão do banco de bateria quando elas estiverem totalmente carregadas, evitando assim sobretensão no circuito de armazenamento aumentando assim a vida útil do banco de baterias e garantindo a integridade do sistema.

Os inversores CC/CA são equipamentos eletrônicos constituídos por um circuito de potência e um circuito de controle, o circuito de potência é formado normalmente por equipamentos semicondutores como tiristores ou IGBT's e o circuito eletrônico são formados basicamente de transistores, portas lógicas e CI's que fazem o disparo do circuito de potência.

O Inversor CC/CA é responsável por transformar a corrente contínua em corrente alternada, ele pode ser conectado a rede ou desconectado da rede, neste trabalho vamos dar ênfase ao inversor de frequência off grid.

O inversor de frequência off grid não necessita de referência externa (realimentação) para funcionar, sua função é fornecer a tensão especificada pelo projeto para carga, encontrar o MPPT das placas fotovoltaicas, controlar os fatores de qualidade da rede a ser alimentada, como THD, máxima e mínima tensão permitida, além de realizar a proteção do circuito a jusante de sua conexão. A figura 4 mostra o posicionamento típico de um controlador de carga em um circuito fotovoltaico.

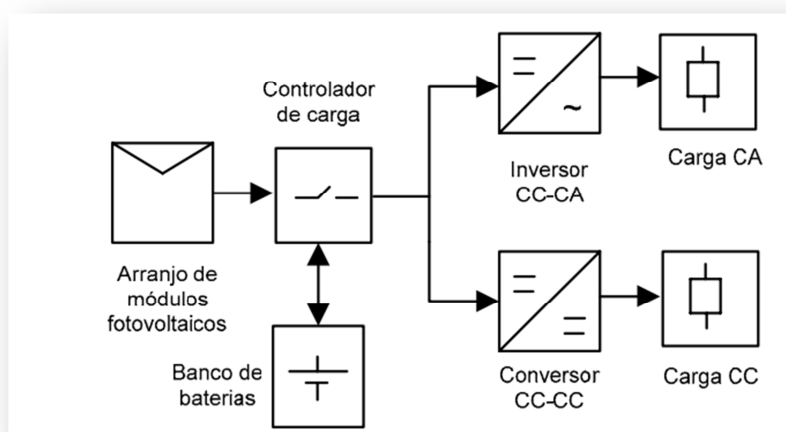


Figura 4: Topologia de sistema fotovoltaico autônomo ou isolado

Fonte: (RIBEIRO, 2011)

2.4. Baterias

O banco de baterias é utilizado em sistemas off grid, ele é responsável por receber a energia fornecida pelos módulos durante o dia e armazena-las para fornecer durante períodos noturnos e durante períodos onde não exista radiação solar.

Segundo (INCARNAÇÃO, 2012), as baterias mais utilizadas atualmente nos sistemas fotovoltaicos off grid são as de chumbo-ácido devido ao menor custo benéfico, porém também existem outras opções como a de níquel-cádmio. A diferença entre elas não está apenas no valor, as baterias de níquel cádmio possuem um maior tempo de vida útil, menor manutenção, porém sua desvantagem está no preço que é mais elevado.

As características mais importantes para dimensionamento de uma bateria para um sistema off grid são a capacidade carga e a profundidade de descarga. A capacidade define a quantidade de Corrente por hora (Ah) que pode ser retirado da bateria e a profundidade de descarga indica qual o percentual da bateria será retirado considerando a capacidade nominal, sendo que quanto maior a profundidade de descarga menor será a vida útil da bateria.

O dimensionamento de uma bateria é realizado de acordo com a autonomia que o projetista deseja aplicar para o sistema geração fotovoltaico, porém para a realização do cálculo deve levar em consideração a quantidade de horas a pleno sol e a corrente máxima produzida pelos painéis fotovoltaicos. A figura 5 mostra o esquemático para o princípio de funcionamento da bateria de chumbo-ácido

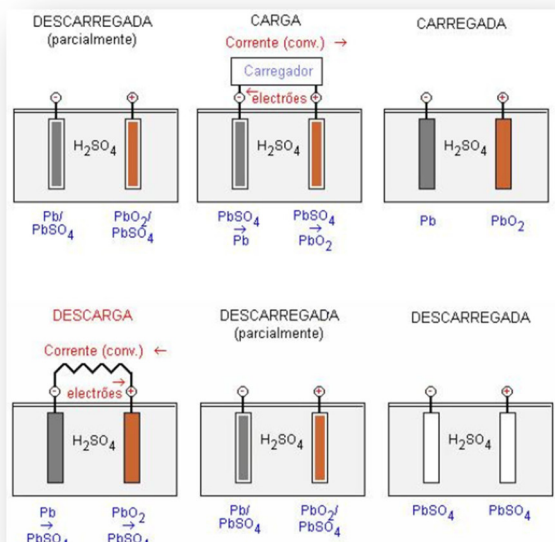


Figura 5: esquemático para o princípio de funcionamento da bateria de chumbo-ácido (INCARNAÇÃO, 2012)

2.5. Características de equipamentos Frigoríficos usuais em minimercados

Os minimercados possuem alguns equipamentos que armazenam alimentos perecíveis e que necessitam de refrigeração permanente, a seguir são mencionados alguns deles e suas principais características:

Vitrines refrigeradas verticais

Um exemplo é mostrado na figura 6, são utilizadas para expor os alimentos como queijos, iogurtes, manteigas e outros derivados do leite, resfriamento de carnes, aves, peixes, frios e produtos não congelados.



Figura 6: Vitrine refrigerada

Fonte: (CONSERVEX, 2018)

As dimensões e características de funcionamentos dos equipamentos exemplificados são mostradas a seguir:

Comprimento	1575 mm
Altura	1320 mm
Temperatura	3°C a 10°C
Tensão	220V
Consumo	7,5 kWh/dia ou 225 kWh/mês

Freezer vertical de exposição de carnes

Um exemplo é mostrado na figura 7, nos freezers verticais de tampos transparentes estão expostas às carnes que precisam se manter gelada ou congelada. Para o minimercado em estudo estamos considerando que este equipamento será usado apenas durante o período de funcionamento, sendo que fora deste horário as carnes serão guardadas na câmara fria. As dimensões e características de funcionamentos dos equipamentos exemplificados são mostradas a seguir:

Comprimento: 1975mm

Profundidade: 750mm

Altura: 2100mm

Temperatura: 3°C a 10°C

Tensão: 220V

Consumo 11,5 kWh/dia ou 345 kWh/mês



Figura 7: Freezer Vertical

Fonte: (CONSERVEX, 2018)

Câmara fria

A câmara fria de congelamento é utilizada para o congelamento de carnes, pescados, sorvetes e/ou para armazenamento destes mesmos produtos, além de gelo e alimentos congelados em geral. Este equipamento frigorífico é produzido em diversas dimensões e personalizado para cada segmento, atendendo a uma enorme variedade de necessidades e requisitos específicos para cada empresa ou linha de produtos. Um exemplo é mostrado na figura 8.



Figura 8: Câmara Fria

Fonte: (CONSERVEX, 2018)

O controle de temperatura da câmara fria de congelamento é um fator muito importante para a manutenção da qualidade dos produtos. Muitas vezes uma utilização incorreta ou um mal dimensionamento da câmara fria de congelamento resulta em perdas elevadas, comprometendo até mesmo o resultado final do investimento realizado.

Deve-se ter presente durante o projeto, o objetivo final a que se destina esta câmara fria de congelamento, contemplando todos os parâmetros e variáveis da operação.

Quando se fala em câmara fria de congelamento, deve-se ter bastante clara a definição da utilização pretendida para a mesma, ou seja, se é de simplesmente armazenar produtos congelados à temperatura usual de estocagem de congelados, na faixa de -18°C a -25°C ou se requer que neste ambiente haja um congelamento dos produtos, sendo que neste caso, os

produtos entrariam apenas resfriados na câmara e todo o processo de congelamento irá ocorrer neste ambiente. Para haver a mudança de estado dos produtos, ou seja, passando para produto congelado, faz-se necessário um equipamento muito mais potente para a retirada de calor dos produtos. As características de uma Câmara Fria típica são mostradas a seguir:

Tensão: 110v ou 220v
Capacidade: 3000 Litros
Temperatura: 0 à +7 °C
Consumo: 415 kWh/mês
Frente: 245 cm
Lateral: 85 cm
Altura: 225 cm
Peso: 225 kg
Marca: Frilux

Geladeira expositora vertical

A Geladeira Expositora Vertical serve para acomodar bebidas, iogurte, refrigerante e outros produtos perecíveis. Com ele o produto fica exposto sem a necessidade de abertura da porta e caso o cliente se interesse pelo alimento ele tem acesso facilmente as suas portas. Este equipamento será utilizado pelo minimercado durante todo o dia e para este trabalho estamos considerando um modelo básico conforme o exemplo é mostrado na figura 9



Figura 9: Geladeira expositora vertical

Fonte: (CONSERVEX, 2018)

As dimensões e características de funcionamentos dos equipamentos exemplificados são mostradas a seguir:

Refrigeração e exposição de bebidas, frios e laticínios

Temperatura: +1° a +7°C

Refrigeração: Ar forçado com serpentina aletada

Pés reguláveis, Controlador Eletrônico Digital

Com indicador digital de temperatura e degelo automático natural,

Iluminação: LEDs (interna), com interruptor

Portas: Medindo 520x1490mm; Vidro temperado, duplo, com gás argônio

Revestimento externo: Frontal em Aço Revestido Tipo Inox; Laterais em PSAI; Perfil das portas, para-choque, perfil da testeira em PVC

Vidros sujeitos a condensação da umidade do ar

Dimensões:

Frente(mm): 1830

Profundidade(mm): 690

Altura(mm): 2110

Capacidade bruta(litros): 1352

Peso bruto(kg): 280

Tensão(V): 127/220

Frequência(Hz): 60

Consumo kWh/dia(60Hz): 3,8 ou 114 kWh/mês

Ilha para congelados

Um exemplo é mostrado na figura 10, estas ilhas expõem os alimentos congelados. Elas ficam centralizadas, não se acoplando às gôndolas e aos expositores verticais. São horizontais e possuem tampos transparentes para os produtos ficarem visíveis.

A ilha de congelado serve para armazenamento de comida pré-preparadas, como lasanha, pizza, coxinha, pão de queijo. Além disto, pode armazenar alimentos como carne no vácuo, pacote de frangos, cortes já embalados e outros. Sua temperatura média de funcionamento varia de -5°C a $+5^{\circ}\text{C}$, porém também mantém congelados a -18°C .



Figura 10: Ilha para congelados

Fonte: (CONSERVEX, 2018)

As dimensões e características de funcionamentos dos equipamentos exemplificados são mostradas a seguir:

Ficha Técnica	MIP
Frente (mm)	2010
Lateral (mm)	800
Altura (mm)	970
Volume (L)	460
Tensão (V)	127/220
Consumo (kW) dia	8,5 ou 255 kWh/mês
Peso (kg)	130

Expositor vertical de frutas

Um exemplo é mostrado na figura 11, este equipamento é responsável pela refrigeração e exposição de hortifrutícola, ele possui temperatura controlada de +5° a +10°C, funciona por ar forçado com serpentina aletada controlado eletronicamente, possui indicador digital de temperatura e degelo automático, pés reguláveis, controle de temperatura, termostato prateleiras com 4 níveis, em chapa reguláveis inclináveis, base interna removível para facilitar a limpeza e higienização, prateleiras com porta etiquetas e anteparo com iluminação fluorescente (interna), interruptor cortina noturna plástica, gaveta para coleta de água do degelo, laterais com vidro duplo temperado com gás argônio, vidros sujeitos a condensação da umidade do ar.



Figura 11: Expositor Vertical de Frutas

Fonte: (TEMPERFRIO, 2018)

Marca	Gelopar
Modelo	Expositor Topázio
Código do Produto	GSXF-130
Cor	Cinza
Voltagem	220V
Frequência (Hz)	50 ou 60
Consumo kW/dia	27,1 ou 813 kWh/mês
Dimensão do Produto (LxPxA)	1290x870x1980
Classe	4
Volume embalagens (m3)	
Peso Bruto produto embalado	254Kg

3. Estudo da situação problema

Neste capítulo será apresentado o desenvolvimento do projeto em estudo, o minimercado realiza descarte quando existe falta de energia na concessionária.

3.1. Descrições do sistema frigorífico objeto de estudo

O projeto proposto tem como objetivo realizar o dimensionamento para o sistema autônomo através de um banco de baterias para manter o minimercado em funcionamento durante uma falta de energia de até 4 horas em qualquer momento do dia, o cálculo está visando atender apenas as cargas essenciais dos alimentos perecíveis do minimercado, como geladeiras, freezer, câmaras frigoríficas e outros.

O minimercado objeto de estudo possui os equipamentos descritos na tabela 2 e considera-se que ele opera das 06h00min até as 18h00min.

a) Características elétricas dos equipamentos utilizados

Os equipamentos utilizados para o estudo apresentam as características técnicas conforme a tabela 2, o valor do consumo diário foi retirado dos catálogos dos fabricantes, os valores do consumo mensal foram encontrados multiplicando o valor do consumo diário por 30 dias de funcionamento.

Descrição	Qde	Tensão	Consumo Diário	Consumo Mensal
Vitrine refrigerada vertical	1	220 V	7,5 kWh/dia	225,0 kWh/Mês
Freezer vertical de exposição de carnes	1	220 V	11,5 kWh/dia	345,0 kWh/Mês
Câmara fria	1	220 V	13,8 kWh/dia	415,0 kWh/Mês
Geladeira expositora vertical	1	220 V	3,8 kWh/dia	114,0 kWh/Mês
Ilha para congelados	1	220 V	8,5 kWh/dia	255,0 kWh/Mês
Expositor vertical frutas	1	220 V	27,1 kWh/dia	813,0 kWh/Mês

Tabela 2: características equipamentos

Fonte: Própria do autor (2018)

b) Regime de operação dos equipamentos Frigoríficos do Minimercado

O regime de operação é a somatória do consumo horário dos equipamentos de refrigeração do minimercado, ele foi obtido através dos dados de consumo diário fornecido pelo fabricante.

O cálculo realizado foi estimado através da divisão do valor de consumo diário pelo período de operação de 24 horas diárias para os equipamentos de refrigeração, desta maneira foi encontrado o valor de potência instantânea de cada equipamento e consequentemente o perfil de carga a ser atendido para o sistema de refrigeração do minimercado.

TABELA DE CARGAS DE POTÊNCIA ATIVA [kW]							
Hora	Vitrine frios	Vitrine Carnes	Câmara fria	Geladeira Vertical	Ilha Congelado	Expositor de Frutas	CT(t)[kW]
01:00:01	0,53125	0	0,9792	0,317	0,6018		2,429 kWh
02:00:01	0	0	0	0	0	1,125	1,125 kWh
03:00:01	0	0	0,9792	0,317	0	1,125	2,421 kWh
04:00:01	0,53125	0	0	0	0,6018	0	1,133 kWh
05:00:01	0	0	0,9792	0,317	0	1,125	2,421 kWh
06:00:01	0,53125	0,8143	0	0	0	1,125	2,471 kWh
07:00:01	0	0,8143	0,9792	0,317	0,6018	1,125	3,837 kWh
08:00:01	0,53125	0,8143	0,9792	0	0,6018	1,125	4,052 kWh
09:00:01	0	0	0	0,317	0	1,125	1,442 kWh
10:00:01	0,53125	0,8143	0,9792	0	0	0	2,325 kWh
11:00:01	0,53125	0	0,9792	0,317	0,6018	1,125	3,554 kWh
12:00:01	0,53125	0,8143	0	0,317	0,6018	1,125	3,389 kWh
13:00:01	0,53125	0	0,9792	0	0,6018	1,125	3,237 kWh
14:00:01	0,53125	0,8143	0,9792	0,317	0	1,125	3,767 kWh
15:00:01	0	0,8143	0,9792	0,317	0,6018	1,125	3,837 kWh
16:00:01	0,53125		0	0,317	0,6018	0	1,450 kWh
17:00:01	0,53125	0,8143	0,9792	0	0,6018	1,125	4,052 kWh
18:00:01	0	0	0,9792	0,317	0	1,125	2,421 kWh
19:00:01	0,53125	0	0		0,6018	1,125	2,258 kWh
20:00:01	0	0	0,9792	0,317	0,6018	1,125	3,023 kWh
21:00:01	0,53125	0	0	0	0	1,125	1,656 kWh
22:00:01	0	0	0,9792	0,317	0,6018	0	1,898 kWh
22:00:46	0	0	0	0	0,6018	1,125	1,727 kWh
23:00:01	0,53125	0	0,9792	0,317	0	1,125	2,952 kWh
00:00:01	0	0	0	0	0	1,125	1,125 kWh
CONSUMO DIÁRIO MÉDIO					64,0 kWh/dia		
CONSUMO MENSAL MÉDIO					1920 kWh/mês		

Tabela 3: Regime de operação equipamentos frigoríficos

Fonte: Própria do autor (2018)

c) Perfil de carga elétrica a ser atendido pelo sistema autônomo durante 4 horas

O perfil de carga a ser atendido foi realizado analisando o valor de maior consumo durante as 4 horas que o sistema autônomo fornecerá a energia para os equipamentos de refrigeração do minimercado, durante o período de 24 horas o consumo em kWh varia de acordo com os equipamentos que estão em operação no determinado momento de análise.

O período de maior consumo denominado período crítico, durante 4 horas de autonomia foi encontrado no horário da 12h00min até as 16h00min, conforme mostrado na tabela 4.

TABELA DE CARGAS DE POTÊNCIA ATIVA [kW]							
Hora	Vitrine frios	Vitrine Carnes	Câmara fria	Geladeira Vertical	Ilha Congelado	Expositor de Frutas	CT(t)[KW]
12:00:01	0,53125	0,8143	0	0,317	0,6018	1,125	3,389 kWh
13:00:01	0,53125	0	0,9792	0	0,6018	1,125	3,237 kWh
14:00:01	0,53125	0,8143	0,9792	0,317	0	1,125	3,767 kWh
15:00:01	0	0,8143	0,9792	0,317	0,6018	1,125	3,837 kWh
CONSUMO MÁXIMO DURANTE 4 HORAS						14,231 kWh	
CONSUMO MÉDIO POR HORA DURANTE HÁ 4 HORAS						3,558 kWh	

Tabela 4: Período crítico durante 4 horas

Fonte: Própria do autor (2018)

d) Relação de produtos típicos no balcão de refrigeração e freezer

O minimercado em estudo possui um estoque de alimento perecível conforme demonstrado na tabela 4, o levantamento dos alimentos do minimercado foi realizado considerando os produtos típicos da região. Os valores dos alimentos foram estimados de acordo com as informações coletadas com os moradores da região.

Descrição	Qde	Valor/Kg	Valor Total
Jabá Premium	40 kg	R\$ 40,00	R\$ 1.600,00
Carne de Sol	40 kg	R\$ 35,00	R\$ 1.400,00
Carne de Veado	20 kg	R\$ 50,00	R\$ 1.000,00
Carne de Carneiro	20 kg	R\$ 30,00	R\$ 600,00
Carne de Bode	25 kg	R\$ 35,00	R\$ 875,00
Galinha caipira	20 kg	R\$ 20,00	R\$ 400,00
Linguiça de porco ou Mista(porco e gado)	50 kg	R\$ 20,00	R\$ 1.000,00
Alcatra	20 kg	R\$ 40,00	R\$ 800,00
Costela	20 kg	R\$ 30,00	R\$ 600,00
Picanha	25 kg	R\$ 40,00	R\$ 1.000,00
Filé Mignon	20 kg	R\$ 45,00	R\$ 900,00
Cupim	25 kg	R\$ 30,00	R\$ 750,00
Maminha	25 kg	R\$ 27,00	R\$ 675,00
Granito/Peito	50 kg	R\$ 20,00	R\$ 1.000,00
Pernil Porco	40 kg	R\$ 20,00	R\$ 800,00
Coxa/Sobrecoxa de frango	40 kg	R\$ 20,00	R\$ 800,00
Bisteca	40 kg	R\$ 25,00	R\$ 1.000,00
Sorvetes	50 kg	R\$ 40,00	R\$ 2.000,00
Verdura e Vegetais	100 kg	R\$ 15,00	R\$ 1.500,00
Valor total		R\$ 18.700,00	

Tabela 5: Relação de produtos típicos no balcão de refrigeração e freezer

Fonte: Própria do autor (2018)

- e) Planta do minimercado com área disponível para o campo de painéis fotovoltaicos conforme figura 12

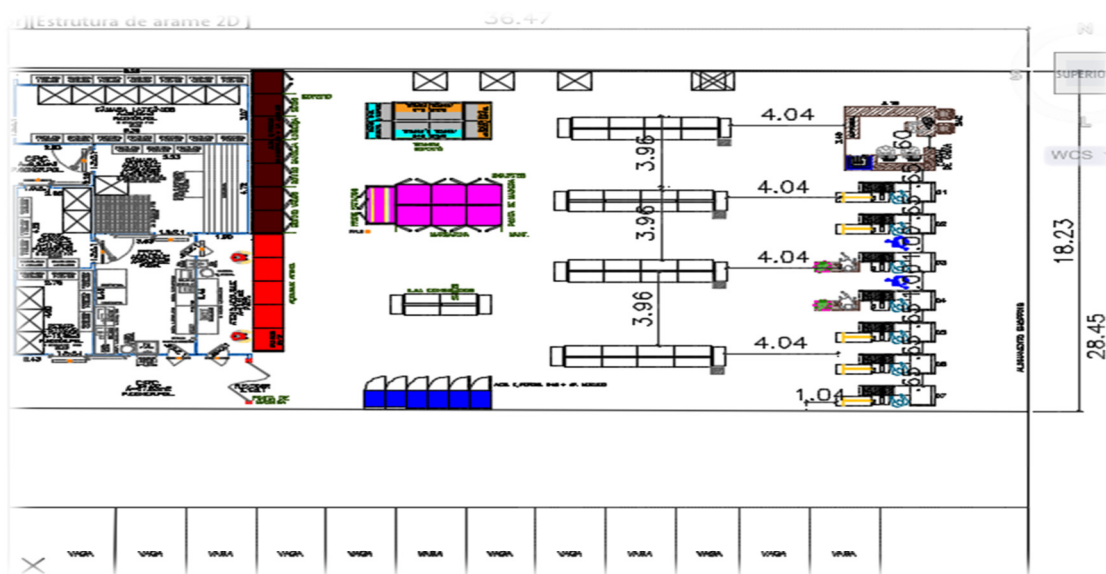


Figura 12: Planta Baixa do minimercado

Fonte: Própria do autor (2018)

Vista Superior da Laje do minimercado conforme figura 13

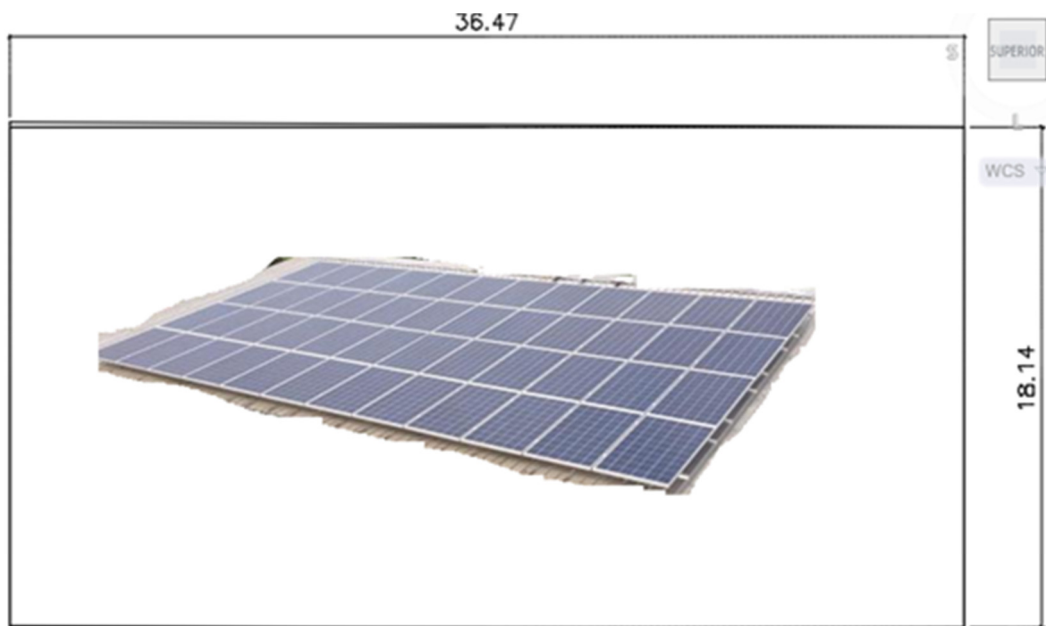


Figura 13: Planta Superior do minimercado

Fonte: Própria do autor (2018)

3.2. Configuração do sistema fotovoltaico autônomo

a) Escolha do modelo do painel fotovoltaico

Para escolha do painel fotovoltaico estamos considerando os dados de irradiação para região escolhida fornecido pelo CRESESB, conforme já apresentado do Capítulo 2, Gráfico 2.

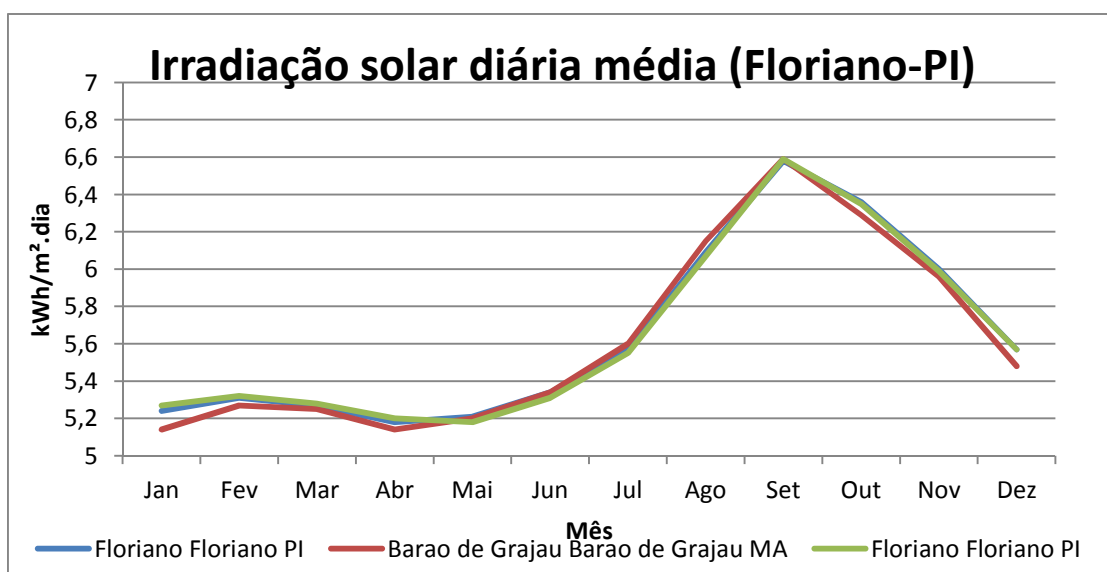


Gráfico 2: Irradiação solar diária média (Floriano-PI)

Fonte: Própria do autor (2018)

Para o trabalho em estudo vamos considerar a época do ano com menor incidência de irradiação solar, o mês de Abril com 5,2 kWh/m².dia conforme tabela 6

Estação	Município	UF	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]											
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Florianópolis	Florianópolis	SC	5,2	5,31	5,27	5,2	5,2	5,3	5,6	6,09	6,6	6,36	6	5,57

Tabela 6: Irradiação Estação Florianópolis

Fonte : (CRESEB, 2018)

As empresas que fornecem equipamentos para geração fotovoltaica possuem kits pré-configurados, através destes kits o instalador consegue comprar de uma única vez todo o material necessário para a micro geração fotovoltaica.

A figura 13 mostra um exemplo de um kit composto por módulo coletor, inversor de frequência, suporte metálico para as fixações dos módulos, sistema de proteção para o circuito e cabos de alimentação.



Figura 14: Kit Fotovoltaico

Fonte: WEG (2018)

b) Determinação do número de painéis necessários pelo método de hora sol pleno

Para determinação do número de painéis existe uma variedade de técnicas, neste trabalho usaremos o método de hora a sol pleno, conforme CRESESB (equação 3.1). A carga a ser atendida é de 14,231 kWh, esta carga foi encontrada levando em consideração que o sistema fotovoltaico autônomo deve suprir 4 horas de funcionamento em qualquer período do dia.

Outro fator importante é que o sistema fotovoltaico autônomo deve fornecer energia durante 4 horas considerando uma falha em qualquer período do ano, por isso os cálculos foram realizados considerando a menor irradiação do ano para esta localidade que é de 5,2 kWh/m².dia que é aproximadamente 5,2 HSP

$$E_{GFV} = \eta_{SPMP} P_{MP} (HSP) N (TD)$$

(Eq. 3.1)

$$14200 = 0,98 * 270 * 5,2 * N * 0,75 =$$

N=13,760 Painéis, ou seja, 14 painéis.

Conforme foi abordado no capítulo dois, o rendimento do módulo fotovoltaico diminui com o aumento da temperatura, a cidade de Florianópolis possui temperatura elevada durante quase todo o ano devido suas condições geográficas.

Foi utilizada a equação 3.2 para encontrar a temperatura de operação da célula para o mês de menor irradiação solar (Abril) e desta forma fazer as correções necessárias para a demanda dos equipamentos frigoríficos do minimercado em estudo.

$$T_c = T_a + \frac{G_T}{800} (T_c^* - 20) 0,9$$

(Eq. 3.2)

O Gráfico 3 mostra a temperatura máxima histórica para o mês de Abril na cidade de Floriano, o valor encontrado foi de 32 ° C.

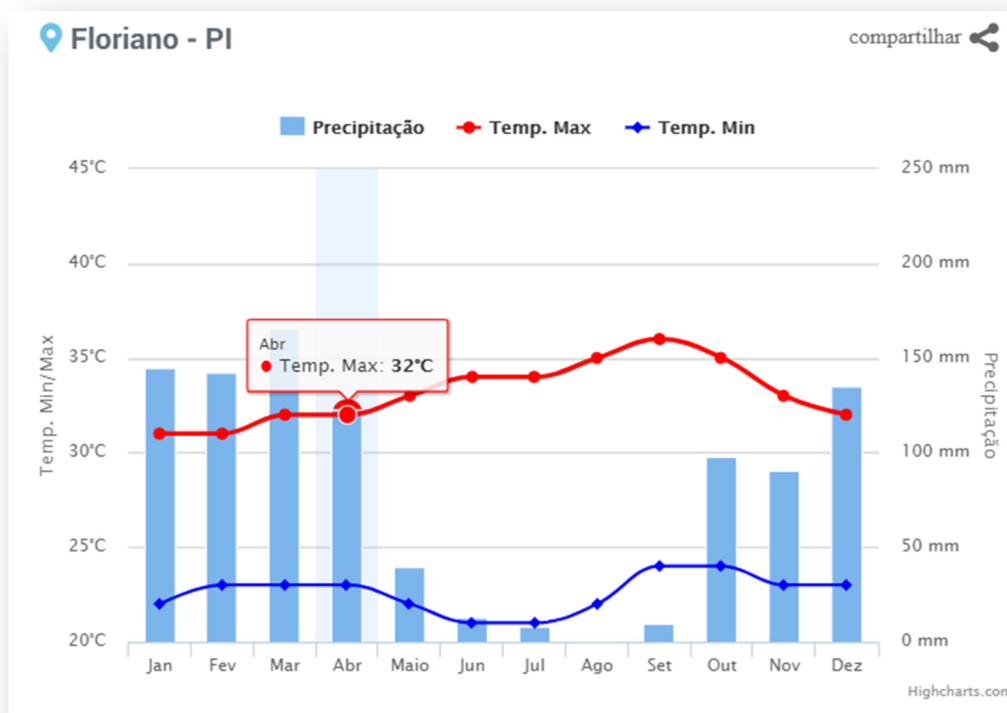


Gráfico 3 : Máxima de temperatura histórica

Fonte: (CLIMATEMPO, 2018)

$$T_c = T_a + \frac{G_T}{800} (T_c^* - 20) 0,9$$

(Eq. 3.2)

TC [°C] temperatura da célula = calculado

Ta[°C] temperatura ambiente= 32°C

TC* [°C] temperatura nominal de operação da célula TNOC = fabricante

GT[W/m²] radiação solar média no plano de célula =1000

TC= 57,9 °C

Com o valor de temperatura de operação da célula foi possível calcular a potência média da célula na temperatura média de operação (P_{mp}), usamos a equação 3.3 e substituímos os valores, porém é necessário saber o coeficiente de temperatura para potência máxima, este valor é fornecido pelo fabricante do módulo fotovoltaico conforme mostrado na figura 15.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS	
Specification	Data
Temperature Coefficient (P_{max})	-0.40 % / °C
Temperature Coefficient (V_{oc})	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (I_{sc})	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	43 ± 3 °C

Figura 15: Características técnicas do módulo fotovoltaico

Fonte: (Canadian, 2018)

$$\gamma_{mp} = \frac{1}{P_{mp}^0} \left(\frac{P_{mp} - P_{mp}^0}{T_c - T_c^0} \right)$$

$$P_{mp} = P_{mp}^0 (1 + \gamma_{mp} (T_c - T_c^0))$$

(Eq. 3.3)

$$P_{mp0} = 270 \text{ W}$$

$$T_c = 57,9 \text{ °C}$$

$$T_{c0} = 25 \text{ °C}$$

$$P_{mp} = 229 \text{ W}$$

Desta maneira foi possível comprovar que o rendimento nominal da placa de 270 W foi reduzido para uma potência real de 229 W com a célula operando a 57,9 °C.

Após encontramos a potência real da célula é necessário recalcular o número de placas necessário para a potência desejada, para isso a equação 3.1 é utilizada novamente.

$$E_{GFV} = \eta_{SPMP} P_{MP} (HSP) N (TD)$$

(Eq. 3.1)

N= 17 Placas

Ao final a quantidade de placas aumentou de 14 para 17 placas, desta maneira é possível calcular a potência instantânea (Wpp) fornecida pelo sistema fotovoltaico autônomo para o mês de Abril com 5,2 HSP e 32° C de temperatura ambiente.

$$P_{mp} \text{ total} = 229 \times 17 = 3893 \text{ Wpp}$$

Como a carga a ser atendida é de 3.558 Wpp e a potência gerada é de 3.893 Wpp o sistema fotovoltaico autônomo atende a demanda da carga, pois:

$$\frac{14,231 \text{ kWh}}{4 \text{ h}} = 3558 \text{ Wpp} \quad (\text{conforme demonstrado na tabela 4})$$

Com o número de placa mínimo definido é possível calcular a potência instalada do sistema fotovoltaico:

$$17 \times 270 \text{ Wp} = 4590 \text{ Wpp}$$

c) Escolha e dimensionamento do banco de baterias

Para escolha do banco de baterias é necessário definir dados essenciais como corrente e tensão de operação do circuito DC, para isso vamos considerar que a potência máxima que será fornecida não ultrapassará o período de 4 horas e que a tensão de operação do banco será 48 VDC. Outro dado fundamental para determinação da capacidade total do banco de baterias é o valor da corrente nominal da bateria para a descarga com duração de 4 horas, este valor é fornecido pelo fabricante conforme a Tabela 7 que corresponde a 132 A.

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

Modelo	HORAS																MINUTOS		
	100hs	20hs	10hs	9hs	8hs	7hs	6hs	5hs	4,5hs	4hs	3,5hs	3hs	2,5hs	2hs	1,5hs	1h	45'	30'	15'
DF300	30,0	26,0	24,0	23,8	23,5	23,1	22,8	22,0	21,9	21,6	21,0	21,0	20,5	20,0	19,2	18,0	15,8	12,5	10,0
DF500	40,0	36,0	30,0	29,9	29,8	29,7	29,4	28,8	27,7	27,0	26,6	25,8	24,8	24,0	22,5	20,0	19,0	16,5	13,0
DF700	50,0	45,0	41,0	40,5	40,0	39,5	39,2	37,5	37,1	36,8	35,0	34,5	34,0	32,5	31,5	27,0	24,0	21,5	16,3
DF1000	70,0	60,0	54,0	51,8	51,6	51,1	49,2	49,0	47,3	46,0	43,8	43,5	42,5	38,0	37,8	35,0	31,9	27,5	21,0
DF2000	115,0	105,0	94,0	92,0	91,8	91,0	87,0	85,0	82,8	81,2	79,1	75,0	73,8	69,0	66,0	60,0	56,3	48,0	37,5
DF2500	165,0	150,0	130,0	129,8	129,6	126,0	120,0	115,0	112,5	112,0	108,5	102,0	100,0	94,0	87,0	81,0	74,3	65,0	50,0
DF3000	185,0	170,0	156,0	153,0	152,0	150,0	148,2	140,0	135,0	132,0	126,0	123,0	120,0	114,0	108,0	95,0	84,0	76,0	57,8
DF4001	240,0	220,0	200,0	193,5	192,0	185,5	180,0	175,0	171,0	166,0	161,0	156,0	150,0	144,0	135,0	120,0	108,8	95,5	72,0



Tabela 7: Características técnicas da Bateria

Fonte: (FREEDOM, 2018)

Em seguida foi definida a profundidade de descarga da bateria em 65 %, este valor foi adotado porque o banco de baterias irá funcionar somente em caso de falta de energia. A profundidade define o quanto de carga será extraído da bateria durante o regime de operação, quanto maior a profundidade de descarga menor será a vida útil da bateria, este valor foi definido através do gráfico 4.

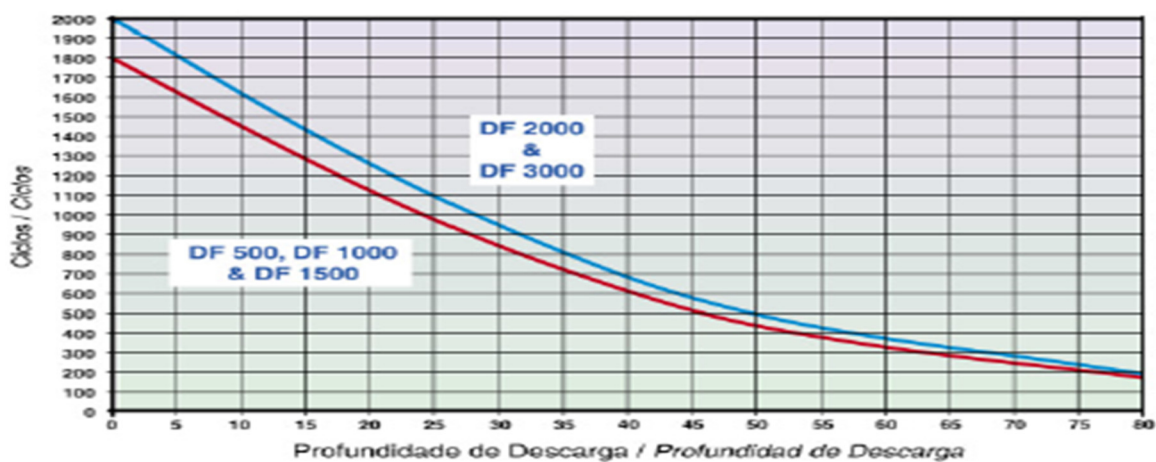


Gráfico 4: Capacidade de descarga bateria DF 300

Fonte: (FREEDOM, 2018)

Conforme podemos observar o gráfico 4 fornece o ciclo de vida da bateria, que para este projeto será de aproximadamente 350 ciclos, considerando que o banco de bateria atuará 20 vezes durante o ano, a vida a vida útil do banco de bateria será maior que 17 anos.

Por fim, foram obtidos todos os dados necessários para calcular a carga e quantidade de bateria do sistema fotovoltaico autônomo, através da equação 3.4.

$$CBI(Ah) = \frac{PCD}{nI * V_{Bat}} \quad (\text{Eq. 3.4})$$

Onde:

CBI – É a capacidade do banco de baterias em Ah para o regime de descarga em 4 horas

PCD – Quantidade de energia consumida diariamente

V_{Bat} – Tensão da Bateria

nI – Eficiência do inversor

$$CBI(Ah) = \frac{14200}{0,92 * 12t} = 322 \text{ Ah}$$

Considerando uma profundidade de descarga de 65 %

$$C_{total} = \frac{322}{0,65} = 495 \text{ Ah}$$

Para o fornecimento de 495 Amperes em 4 horas, vamos precisar realizar a associação em paralelo de 4 baterias fornecendo 132 A/h cada uma conforme a tabela 7. Além disso, como a bateria escolhida é de 12 V, vamos realizar a associação em série de 4 baterias para obter 48Vdc necessário para alimentar o inversor de frequência.

d) Escolha do controlador de carga do inversor CC/CA

Para dimensionamento do Controlador de Carga foi levado em consideração o valor de potência mínima a ser fornecido para a carga que neste caso é de 3.558 Wpp conforme resultado obtido em 3.2 b.

Em seguida, foi possível determinar o modelo e a potência do controlador de carga, logo foi escolhido o modelo do fabricante Outback Flexmax 80 com 5000 Wpp.

Este modelo suporta até 150 Vdc em circuito aberto e corrente de até 80 A e possui única entrada para string, a tabela 8 e a figura 16 mostram as demais características técnicas do controlador de carga escolhido.

Potência máxima de entrada de PV por regulador de carga		
Voltagem do grupo de baterias	Potência de entrada de PV máximo para o regulador FLEXmax 80	Potência de entrada de PV máximo para o regulador FLEXmax 60
12 Vcc	1250 W	800 W
24 Vcc	2500 W	800 W
36 Vcc	3750 W	800 W

Tabela 8: Dados técnicos do Controlador de Carga

Fonte: (OUTBACK, 2018)

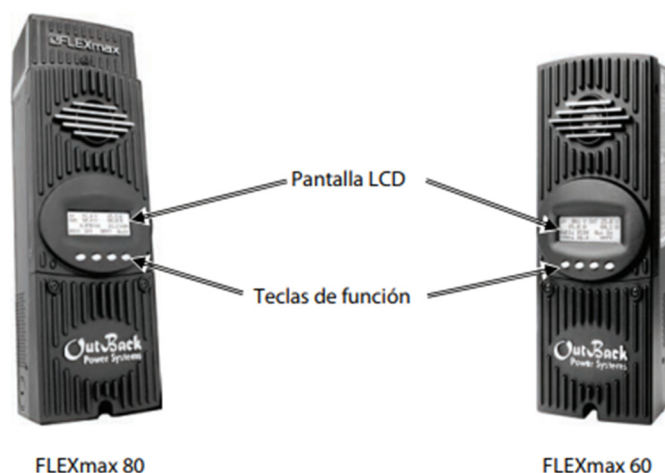


Figura 16: Controlador de Carga

Fonte: (OUTBACK, 2018)

- Voc é a tensão sem carga gerada pelo painel solar.
- Se o 145 VDC for excedido, o controlador FLEXmax interrompe a operação para proteger os componentes do sistema.
- A tensão máxima em circuito aberto em ambientes mais frios é de 150 VCC.
- Sob condições de teste padrão, uma matriz máxima pode ser conectada ao controlador FLEXmax VF que tem uma corrente de curto-circuito de 64 amperes ou menos homologada.

Inversor

O inversor escolhido foi do tipo off grid conforme descrito no capítulo 2.3, este o modelo foi adotado porque não haverá injeção de corrente elétrica na rede da concessionária local, apenas será fornecido energia para os equipamentos do sistema de refrigeração do minimercado quando houver uma falta de energia na rede local.

Outro fator determinante para a escolha do inversor é o FDI, vamos considerar este fator $FDI=1,23$, como a potência instalada é de 4860 Wpp escolhemos o inversor mais próximo com uma potência de 6000 Wpp, a figura 17 e a tabela 9 mostram demais características técnicas do inversor de frequência escolhido.

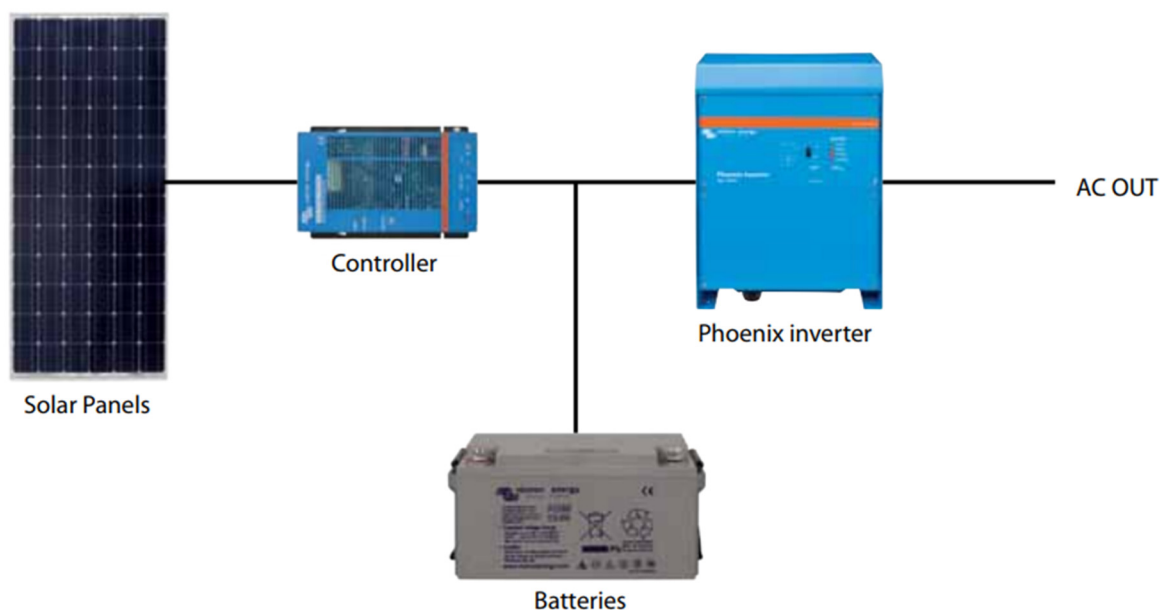


Figura 17: Esquema unifilar do Sistema Fotovoltaico autônomo

Fonte: (ENERGY, 2018)

PHOENIX INVERTERS 1200VA - 5000VA 230V					
Phoenix Inverter	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Parallel and 3-phase operation	Yes				
INVERTER					
Input voltage range (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Output	Output voltage: 230 VAC ±2% Frequency: 50 Hz ± 0,1% (1)				
Cont. output power at 25 °C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Cont. output power at 25 °C (W)	1000	1300	1600	2500	4500
Cont. output power at 40 °C (W)	900	1200	1450	2200	4000
Peak power (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Max. efficiency 12/ 24 /48 V (%)	92 / 94	92 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Zero-load power 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10	8 / 10	9 / 11	15 / 15 / 16	25 / 25
Zero-load power in AES mode (W)	5 / 8	5 / 8	7 / 9	10 / 10 / 12	20 / 20
Zero-load power in Search mode (W)	2 / 3	2 / 3	3 / 4	4 / 5 / 5	5 / 6
GENERAL					
Programmable relay (3)	Yes				
Protection (4)	a - g				
VE.Bus communication port	For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration				
Remote on-off	Yes				
Common Characteristics	Operating temperature range: -40 to +50 °C (fan assisted cooling) Humidity (non condensing): max 95%				

Tabela 9: Dados do Inversor

Fonte: (ENERGY, 2018)

e) Definição das “strings”

Com os equipamentos já escolhidos projetamos as “strings” de maneira a atender as especificações dos fabricantes. A tensão de operação do controlador de carga é de até 145 V, por isso foi projetado 3 módulos fotovoltaicos em série, com isso foi obtido tensão máxima em circuito aberto de 113,7 V e a corrente máxima de entrada é de 52,5 A equivalente a associação de 6 módulos em paralelo.

Outro fator importante para definição das strings é que para fazer a associação paralelo, foi levado em consideração mais um módulo fotovoltaico para que não houvesse diferença de potencial no arranjo fotovoltaico, a figura 18 demonstra o arranjo do sistema fotovoltaico.

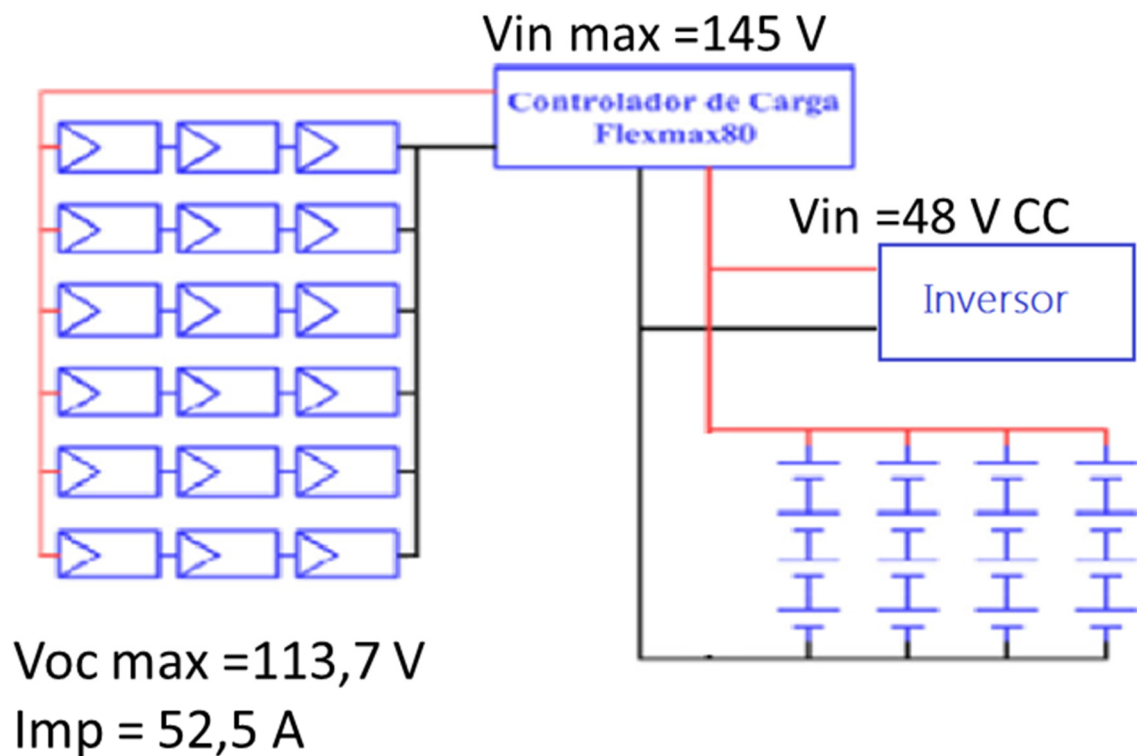


Figura 18: Arranjo de módulos e do Sistema fotovoltaico

Fonte: Própria do autor (2018)

4. Investimento

Como o minimercado é existente vamos considerar apenas o custo de aquisição do sistema fotovoltaico autônomo conforme tabela 10. Os valores dos equipamentos foram obtidos nos sites dos fabricantes e revendedores.

Equipamento	Custo Unitário	Quantidade	Total
Painel Canadian Solar CS6K-270P	R\$ 511,00	18	R\$ 9.198,00
Controlador FLEXmax 60/80 outback power	R\$ 1.956,00	1	R\$ 1.956,00
Inversor Delta H7U	R\$ 12.484,08	1	R\$ 12.484,08
Df-3000 Freedom12v	R\$ 1.229,00	16	R\$ 19.664,00
Instalação em campo	R\$ 6.000,00	1	R\$ 6.000,00
kit instalação	R\$ 5.000,00	1	R\$ 5.000,00
Valor total		R\$ 54.302,08	

Tabela 10: Custos dos Equipamentos

Fonte: Própria do autor (2018)

4.1. Viabilidade Econômica

Para realização da análise de viabilidade Econômica, foi considerado que o minimercado perde seu estoque de alimentos perecíveis uma vez ao ano devido à falta de energia, também esta sendo considerado que o minimercado em estudo pode ficar sem energia por apenas 4 horas, quando a falta de energia é maior do que este período, o minimercado realiza o descarte dos alimentos perecíveis, evitando assim a venda de alimento em más condições e má qualidade aos seus clientes. O estoque do minimercado possui os alimentos perecíveis conforme a tabela 11.

Descrição	Qde	Valor/Kg	Valor Total
Jabá Premium	40 kg	R\$ 40,00	R\$ 1.600,00
Carne de Sol	40 kg	R\$ 35,00	R\$ 1.400,00
Carne de Veado	20 kg	R\$ 50,00	R\$ 1.000,00
Carne de Carneiro	20 kg	R\$ 30,00	R\$ 600,00
Carne de Bode	25 kg	R\$ 35,00	R\$ 875,00
Galinha caipira	20 kg	R\$ 20,00	R\$ 400,00
Linguiça de porco ou Mista(porco e gado)	50 kg	R\$ 20,00	R\$ 1.000,00
Alcatra	20 kg	R\$ 40,00	R\$ 800,00
Costela	20 kg	R\$ 30,00	R\$ 600,00
Picanha	25 kg	R\$ 40,00	R\$ 1.000,00
Filé Mignon	20 kg	R\$ 45,00	R\$ 900,00
Cupim	25 kg	R\$ 30,00	R\$ 750,00
Maminha	25 kg	R\$ 27,00	R\$ 675,00
Granito/Peito	50 kg	R\$ 20,00	R\$ 1.000,00
Pernil Porco	40 kg	R\$ 20,00	R\$ 800,00
Coxa/Sobrecoxa de frango	40 kg	R\$ 20,00	R\$ 800,00
Bisteca	40 kg	R\$ 25,00	R\$ 1.000,00
Sorvetes	50 kg	R\$ 40,00	R\$ 2.000,00
Verdura e Vegetais	100 kg	R\$ 15,00	R\$ 1.500,00
Valor total		R\$ 18.700,00	

Tabela 11: Estoque de alimentos Perecíveis

Fonte: Própria do autor (2018)

Através dos valores e das informações apresentadas é possível calcular o valor líquido (VL), valor líquido presente (VPL), payback descontado e a TIR, para tornar a análise ainda mais interessante vamos considerar dois patamares de juros, que significa um cenário otimista da economia com um juro a 6 % ao ano e outro cenário pessimista com juros a 18 % ao ano.

O Fluxo de caixa no valor de R\$ 18.700,00 significa que o minimercado em estudo perde sua mercadoria uma vez ao ano devido a falta de energia.

Também vamos considerar um terceiro cenário pessimista para o investimento no qual o minimercado não teve perda de mercadoria devido à falta de energia nos dois primeiro anos seguintes ao investimento e analisar o efeito disto no VP.

Comparando o valor investido de R\$ 54.302,08 no primeiro ano com uma taxa de juros de 6% temos os resultados das tabelas 12 e 13 e os gráficos 5 e 6.

n	Fluxo de caixa	VP (Juros a 6%)	PAYBACK	Atraso (2 primeiros anos)
0		-R\$ 54.302,08		
1	R\$ 18.700,00	R\$ 17.641,51	-R\$ 36.660,57	R\$ -
2	R\$ 18.700,00	R\$ 16.642,93	-R\$ 20.017,64	R\$ -
3	R\$ 18.700,00	R\$ 15.700,88	-R\$ 4.316,76	R\$ 15.700,88
4	R\$ 18.700,00	R\$ 14.812,15	R\$ 10.495,39	R\$ 14.812,15
5	R\$ 18.700,00	R\$ 13.973,73	R\$ 24.469,12	R\$ 13.973,73
6	R\$ 18.700,00	R\$ 13.182,76	R\$ 37.651,88	R\$ 13.182,76
7	R\$ 18.700,00	R\$ 12.436,57	R\$ 50.088,45	R\$ 12.436,57
8	R\$ 18.700,00	R\$ 11.732,61	R\$ 61.821,06	R\$ 11.732,61
9	R\$ 18.700,00	R\$ 11.068,50	R\$ 72.889,57	R\$ 11.068,50
10	R\$ 18.700,00	R\$ 10.441,98	R\$ 83.331,55	R\$ 10.441,98
11	R\$ 18.700,00	R\$ 9.850,93	R\$ 93.182,47	R\$ 9.850,93
12	R\$ 18.700,00	R\$ 9.293,33	R\$ 102.475,80	R\$ 9.293,33
13	R\$ 18.700,00	R\$ 8.767,29	R\$ 111.243,09	R\$ 8.767,29
14	R\$ 18.700,00	R\$ 8.271,03	R\$ 119.514,12	R\$ 8.271,03
15	R\$ 18.700,00	R\$ 7.802,86	R\$ 127.316,98	R\$ 7.802,86
16	R\$ 18.700,00	R\$ 7.361,19	R\$ 134.678,16	R\$ 7.361,19
17	R\$ 18.700,00	R\$ 6.944,51	R\$ 141.622,68	R\$ 6.944,51
18	R\$ 18.700,00	R\$ 6.551,43	R\$ 148.174,11	R\$ 6.551,43
19	R\$ 18.700,00	R\$ 6.180,59	R\$ 154.354,70	R\$ 6.180,59
20	R\$ 18.700,00	R\$ 5.830,75	R\$ 160.185,45	R\$ 5.830,75
VP		R\$ 214.487,53		R\$ 180.203,08
VPL		R\$ 160.185,45		R\$ 125.901,00
TIR		26,74%		
Diferença Atraso		R\$ 34.284,44		
Diferença Atraso		21,40%		
Payback Descontado		4 anos e 4 meses		

Tabela 12: Analise de Investimento 6%

Fonte: Própria do autor (2018)

A seguir foi considerado o mesmo valor de investimento para a um juros a 18%, ou seja, um cenário mais pessimista da economia e temos o resultado a tabela 13:

n	Fluxo de caixa	VP (juros a 18%)	PAYBACK	Atraso (2 primeiros anos)
0		-R\$ 54.302,08		
1	R\$ 18.700,00	R\$ 15.847,46	-R\$ 38.454,62	R\$ -
2	R\$ 18.700,00	R\$ 13.430,05	-R\$ 25.024,57	R\$ -
3	R\$ 18.700,00	R\$ 11.381,40	-R\$ 13.643,18	R\$ 11.381,40
4	R\$ 18.700,00	R\$ 9.645,25	-R\$ 3.997,92	R\$ 9.645,25
5	R\$ 18.700,00	R\$ 8.173,94	R\$ 4.176,02	R\$ 8.173,94
6	R\$ 18.700,00	R\$ 6.927,07	R\$ 11.103,09	R\$ 6.927,07
7	R\$ 18.700,00	R\$ 5.870,40	R\$ 16.973,49	R\$ 5.870,40
8	R\$ 18.700,00	R\$ 4.974,91	R\$ 21.948,40	R\$ 4.974,91
9	R\$ 18.700,00	R\$ 4.216,03	R\$ 26.164,43	R\$ 4.216,03
10	R\$ 18.700,00	R\$ 3.572,91	R\$ 29.737,33	R\$ 3.572,91
11	R\$ 18.700,00	R\$ 3.027,89	R\$ 32.765,22	R\$ 3.027,89
12	R\$ 18.700,00	R\$ 2.566,01	R\$ 35.331,22	R\$ 2.566,01
13	R\$ 18.700,00	R\$ 2.174,58	R\$ 37.505,81	R\$ 2.174,58
14	R\$ 18.700,00	R\$ 1.842,86	R\$ 39.348,67	R\$ 1.842,86
15	R\$ 18.700,00	R\$ 1.561,75	R\$ 40.910,42	R\$ 1.561,75
16	R\$ 18.700,00	R\$ 1.323,52	R\$ 42.233,94	R\$ 1.323,52
17	R\$ 18.700,00	R\$ 1.121,62	R\$ 43.355,56	R\$ 1.121,62
18	R\$ 18.700,00	R\$ 950,53	R\$ 44.306,09	R\$ 950,53
19	R\$ 18.700,00	R\$ 805,53	R\$ 45.111,62	R\$ 805,53
20	R\$ 18.700,00	R\$ 682,66	R\$ 45.794,28	R\$ 682,66
VP		R\$ 100.096,36		R\$ 70.818,85
VPL		R\$ 45.794,28		R\$ 16.516,77
TIR		13,85%		
Diferença Atraso		R\$ 29.277,51		
Diferença Atraso		63,93%		
Payback Descontado		5 anos e 6 meses		

Tabela 13: Analise de Investimento 18%

Fonte: Própria do autor (2018)

Comparando os dois cenários percebemos que o cenário otimista da economia favorece o investimento com um payback de 4 anos e 4 meses enquanto o cenário pessimista com a taxa de juros a 18 % ao ano prejudica o investimento aumentando o tempo de retorno do investimento em 5 anos e 6 meses.

Outra maneira de verificar a importância da taxa de juros não só para o investimento em análise, mas também para toda a economia global é através do valor líquido presente, para esta análise estamos levando em consideração que as placas solares e o sistema fotovoltaico têm uma vida útil média de 20 anos.

Conforme mostrado no gráfico 5 às primeiras parcelas possuem valores próximos, pois o efeito do juros composto não tem grande efeito nos primeiros anos quando comparamos o VP para as duas taxas, porém ao decorrer do ano a liquidez de uma se sobressai da outra, devido ao efeito dos juros compostos no investimento, desta maneira fica visível à importância de uma taxa de juros baixa e estável para a economia global.

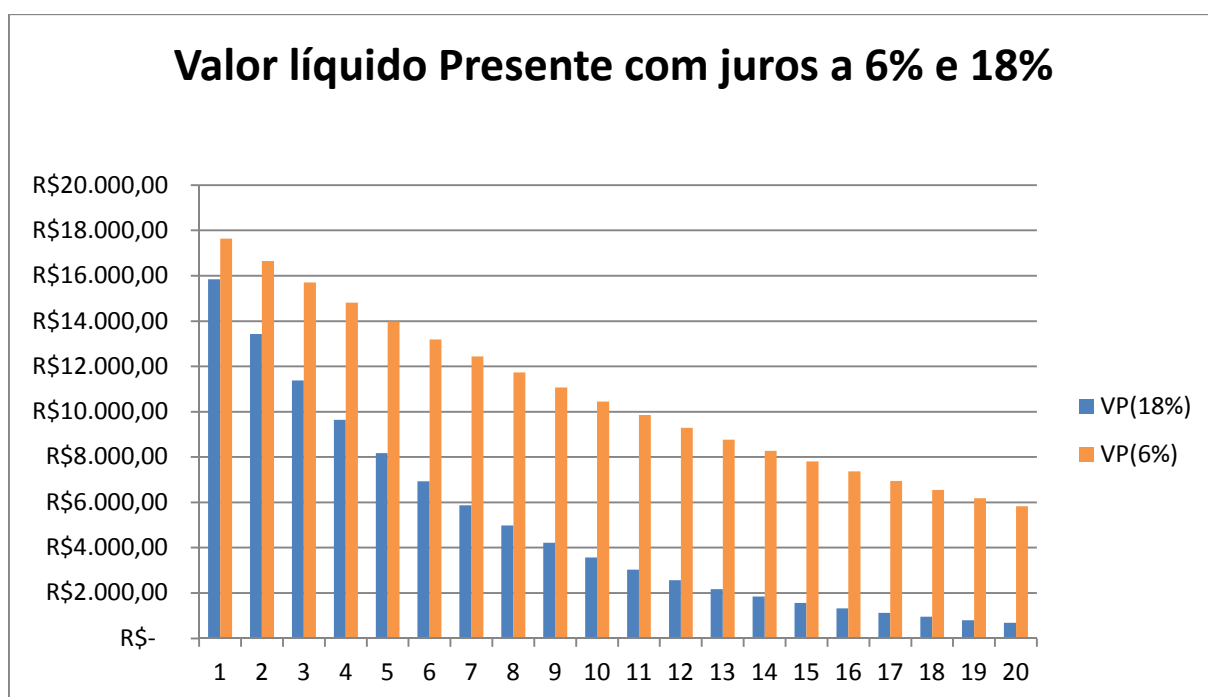


Gráfico 5 :Valor líquido presente

Fonte: Própria do autor (2018)

Quando comparados à somatória dos valores ao decorrer de 20 anos percebermos que a diferença dos valores é de R\$ 114.000,00 conforme demonstrado no gráfico 6

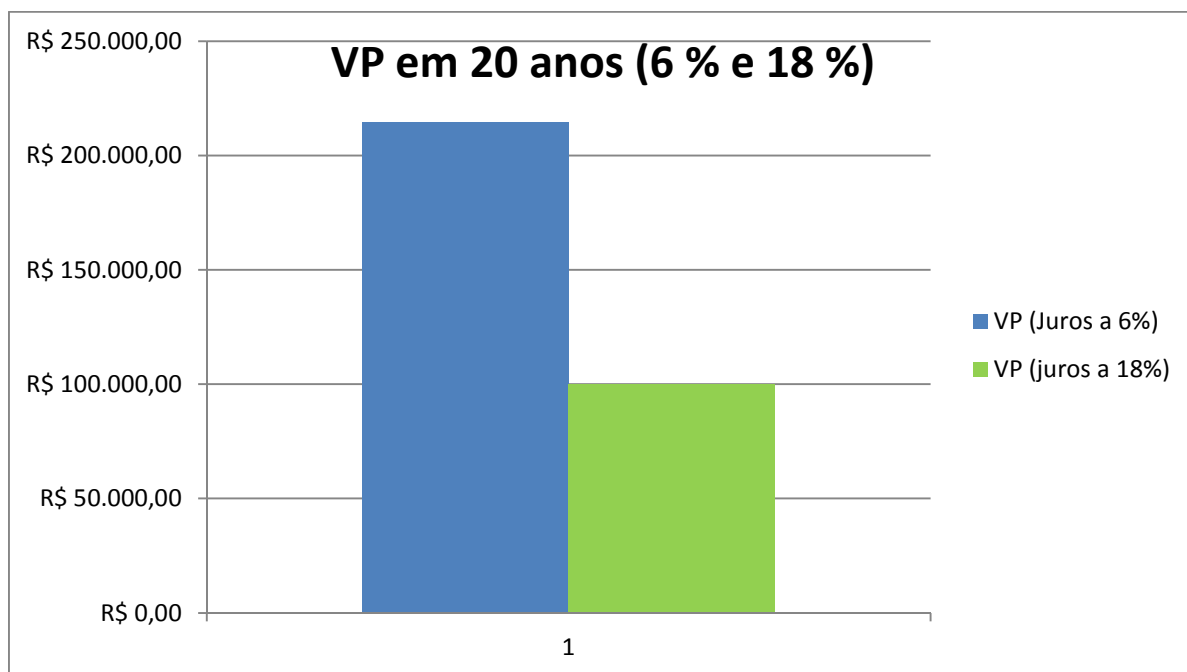


Gráfico 6: Valor líquido presente acumulado

Fonte: Própria do autor (2018)

4.2. Discussões de alternativas operacionais

Podemos considerar uma alternativa de operação do sistema de geração fotovoltaica, que pode reduzir ainda mais o tempo de retorno do investimento, o fornecimento de energia para o circuito de refrigeração quando a carga do banco de baterias estiver completa e quando ainda houver irradiação solar.

Esta aplicação poderia ser implementada através de um circuito de comando elétrico que analisa a potência gerada com a potência consumida e toma as decisões de forma automática a partir da carga armazenada para não diminuir a carga do banco de baterias.

Desta maneira o SFV seria melhor aproveitado e o consumo de energia do minimercado iria diminuir reduzindo assim o tempo de retorno do investimento. Este pode ser analisado em um trabalho posterior.

5. Conclusões e recomendações

A região nordeste do nosso país é muito castigada com a seca e seus efeitos, projetos sociais e iniciativas privadas que visam reduzir o desperdício de alimentos são muito importantes para os habitantes destas cidades. Este trabalho permitiu avaliar o potencial de uma região que é castigada pela falta de água e pelo excesso de sol, e de uma maneira geral pode-se aproveitar o que seria um problema “SOL” como uma solução para evitar problemas de desperdício de alimento perecível se agrava com a falta de energia elétrica em períodos de seca que afeta a região.

A Região de Floriano-PI se mostrou muito próspera no que se refere à irradiação solar, a menor taxa anual registrada pelo CRESEB nesta região foi de 5,2 HSP, isto é melhor do que os melhores índices mensal e anual de HSP de muitos países europeus. Além disto, a temperatura da operação da célula não demonstrou ser um grande problema, para o mês de abril a temperatura média máxima foi de 32°C, elevou a temperatura de operação do módulo fotovoltaico para 57,9°, isto levou a redução de 270 W para 229W. Apesar de ser um valor de queda significativo com mais de dez por cento, o HSP mínimo é de 5,2 compensa em sobre esta redução na potência do módulo, mas é claro que a temperatura de operação das células precisa sempre ser levada em consideração nos projetos fotovoltaicos.

Para o caso do minimercado em estudo o sistema se mostrou viável para os dois cenários em estudo o otimista com uma taxa de juros anual de 6 % ao ano, que resultou em um payback de 4 anos e 4 meses e o pessimista com uma taxa de 18% ao ano, que resultou um payback de 5 anos e 6 meses.

Esse tipo de investimento deveria ter uma maior participação de entidades financeiras públicas e privadas, pois se trata de investimento inicial alto considerando a economia local, porém com linha de crédito para o financiamento o sistema se mostra interessante no longo prazo ainda mais considerando o valor social agregado para eliminar o desperdício de alimentos perecíveis na região.

Bibliografia

- ALVES, G. H. Projeto e análise da viabilidade econômica da instalação de painéis fotovoltaicos no setor industrial, 11 Novembro 2016.
- AMERICADOSOL. Potencial solar no Brasil. **americadosol**, 2015. Disponível em: <<http://americadosol.org/potencial-solar-no-brasil/>>.
- BEZERRA, L. D. S. CONVERSOR CC-CA PARA APLICAÇÃO EM SISTEMAS, fevereiro 2010. 198.
- BRAGA, R. P. Energia Solar fotovoltaica fundamento e aplicações. In: BRAGA, R. P. **Energia Solar fotovoltaica fundamento e aplicações**. [S.l.]: [s.n.], 2008.
- CARVALHO, A. Matiz Floriano. **diariopiauiense**, 2018. Disponível em: <<https://diariopiauiense.com/diretores-da-emgerpi-visitam-escritorios-regionais-de-floriano-e-picos/>>. Acesso em: SETEMBRO 2018.
- CLIMATEMPO. **Máxima histórica de temperatura**. [S.l.]. 2018.
- COLLA, L. M. CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO, 2003.
- CONSERVEX. conservex. **http://www.conservex.com.br**, 2018. Disponível em: <<http://www.conservex.com.br/produto/linha-acougue/balcao-refrigerado-visoramico-duas-istas>>. Acesso em: AGOSTO 2018.
- CRESEB. Dados Solarimétrico Floriano-PI. **cresesb**, 2018. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/>>. Acesso em: 22 junho 2018.
- ENERGY, P. -. Phoenix Inverter - Victron Energy. **https://www.victronenergy.pt**, 2018. Disponível em: <https://www.slo.lv/upload/catalog/saules_veja_energija/victron_energy_off-grid_back-up_islandsystems_eng.pdf>. Acesso em: setembro 2018.
- FREEDOM. **Manual técnico**. [S.l.]. 2018.
- G1. Universidades públicas do PI ofertam 9.124 vagas pelo SiSU 2017. **g1.globo**, 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2017/01/uespi-oferta-3765-vagas-para-100-cursos-pelo-sisu-2017.html>>. Acesso em: SETEMBRO 2018.
- GOMES, W. gp1. **https://www.gp1.com.br**, 2018. Disponível em: <<https://www.gp1.com.br/noticias/apagao-atinge-piaui-e-outros-estados-do-norte-e-nordeste-430298.html>>. Acesso em: 09 SETEMBRO 2018.
- INCARNAÇÃO, D. D. D. **UM SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA A COMUNIDADE DE SANTO ANTÔNIO DAS VAREJAS, RIO PRETO - MG**. [S.l.]: [s.n.], 2012.

- OUTBACK. Controlador de Carga FLEXmax80. **outbackpower**, 2018. Disponível em:
<http://www.outbackpower.com/downloads/documents/charge_controllers/flexmax_6080/flexmax6080_manual_spanish.pdf>. Acesso em: 2018.
- PACHECO, P. D. C. R. D. F. **Conceitos Fundamentais de Conversão Fotovoltaica da Energia Solar**. [S.l.]: [s.n.], 2017.
- PAINEL Solar de 270W Policristalino Canadian Solar - CS6K-270P. **Minha Casa Solar**, s/ data. Disponível em: <<https://www.minhacasasolar.com.br/produto/painel-solar-de-270w-policristalino-canadian-solar-cs6k-270p-79117>>. Acesso em: 09 Junho 2018.
- QUARTZ. Recorde: Alemanha cobre 95% da demanda de energia elétrica com fontes renováveis. **canaltech**, s/ data. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/meio-ambiente/alemanha-cobre-95-da-demanda-de-energia-eletrica-com-fontes-renovaveis-65953/>>. Acesso em: 15 junho 2018.
- RIBEIRO, R. V. **SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÔNOMO BASEADO EM CONVERSORES**. [S.l.]: [s.n.], 2011.
- SANTANA, A. Apagão: Floriano fica mais de 15 horas sem energia elétrica. **Meionorte**, 2015.
- SENA, F. Y. Governo quer levar energia solar para escolas e hospitais em ação pioneira. **cidadeverde**, 12 Novembro 2016. Disponível em:
<<https://cidadeverde.com/noticias/234275/governo-quer-levar-energia-solar-para-escolas-e-hospitais-em-acao-pioneira>>. Acesso em: 05 jun. 2018.
- SINIMBU, F. Potencial para gerar energia solar ainda é pouco explorado no Brasil. **agenciabrasil**, 06 Julho 2017. Disponível em:
<<http://agenciabrasil.ebc.com.br/pesquisa-e-inovacao/noticia/2017-06/energia-solar-e-preferida-entre-consumidores-que-geram-propria>>. Acesso em: 20 junho 2018.
- TEMPERFRIO. Expositor Vertical. **https://www.temperfrio.com.br**, 2018. Disponível em: <<https://www.temperfrio.com.br/shop/produto.php?produto=1020-expositor-vertical-topazio-gelopar-gshf-130-aberto-hortifruticola>>. Acesso em: 2018.
- WIKIPÉDIA. Floriano (Piauí). **wikipédia**, 2018. Disponível em:
<[https://pt.wikipedia.org/wiki/Floriano_\(Piau%C3%AD\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Floriano_(Piau%C3%AD))>. Acesso em: 13 junho 2018.