

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ISABELA LUÍSA LASS MIRANDA

Análise de Viabilidade Técnica e Econômica de KITS de Energia Solar
Fotovoltaico para Sistemas Isolados até 3800 Wh/dia

CURITIBA

2018

ISABELA LUÍSA LASS MIRANDA

Análise de Viabilidade Técnica e Econômica de KITS de Energia Solar
Fotovoltaico para Sistemas Isolados até 3800 Wh/dia

Plano de Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação de Engenharia Elétrica, Ênfase em Eletrotécnica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná – *Campus* Curitiba, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Clodomiro
Unsihuay Vila

CURITIBA

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

ISABELA LUÍSA LASS MIRANDA

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE KITS DE ENERGIA
SOLAR FOTOVOLTAICO PARA SISTEMAS ISOLADOS ATÉ 3800 WH/DIA

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Prof. Dr. Clodomiro Unsihuay Vila (Orientador)
Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Prof. Dr. Vilson Roiz Gonçalves Rebelo da Silva
Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Prof. MSc. Antonio Rubens Baran Junior
Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Curitiba, 4 de dezembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, pelo amor incondicional, incentivo, ensinamentos e apoio, além de nunca deixarem de prover o que eu precisava para alcançar meus objetivos. A minha irmã, que mesmo pequena, me apoia em tudo que eu faço.

Ao Thierry, meu companheiro, pelo amor, apoio, incentivo, amizade e suporte. Você é demais.

Ao meu orientador, prof. Dr. Clodomiro, pela orientação, apoio e paciência, permitindo que eu fizesse este trabalho e confiando em mim.

A minha família, em especial minha tia Daiane e minhas primas Gabriele e Beatriz, pelo apoio, amor, compreensão e conselhos.

Aos meus amigos, principalmente ao Thalles e a Bruna, que fizeram parte de toda a minha vida acadêmica. Vocês se tornaram minha família.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente na elaboração deste trabalho.

“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens do céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos.”

Paulo Beleki

RESUMO

Como uma solução atraente para o meio ambiente e diversificação em geração de energia, os sistemas de energia solar fotovoltaicos têm sido difundidos cada vez mais no Brasil. Os sistemas fotovoltaicos mais disseminados são aqueles que são conectados à rede elétrica por meio de um inversor *on-grid*. Por sua vez, muitas residências brasileiras ainda não possuem acesso à rede elétrica. Uma saída adequada é a instalação de um sistema de energia solar *off-grid* para manter seus eletrodomésticos funcionando por algumas horas do dia. O sistema fora da rede dispõe de um controlador de carga, uma bateria e um inversor próprio em adição de painéis fotovoltaicos para a geração de energia. O propósito deste Trabalho de Conclusão de Curso é estudar o desenvolvimento de KITS de sistemas *off-grid* de energia solar fotovoltaico diferenciados pela quantidade máxima de energia por dia - foram produzidos 5 KITS, com capacidade de produção de energia de até 3800 Wh/dia. Foram analisados e comparados equipamentos no mercado atual obtendo o melhor preço final, viabilizando o sistema para os consumidores mais carentes. Os KITS contaram, também, com Manual de Uso e Cartilha Explicativa para conscientizar o consumidor sobre faixas de energia e instruir como é feita a montagem e os cuidados fundamentais com o sistema. Por fim, foi realizada uma análise de viabilidade econômica. Os resultados foram interessantes em comparação de um estudo econômico de sistemas *on-grid* ou *off-grid* para projetos individuais pois o objetivo dos KITS era suprir as necessidades do usuário sem que sobrasse nem faltasse energia englobando faixas limitadas de carga máxima por dia.

Palavras-chave: Sistema de Energia Solar Fotovoltaico *off-grid*; Sistema fotovoltaico isolado; Sistema fotovoltaico autônomo; Energia renovável; Energia solar; viabilidade econômica.

ABSTRACT

As an eco-friendly solution source of power generation, the solar power systems have been increasingly spread in Brazil. The photovoltaic systems more often seen are those ones which can be connected to the electrical network by an on-grid inverter. On the other hand, there are lots of Brazilian homes which still don't have any access to electricity. An interesting way to make available stable electricity to them is to provide an off-grid solar power plant, in order to supply electricity for their appliances in some hours of the day. The off-grid system has a charge controller, a stationary battery, an inverter, in addition to photovoltaic panels to supply energy. The main goal of this Undergraduate Thesis is to deliver five small off-grid solar power plants, each one having its own capacity to deliver electricity along the day: the small one has the capacity to supply 300 Wh/day and the bigger one can provide 3800 Wh/day. In order to grant the best prices from the market, several equipments were compared and analyzed, to make the systems available even for the poor people. Along with the KITs there were a manual and an informative booklet to advise the customer about the energy bands, how the system was built, and the needed care with the whole system. By the end, it was made an analysis of the project's economic viability. The results were interesting when compared with an economic consideration of both on-grid and off-grid for individual projects. In fact, the KIT's actual goal was meeting the consumer's needs, neither having surplus nor lacking electricity, but considering those limited bands of maximum charge by day.

Key-words: off-grid Photovoltaic Solar Power System; Stand-alone Photovoltaic System; Autonomous Photovoltaic System; Renewable Energy; Solar Power; economic viability.

LISTA DE ABREVIATURAS

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

EPE: Empresa de Pesquisa Energética

CC: corrente contínua

CA: corrente alternada

SIN: Sistema Interligado Nacional

ONS: Operador Nacional do Sistema Elétrico

VRLA: Valve Regulated Lead Acid

PD: potência demandada

P: potência

FP: fator de potência

FU: fator de utilização

E: energia

HU: horas de utilização de carga

PWM: pulse width modulation

MPPT: maximum power point tracking

CRESESB: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica

TMA: Taxa mínima de atratividade

SELIC: Sistema Especial de Liquidação e de Custódia

TIR: Taxa Interna de Retorno

VPL: Valor Presente Líquido

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Incentivos do governo para energia solar.....	31
Tabela 2. Diferentes combinações de KITS.....	33
Tabela 3. Fatores de potência para diferentes tipos de carga.....	34
Tabela 4. Valores de potência demandada para diferentes KITS.....	35
Tabela 5. Modelos de inversores para cada KIT.....	36
Tabela 6. Tensões de entrada e saída dos inversores utilizados nos KITS.....	36
Tabela 7. Valores de eficiência dos inversores utilizados nos KITS.....	37
Tabela 8. Valores do total de energia demandada por cada KIT.....	38
Tabela 9. Valores de perdas de componentes.....	39
Tabela 10. Valores de energia total armazenada pelo conjunto de baterias....	40
Tabela 11. Determinação do conjunto de baterias para o primeiro KIT.....	41
Tabela 12. Determinação do conjunto de baterias para o segundo KIT.....	42
Tabela 13. Determinação do conjunto de baterias para o terceiro KIT.....	42
Tabela 14. Determinação do conjunto de baterias para o quarto KIT.....	43
Tabela 15. Determinação do conjunto de baterias para o quinto KIT.....	43
Tabela 16. Valores de energia gerada por dia do módulo de 150 Wp da Yingli Solar.....	47
Tabela 17. Valores de energia gerada por dia do módulo de 270 Wp da GCL.....	48
Tabela 18. Valores de energia corrigida de cada KIT.....	49
Tabela 19. Quantidade de painéis fotovoltaicos dimensionados por KIT.....	49
Tabela 20. Energia total gerada por sistema.....	50
Tabela 21. Corrente máxima total por KIT.....	51
Tabela 22. Característica dos controladores de carga selecionados.....	52
Tabela 23. Conjuntos de controladores de carga para cada KIT.....	52
Tabela 24. Configuração final dos KITS.....	54
Tabela 25. KIT de expansão 1 para o 2.....	55
Tabela 26. KIT de expansão 2 para o 3.....	56
Tabela 27. KIT de expansão 3 para o 4.....	56
Tabela 28. KIT de expansão 4 para o 5.....	56
Tabela 29. Tarifas aplicadas no estudo de viabilidade econômica.....	60
Tabela 30. Análise financeira do KIT 1.....	63
Tabela 31. Análise financeira do KIT 5.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Matriz elétrica brasileira em 2016.....	18
Figura 2. Funcionamento de uma célula fotovoltaica.	22
Figura 3. Diferença física entre os dois diferentes tipos de células fotovoltaicas.	23
Figura 4. Valores de corrente de curto-circuito para diferentes valores de irradiância.....	27
Figura 5. Curvas I-V para diferentes temperaturas em células fotovoltaicas....	28
Figura 6. Visão térmica analisando um sombreamento em célula fotovoltaica.	28
Figura 7. Sazonalidade do potencial de geração solar fotovoltaica para os 12 meses do ano.....	30
Figura 8. Características elétricas do módulo Yingli 150 Wp	45
Figura 9. Características elétricas do módulo GCL 270 Wp.....	45
Figura 10. Comportamento I versus V do módulo em sistemas sem MPPT. ...	46
Figura 11. Fluxo de caixa do KIT 1.....	61
Figura 12. Payback simples do KIT 1.....	61
Figura 13. Fluxo de caixa do KIT 5.....	62
Figura 14. Payback simples do KIT 5.....	63

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1.	CONTEXTO.....	14
1.2.	OBJETIVOS.....	15
1.2.1.	Objetivo geral.....	15
1.2.2.	Objetivos específicos.....	15
2.	PÚBLICO ALVO.....	16
3.	DIFERENCIAL DO TRABALHO	16
4.	METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO	17
5.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
5.1.	Matriz energética brasileira	18
5.2.	Energia solar	19
5.2.1.	Radiação solar.....	20
5.3.	Efeito fotovoltaico	21
5.4.	Geração fotovoltaica isolada.....	22
5.4.1.	Componentes de sistemas fotovoltaicos isolados	23
5.4.1.1.	Bateria de chumbo ácido estacionária com eletrólito líquido.....	25
5.4.1.2.	Bateria de chumbo ácido estacionária com eletrólito em gel.....	25
5.4.1.3.	Bateria AGM.....	26
5.4.2.	Fatores que influenciam o sistema fotovoltaico	26
5.4.2.1.	Irradiância.....	26
5.4.2.2.	Temperatura.....	26
5.4.2.3.	Sombreamento	27
5.5.	Potencial solar no Brasil.....	29
5.6.	Incentivos no Brasil.....	29
6.	METODOLOGIA DO PROJETO	32
6.1.	Faixas de Energia	32
6.1.1.	Determinação dos KITS	32
6.1.2.	Determinação do inversor <i>off-grid</i>	33
6.1.3.	Determinação do banco de baterias	37
6.1.4.	Determinação do conjunto de módulos fotovoltaicos.....	44
6.1.5.	Determinação dos controladores de carga	50
6.1.6.	Concepção final dos KITS fotovoltaicos	52
7.	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	58

7.1.	Fluxo de Caixa	58
7.2.	Taxa Mínima de Atratividade	58
7.3.	Payback	59
7.4.	Valor Presente Líquido.....	59
7.5.	Taxa Interna de Retorno.....	59
7.6.	Estudo de Viabilidade	60
8.	CONCLUSÃO.....	66
8.1.	Sugestão de trabalhos futuros	67
9.	BIBLIOGRAFIA.....	68
	ANEXO A – MANUAL DE USO	70
	ANEXO B – DATASHEETS.....	74

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTO

Mais de 1 bilhão de pessoas no mundo não possuem acesso à energia elétrica. Só no Brasil são mais de 260 mil lares sem energia elétrica, totalizando cerca de 1 milhão de pessoas afetadas (ANEEL, 2017).

Para contornar esta situação parte destes moradores fazem uso de motogeradores, que são aparelhos que geram energia elétrica através da queima de combustíveis fósseis tal como diesel e gasolina. No entanto, esta solução possui pontos negativos como por exemplo a grande emissão de poluentes na atmosfera, a necessidade de fornecimento contínuo de combustível para o gerador e a elevada necessidade de manutenção.

O restante dos moradores continua sem qualquer acesso à energia elétrica, utilizando velas e lampiões para iluminação durante a noite.

Existem programas governamentais, como o Luz Para Todos, que buscam a universalização do acesso à energia elétrica. Contudo, mesmo após mais de 15 anos de sua criação, o programa não conseguiu cumprir suas metas e o déficit de residências que permanece sem energia elétrica é bastante expressivo.

Com o desenvolvimento tecnológico atual e alguns incentivos fiscais, uma solução atraente para as famílias que não possuem energia elétrica está na utilização de sistemas de geração de energia elétrica através de painéis solares fotovoltaicos com armazenamento em baterias, os chamados sistemas fotovoltaicos *off-grid* (desconectados da rede, em inglês, ou autônomos). Este sistema faz uso da energia transmitida pela luz solar que, ao incidir nos chamados painéis solares fotovoltaicos, é transformada em energia elétrica em corrente contínua, capaz de alimentar alguns aparelhos elétricos e ser armazenada em baterias. Para ser utilizada em grande parte dos aparelhos eletrodomésticos, esta energia em corrente contínua deve ser transformada para energia elétrica em corrente alternada, conversão feita por um aparelho chamado inversor.

Infelizmente, a análise de caso e posterior projeção de um sistema *off-grid* é bastante dispendiosa, fazendo com que grande parte das empresas que

prestam serviços na área evitem este tipo de instalação e que as empresas que ainda prestam o serviço cobrem valores que tornam o sistema economicamente inviável.

Neste contexto, o intuito deste trabalho de conclusão de curso é desenvolver um estudo da viabilidade técnica e econômica de um conjunto de *KITs* pré-projetados para serem utilizados em sistemas de geração *off-grid*, sendo que cada *KIT* fornecerá uma determinada quantidade de energia por dia, e o consumidor terá apenas que encontrar o *KIT* que mais se adequa à sua necessidade de consumo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho consiste no desenvolvimento de um estudo de viabilidade técnica e econômica, projeto e dimensionamento de *KITs* para a geração e armazenamento de energia elétrica através de energia fotovoltaica em para residências isoladas onde não existe uma rede de distribuição.

Os *KITs* se diferenciarão pela quantidade máxima de energia que pode ser consumida diariamente pelo usuário, para que cada consumidor tenha a opção de um sistema que supra suas necessidades sem que sobre nem que falte energia.

Além disso, serão analisadas diferentes combinações entre equipamentos e marcas buscando o melhor preço final possível, para que esta solução possa atingir até mesmo os consumidores mais carentes.

1.2.2. Objetivos específicos

Entre os objetivos específicos destacam-se:

1. Análise bibliográfica e embasamento teórico para desenvolvimento dos projetos;
2. Determinação das faixas de energia a serem empregadas na montagem dos *KITs*;

3. Análise da quantidade de baterias levando em consideração a Taxa-C da corrente de descarga e a profundidade de descarga;
4. Determinação das potências do conjunto de painéis fotovoltaicos e do inversor para cada *KIT*;
5. Estudo de possibilidade de utilização de inversores de onda senoidal modificada para consumidores com perfil adequado;
6. Comparação entre aparelhos de diferentes marcas visando o melhor custo-benefício e acessibilidade;
7. Montagem final dos *KITs* com comparação de preço entre os *KITs* já disponíveis no mercado e estudo de aceitação de mercado;
8. Elaboração de cartilha explicativa com detalhes do sistema, manual de instalação e utilização do *KIT* e conscientização a respeito dos limites de energia a ser utilizada para cada *KIT*.

2. PÚBLICO ALVO

O público alvo deste trabalho é composto pelos habitantes de zonas desprovidas de acesso à rede elétrica e consumidores que necessitam de energia elétrica em habitações não fixas tais como *motorhomes*, *trailers* e embarcações, bem como restaurantes móveis (*food trucks* e barracas de comida), além de estudantes, profissionais e projetistas que possam fazer uso desta análise para futuros estudos.

3. DIFERENCIAL DO TRABALHO

Grande parte dos estudos no assunto de energia solar fotovoltaica são feitos no âmbito de sistemas *on-grid* (conectados à rede, em português), ou híbridos, que possuem armazenamento mesmo estando conectados à rede.

O estudo técnico e econômico da montagem de *KITs* de baixo custo para a geração de energia limpa e renovável em locais desprovidos de acesso à rede elétrica tem intuito comercial, ainda pouco estudado. Além disso, este tema encontra-se nas searas de sustentabilidade, preservação ambiental e direitos básicos do cidadão. Ou seja, a engenharia utilizada no estudo soluciona não só

a questão da energia elétrica, mas também busca a igualdade social e a preservação da natureza.

4. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Na primeira etapa do projeto serão feitas análises e estudos sobre energia solar fotovoltaica e armazenamento de energia através de baterias, utilizando livros, artigos, sites e projetos já dimensionados de usinas fotovoltaicas.

Nas etapas posteriores serão feitos estudos específicos a respeito das faixas de energia a serem empregadas na montagem dos *KITs* visando atender todas as demandas possíveis de acordo com o perfil de consumo do público alvo.

Na sequência, utilizando-se dos conhecimentos teóricos adquiridos e de dados de diversos fornecedores, serão calculados os grupos de baterias a serem utilizados em cada *KIT* de acordo com suas características principais, tal como corrente de descarga, profundidade de descarga, preço, quantidade de ciclos e etc. O mesmo será feito para os painéis solares fotovoltaicos e para os inversores, visando a redução de preço sem perda significativa de qualidade.

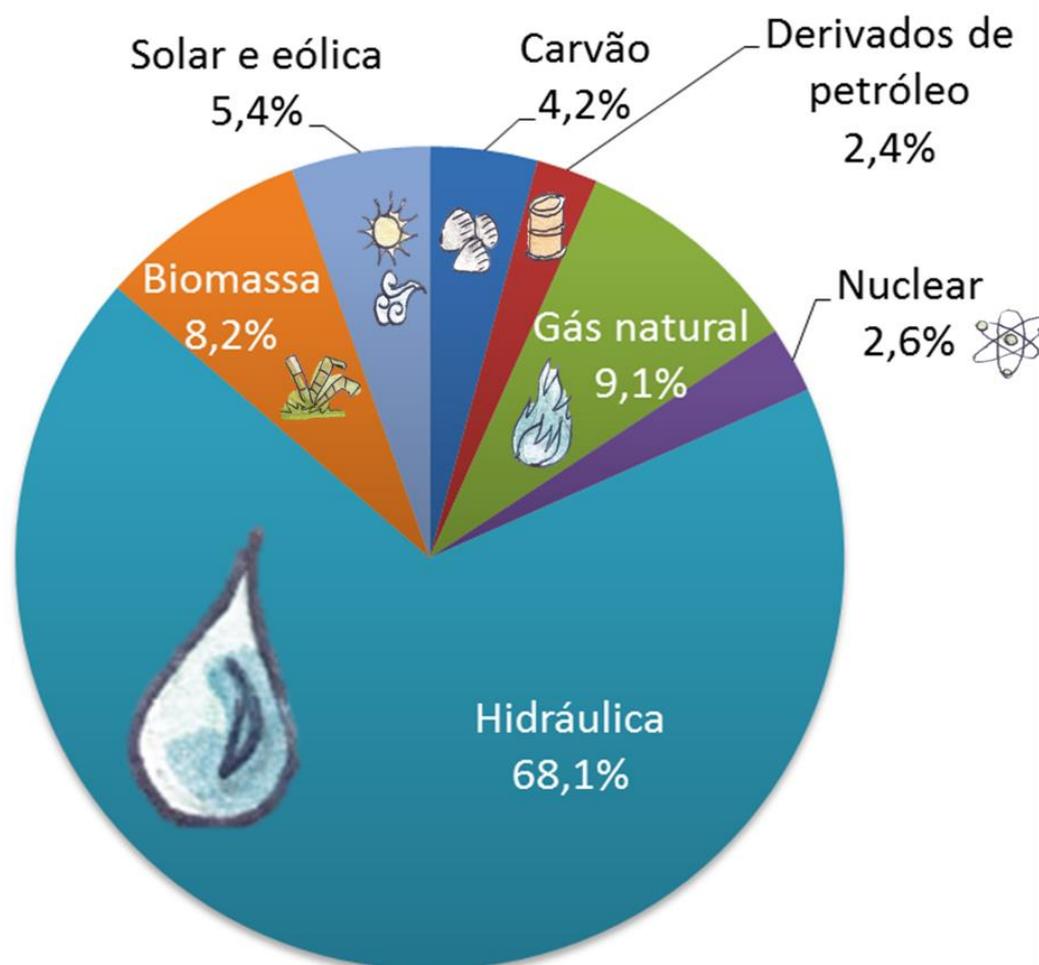
Por último, o trabalho será concluído com a montagem dos *KITs* e da cartilha explicativa, além da comparação de preços com *KITs* já existentes e análise de aceitação.

5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1. Matriz energética brasileira

A geografia do Brasil aliada de seus recursos hídricos é bastante utilizada para a geração de energia no país, sendo que em 2016, segundo a EPE (Empresa de Pesquisa Energética, 2017), a matriz elétrica brasileira era majoritariamente hidráulica. A Figura 01 abaixo mostra, em forma de gráfico, a matriz elétrica brasileira.

Figura 1. Matriz elétrica brasileira em 2016.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética. [<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>]

O Brasil utiliza cerca de 82% da energia renovável ofertada para a geração de energia, ganhando da média mundial - cerca de 23% (SILVA, 2015).

As porcentagens mostram aspectos ótimos para o mundo todo: o Brasil tendo uma vasta parcela de uso de fontes renováveis causam menos poluição e também reduzem os gastos com custos operacionais.

As usinas hidrelétricas possuem vantagens frente à poluição, não degradando o ar pela emissão de gases poluentes ou a terra em relação à dejetos radiativos - como é o caso das usinas nucleares. Embora em grande porcentagem no Brasil, as hidrelétricas são responsáveis por desmatamentos (acabando com fauna e flora local) e alagamentos de extensas áreas, causando problemas socioambientais.

A geração de energia deve se tornar equilibrada quanto às suas fontes: ao se aumentar a quantidade de usinas eólicas e solares, a dependência hidrelétrica torna-se ínfima. Ao compensar as fontes de geração de energia, as desvantagens diminuem e o mercado não para com a variação da condição climática ou pela estação do ano.

Quanto à geração solar, o local menos ensolarado do Brasil gera mais eletricidade do que o local mais ensolarado da Alemanha, líder do mercado solar. A região que apresenta maior incidência de sol, no país europeu, recebe 40% menos radiações do que a região brasileira com menor índice de raios solares. Dessa forma, para melhorar os índices brasileiros da oferta de geração de fontes renováveis, deve-se apostar na energia solar - que possui alto potencial para oferta de energia.

5.2. Energia solar

A energia solar, termo que se refere à energia proveniente da luz e do calor emitidos pelo Sol, é responsável indiretamente por - quase - todas as outras fontes de energia, tais como hidráulicas, de biomassa e eólica. De forma direta, essa energia pode ser utilizada como fonte térmica para geração de potência mecânica ou para aquecimento de fluídos e ambientes. Existem, porém, alguns métodos de utilização dessa energia para a geração de energia elétrica, principalmente com base nos efeitos termoelétricos e fotovoltaicos.

O calor e a luz solar podem ser utilizados de forma passiva para aquecer e iluminar ambientes, evitando gastos com outras fontes de energia para

executar estas funções - usada no ramo de arquitetura e construção. De forma ativa, podem ser utilizados coletores ou concentradores solares.

O coletor solar é utilizado para aplicações residenciais e comerciais, e serve para aquecer a água a temperaturas não muito elevadas para o uso doméstico. Já os concentradores solares são usados em situações em que são necessárias altas temperaturas e até mesmo vapor d'água para secagem, aquecimento de caldeiras ou produção de energia mecânica podendo, posteriormente, gerar eletricidade.

Para gerar energia elétrica diretamente através da energia solar devem ser utilizados materiais semicondutores que, ao receberem calor (efeito termoelétrico) ou luz (efeito fotovoltaico), produzem - de alguma forma - eletricidade.

Atualmente, os processos mais utilizados de conversão direta de energia solar são a geração fotovoltaica de energia elétrica e o aquecimento de água. No Brasil, o aquecimento de água está concentrado nas regiões Sul e Sudeste devido às características climáticas. Já a geração fotovoltaica de energia elétrica se concentra no Norte e Nordeste pela grande incidência de radiação solar ao longo do ano.

5.2.1. Radiação solar

A radiação solar depende de diversos fatores, tais como a nebulosidade, a umidade relativa, a latitude local e a posição no tempo.

A maior parte do território nacional se encontra próximo da linha do Equador, portanto não são observadas variações elevadas de radiação solar e duração solar pelo dia - o que diz respeito ao período de visibilidade do Sol no decorrer das horas.

Desta maneira, para maximizar o aproveitamento de radiação durante o ano, deve-se voltar o coletor ou painel solar para o Norte (no caso de países situados no hemisfério Sul) e ajustar a inclinação para que seja igual ao ângulo latitudinal do local. Vale ressaltar, novamente, que mesmo as áreas com os menores índices de radiação solar do Brasil possuem grande potencial de aproveitamento energético.

5.3. Efeito fotovoltaico

Descoberto no século XIX pelo francês Edmond Becquerel, o efeito fotovoltaico consiste na transformação de radiação solar em energia elétrica através da criação de uma diferença de potencial em uma combinação de materiais semicondutores. A palavra “fotovoltaica” é um termo formado a partir de duas palavras: foto, que em grego significa “luz”, e voltaica, que vem da palavra “volt”, a unidade para medir o potencial elétrico. A geração de energia elétrica diretamente através da luz solar é possibilitada por este efeito físico, e para isso foram criadas as chamadas células fotovoltaicas.

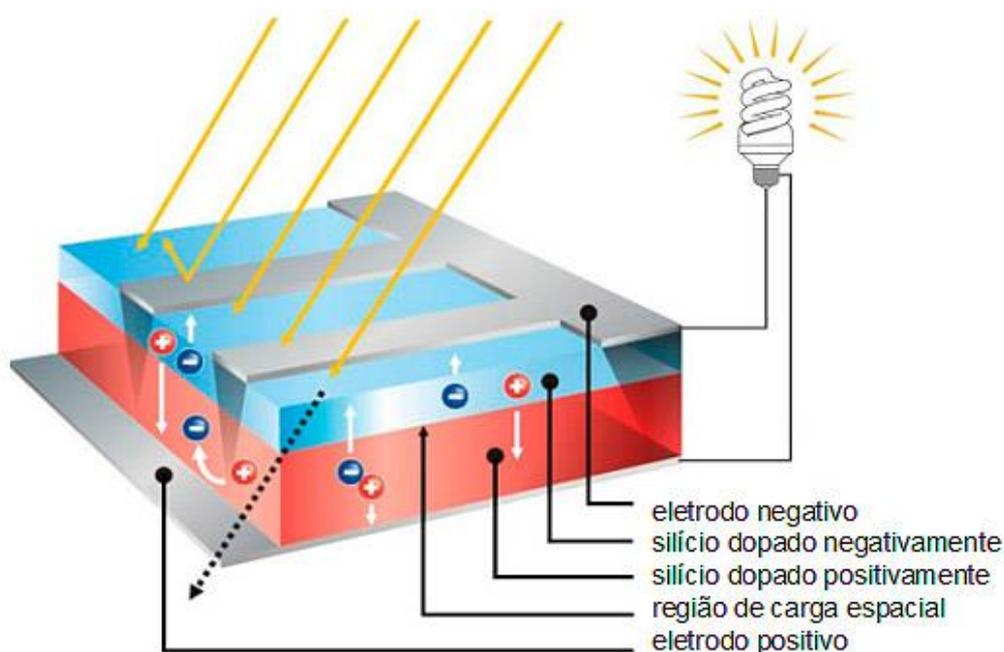
As células fotovoltaicas são dispositivos formados por um “sanduíche” de componentes semicondutores com dopagens distintas que, quando unidas, criam uma camada de valência que gera uma diferença de potencial e posterior corrente elétrica quando excitada pela luz solar. Uma célula fotovoltaica é tipicamente formada por uma camada de silício dopado com fósforo, produzindo um material tipo n, e com boro para produzir um material tipo p. Quando unidos, estes materiais formam uma camada p-n, possibilitando a movimentação de elétrons e consequente geração de corrente contínua (CC) através da luz solar. Os contatos elétricos para a captação da corrente elétrica são feitos com caminhos metálicos entre as células, os chamados *busbars*. A Figura 02 demonstra o funcionamento de uma célula fotovoltaica.

As células fotovoltaicas mais utilizadas atualmente são as feitas com silício poli e monocristalino devido ao alto rendimento na produção de energia. A diferença entre estes dois tipos de células se encontra no seu processo de fabricação, onde o silício monocristalino necessita de temperaturas mais elevadas durante sua fundição, e os lingotes produzidos pelo processo apresentam uma estrutura celular mais homogênea e linear, tornando a célula mais delicada, porém, com rendimento elevado. Já o silício policristalino não necessita de temperaturas são altas em seu processo, porém a célula fotovoltaica apresenta rendimento levemente inferior. Existem também células fotovoltaicas que utilizam diferentes materiais e tecnologias em sua construção, porém não serão abordadas neste estudo. A Figura 03 apresenta a diferença visual entre os dois tipos de células abordados, sendo a da esquerda uma célula monocristalina e a da direita uma policristalina.

5.4. Geração fotovoltaica isolada

Um sistema isolado, também chamado de autônomo, não é conectado à rede elétrica e ao SIN (Sistema Integrado Nacional). A geração fotovoltaica isolada, como já explicado anteriormente, pode ser usada para fornecer eletricidade para bombeamento de água em locais remotos, para residências em zonas rurais, na praia, no camping, em ilhas, em veículos como barcos e *motorhomes*, entre outros locais onde a energia elétrica não esteja disponível.

Figura 2. Funcionamento de uma célula fotovoltaica.

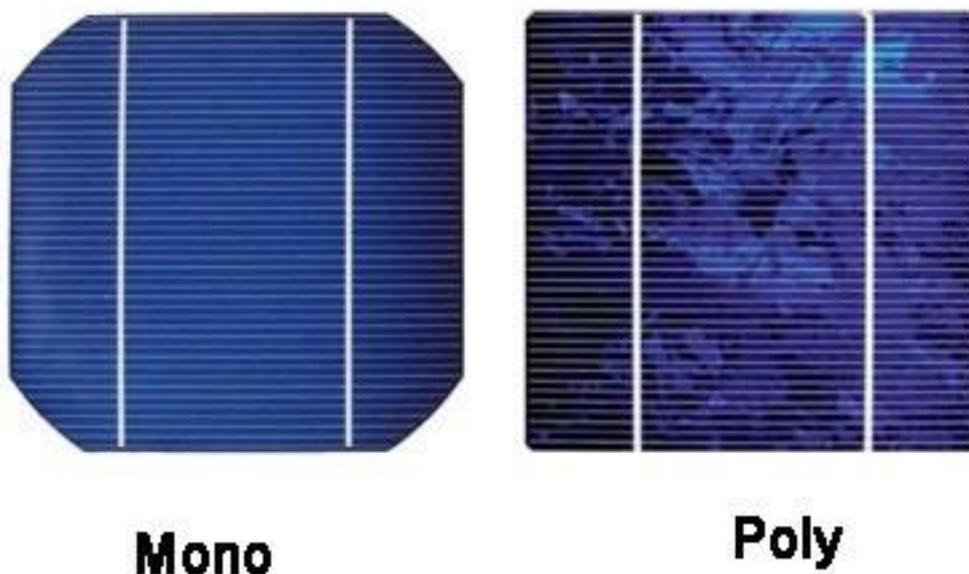


Fonte: Fotovoltec Solar Engineering (2016).

No Brasil muitos lugares não são atendidos por rede elétrica. Segundo a ONS (Operador Nacional do Setor Elétrico), atualmente cerca de 760 mil pessoas ainda não possuem energia elétrica em suas residências.

Os sistemas isolados podem ser classificados como individuais - uma unidade consumidora - ou minirredes - geração compartilhada com outras unidades consumidoras.

Figura 3. Diferença física entre os dois diferentes tipos de células fotovoltaicas.



Fonte: Sunflower Solar (2018).

Os sistemas isolados podem ser classificados como individuais - uma unidade consumidora - ou minirredes - geração compartilhada com outras unidades consumidoras.

A escolha do local onde se coloca um painel fotovoltaico influencia na geração de energia. Conforme será visto posteriormente, é necessário que os módulos sejam colocados em um local com nenhum, ou pouco, sombreamento. A vantagem de sistemas isolados é a probabilidade de existirem mais locais sem sombreamento pelo terreno livre disponível, como em ilhas e fazendas ou, ainda, em campings - no caso de uso em *motorhomes*.

5.4.1. Componentes de sistemas fotovoltaicos isolados

Um sistema fotovoltaico isolado é formado pelo conjunto de painéis fotovoltaicos, inversores, controladores de carga e baterias.

O painel fotovoltaico converte a luz do sol em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico. São formados por um conjunto de células fotovoltaicas que, quando absorvem a energia do sol, movimentam os elétrons e geram uma corrente elétrica.

Os painéis fotovoltaicos apresentam uma porcentagem pequena de energia da luz convertida em energia elétrica por m^2 - uma grande desvantagem da energia solar. A eficiência de um módulo é em média de 12% a 18% (quanto melhor, maior o preço do componente). Dessa forma, quanto melhor a eficiência de uma placa solar, melhor a geração de energia por metro quadrado (Wh/m^2).

O rendimento dos painéis fotovoltaicos, por outro lado, tende a ter porcentagens otimistas, sendo de 90% da potência original nos 10 primeiros anos de uso e 80% até 25 anos.

Os inversores para sistemas autônomos têm como objetivo converter uma corrente contínua (CC) em uma corrente alternada (CA), por meio de ondas senoidais. São conectados entre as baterias e o controlador de carga, ou quando este último integrado, estão localizados entre a placa solar e o banco de baterias. Basicamente, possibilitam a utilização de equipamentos que são produzidos para serem ligados na tomada.

O controlador de carga é um dispositivo que, como seu nome diz, controla a carga presente nas baterias. Este componente faz o gerenciamento da energia armazenada nas baterias - sem as sobrecarregar, equilibrando para que a vida útil destes bancos se torne maior.

As baterias são responsáveis por garantir o fornecimento constante de energia para a unidade consumidora por meio de um armazenamento de cargas. Dessa forma, haverá energia no período noturno, em épocas de chuvas, tempos nebulosos ou quando a potência demandada é maior do que a potência instalada do sistema. Além disso, as baterias também regulam a tensão dos outros equipamentos presentes que são suscetíveis a uma variação de tensão, como a saída dos módulos fotovoltaicos.

Existem duas formas de conectar o conjunto de baterias - tecnicamente chamado de banco de baterias - que podem estar em série ou paralelo. O banco em série permite uma maior tensão enquanto a outra há maior corrente e conseqüentemente maior abundância de cargas. Para uma maior tensão e corrente simultaneamente, aplica-se um modo série-paralelo para as baterias.

As baterias possuem vida útil que é determinada pelo número de cargas e descargas que podem realizar e pela temperatura de operação. Para aumentar a “validade” é necessário fazer flutuação - processo de manutenção das cargas quando não são utilizadas, manusear e guardar as baterias em temperatura correta de operação e, ainda, acoplar um controlador de carga para que o ciclo de cargas e descargas não sejam abruptos.

Em sistemas fotovoltaicos autônomos não se deve fazer uso de baterias automotivas, apenas estacionárias. Isto se deve porque as baterias de automóveis não foram produzidas para terem passagens de grandes correntes durante um período longo de tempo - reduzindo sua vida útil. As baterias estacionárias possuem placas metálicas grossas permitindo um fornecimento de sobrecorrentes por longos períodos, além de ser possível ser descarregada por completo. A bateria utilizada em sistemas fotovoltaicos possui também um melhor desempenho quanto ao armazenamento de cargas e maior capacidade de reserva, sendo priorizada frente à automotiva.

5.4.1.1. Bateria de chumbo ácido estacionária com eletrólito líquido

Bateria mais utilizada nos sistemas autônomos devido seu custo mais baixo que as outras. Visualmente é parecida com uma bateria automotiva sendo, muitas vezes, confundida. É constituída de placas de chumbo mergulhadas em uma solução ácida. O seu funcionamento depende da reação entre o chumbo e o ácido. A bateria de chumbo ácido com eletrólito líquido possui uma vida útil de 4 a 5 anos e aguentam descargas profundas por causa da grossura de suas placas metálicas.

5.4.1.2. Bateria de chumbo ácido estacionária com eletrólito em gel

Possui uma vida útil maior que 10 anos e conseqüentemente é mais cara que a anterior. Pela segurança e estabilidade causada por sua camada de

eletrólito em gel, é recomendada para uso de sistemas fotovoltaicos que estão em constante movimentação (como em barcos).

A bateria em gel é comumente chamada de VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) pois possui uma válvula de segurança para que saiam os gases procedentes de uma sobrecarga.

5.4.1.3. Bateria AGM

Com vida útil superior a 10 anos, as baterias VRLA AGM são difíceis de encontrar no mercado e apresentam alto custo. Não precisam de manutenção, permitem ciclos de carga e descarga profundos e em grande quantidade além de serem resistentes à altas temperaturas. Por mais que possuam grandes vantagens, este tipo de bateria não será usado para o estudo devido seu alto preço inviabilizando a montagem dos KITS fotovoltaicos.

5.4.2. Fatores que influenciam o sistema fotovoltaico

5.4.2.1. Irradiância

A corrente elétrica gerada pelo módulo fotovoltaico é diretamente proporcional à irradiância solar. A corrente de curto-circuito tem uma relação linear com a irradiância, como aponta a Figura 04.

5.4.2.2. Temperatura

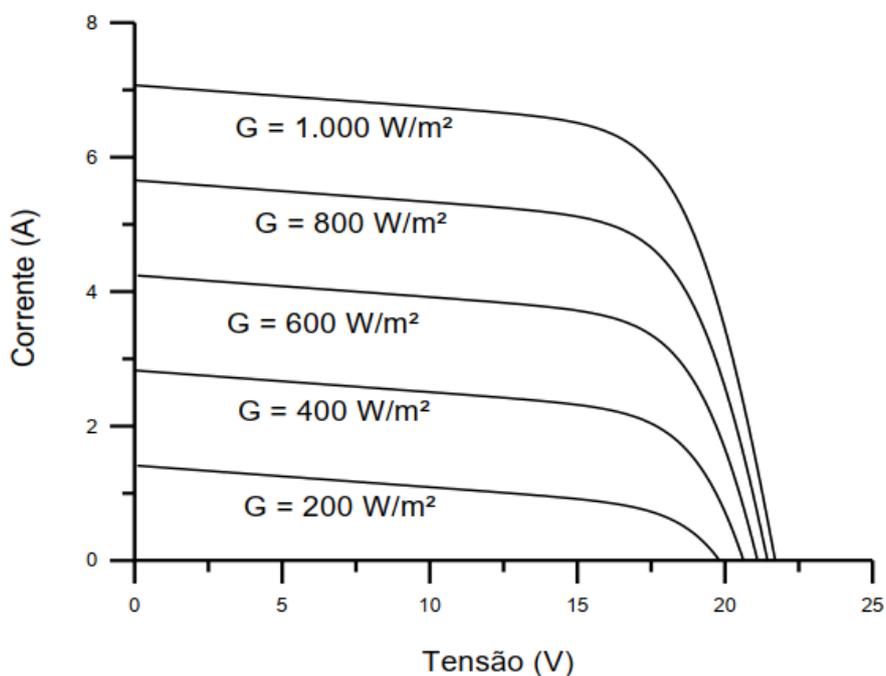
A variação da temperatura ambiente, juntamente com a incidência de radiação solar, causa variações de temperatura nas células fotovoltaicas que compõem o gerador fotovoltaico. Como é explicitado na figura 05, que mostra as curvas I-V para diversas temperaturas em células fotovoltaicas, ocorre uma queda de tensão considerável com o aumento da temperatura da célula. Já a

corrente apresenta um aumento irrisório, fazendo com que o resultado final seja uma perda de potência.

5.4.2.3. Sombreamento

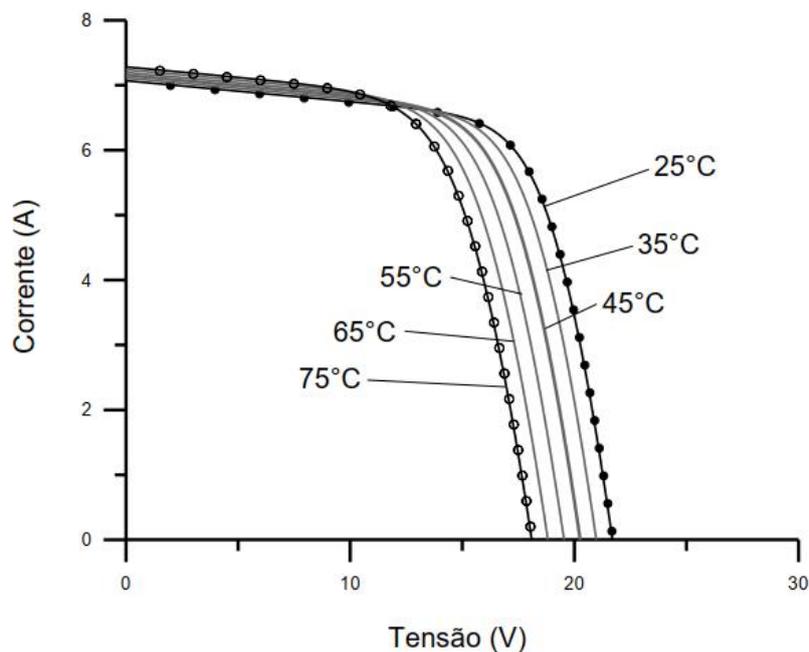
O fato de os módulos fotovoltaicos de silício conterem suas células associadas em série faz com que o sombreamento de uma ou mais células fotovoltaicas - o que causa a redução da radiação incidente e consequentemente a limitação da sua corrente - reduza a passagem de corrente do conjunto de módulos ligados em série como um todo. O sombreamento pode ser causado por algum obstáculo próximo, depósito de sujeira ou algum objeto que tenha sido depositado sobre o módulo.

Figura 4. Valores de corrente de curto-circuito para diferentes valores de irradiância.



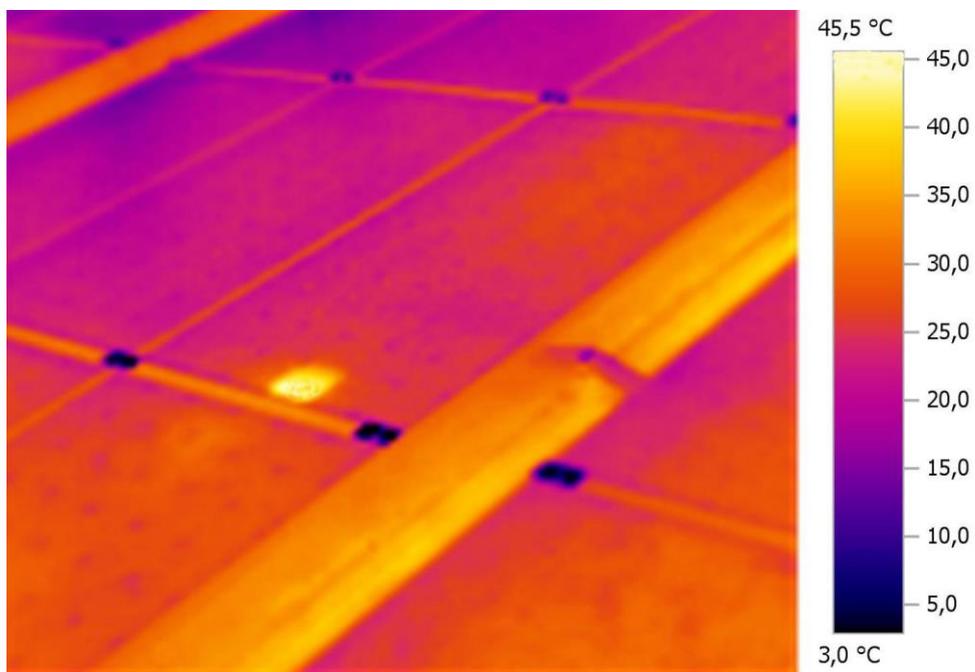
Fonte: Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (2014).

Figura 5. Curvas I-V para diferentes temperaturas em células fotovoltaicas.



Fonte: Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (2014).

Figura 6. Visão térmica analisando um sombreamento em célula fotovoltaica.



Fonte: Electrical Connection (2014).

Há, além da perda de potência imediata, o risco de danificar os módulos parcialmente sombreados, pelo módulo sombreado agir como uma “resistência”,

dissipando toda energia que está sendo impedida de ser entregue ao ponto de consumo. Nessa situação pode ocorrer um fenômeno conhecido como *hotspot* (Figura 06), ou “ponto quente”, que se refere a produção de calor intenso na célula sombreada, podendo causar fusão dos polímeros e metais até o rompimento do vidro de proteção.

5.5. Potencial solar no Brasil

O Brasil possui grandes reservas de silício, sendo um dos países com maior quantidade do elemento no mundo - e com alto índice de pureza. A expectativa para que o comércio solar cresça está focado, além do grande potencial de incidência solar no território nacional, na produção de painéis fotovoltaicos utilizando-se do silício para sua composição.

A incidência solar diária no Brasil está entre 4444 Wh/m² a 5483 Wh/m² (EPE, 2018). Simplificando os dados, é como se no país, em média, tivessem 280 dias de sol por ano, ou seja, 77% de dias no ano são ensolarados. Para efeitos de comparação, a Alemanha possui uma média de 39% de dias de sol por ano - 140 dias, sendo a metade do Brasil.

A Figura 07 mostra a sazonalidade do potencial da geração solar fotovoltaica no Brasil durante o ano. A cor avermelhada representa um máximo potencial para geração solar enquanto a cor verde mostra o mínimo de potencial para geração. É possível notar que nos meses de abril a setembro, a região Sul e Sudeste apresenta valores consideravelmente ruins para a geração solar (em comparação com o Nordeste e Centro-Oeste do país). Já no verão, os valores de geração são máximos e tornam viáveis a redução dos picos de demanda dos sistemas de transmissão do SIN (Sistema Interligado Nacional).

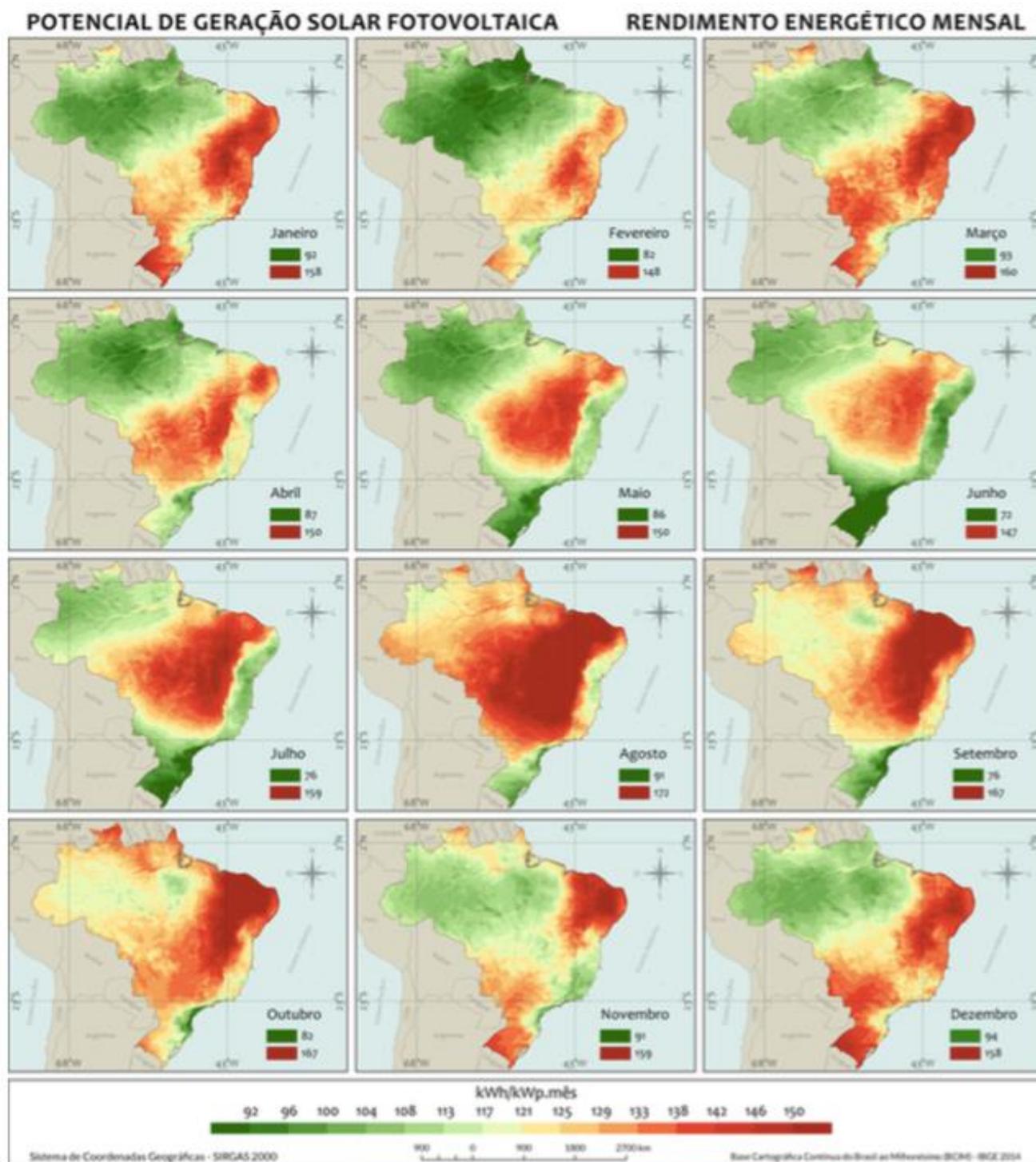
5.6. Incentivos no Brasil

A Alemanha domina o mercado solar por causa de grandes incentivos do governo para que a população faça uso da energia solar: as placas fotovoltaicas tornaram-se viáveis e o cidadão ganhou o direito de vender a energia que seu sistema gerava.

Já no Brasil, não há competições entre gerações de energias renováveis, como no país líder de mercado, e também não existem grandes incentivos do governo para a instalação de placas solares. Entretanto, algumas iniciativas já

criadas para o setor de energia solar, como as normas da Agência Nacional de Energia Elétrica (resumidas na Tabela 01), estabeleceram um maior alcance da população brasileira para a instalação de sistemas fotovoltaicos.

Figura 7. Sazonalidade do potencial de geração solar fotovoltaica para os 12 meses do ano.



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017).

Tabela 1. Incentivos do governo para energia solar.

NORMA	OBJETIVO
R.N. Número 482/2012	A microgeração e minigeração distribuída obteve um sistema de compensação, ao qual a energia gerada pelo sistema fotovoltaico gera créditos que podem ser compensados em faturas de luz.
R.N. Número 687/2015	A ANEEL estabeleceu que a burocracia das conexões dos sistemas fotovoltaicos fosse menor.
Convênio Número 101/97 da CONFAZ	O Conselho Nacional de Política Fazendária isentou os ICMS para geradores fotovoltaicos.
Convênio ICMS Número 16/2015 da CONFAZ	O convênio número 16 trata das cobranças de ICMS da energia injetada na rede, enumerando os estados isentados. Foi corrigido o convênio antigo que estabelecia a cobrança de ICMS para consumo líquido gerada de energia.
PLS 167/2013 e PL 8322/2014	O senado aprovou a lei de isenção de IPI (Impostos sobre Produtos Industrializados) para painéis fotovoltaicos, cabos, conectores e estruturas de suporte. Os painéis fotovoltaicos também teriam isenção de PIS/Pasep e Confins.
ProGD	O Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica é um programa do Ministério de Minas e Energia com o objetivo de aumentar o número da geração solar no país. Foram feitos valores de base para a venda de produtos de energia solar, linhas de crédito e financiamento para a instalação de sistemas e propagandas com o intuito de atrair mais investidores de energia solar.
Financiamento	Alguns bancos adotaram juros baixos e formas de pagamento mais atrativas à população para incentivar a instalação da geração solar.
ProINFA	O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica foi criado pelo Ministério de Minas e Energia com o objetivo de reduzir os gases do efeito estufa. Foram calculados valores de capacidade instalada entre usinas eólicas, hidrelétricas e de biomassa com a garantia de contratação da energia gerada por 20 anos pela Eletrobras.

6. METODOLOGIA DO PROJETO

Para a produção dos KITS fotovoltaicos é necessário estudar e decidir os seguintes itens:

- Determinar as faixas de energia necessárias para um bom funcionamento dos KITS;
- Determinar as características dos painéis fotovoltaicos e do inversor;
- Determinar as características das baterias.

6.1. Faixas de Energia

6.1.1. Determinação dos KITS

Os KITS fotovoltaicos *off-grid* foram montados com base em diferentes conjuntos de cargas para diferentes perfis de consumo, ou seja, uma aplicação que requer apenas algumas lâmpadas ligadas durante poucas horas por dia necessitará de um KIT diferente do que de uma outra aplicação que requer um refrigerador ligado o dia todo, lâmpadas ligadas durante um longo período de tempo e um televisor que funcionará por algumas horas.

Para determinar diferentes KITS foi necessário compreender diferentes possibilidades de conjuntos de carga, cada qual com sua característica de consumo. Conforme o aumento da quantidade de cargas, há, também, o aumento da quantidade de energia a ser fornecida diariamente e estocada para períodos em que não há incidência de radiação solar. A Tabela 2 apresenta as diferentes combinações que foram analisadas neste estudo.

Vale salientar que o dimensionamento é feito com base em uma carga e perfil de consumo específicos, porém, o mesmo KIT pode ser utilizado em diferentes aplicações, não se restringindo àquela que serviu como base para seu dimensionamento. Apenas deve-se compreender os valores de potência e energia demandados pela aplicação distinta e analisar se estes estão de acordo com os valores calculados para cada KIT.

Outro detalhe na tabela é o tempo de uso diário do refrigerador, estimado em 8 h/dia. Este tempo representa o tempo médio em que o compressor fica ligado para manter o interior na temperatura desejada. Este valor varia de acordo com a temperatura ambiente e o modo de utilização do aparelho.

Tabela 2. Diferentes combinações de KITS.

KIT		Carga	Uso diário
1	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia
	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia
2	1	TV LED 20"	3 h/dia
	1	Carga de celular	4 h/dia
3	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia
	1	Ventilador	2 h/dia
	1	TV LED 20"	3 h/dia
	2	Cargas de Celular	4 h/dia
	1	Carga de Notebook	4 h/dia
4	4	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia
	1	Refrigerador (1 porta)	8 h/dia *
5	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia
	1	Refrigerador (1 porta)	8 h/dia *
	1	TV LED 20"	3 h/dia
	1	Microondas	0,3 h/dia
	1	Carga de celular	4 h/dia
	1	Ventilador	2 h/dia
	1	Carga de Notebook	4 h/dia

Fonte: Autoria própria (2018).

6.1.2. Determinação do inversor *off-grid*

O próximo passo para a determinação dos componentes dos KITS é a escolha de um inversor *off-grid* adequado para a aplicação sugerida. Para isso, necessita-se do valor de Potência Demandada (PD), em watts (W) de cada KIT. O Valor de PD determinará a potência mínima que o inversor precisa ter para operar o sistema. Para calcular a PD de cada KIT é necessário analisar alguns dados específicos para cada carga, tornando a análise bastante precisa e realista.

A primeira informação necessária é a Potência (P) de cada carga, em watts. Esta informação geralmente se encontra escrita em algum local do aparelho e/ou no manual do produto.

A segunda informação necessária é o Fator de Potência (FP) de cada carga. O FP representa um ajuste que indica a quantidade de potência elétrica que efetivamente é convertida em trabalho útil, e possui valores diferentes para cada tipo de carga. Conforme VILLALVA (2015) aborda, os fatores de potência possuem valores padronizados para os principais tipos de cargas. A Tabela 03 apresenta os valores de carga resumidamente.

Tabela 3. Fatores de potência para diferentes tipos de carga.

Tipo de Carga	Fator de Potência
Resistências	1,0
Iluminação	0,9
Eletrônicos	0,8
Motores	0,7

Fonte: Autoria própria (2018).

Quando a carga se encaixa em mais de um tipo, deve-se multiplicar os fatores de potência.

A terceira informação necessária é o Fator de Utilização (FU) de cada carga. O fator de utilização é a porcentagem média de utilização do potencial total de cada carga durante o tempo estimado de uso. Por exemplo, em uma carga representada por 5 lâmpadas ligadas pelo período de 6 h/dia, em alguns momentos todas as lâmpadas estarão ligadas ao mesmo tempo, já em outros momentos apenas uma parte delas estará ligada, talvez até mesmo nenhuma delas esteja ligada. Por este motivo estima-se um valor do FU em torno de 60%. Já no caso de uma TV LED ligada pelo período de 3 h/dia, não há a possibilidade de ligar apenas uma parte da TV, portanto seu FU é de 100%.

Como demonstrado no exemplo, o valor de FU é uma estimativa empírica que visa aproximar ao máximo o modelo de consumo à realidade, evitando sobredimensionamentos que contribuam para um aumento desnecessário do valor dos KITS. No estudo em questão, foi utilizado FU de 100% para todas as cargas analisadas, exceto para Lâmpadas LED 10 W, onde foi considerado um FU de 60%.

Utilizando os dados apresentados, é possível encontrar a Potência Demandada através da seguinte equação, que representa a simples soma de todas as cargas de cada KIT, aplicando correções para aproximar o modelo teórico de VILLALVA à prática:

$$PD (W) = \sum_{\text{Diferentes Cargas}} \frac{N * P * FU}{FP} \quad (1)$$

Ao qual N representa a quantidade de cada carga. Valores dados em porcentagem devem ser utilizados na forma decimal.

A Tabela 4 descreve os valores de PD de todos os KITS estudados.

Tabela 4. Valores de potência demandada para diferentes KITS.

KIT		Carga	Uso diário	P (W)	FP	FU (%)	PD (W)
1	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia	10	0,9	60	34
2	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia	10	0,9	60	152
	1	TV LED 20"	3 h/dia	90	0,8	100	
	1	Carga de celular	4 h/dia	5	0,8	100	
3	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia	10	0,9	60	370
	1	Ventilador	2 h/dia	100	0,7	100	
	1	TV LED 20"	3 h/dia	90	0,8	100	
	2	Cargas de Celular	4 h/dia	5	0,8	100	
	1	Carga de Notebook	4 h/dia	60	0,8	100	
4	4	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia	10	0,9	60	360
	1	Refrigerador (1 porta)	8 h/dia *	200	0,6	100	
5	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia	10	0,9	60	2870
	1	Refrigerador (1 porta)	8 h/dia *	200	0,6	100	
	1	TV LED 20"	3 h/dia	90	0,8	100	
	1	Microondas	0,3 h/dia	1300	0,6	100	
	1	Carga de celular	4 h/dia	5	0,8	100	
	1	Ventilador	2 h/dia	100	0,7	100	
	1	Carga de Notebook	4 h/dia	60	0,8	100	

Fonte: Autoria própria (2018).

Além dos valores de PD, para escolher o inversor ideal par ao sistema, é necessário considerar a tensão nominal das cargas e o tipo de onda a ser empregada.

Devido à localização considerada (Mafra/SC), que utiliza o padrão de 220 V, a tensão de todas as cargas foi considerada como sendo 220 V. Já o tipo de onda a ser empregada depende do tipo de cargas consideradas no sistema. O critério utilizado foi simples: caso algum dos itens presentes na lista de cargas

possua motor, deve-se utilizar inversor de onda senoidal pura, caso contrário, utiliza-se inversor de onda senoidal modificada.

Com isso, foram determinados os modelos dos inversores para todos os KITS, conforme mostra a Tabela 5.

Tabela 5. Modelos de inversores para cada KIT.

KIT	Carga		Uso diário	PD (W)	Inversor
1	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia	34	Hayonik 50079 150 W Onda Modificada
2	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia	152	Hayonik 50081 200 W Onda Modificada
	1	TV LED 20"	3 h/dia		
	1	Carga de celular	4 h/dia		
3	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia	370	Epsolar SHI600-12 600 W Onda Pura
	1	Ventilador	2 h/dia		
	1	TV LED 20"	3 h/dia		
	2	Cargas de Celular	4 h/dia		
	1	Carga de Notebook	4 h/dia		
4	4	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia	360	Epsolar SHI600-12 600 W Onda Pura
	1	Refrigerador (1 porta)	8 h/dia *		
5	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia	2870	Epsolar SHI3000-24 3000 W Onda Pura
	1	Refrigerador (1 porta)	8 h/dia *		
	1	TV LED 20"	3 h/dia		
	1	Microondas	0,3 h/dia		
	1	Carga de celular	4 h/dia		
	1	Ventilador	2 h/dia		
	1	Carga de Notebook	4 h/dia		

Fonte: Autoria própria (2018).

Foram escolhidos inversores das marcas Hayonik e Epsolar devido à sua vasta presença no mercado nacional, proporcionando preços baixos e facilidade de compra e assistência técnica. A Tabela 6 mostra as tensões de entrada e saída dos inversores que serão utilizados nos KITS.

Tabela 6. Tensões de entrada e saída dos inversores utilizados nos KITS.

Inversor	Tensão de entrada	Tensão de saída
Hayonik 50079 150W Onda Modificada	12 VCC	220 VAC
Hayonik 50081 200W Onda Modificada	12 VCC	220 VAC

Epsolar SHI600-12 600 W Onda Pura	12 VCC	220 VAC
Epsolar SHI3000-24 3000 W Onda Pura	24 VCC	220 VAC

Fonte: Autoria própria (2018).

Pode ser observado que se optou por inversores com 220 VAC de tensão de saída, pois foi esta a tensão padrão escolhida para as cargas.

6.1.3. Determinação do banco de baterias

O primeiro passo para a determinação da configuração do banco de baterias é o cálculo do total de energia (E) que a carga vai demandar diariamente para seu funcionamento. A equação apresentada abaixo é uma adaptação da teoria de VILLALVA que introduz a eficiência do inversor ao sistema, aumentando a precisão da estimativa:

$$E \text{ (Wh/dia)} = \sum_{\text{Diferentes Cargas}} \frac{N * P * FU * HU}{Ef_{\text{inversor}}} \quad (2)$$

ao qual HU representa a quantidade de horas de utilização diária de cada carga, e Ef_{inversor} a eficiência nominal do inversor. Os valores de eficiência dos inversores utilizados são apresentados na tabela abaixo. Valores dados em porcentagem devem ser utilizados na forma decimal.

Tabela 7. Valores de eficiência dos inversores utilizados nos KITs.

Inversor	Eficiência típica (%)
Hayonik 50079 150W Onda Modificada	80
Hayonik 50081 200W Onda Modificada	80
Epsolar SHI600-12 600 W Onda Pura	91
Epsolar SHI3000-24 3000 W Onda Pura	93

Fonte: Autoria própria (2018).

A tabela 8 mostra os valores de E para todos os KITs montados.

Tabela 8. Valores do total de energia demandada por cada KIT.

KIT		Carga	Uso diário	P (W)	FU (%)	$E_{f\text{ inversor}}$	E (Wh /dia)
1	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia	10	60	80%	225
2	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia	10	60	80%	588
	1	TV LED 20"	3 h/dia	90	100		
	1	Carga de celular	4 h/dia	5	100		
3	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia	10	60	91%	1022
	1	Ventilador	2 h/dia	100	100		
	1	TV LED 20"	3 h/dia	90	100		
	2	Cargas de Celular	4 h/dia	5	100		
	1	Carga de Notebook	4 h/dia	60	100		
4	4	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia	10	60	91%	1917
	1	Refrigerador (1 porta)	8 h/dia *	200	100		
5	5	Lâmpadas LED 10 W	6 h/dia	10	60	93%	3120
	1	Refrigerador (1 porta)	8 h/dia *	200	100		
	1	TV LED 20"	3 h/dia	90	100		
	1	Microondas	0,3 h/dia	1300	100		
	1	Carga de celular	4 h/dia	5	100		
	1	Ventilador	2 h/dia	100	100		
	1	Carga de Notebook	4 h/dia	60	100		

Fonte: Autoria própria (2018).

Com os valores de E é possível calcular os valores diários de demanda de Ah , ou seja, Ah/dia . A equação abaixo, retirada de VILLALVA, demonstra o cálculo.

$$Ah/dia_{nominal} = \frac{E}{VDC_{sistema}} \quad (3)$$

Ao qual $VDC_{sistema}$ é a tensão em corrente contínua do sistema, determinada pelo inversor. Neste estudo foram utilizados inversores com 12 VDC ou 24 VDC de tensão de entrada, portanto o valor de $VDC_{sistema}$ será um desses dois valores.

Após calcular o valor de $Ah/dia_{nominal}$ é necessário considerar diversas perdas e fatores empíricos, visando se aproximar ao máximo do funcionamento real do sistema, chegando ao valor de $Ah/dia_{corrigido}$, seguindo a equação, que adiciona à teoria de VILLALVA mais alguns fatores de correção para aprimorar a estimativa:

$$Ah/dia_{corrigido} = \frac{Ah/dia_{nominal} * FE_{bateria} * Autonomia (dias)}{Ef_{cabos} * Ef_{bateria} * Descarga_{bateria}} \quad (4)$$

Ao qual $FE_{bateria}$ representa o fator de envelhecimento da bateria, no qual a bateria perde sua capacidade de carga com o tempo. $Autonomia$ representa a quantidade de dias que o conjunto de baterias deve suprir o sistema sem carregamento. Neste trabalho foi escolhida uma autonomia de 2 dias, visando o fornecimento de energia no caso de um dia nebuloso, onde os módulos não geram energia o suficiente para manter o sistema. Ef_{cabos} e $Ef_{bateria}$ representam, respectivamente, as eficiências dos cabos e das baterias. Por último, $Descarga_{bateria}$ representa a profundidade de descarga do conjunto de baterias. Valores dados em percentagem devem ser utilizados na forma decimal. A tabela abaixo mostra os valores utilizados para estas perdas e fatores empíricos.

Tabela 9. Valores de perdas de componentes.

Perda	Valor
Ef_{cabos}	98%
$Ef_{bateria}$	85%
$FE_{bateria}$	1,25
$Descarga_{bateria}$	80%
$Autonomia$	2 dias

Fonte: Autoria própria (2018).

Para calcular a energia total a ser armazenada pelo conjunto de baterias é necessário utilizar a equação abaixo, que aplica o conceito de $Energia = Carga * Tensão$.

$$E_{armazenada} = Ah/dia_{corrigido} * VDC_{sistema} \quad (5)$$

Os valores de $E_{armazenada}$ para cada KIT são mostrados na tabela abaixo.

Tabela 10. Valores de energia total armazenada pelo conjunto de baterias.

KIT	Carga		Ah $/dia_{corrigido}$	$VDC_{sistema}$	$E_{armazenada}$
1	5	Lâmpadas LED 10 W	70 Ah/dia	12 VDC	844 Wh/dia
2	5	Lâmpadas LED 10 W	184 Ah/dia	12 VDC	2204 Wh/dia
	1	TV LED 20"			
	1	Carga de celular			
3	5	Lâmpadas LED 10 W	319 Ah/dia	12 VDC	3834 Wh/dia
	1	Ventilador			
	1	TV LED 20"			
	2	Cargas de Celular			
	1	Carga de Notebook			
4	4	Lâmpadas LED 10 W	599 Ah/dia	12 VDC	7190 Wh/dia
	1	Refrigerador (1 porta)			
5	5	Lâmpadas LED 10 W	487 Ah/dia	24 VDC	11698 Wh $/dia$
	1	Refrigerador (1 porta)			
	1	TV LED 20"			
	1	Microondas			
	1	Carga de celular			
	1	Ventilador			
	1	Carga de Notebook			

Fonte: Autoria própria (2018).

É possível, agora, determinar a quantidade adequada de baterias para suprir a demanda energética diária. Para determinar a quantidade de baterias em série é necessário utilizar a equação de VILLALVA:

$$Baterias_{série} = \frac{VDC_{sistema}}{VDC_{bateria}} \quad (6)$$

Onde $VDC_{bateria}$ representa o valor comercial de tensão da bateria utilizada, e $VDC_{sistema}$ o valor de tensão do sistema. Neste estudo serão utilizadas baterias de 12 VDC em todos os KITS. Existem, no mercado, baterias de 24 VDC e até 48 VDC , porém não são facilmente encontradas. Já os modelos de 12 VDC são facilmente encontrados, possuindo melhor valor de custo-benefício e mais versatilidade no momento de manutenção/troca de equipamentos.

Para determinar a quantidade adequada de baterias em paralelo será utilizada a equação de VILLALVA:

$$Baterias_{paralelo} = \frac{Ah/dia_{corrigido}}{Ah_{bateria}} \quad (7)$$

Onde $Ah_{bateria}$ representa o valor nominal de carga, em Ah , da bateria utilizada. Existem diversos modelos com diferentes valores de carga nominal. Caso o valor de $Baterias_{paralelo}$ não seja inteiro, deve-se arredondar para cima. Neste trabalho foram analisados os valores mais comumente encontrados no mercado (26 Ah , 36 Ah , 45 Ah , 60 Ah , 80 Ah , 105 Ah , 150 Ah , 170 Ah e 220 Ah).

Os critérios utilizados para a escolha do modelo da bateria foram a quantidade de baterias necessárias conforme o modelo e o preço total do conjunto de baterias. Ou seja, optou-se pelo modelo que apresentasse a menor preço possível, porém foram desconsideradas as opções que possuíam mais do que 5 baterias em paralelo, devido ao espaço necessário para armazenar esta quantidade de equipamentos, além do alto custo de manutenção/troca de peças.

O total de baterias é dado pelo resultado da multiplicação da quantidade de baterias em série pela quantidade de baterias em paralelo. As Tabelas 11 a 15 a seguir apresentam a determinação do conjunto de baterias para todos os KITS montados.

Tabela 11. Determinação do conjunto de baterias para o primeiro KIT.

KIT 1			
Determinação da quantidade de baterias em série			
$VDC_{sistema}$	$VDC_{bateria}$	$Baterias_{série}$	
12 VDC	12 VDC	1 bateria	
Determinação da quantidade de baterias em paralelo			
$Ah/dia_{corrigido}$	$Ah_{bateria}$	$Baterias_{paralelo}$	Taxa de utilização
70 Ah/dia	26 Ah	3	89 %
	36 Ah	2	97 %
	45 Ah	2	78 %
	60 Ah	2	58 %
	80 Ah	1	88 %
	105 Ah	1	67 %
	150 Ah	1	47 %
	170 Ah	1	41 %

	220 Ah	1	32 %
<i>Total: 1 x 80 Ah</i>			

Fonte: Autoria própria (2018).

Tabela 12. Determinação do conjunto de baterias para o segundo KIT.

KIT 2			
Determinação da quantidade de baterias em série			
$VDC_{sistema}$	$VDC_{bateria}$	$Baterias_{série}$	
12 VDC	12 VDC	1 bateria	
Determinação da quantidade de baterias em paralelo			
$Ah/dia_{corrigido}$	$Ah_{bateria}$	$Baterias_{paralelo}$	Taxa de utilização
184 Ah/dia	26 Ah	8	88%
	36 Ah	6	85%
	45 Ah	5	82%
	60 Ah	4	77%
	80 Ah	3	77%
	105 Ah	2	88%
	150 Ah	2	61%
	170 Ah	2	54%
	220 Ah	1	84%
<i>Total: 1 x 220 Ah</i>			

Fonte: Autoria própria (2018).

Tabela 13. Determinação do conjunto de baterias para o terceiro KIT.

KIT 3				
Determinação da quantidade de baterias em série				
$VDC_{sistema}$	$VDC_{bateria}$	$Baterias_{série}$		
12 VDC	12 VDC	1 bateria		
Determinação da quantidade de baterias em paralelo				
$Ah/dia_{corrigido}$	$Ah_{bateria}$	$Baterias_{paralelo}$	Taxa de utilização	
319 Ah/dia	26 Ah	13	94%	
	36 Ah	9	98%	
	45 Ah	8	89%	
	60 Ah	6	89%	
	80 Ah	4	100%	
	105 Ah	4	76%	
	150 Ah	3	71%	
		170 Ah	2	94%
		220 Ah	2	73%
<i>Total: 2 x 170 Ah</i>				

Fonte: Autoria própria (2018).

Tabela 14. Determinação do conjunto de baterias para o quarto KIT.

KIT 4			
Determinação da quantidade de baterias em série			
$VDC_{sistema}$	$VDC_{bateria}$	$Baterias_{série}$	
12 VDC	12 VDC	1 bateria	
Determinação da quantidade de baterias em paralelo			
$Ah/dia_{corrigido}$	$Ah_{bateria}$	$Baterias_{paralelo}$	Taxa de utilização
599 Ah/dia	26 Ah	24	96%
	36 Ah	17	98%
	45 Ah	14	95%
	60 Ah	10	100%
	80 Ah	8	94%
	105 Ah	6	95%
	150 Ah	4	100%
	170 Ah	4	88%
220 Ah	3	91%	
<i>Total: 3 x 220 Ah</i>			

Fonte: Autoria própria (2018).

Tabela 15. Determinação do conjunto de baterias para o quinto KIT.

KIT 5			
Determinação da quantidade de baterias em série			
$VDC_{sistema}$	$VDC_{bateria}$	$Baterias_{série}$	
24 VDC	12 VDC	2 baterias	
Determinação da quantidade de baterias em paralelo			
$Ah/dia_{corrigido}$	$Ah_{bateria}$	$Baterias_{paralelo}$	Taxa de utilização
393 Ah/dia	26 Ah	19	99%
	36 Ah	14	97%
	45 Ah	11	98%
	60 Ah	9	90%
	80 Ah	7	87%
	105 Ah	5	93%
	150 Ah	4	81%
	170 Ah	3	95%
220 Ah	3	74%	
<i>Total: 6 x 170 Ah</i>			

Fonte: Autoria própria (2018).

Notou-se que nem sempre foi possível utilizar a menor quantidade de baterias, como mostra a Tabela 14. A escolha foi feita com prioridade para o menor valor de equipamentos, mesmo que o conjunto de baterias ficasse maior.

O mesmo fato explica o porquê de que nem sempre foi obtida a maior taxa de utilização possível. Mesmo com sobra de energia (taxa de utilização baixa),

alguns conjuntos de baterias ficaram mais baratos do que outros com maior taxa de utilização.

As baterias escolhidas para compor os KITS são da marca Heliar, que possui a linha de baterias estacionárias Freedom. A marca possui grande presença no mercado nacional, excelente qualidade, vasta rede de assistência técnica e preços competitivos.

6.1.4. Determinação do conjunto de módulos fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos serão os equipamentos responsáveis pela transformação da energia proveniente do Sol em energia elétrica através do efeito fotovoltaico. O correto dimensionamento do conjunto de módulos proporciona uma geração de energia adequada ao sistema, sem que falte ou sobre energia.

Especificamente nesta parte da análise é necessário conhecer de antemão os módulos que serão utilizados, pois é a partir dos dados destes que serão feitos os cálculos de geração de energia e posterior determinação da quantidade adequada de módulos para cada KIT.

De acordo com empresas do setor, baseadas em análises teóricas e práticas, sistemas *off-grid* utilizam, em sua vasta maioria, módulos de 36 ou 60 células. A quantidade de células de um módulo determina o seu nível de tensão de funcionamento. Cada célula fotovoltaica corresponde à cerca de 0,5 VDC de tensão de operação (V_{Pmax}). Como todas as células de um módulo são conectadas em série, a tensão se soma, resultando na tensão média de operação de cada módulo. Deve-se optar pelo módulo que possua tensão de operação compatível com a tensão de operação do sistema.

Na prática, em sistemas com $VDC_{sistema} = 12 VDC$ utiliza-se módulos de 36 células ($V_{Pmax} \cong 18 VDC$). Já em sistemas com $VDC_{sistema} = 24 VDC$, utiliza-se módulos de 60 células ($V_{Pmax} \cong 30 VDC$).

Os dois modelos de módulos escolhidos para análise foram o modelo YL150P-17b de 150 Wp (36 células) da Yingli Solar e o modelo GCL-P6/60-270 de 270 Wp (60 células) da GCL. Ambas marcas possuem todas certificações necessárias para operar no Brasil, além de garantias tanto de problemas de

fabricação quanto de desempenho linear. Estes módulos são facilmente encontrados no mercado nacional e possuem valores competitivos.

As Figuras 8 e 9 a seguir apresentam os parâmetros elétricos de ambos os módulos.

Figura 8. Características elétricas do módulo Yingli 150 Wp

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

Parâmetros elétricos para as condições padrões (STC)			
Módulo			JS150
Tipo de módulo			YLxxxP-17b
Potência de saída	P_{max}	W	150
Tolerância potência saída	ΔP_{max}	W	+/- 5
Eficiência módulo	η_m	%	15.0
Tensão em P_{max}	V_{mpp}	V	18.5
Corrente em P_{max}	I_{mpp}	A	8.12
Tensão em circuito aberto	V_{oc}	V	22.9
Corrente em curto-circuito	I_{sc}	A	8.61

STC: 1000 W / m² irradiância, temperatura do módulo de 25 ° C, AM1.5 distribuição espectral de acordo com a norma EN 60904-3

Redução média de 5 % de eficiência relativa de 200 W / m² de acordo com EN 60904-1

Fonte: <http://www.gainsolar.cn/>

Figura 9. Características elétricas do módulo GCL 270 Wp

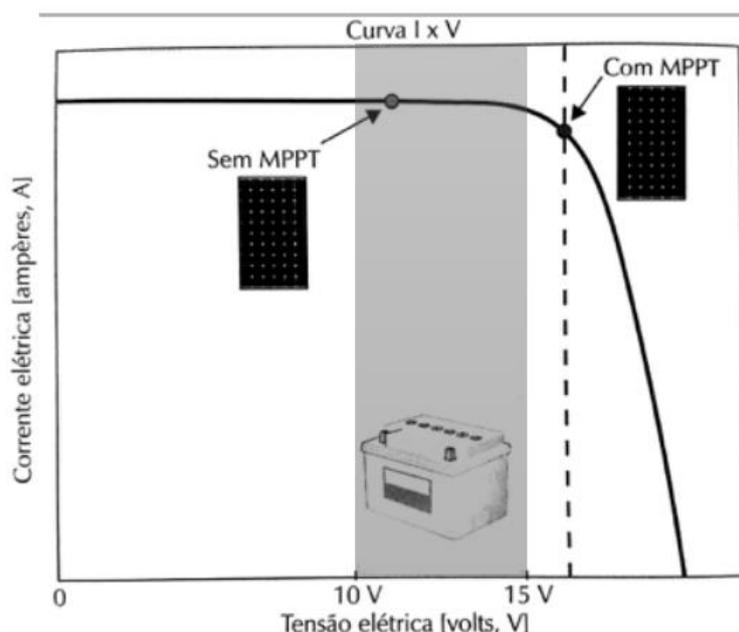
ESPECIFICAÇÕES ELÉTRICAS (STC)					
Watts de Potência de Pico	$P_m(W)$	255	260	265	270
Tolerância de Saída da Potência	$P_m(W)$	0~+5			
Tensão de Potência Máxima	$V_m(V)$	30,6	30,8	31,0	31,2
Corrente de Potência Máxima	$I_m(A)$	8,33	8,44	8,55	8,65
Tensão de Circuito Aberto	$V_{oc}(V)$	37,7	37,9	38,1	38,3
Corrente de Curto-circuito	$I_{sc}(A)$	8,98	9,09	9,20	9,29
Eficiência do Módulo	(%)	15,7	16,0	16,3	16,6

Valores em Condições de Teste Normalizadas STC (Massa de Ar AM1,5, Irradiação 1000 W/m², Temperatura da Célula 25°C).

Fonte: <https://en.gclsi.com/>

Para o cálculo de energia gerada por módulo será feita uma análise supondo a utilização de controladores de carga do tipo PWM sem MPPT, que serão apresentados na sequência com maiores explicações. Por hora basta saber que o módulo, ao ser conectado à um sistema *off-grid* através de um controlador de carga do tipo PWM sem MPPT, opera no mesmo nível de tensão que o sistema, ou seja, $VDC_{sistema}$, e sua faixa de operação é apresentada na imagem a seguir.

Figura 10. Comportamento I versus V do módulo em sistemas sem MPPT.



Fonte: VILLALVA, 2015

Observa-se que o módulo, nesta configuração, irá operar sempre abaixo da sua potência máxima, onde a corrente possui o mesmo valor que a corrente de curto-circuito (I_{sc}), apresentada na tabela de parâmetros elétricos de cada módulo. Desta forma, pode-se calcular a energia média diária gerada por cada módulo a partir da equação de VILLALVA, acrescida de um fator de segurança:

$$E/dia_{módulo} = I_{sc} * VDC_{sistema} * HSP/dia * Fator\ de\ Segurança \quad (8)$$

Onde HSP/dia representa o valor de Horas de Sol Pleno por dia. Este valor representa quantas horas por dia, em média, o Sol deveria estar em condição de pico ($1000\ W/m^2$) para igualar a incidência da irradiação solar

média apresentada pela CRESESB, em $kWh/m^2 * dia$. O Fator de Segurança adotado é de 80%.

É mister lembrar que, diferente dos sistemas *on-grid*, não se deve utilizar os valores médios anuais de irradiação solar para o dimensionamento do sistema, pois a energia gerada em excesso nos meses de verão não poderá ser consumida em forma de créditos nos meses de inverno. Sendo assim, deve-se utilizar o menor valor médio mensal (geralmente do mês de junho) como parâmetro de dimensionamento. Desta forma, mesmo na pior situação de irradiação solar o sistema está dimensionado para continuar em operação diária. No entanto, como o sistema será dimensionado para o menor valor geração mensal, é necessário aplicar um sobredimensionamento que, conforme a situação, pode elevar demais seu preço final. Para equilibrar este sobredimensionamento, considera-se a situação de “Maior Mínimo Mensal”, apresentada pela CRESESB. Nesta situação os módulos são posicionados voltados para o Norte, em uma inclinação que fará com que sua geração seja otimizada para os meses de inverno. Para a localização utilizada neste estudo, a inclinação de Maior Mínimo Mensal é de 46°.

As Tabelas 16 e 17 demonstram os valores de $E/dia_{módulo}$ para os módulos utilizados neste estudo.

Tabela 16. Valores de energia gerada por dia do módulo de 150 Wp da Yingli Solar.

Yingli 150 Wp					
Mês	HSP/dia	Fator de Segurança	$VDC_{sistema}$	I_{sc}	$E/dia_{módulo}$
Janeiro	4,10	80%	12 VDC	8,61 A	339 Wh
Fevereiro	4,25				351 Wh
Março	4,36				360 Wh
Abril	4,12				341 Wh
Mai	3,84				317 Wh
Junho	3,52				291 Wh
Julho	3,82				316 Wh
Agosto	4,56				377 Wh
Setembro	3,83				317 Wh
Outubro	3,82				316 Wh
Novembro	4,05				335 Wh
Dezembro	4,09				338 Wh

Fonte: Autoria própria (2018).

Tabela 17. Valores de energia gerada por dia do módulo de 270 Wp da GCL.

GCL 270 Wp					
Mês	<i>HSP/dia</i>	Fator de Segurança	$VDC_{sistema}$	I_{sc}	$E/dia_{módulo}$
Janeiro	4,10	80%	24 VDC	9,29 A	731 Wh
Fevereiro	4,25				758 Wh
Março	4,36				778 Wh
Abril	4,12				735 Wh
Mai	3,84				685 Wh
Junho	3,52				628 Wh
Julho	3,82				681 Wh
Agosto	4,56				813 Wh
Setembro	3,83				683 Wh
Outubro	3,82				681 Wh
Novembro	4,05				722 Wh
Dezembro	4,09				730 Wh

Fonte: Autoria própria (2018).

Conforme citado anteriormente, foram selecionados os valores de menor média anual (destacados) para servirem de referência para os cálculos. Ambos representam o mês de junho, como previsto. É interessante notar que o módulo de 270 Wp gera mais do que o dobro do módulo de 150 Wp, mesmo possuindo potência apenas 1,8 vezes maior. Isso ocorre devido à utilização do método de VILLALVA para cálculo de energia com controladores de carga sem MPPT, como explicado anteriormente.

O próximo passo para a determinação da quantidade de módulos por KIT é o cálculo de energia diária demandada com correções para corrente contínua, denominada $E_{corrigida}$. O valor é dado pela equação prática:

$$E_{corrigida} = \frac{E}{Ef_{cabos} * Ef_{bateria}} \quad (9)$$

Onde Ef_{cabos} e $Ef_{bateria}$ representam, respectivamente, as eficiências do cabeamento e do conjunto de baterias. Ambos valores já foram apresentados. Estas correções ajustam as perdas que podem ocorrer na transferência de energia do banco de baterias até o inversor. É válido notar que o valor de E encontrado anteriormente levou em consideração apenas ajustes relativos a perdas do lado de corrente alternada.

A Tabela 18 apresenta os valores de $E_{corrigida}$ para todos os KITS montados.

Tabela 18. Valores de energia corrigida de cada KIT.

KIT	E	Ef_{cabos}	$Ef_{bateria}$	$E_{corrigida}$
1	225 Wh	98%	85%	270 Wh
2	588 Wh			706 Wh
3	1022 Wh			1227 Wh
4	1917 Wh			2301 Wh
5	3120 Wh			3745 Wh

Fonte: Autoria própria (2018).

Observa-se que as imperfeições dos componentes, que resultam em perdas, fazem com que seja necessário considerar valores maiores de energia a ser armazenada e gerada. O principal foco do trabalho é fornecer KITS que funcionem em situações reais, e não apenas teoricamente.

Com os valores obtidos pode-se, então, calcular a quantidade adequada de módulos para cada KIT fotovoltaico. A equação utilizada é apresentada abaixo:

$$N_{módulos} = \frac{E_{corrigida}}{E/dia_{módulo}} \quad (10)$$

Onde $N_{módulos}$ é o número mínimo de módulos sugerido para alimentar o sistema. Caso o valor não seja inteiro, deve-se aproximá-lo para o número inteiro mais próximo.

Como explicado anteriormente, sistemas de 12 VDC utilizam módulos de 36 células, neste caso, o módulo Yingli 150 Wp. Já sistemas de 24 VDC utilizam módulos de 60 células, neste caso, o módulo GCL 270 Wp. A tabela abaixo apresenta os conjuntos de módulos dimensionados para cada KIT.

Tabela 19. Quantidade de painéis fotovoltaicos dimensionados por KIT.

KIT	$VDC_{sistema}$	$E_{corrigida}$	$E/dia_{módulo}$ 60 células	$N_{módulos}$ 60 células	$E/dia_{módulo}$ 36 células	$N_{módulos}$ 36 células	Escolhido
1	12	270 Wh	628 Wh	—	291 Wh	0,9	1 x Yingli 150 Wp

2	12	706 Wh		–		2,4	3 x Yingli 150 Wp
3	12	1227 Wh		–		4,2	5 x Yingli 150 Wp
4	12	2301 Wh		–		7,9	8 x Yingli 150 Wp
5	24	3745 Wh		6,0		–	6 x GCL 270 Wp

Fonte: Autoria própria (2018).

Tendo o valor de energia gerada diariamente por cada módulo e a quantidade de módulos pode-se calcular a expectativa de geração total de energia para cada sistema através de uma simples multiplicação. A Tabela 20 abaixo apresenta o cálculo.

Tabela 20. Energia total gerada por sistema.

KIT	$E/dia_{módulo}$ 36 células	$E/dia_{módulo}$ 60 células	Conjunto de módulos	Energia total gerada
1	291 Wh	–	1 x Yingli 150 Wp	291 Wh
2	291 Wh	–	3 x Yingli 150 Wp	873 Wh
3	291 Wh	–	5 x Yingli 150 Wp	1455 Wh
4	291 Wh	–	8 x Yingli 150 Wp	2328 Wh
5	–	628 Wh	6 x GCL 270 Wp	3768 Wh

Fonte: Autoria própria (2018).

Por exemplo, no KIT 2, a energia total gerada corresponde à multiplicação do valor de energia gerada por cada módulo no período de um dia pela quantidade escolhida de módulos, que foi 3. Como foram escolhidos sempre valores acima do mínimo recomendado, os sistemas tendem a gerar, mesmo que em quantidades pequenas, mais energia do que o necessário.

Sendo assim, estas são as faixas de energia dos KITs fotovoltaicos montados neste estudo.

6.1.5. Determinação dos controladores de carga

Os controladores de carga são os aparelhos que fazem a conexão dos módulos fotovoltaicos com o banco de baterias e o inversor *off-grid*. Este

aparelho controla a carga e a descarga do conjunto de baterias, impedindo que sejam danificadas por sobrecargas ou descargas profundas.

Existem diversos tipos de controladores de carga. Os dois principais tipos são o controlador com PWM e o controlador com PWM e MPPT. Neste estudo serão utilizados apenas controladores de carga com PWM e sem MPPT, devido ao seu baixo custo e vasta disponibilidade no mercado. Os controladores com MPPT possuem rendimento elevado em comparação aos seu MPPT, porém seu preço é bastante elevado e muitas vezes torna o investimento pouco atrativo.

Para a determinação do conjunto de controladores de carga que mais se adequa ao sistema são necessárias apenas duas informações: corrente máxima total dos módulos fotovoltaicos e $VDC_{sistema}$.

Para encontrar a corrente máxima total do sistema deve-se multiplicar a corrente máxima de cada módulo, I_{sc} , pelo número de módulos presentes no sistema. O valor de $VDC_{sistema}$ é conhecido. A Tabela 21 apresenta os valores.

Tabela 21. Corrente máxima total por KIT.

KIT	$VDC_{sistema}$	I_{sc} 36 células	I_{sc} 60 células	Conjunto de módulos	Corrente Total
1	12 VDC	8,61 A	–	1 x Yingli 150 Wp	8,61 A
2	12 VDC	8,61 A	–	3 x Yingli 150 Wp	25,83 A
3	12 VDC	8,61 A	–	5 x Yingli 150 Wp	43,05 A
4	12 VDC	8,61 A	–	8 x Yingli 150 Wp	68,88 A
5	24 VDC	–	9,29 A	6 x GCL 270 Wp	55,74 A

Fonte: Autoria própria (2018).

Nota-se que a corrente do sistema aumenta conforme o número de módulos. Isto ocorre pois, diferentemente dos sistemas *on-grid*, que possuem módulos conectados em série (aumentando a tensão), os sistemas *off-grid* são dimensionados com seus módulos conectados em paralelo (aumentando a corrente). O nível de tensão deve se manter baixo, próximo aos valores comerciais de tensão de baterias.

Com os valores obtidos pode-se montar um conjunto de controladores de carga que suporte a corrente total de cada KIT. Neste estudo foram analisados

controladores de carga do tipo PWM sem MPPT da marca Epever, linha Epsolar LandStar. Os modelos considerados suportam 10 A ou 20 A e são facilmente encontrados no mercado nacional, possuindo preços acessíveis.

Por simplicidade, o conjunto de controladores de cada KIT contém apenas controladores do mesmo modelo, mesmo que haja a possibilidade de fazer combinações que se encaixem de maneira mais precisa no conjunto de módulos.

A escolha do conjunto de controladores levou em consideração o preço do equipamento e as características elétricas. A Tabela 22 apresenta as características dos controladores considerados.

Tabela 22. Característica dos controladores de carga selecionados.

Modelo	LS1024E	LS2024E
Tensão de Entrada	12/24 VDC	12/24 VDC
Corrente Máxima	10 A	20 A

Fonte: Autoria própria (2018).

A Tabela 23 apresenta os conjuntos de controladores de carga de cada KIT.

Tabela 23. Conjuntos de controladores de carga para cada KIT.

KIT	$VDC_{sistema}$	Conjunto de módulos	Corrente Total	Controladores de Carga	Corrente Total Suportada
1	12 VDC	1 x Yingli 150 Wp	8,61 A	1 x LS1024E 10 A 12/24 V PWM	10 A
2	12 VDC	3 x Yingli 150 Wp	25,83 A	2 x LS2024E 20 A 12/24 V PWM	30 A
3	12 VDC	5 x Yingli 150 Wp	43,05 A	3 x LS2024E 20 A 12/24 V PWM	60 A
4	12 VDC	8 x Yingli 150 Wp	68,88 A	4 x LS2024E 20 A 12/24 V PWM	80 A
5	24 VDC	6 x GCL 270 Wp	55,74 A	3 x LS2024E 20 A 12/24 V PWM	60 A

Fonte: Autoria própria (2018).

Nota-se que a tensão de entrada dos controladores de carga está de acordo com a tensão do sistema em todos os casos.

6.1.6. Concepção final dos KITs fotovoltaicos

Após todos cálculos e considerações foram determinados 5 KITS fotovoltaicos *off-grid* que abrangem uma faixa de geração diária de energia que vai de 291 *Wh* até 3768 *Wh*, utilizando-se de equipamentos de primeira linha, com fatores de correção e sobredimensionamento que visam a garantia de fornecimento de energia sem qualquer interrupção imprevista.

A tabela final com a configuração final dos KITS é apresentada a seguir.

Tabela 24. Configuração final dos KITS.

KIT	Carga	Uso Diário	Autonomia	Tensão	Inversor	Bateria	Placas	Controlador	E/dia	Adicionais	Preço
1	5 x Lâmpada LED	6 h/dia	2 dias	220 V	Hayonik 50079 150 W Onda Modificada	1 x 80 Ah	1 x Yingli 150 Wp	1 x LS1024E 10 A 12/24 V PWM	291 Wh/dia	Cabos, proteções e conectores	R\$ 1.494,02
2	1 x Televisor LED 20" + 1x Carga de Celular + 5 x Lâmpada LED	3 h/dia + 4 h/dia + 6 h/dia	2 dias	220 V	Hayonik 50081 200 W Onda Modificada	1 x 220 Ah	3 x Yingli 150 Wp	2 x LS2024E 20 A 12/24 V PWM	873 Wh/dia	Cabos, proteções e conectores	R\$ 3.400,64
3	1 x Ventilador + 1 x Televisor LED 20" + 2 x Carga de Celular + 5 x Lâmpada LED + 1 x Carga de Notebook	2 h/dia + 3 h/dia + 4 h/dia + 6 h/dia	2 dias	220 V	Epsolar SHI600-12 600 W Onda Pura	2 x 170 Ah	5 x Yingli 150 Wp	3 x LS2024E 20 A 12/24 V PWM	1455 Wh/dia	Cabos, proteções e conectores	R\$ 6.729,74
4	1 x Refrigerador (1 porta) + 4 x Lâmpada LED	8 h/dia + 6 h/dia	2 dias	220 V	Epsolar SHI600-12 600 W Onda Pura	4 x 150 Ah	8 x Yingli 150 Wp	4 x LS2024E 20 A 12/24 V PWM	2328 Wh/dia	Cabos, proteções e conectores	R\$ 10.215,04
5	1 x Refrigerador (1 porta) + 1 x Microondas + 1 x Ventilador + 1 x Televisor LED 20" + 1 x Carga de Celular + 5 x Lâmpada LED + 1 x Carga de Notebook	8 h/dia + 0,3 h/dia + 2 h/dia + 3 h/dia + 4 h/dia + 6 h/dia	2 dias	220 V	Epsolar SHI3000 3000 W Onda Pura	6 x 170 Ah	6 x GCL 270Wp	3 x LS2024E 20 A 12/24 V PWM	3768 Wh/dia	Cabos, proteções e conectores	R\$ 15.084,90

Fonte: Autoria própria (2018).

Como apresentado na tabela, o item “Adicionais” representa os gastos com cabos, proteções e conectores. Foi considerado um valor fixo de R\$ 200,00 para cada KIT.

Um grande foco deste trabalho foi em dimensionar KITs que preenchessem a faixa de preços e valores de E/dia de maneira uniforme, para que se possa adquirir o conjunto de sistemas que mais se adequa ao consumo real do cliente.

Além disso, caso um cliente com um KIT já instalado aumente sua demanda energética diária, extrapolando os limites do KIT dimensionado para uma demanda inferior, é possível fazer um *upgrade*, uma melhoria, no KIT atual, equiparando-o ao KIT seguinte. Para isso, serão reavaliados todos KITs individualmente, visando sua expansão. Lembrando que é possível que alguns equipamentos fiquem obsoletos devido à expansão entre KITs com características de equipamentos distintas. Por exemplo, na atualização do KIT 2 para o KIT 3, certamente o inversor Hayonik 50081, de 200 W e onda modificada, se tornará obsoleto. Isso ocorrerá devido à necessidade de se utilizar um inversor de onda senoidal pura para o KIT 3. As tabelas a seguir apresentam as expansões entre os KITs.

Tabela 25. KIT de expansão 1 para o 2.

KIT de expansão 1 → 2						
Situação	Inversor	Bateria	Placas	Controlador	E/dia	Preço
KIT 1	Hayonik 50079 150 W Onda Modificada	1 x 80 Ah	1 x Yingli 150 Wp	1 x LS1024E 10 A 12/24 V PWM	291 Wh /dia	R\$ 1.494,02
KIT de expansão	—	2 x 80 Ah	2 x Yingli 150 Wp	2 x LS1024E 20 A 12/24 V PWM	+582 Wh /dia	R\$ 2.141,34
Itens Obsoletos	—	—	—	—	—	—

Fonte: Autoria própria (2018).

Tabela 26. KIT de expansão 2 para o 3.

KIT de expansão 2 → 3						
Situação	Inversor	Bateria	Placas	Controlador	E/dia	Preço
KIT 2	Hayonik 50081 200 W Onda Modificada	1 x 220 Ah	3 x Yingli 150 Wp	2 x LS2024E 20 A 12/24 V PWM	873 Wh /dia	R\$ 3.400,64
KIT de expansão	Epsolar SHI600-12 600 W Onda Pura	1 x 220 Ah	2 x Yingli 150 Wp	1 x LS2024E 20 A 12/24 V PWM	+582 Wh /dia	R\$ 3.657,23
Itens Obsoletos	Hayonik 50081 200 W Onda Modificada	—	—	—	—	R\$ 138,49

Fonte: Autoria própria (2018).

Tabela 27. KIT de expansão 3 para o 4.

KIT de expansão 3 → 4						
Situação	Inversor	Bateria	Placas	Controlador	E/dia	Preço
KIT 3	Epsolar SHI600-12 600 W Onda Pura	2 x 170 Ah	5 x Yingli 150 Wp	3 x LS2024E 20 A 12/24 V PWM	1455 Wh /dia	R\$ 6.729,74
KIT de expansão	—	2 x 170 Ah	3 x Yingli 150 Wp	1 x LS2024E 20 A 12/24 V PWM	+873 Wh /dia	R\$ 3.541,81
Itens Obsoletos	—	—	—	—	—	—

Fonte: Autoria própria (2018).

Tabela 28. KIT de expansão 4 para o 5.

KIT de expansão 4 → 5						
Situação	Inversor	Bateria	Placas	Controlador	E/dia	Preço
KIT 4	Epsolar SHI600-12 600 W Onda Pura	4 x 150 Ah	8 x Yingli 150 Wp	4 x LS2024E 20 A 12/24 V PWM	2328 Wh /dia	R\$ 10.215,04
KIT de expansão	Epsolar SHI3000 3000 W Onda Pura	4 x 150 Ah	6 x Yingli 150 Wp	—	+1746 Wh /dia	R\$ 9.940,15

Itens Obsoletos	Epsolar SHI600-12 600 W Onda Pura	—	—	—	—	R\$ 1.369,00
------------------------	--	---	---	---	---	--------------

Fonte: Autoria própria (2018).

Como previsto, em algumas situações foi necessário descartar alguns itens para que o KIT de expansão ficasse com o menor preço possível. Além disso, buscou-se manter a característica dos equipamentos, pois a incompatibilidade entre modelos distintos gera perdas inesperadas.

Para a determinação dos KITS de expansão foi analisada a questão da compatibilidade entre equipamentos de marcas e modelos distintos, e, de acordo com a literatura e a boa prática, optou-se por sempre utilizar equipamentos da mesma marca e modelo, principalmente se eles conectados entre si, tal como as baterias, os módulos e os controladores de carga. Também foi dada total preferência para os equipamentos já existentes no KIT instalado, ou seja, apenas foi considerado obsoleto o equipamento que realmente estivesse impossibilitado de operar, tanto por questões técnicas quanto financeiras.

7. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Para fazer uma análise completa para verificar a prosperidade da implementação dos KITS, é necessário estudar a viabilidade econômica do projeto. Entretanto, a análise para um sistema pré-definido com limites de faixa de energia é diferente das análises contidas na literatura para projetos individuais e com delimitadores como energia consumida por mês da residência.

A análise de viabilidade econômica dos KITS engloba situações hipotéticas como o local de instalação, o que leva a considerar uma geração estimada hipotética também. Outro parâmetro importante a ser incluído no estudo é a troca de baterias, que possui uma vida útil de 3 a 4 anos, conforme o *Datasheet* do equipamento.

O estudo econômico foi realizado utilizando os principais indicadores: Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e *payback*. Além disso, são usados conceitos como Fluxo de Caixa e Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

7.1. Fluxo de Caixa

Custos que entram (receitas) e saem (despesas) das finanças durante um período - normalmente anos. A análise de fluxo de caixa é usada para estimar e prever saldos de caixa a fim de viabilizar projetos atuais e futuros. A desvantagem deste recurso é a não integração da atualização da moeda, tornando os preços estáveis no decorrer dos anos.

7.2. Taxa Mínima de Atratividade

O TMA representa o mínimo investimento para que um negócio seja rentável ou a máxima taxa para que um investimento seja considerado atrativo. Basicamente, é o mínimo valor que retorna de um investimento. No caso dos KITS, o TMA é a taxa com que pode ser aplicado capital ao projeto, trazendo baixo risco. No Brasil, essa taxa mais utilizada é a SELIC, apelidada como taxa básica de juros, Taxa do Sistema de Liquidação e Custodia. A SELIC nada mais

é do que o parâmetro para taxas de financiamento e empréstimo do mercado nacional. Atualmente, essa taxa apresenta valor de 6,5% ao ano (REF. 2018).

7.3. Payback

Payback, em tradução livre, significa “pagar de volta”. É um indicador para calcular em quanto tempo retorna-se um investimento. Determina-se, então, o prazo para que o negócio seja lucrativo, ou seja, quanto menor o *payback*, menos tempo para que o investimento inicial se pague.

7.4. Valor Presente Líquido

O VPL traz para a data zero, os investimentos iniciais e o fluxo de caixa do projeto a fim de informar o valor atual do investimento e sua rentabilidade. Sua interpretação é: se o VPL de um projeto for positivo, o investimento é viável. Caso contrário, sendo negativo, é inviável. Também, quanto maior for o TMA, menor será o VPL. Sua fórmula é escrita como (ROSS, 2007):

$$VPL = -FC_0 + \sum_{k=1}^N \frac{FC_k}{(i + 1)^k} \quad (11)$$

ao qual FC_k são os fluxos de caixa, FC_0 é o investimento inicial, k são os períodos e i é o TMA.

7.5. Taxa Interna de Retorno

O TIR é a taxa para o qual o VPL retorna valor zero. Seu critério é utilizado em comparação ao TMA: TIR menor ao TMA, o investimento é inviável; TIR igual ao TMA, o investimento é indiferente; TIR maior ao TMA, o investimento é lucrativo e viável. Em resumo, o TIR calcula o retorno do investimento. Sua equação é:

$$0 = -FC_0 + \sum_{k=1}^N \frac{FC_k}{(i+1)^k} \quad (12)$$

ao qual FC_k são os fluxos de caixa, FC_0 é o investimento inicial, k são os períodos e i é o TMA.

7.6. Estudo de Viabilidade

Tendo todos os KITS com seus preços finalizados, é possível realizar a análise com o fluxo de caixa. Uma desvantagem de se realizar o estudo econômico destes sistemas *off-grid* é a impraticabilidade de financiamentos por seu baixo custo e sua incerteza de retorno de investimento.

As tarifas aplicadas para a análise de viabilidade econômica estão citadas conforme Tabela 29.

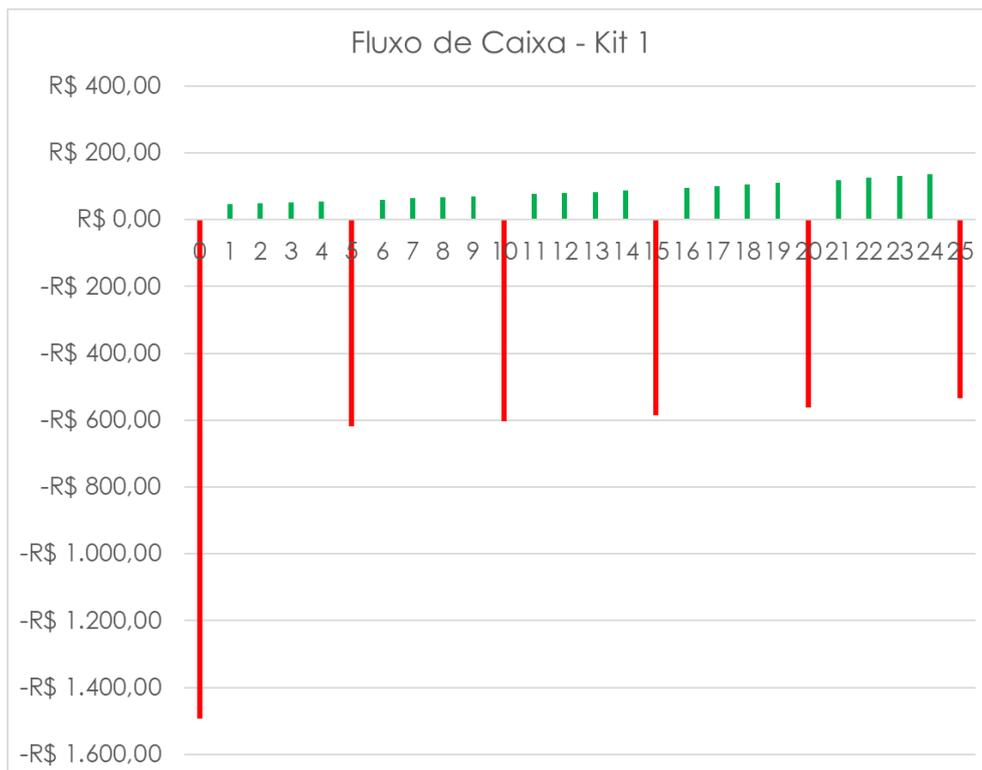
Tabela 29. Tarifas aplicadas no estudo de viabilidade econômica.

Taxa SELIC a.a. (REF. 2018)	6,5%
ICMS SC	12%
PIS/COFINS SC	4,2%
Tarifa de Energia SC (REF. 2018)	R\$ 0,52049
Depreciação econômica a.a.	4%
Manutenção a.a.	1%
Queda da Eficiência do Sistema a.a.	0,8%
Reajuste Tarifário a.a.	4,75%

Fonte: Autoria própria (2018).

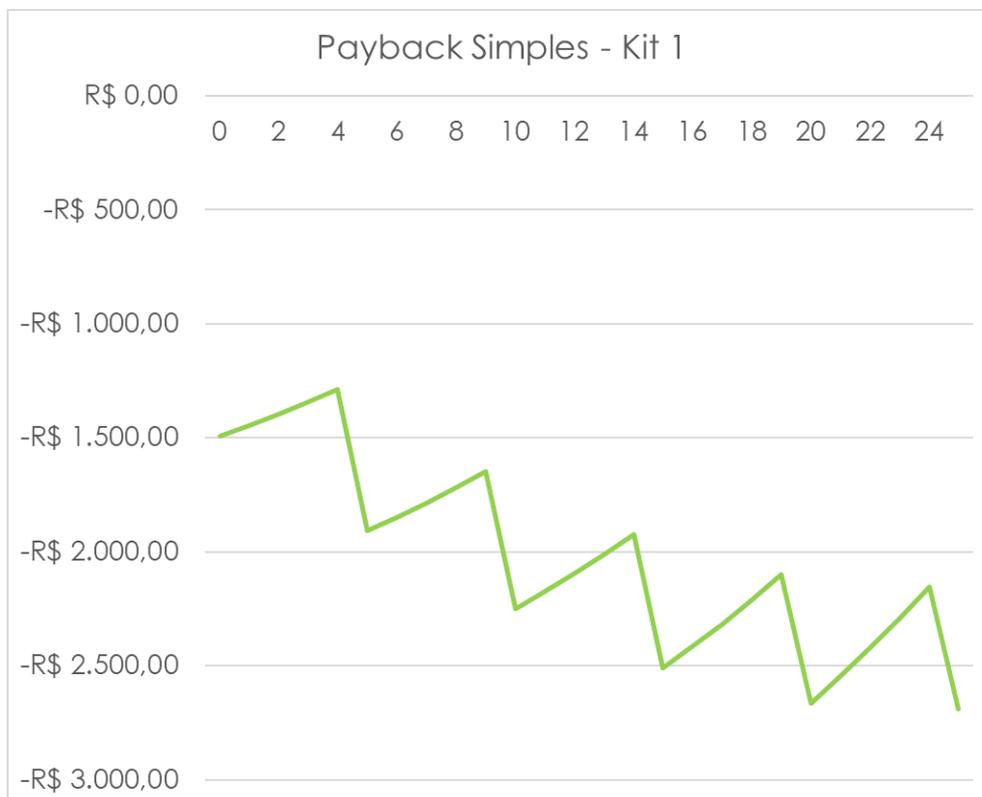
O estudo foi realizado com o primeiro e o último KIT. Tomando como referência os dois limites, foi possível concluir algumas análises como nas Figuras 11 e 12.

Figura 11. Fluxo de caixa do KIT 1.



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 12. Payback simples do KIT 1.

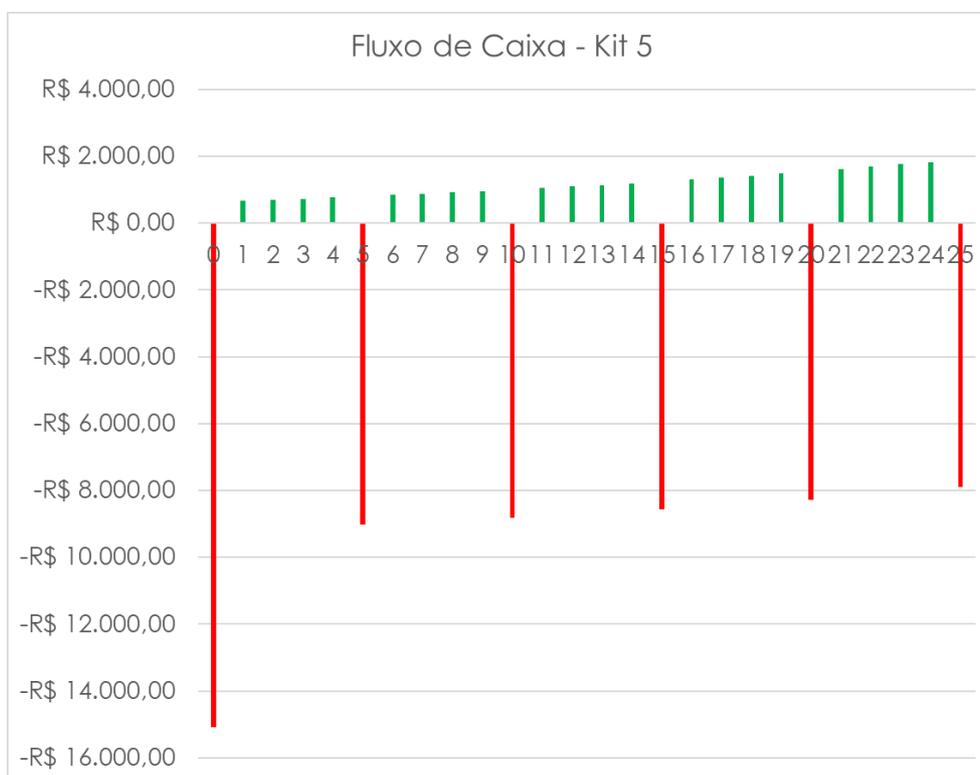


Fonte: Autoria própria (2018).

Os valores de fluxo de caixa e *payback* simples conforme as fórmulas apresentadas anteriormente. No fluxo de caixa, o sistema apresenta diversos anos com fluxo negativo. Isso ocorre devido à gastos com trocas programadas de inversores e conjunto de baterias, pois estes aparelhos possuem vida útil limitada. Infelizmente, os lucros obtidos no decorrer do tempo não conseguem ser maiores do que os gastos com manutenção e troca de equipamentos, resultando no gráfico de *payback* apresentado.

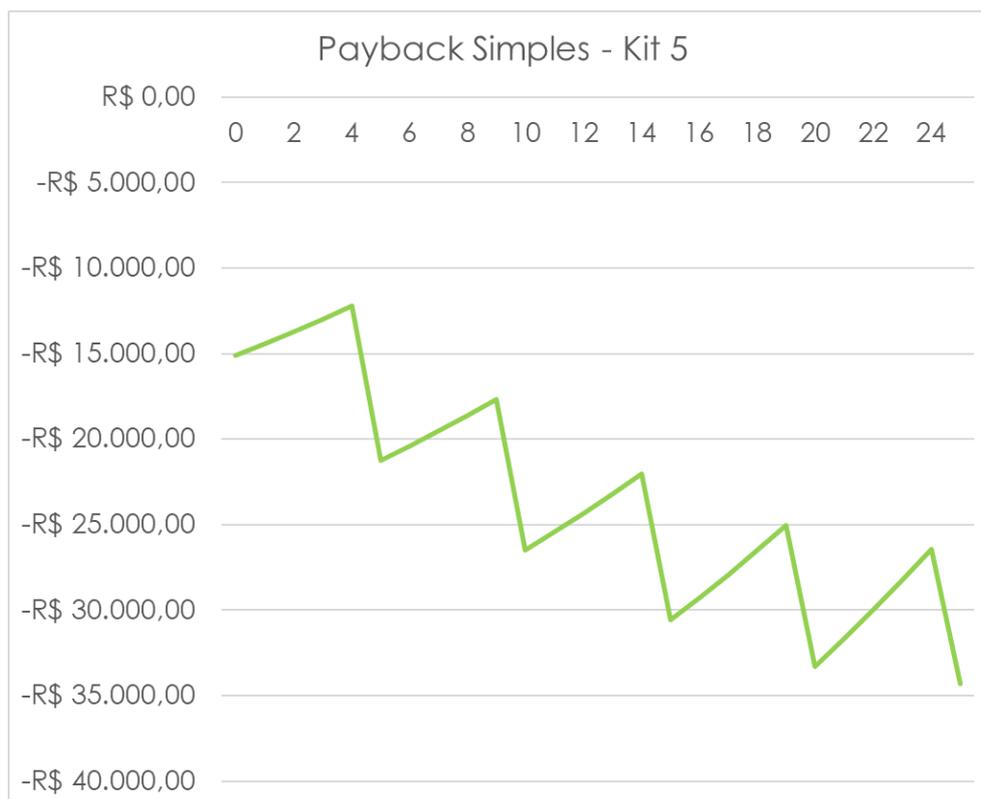
Como esperado, os gráficos dos outros KITS seguem a mesma lógica. As Figuras 13 e 14 apresentam os resultados para o KIT 5.

Figura 13. Fluxo de caixa do KIT 5.



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 14. Payback simples do KIT 5.



Fonte: Autoria própria (2018).

Os valores utilizados nos gráficos são apresentados nas Tabelas 30 e 31.

Tabela 30. Análise financeira do KIT 1.

Ano	Geração Anual	Tarifa	Lucro Líquido	Payback	Fluxo de Caixa
				-R\$ 1.494,02	-R\$ 1.494,02
1	121,6	0,5205	-R\$ 12,09	-R\$ 1.446,34	R\$ 47,68
2	120,6	0,5452	-R\$ 9,73	-R\$ 1.396,31	R\$ 50,03
3	119,6	0,5711	-R\$ 7,27	-R\$ 1.343,82	R\$ 52,49
4	118,7	0,5982	-R\$ 4,71	-R\$ 1.288,77	R\$ 55,05
5	117,7	0,6267	-R\$ 679,04	-R\$ 1.908,05	-R\$ 619,28
6	116,8	0,6564	R\$ 0,74	-R\$ 1.847,55	R\$ 60,50
7	115,9	0,6876	R\$ 3,64	-R\$ 1.784,15	R\$ 63,40
8	114,9	0,7203	R\$ 6,66	-R\$ 1.717,73	R\$ 66,42
9	114,0	0,7545	R\$ 9,80	-R\$ 1.648,17	R\$ 69,56
10	113,1	0,7903	-R\$ 663,92	-R\$ 2.252,33	-R\$ 604,16
11	112,2	0,8279	R\$ 16,49	-R\$ 2.176,08	R\$ 76,25
12	111,3	0,8672	R\$ 20,05	-R\$ 2.096,27	R\$ 79,81
13	110,4	0,9084	R\$ 23,75	-R\$ 2.012,76	R\$ 83,51
14	109,5	0,9515	R\$ 27,61	-R\$ 1.925,39	R\$ 87,37
15	108,6	0,9967	-R\$ 645,37	-R\$ 2.511,00	-R\$ 585,61
16	107,8	1,0441	R\$ 35,82	-R\$ 2.415,42	R\$ 95,58

17	106,9	1,0936	R\$	40,18	-R\$	2.315,48	R\$	99,94
18	106,1	1,1456	R\$	44,72	-R\$	2.211,00	R\$	104,48
19	105,2	1,2000	R\$	49,45	-R\$	2.101,79	R\$	109,21
20	104,4	1,2570	-R\$	622,63	-R\$	2.664,66	-R\$	562,86
21	103,5	1,3167	R\$	59,51	-R\$	2.545,39	R\$	119,27
22	102,7	1,3793	R\$	64,85	-R\$	2.420,78	R\$	124,61
23	101,9	1,4448	R\$	70,41	-R\$	2.290,61	R\$	130,17
24	101,1	1,5134	R\$	76,21	-R\$	2.154,64	R\$	135,97
25	100,3	1,5853	-R\$	594,76	-R\$	2.689,63	-R\$	535,00

Fonte: Autoria própria (2018).

Tabela 31. Análise financeira do KIT 5.

Ano	Geração Anual	Tarifa	Lucro Líquido	Payback	Fluxo de Caixa
				-R\$ 15.084,90	-R\$ 15.084,90
1	1574,2	0,5205	R\$ 62,85	-R\$ 14.418,66	R\$ 666,25
2	1561,6	0,5452	R\$ 94,11	-R\$ 13.721,15	R\$ 697,51
3	1549,1	0,5711	R\$ 126,68	-R\$ 12.991,07	R\$ 730,07
4	1536,7	0,5982	R\$ 160,60	-R\$ 12.227,07	R\$ 764,00
5	1524,4	0,6267	-R\$ 9.619,23	-R\$ 21.242,90	-R\$ 9.015,83
6	1512,2	0,6564	R\$ 232,75	-R\$ 20.406,75	R\$ 836,15
7	1500,1	0,6876	R\$ 271,10	-R\$ 19.532,26	R\$ 874,49
8	1488,1	0,7203	R\$ 311,03	-R\$ 18.617,83	R\$ 914,43
9	1476,2	0,7545	R\$ 352,63	-R\$ 17.661,81	R\$ 956,02
10	1464,4	0,7903	-R\$ 9.419,22	-R\$ 26.477,63	-R\$ 8.815,82
11	1452,7	0,8279	R\$ 441,07	-R\$ 25.433,16	R\$ 1.044,47
12	1441,0	0,8672	R\$ 488,07	-R\$ 24.341,70	R\$ 1.091,46
13	1429,5	0,9084	R\$ 537,01	-R\$ 23.201,30	R\$ 1.140,40
14	1418,1	0,9515	R\$ 587,97	-R\$ 22.009,93	R\$ 1.191,37
15	1406,7	0,9967	-R\$ 9.174,12	-R\$ 30.580,65	-R\$ 8.570,72
16	1395,5	1,0441	R\$ 696,33	-R\$ 29.280,93	R\$ 1.299,72
17	1384,3	1,0936	R\$ 753,89	-R\$ 27.923,65	R\$ 1.357,28
18	1373,2	1,1456	R\$ 813,83	-R\$ 26.506,42	R\$ 1.417,22
19	1362,3	1,2000	R\$ 876,24	-R\$ 25.026,79	R\$ 1.479,64
20	1351,4	1,2570	-R\$ 8.873,93	-R\$ 33.297,33	-R\$ 8.270,54
21	1340,5	1,3167	R\$ 1.008,91	-R\$ 31.685,02	R\$ 1.612,31
22	1329,8	1,3793	R\$ 1.079,38	-R\$ 30.002,24	R\$ 1.682,78
23	1319,2	1,4448	R\$ 1.152,76	-R\$ 28.246,08	R\$ 1.756,16
24	1308,6	1,5134	R\$ 1.229,16	-R\$ 26.413,52	R\$ 1.832,56
25	1298,2	1,5853	-R\$ 8.512,75	-R\$ 34.322,87	-R\$ 7.909,35

Fonte: Autoria própria (2018).

Observa-se, em ambos os casos, que não há retorno do investimento com o decorrer do tempo, pois a economia anual acumulada não consegue se

sobrepôr ao investimento inicial somado aos gastos previstos para troca de equipamentos.

O sistema *off-grid* tem como característica o alto preço para níveis baixos de geração, devido à utilização de baterias – itens que, além de caros, necessitam de trocas e manutenção constantes – o que encarece o sistema. Os KITS montados neste trabalho foram sobredimensionados de diversas formas: umas para aproximar os cálculos ao funcionamento real de um sistema, e outras para garantir que qualquer imprevisto não faça com que o usuário fique sem energia elétrica.

Concluindo o estudo de viabilidade econômica, pode-se dizer que os KITS não foram viáveis economicamente. Isso não quer dizer que o objetivo do trabalho não foi cumprido: os KITS podem levar energia para locais sem acesso à rede, com um preço acessível. Entretanto, não existirá retorno de dinheiro do investimento (*payback*) provando-se pelo VPL de valor negativo e o TIR sem valor numérico.

Uma possível solução para tornar o projeto viável é contar com subsídio do governo. Com incentivos para melhorar o preço para o consumidor, o investimento nos KITS torna-se ainda mais atraente.

8. CONCLUSÃO

Após uma explicação teórica, analisada no primeiro capítulo, foi possível compreender sistemas fotovoltaicos *off-grid* e como podem ser aplicados. O estudo deste trabalho incluiu cálculos para dimensionar 5 diferentes KITS, aplicando conceitos de geração de energia.

A energia solar diversifica a matriz energética brasileira, contribui com o meio ambiente e, ainda, é um sistema que produz a energia necessária para o consumo do usuário. A expectativa é de que, no futuro, a tecnologia aprimore o rendimento - ainda baixo - do sistema fotovoltaico.

O estudo de viabilidade econômica dos KITS possui algumas peculiaridades em comparação com um sistema fotovoltaico *on-grid*. Sistemas autônomos possuem equipamentos mais caros, além de sua manutenção e troca serem mais precoces que o usual (baterias e inversores *off-grid* tendem a ter uma vida útil de no máximo 5 anos).

O estudo de localização levou em conta um dos piores locais de geração no Brasil, para que fosse garantida a geração em qualquer outra região. Além disso, foi utilizada uma inclinação que representou a condição de maior mínimo mensal para irradiação solar, buscando diminuir o sobredimensionamento do sistema e diminuindo os preços. Por consequência, a geração é menos elevada no verão - o que diminui a média de geração anual.

Em decorrência das situações citadas, a análise econômica não obteve resultados tão agradáveis. O fluxo acumulado manteve-se negativo, contribuindo para que o *payback* do sistema não existisse. Com um fluxo de caixa insatisfatório, o VPL ficou negativo e o TIR não apresentou resultados.

Com base na análise constatada, não vale a pena utilizar um sistema fotovoltaico isolado em locais com acesso à rede elétrica. Porém, o intuito da criação dos KITS *off-grid* é levar energia para locais que não possuem rede. Levando isso em consideração, o estudo econômico torna-se impróprio para essa situação pois a única maneira de fornecimento de energia é com geração distribuída.

8.1. Sugestão de trabalhos futuros

Análise de diferentes fontes de energia para locais sem acesso à rede elétrica: o trabalho foi realizado apenas com sistemas isolados de energia solar fotovoltaica. Uma alternativa interessante para um trabalho futuro é aplicar novas fontes de energia para locais sem acesso à energia elétrica, como eólica, biomassa e térmica.

Aplicação de diferentes locais para sistemas isolados de energia solar: como o objetivo do trabalho era produzir KITS prontos de energia solar, foi levado em consideração uma localização com uma irradiação ruim para que fosse garantida a geração de energia em outros locais. Uma sugestão para um trabalho futuro é aplicar os KITS de energia solar fotovoltaica *off-grid* em diferentes locais do Brasil (ou até em lugares do hemisfério norte) para analisar se há diferença entre os resultados obtidos.

9. BIBLIOGRAFIA

CAIRES, S. M. P. **Estudo sobre posicionamento de placas fotovoltaicas**. 2014. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica – Faculdade Independente do Nordeste, Bahia, 2014).

CELESC. **Tarifas**. 2018. Disponível em: <<http://www.celesc.com.br/portal/index.php/duvidas-mais-frequentes/1140-tarifa>>. Acesso em: 21 mai. 2018.

CENTEMERO, F.; BASTOS, P. Z. B. **Projeto e estudo de viabilidade econômica da instalação de uma unidade de minigeração distribuída solar e eólica em uma indústria**. 2017. 114 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017).

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CGEE). **Redes Elétricas Inteligentes**: Contexto Nacional. 2012.

CHOWDHURY, S. P.; CROSSLEY, P.; CHOWDHURY, S. **Microgrids and active distribution networks**. 1. ed. The Institution of Engineering and Technology, 2009.

CRESEB-CEPEL. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**, 2014. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf>>. Acesso em: 21 de maio de 2018.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em <<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em 24 de agosto de 2018.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017**. Disponível em <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes->

dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>. Acesso em 12 de novembro de 2018.

G1, Jornal Hoje. **Milhões de brasileiros ainda não têm energia em casa, diz Aneel**. Disponível em <<https://glo.bo/2otZizU>>. Acesso em 5 de agosto de 2018.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. K. L.; RUTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. INPE, 2017, 2a Ed.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração Financeira: Corporate Finance**. 2 ed. São Paulo: Atlas S.A., 2007.

SILVA, G. T. M. M. **Dimensionamento e análise de viabilidade econômica de usina fotovoltaica em Nova Iguaçu - RJ**. 2015. 148 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015).

SUNDATA, **Base de dados sobre radiação solar no Brasil CRESESB**. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em 15 de setembro de 2018.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J.R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 2 ed. São Paulo: Érica, 2015.

ANEXO A – MANUAL DE USO

CARTILHA EXPLICATIVA

KIT DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO



Fonte: <https://bit.ly/2R85SXo>

Energia Solar Fotovoltaica

Energia limpa advinda do sol. Energia proveniente da transformação da radiação solar em energia elétrica através da diferença de potencial entre materiais semicondutores.



Geração Fotovoltaica Off-Grid

Sistema de geração de energia não conectado à rede elétrica. Consiste em um conjunto de painéis solares, inversores, controladores de carga e baterias.



Como funciona?

Você escolhe os eletrodomésticos que deseja utilizar e adquire seu kit. Tendo como base a carga para aplicação, é escolhido o kit pronto com os equipamentos adequadamente calculados para suprir as necessidades.

KIT 1	5 lâmpadas LED 10W
KIT 2	5 lâmpadas LED 10W, TV 20", 1 carga de celular
KIT 3	5 lâmpadas LED 10W, TV 20", 2 cargas de celular, 1 carga de notebook, ventilador
KIT 4	4 lâmpadas LED 10W, refrigerador 1 porta
KIT 5	5 lâmpadas LED 10W, refrigerador 1 porta, TV 20", microondas, 1 carga de celular, 1 carga de notebook, ventilador



Detalhes importantes

Cada kit apresenta um total de carga limitado e uma máxima quantidade de uso diário. É indispensável que o usuário utilize os eletrodomésticos escolhidos conforme horas e potências delimitadas, preservando a energia gerada para que não falte no dia seguinte.

A energia será produzida apenas durante o dia. É imprescindível que as placas fotovoltaicas estejam instaladas conforme **manual de uso** e possuam o mínimo de sombreamento.

É possível melhorar seu kit. Se a demanda foi aumentada ou se o uso diário das cargas não está sendo suficiente, pode ser feita uma melhoria no KIT. Dessa forma, pode-se passar para o próximo KIT aumentando a potência gerada por dia.

MANUAL DE USO

KIT DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO

Este manual de uso acompanha o KIT de energia solar fotovoltaica Off-Grid. É proibida sua reprodução e venda por meios externos ou não relativos aos KITS.

É imprescindível seguir este manual de uso para a instalação dos KITS de energia solar fotovoltaica Off-Grid. Cumprindo os procedimentos, você estará garantindo sua segurança pessoal e uma maior vida útil para os equipamentos.



Fonte: <https://bit.ly/2FGLMSL>

Os painéis fotovoltaicos devem ser cobertos durante sua instalação. Com uma cobertura opaca sobre as placas, não é possível a geração de energia e por consequência riscos de choques elétricos e faíscas.

Verifique se na região de instalação há sombras. O efeito de sombreamento diminui a geração de energia, dessa forma coloque os painéis fotovoltaicos em um local com o mínimo de sombras.

Instale os painéis fotovoltaicos orientados para o Norte. Com o intuito de gerar o máximo de energia possível, no hemisfério Sul devem ser instalados sistemas de energia solar orientados para o Equador - Norte verdadeiro.

Os painéis devem ter uma inclinação maior que 10°. Além de favorecer a limpeza das placas pela ação da chuva, facilita a máxima captação de energia elétrica. Verifique a sua região conforme tutorial de como pesquisar a melhor orientação para o seu local de uso nas próximas páginas.

Utilize ferramentas isoladas e secas para a instalação e mantenha as mãos e pés protegidos. Pequenas ações aumentam a sua segurança.

Verifique a polaridade dos equipamentos. O fio na cor vermelha representa a polaridade positiva enquanto que o fio na cor preta, a negativa. Verificar também sua simbologia: o "+" representa positivo, enquanto que o "-" o negativo.

Nos KITS estão incluídos adicionais de cabos, proteção e conectores. Use-os nos equipamentos certos (conforme etiqueta) evitando falhas no sistema de geração de energia.

É ideal fazer a limpeza das placas a cada 6 meses. Utilize água e um pano limpo para retirar o excesso de sujeira e poeira de cima dos painéis fotovoltaicos.

Não deixe as baterias expostas ao sol. Evite que as baterias fiquem em locais pouco ventilados e/ou com altas temperaturas, aumentando seu desempenho. Instale-as em locais diferentes da convivência de pessoas e animais pois podem emitir gases tóxicos.

Com o sistema desligado, limpe os pólos da bateria e os contatos das placas fotovoltaicas, inversores e do controlador de carga. Periodicamente é importante realizar a limpeza dos contatos do sistema para garantir uma ótima captação de energia elétrica. **NOTA: NÃO FAÇA LIMPEZAS COM O SISTEMA INTERLIGADO.**

Troque as baterias a cada 5 anos. A vida útil das baterias é de 5 anos, por isso garanta o armazenamento correto de energia para o sistema.

Instale os inversores e os controladores de carga longe das baterias. As baterias podem emitir gases tóxicos, diminuindo a vida útil dos equipamentos. Priorize que os inversores e controladores de carga estejam próximos dos painéis fotovoltaicos sem estar em contato direto com o sol.

Cuidado com os aparelhos usados. Os KITS foram dimensionados para operar sobre uma máxima carga calculada. Dessa forma, cada KIT apresenta uma máxima potência nominal que não pode ser ultrapassada pela soma das potências dos aparelhos ligados. Estes KITS foram feitos para serem ligados a pequenos sistemas de potência. Se a carga ultrapassa o limite, a bateria perde seu armazenamento, impossibilitando ligar qualquer eletrodoméstico durante 2 dias (autonomia do sistema). Em resumo, evite sobrecargas no sistema para garantir seu uso todos os dias, inclusive durante à noite. Respeite as faixas delimitadas de horas de carga por dia.

PASSO A PASSO

COMO PESQUISAR SUA LATITUDE E LONGITUDE

1

2

3

4

5

Botão direito do mouse

PASSO A PASSO

SABER A ORIENTAÇÃO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

1

2

3

4

5

6

Coordenada Geográfica

Latitude: 25 * 27 * 4.5 * Sul

Longitude: 49 * 14 * 1.7 * Oe

Norte:

graus decimais (00.00°)

graus, minutos e segundos (00°00'00")

Buscar Limpar

Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Curitiba
Município: Curitiba, PR - BRASIL
Latitude: 25,5° S
Longitude: 49,249° O
Distância do ponto de ref. (25,45125° S; 49,233806° O): 5,6 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiaç Jan	f
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,34	
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	25° N	4,83	
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	21° N	4,95	
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	43° N	4,13	

PAINEL VIRADO PARA O NORTE

43°

CHÃO

PASSO A PASSO

COMO PESQUISAR SUA LATITUDE E LONGITUDE

- 1) Acesse o Google Maps
- 2) Pesquise sua localização corrente (endereço, número, bairro, cidade e estado)
- 3) Em cima da sua localização encontrada, clique com o botão direito do mouse e clique na opção "O que há aqui?"
- 4) Clique na orientação estipulada
- 5) A orientação é dada por meio de graus, minutos e segundos para a latitude e longitude. Grave esses números

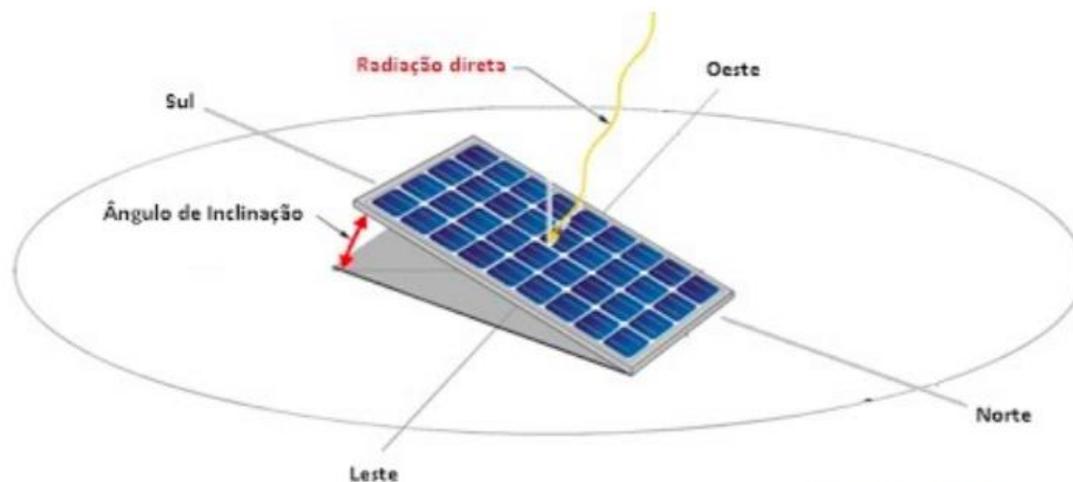
PASSO A PASSO

SABER A ORIENTAÇÃO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

- 1) Acesse o site da Cresesb Cepel
- 2) No menu do canto esquerdo, em "Potencial Energético", clique em "Fontes de dados eólicos e solares"
- 3) Mova a página para baixo e clique em "SunData"
- 4) Coloque os graus, minutos e segundos da latitude e longitude de sua localização
- 5) Clique em buscar
- 6) Busque pelo maior mínimo mensal. Este será o valor da angulação do painel fotovoltaico em relação ao chão.

OBSERVAÇÃO: No Brasil, os painéis fotovoltaicos devem estar virados para o Norte, onde se localiza a Linha do Equador. Com a ajuda de uma bússola, localize o Norte geográfico e torne as células dos módulos viradas para esta direção.

Ajuste o ângulo de inclinação encontrado com relação ao solo. Tome cuidado com sombreamentos próximos da instalação dos painéis - são eles que vão diminuir a produção de energia.



Fonte: <https://bit.ly/2THt54z>

ANEXO B – DATASHEETS



GCL-P6/60

ALTA EFICIÊNCIA
MÓDULO MULTICRISTALINO

GCL-P6/60 255-270 Watt

270^W

SAÍDA DE POTÊNCIA MÁXIMA

16,6%

MÁXIMA EFICIÊNCIA DO MÓDULO

0~+5^W

GARANTIA DE SAÍDA DE POTÊNCIA

Confie na GCL para Entregar um Desempenho Confiável ao Longo do Tempo

- Fabricante de classe mundial de módulos fotovoltaicos de silício cristalino
- Facilidade total automática e tecnologia de nível mundial
- Controle de qualidade rigoroso para cumprir os padrões mais elevados: ISO 9001:2008, ISO 14001: 2004 e OHSAS: 18001 2007
- Testado em ambientes agressivos (teste à névoa salina, corrosão por amônia e à areia trazida pelo vento: IEC 61701, IEC 62716, DIN EN 60068-2-68)
- Testes de fiabilidade para longo prazo
- 2*100% Inspeção de EL assegurando módulos sem defeitos

GARANTIA DE DESEMPENHO LINEAR

10 ANOS DE GARANTIA DO PRODUTO GARANTIA DE POTÊNCIA LINEAR DE 25 ANOS



Eficiência de conversão elevada devido a pastilhas de silício de elevada qualidade e tecnologia de células avançada



Livre de PID e de marcas deixadas por caracóis



Altamente resistente à areia, ácido e álcali



Desempenho otimizado do sistema por seleção da corrente de nível do módulo



Excellent performance under low irradiance



Rendimento adicional e fácil manutenção com vidro de autolimpeza altamente transparente

Seguro adicional suportado pela Swiss RE



Dando Vida à Energia Verde

GCL-P6/60

MÓDULO MULTICRISTALINO DE ALTA EFICIÊNCIA

ESPECIFICAÇÕES ELÉTRICAS (STC)

Watts de Potência de Pico	P _m (W)	255	260	265	270
Tolerância de Saída da Potência	P _m (W)	0~+5			
Tensão de Potência Máxima	V _m (V)	30,6	30,8	31,0	31,2
Corrente de Potência Máxima	I _m (A)	8,33	8,44	8,55	8,65
Tensão de Circuito Aberto	V _{oc} (V)	37,7	37,9	38,1	38,3
Corrente de Curto-circuito	I _{sc} (A)	8,98	9,09	9,20	9,29
Eficiência do Módulo	(%)	15,7	16,0	16,3	16,6

Valores em Condições de Teste Normalizadas STC (Massa de Ar AM1,5, Irradiação 1000 W/m², Temperatura da Célula 25°C).

DADOS ELÉTRICOS (NOCT)

Potência Máxima	P _m (W)	185,2	189,3	192,5	196,4
Tolerância de Saída da Potência	P _m (W)	0~+5			
Tensão de Potência Máxima	V _m (V)	27,4	27,6	27,7	27,9
Corrente de Potência Máxima	I _m (A)	6,76	6,86	6,95	7,04
Tensão de Circuito Aberto	V _{oc} (V)	34,7	34,9	35,1	35,4
Corrente de Curto-circuito	I _{sc} (A)	7,28	7,37	7,45	7,65

NOCT: Irradiância em 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

DADOS MECÂNICOS

Células Solares	Poli 156x156 mm (6 polegadas)
Orientação das Células	60 Células (6x10)
Dimensões do Módulo	1640x992x40 mm (64,56 x 39,05 x 1,57 polegadas)
Peso	18,5 KG
Vidro	Vidro solar de alta transparência 3,2 mm (0,13 polegadas)
Placa Traseira	Branco
Estrutura	Prata, Liga de alumínio anodizado
Caixa de Junção	Certificação IP67
Cabos	4,0 mm ² (0,006 polegadas ²), 900 mm (35,4 polegadas)
Conector	MC4 Original ou Compatível

CLASSIFICAÇÕES DE TEMPERATURA

Célula Operacional Nominal Temperatura (NOCT)	45±2°C
Coefficiente de Temperatura de P _{max}	-0,43% /°C
Coefficiente de Temperatura de V _{oc}	-0,35% /°C
Coefficiente de Temperatura de I _{sc}	0,04% /°C

AVALIAÇÕES MÁXIMAS

Temperatura Operacional	-40~+85°C
Tensão Máxima do Sistema	1000V DC(IEC)
Classificação Máxima dos Fusíveis das Séries	15A

GARANTIA

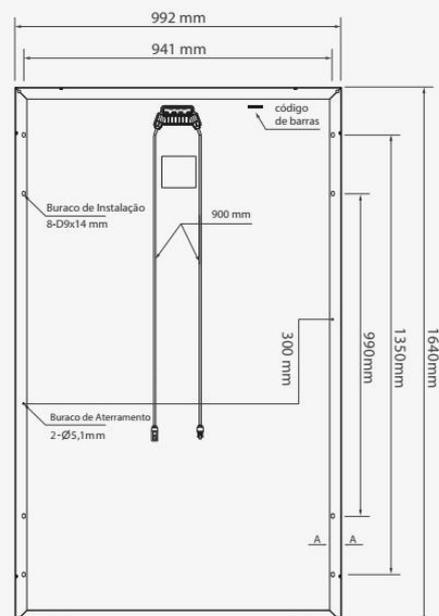
10 anos de Garantia do Produto
25 anos de Garantia de Potência linear

(Por favor, consulte a garantia padrão da GCL para mais detalhes)

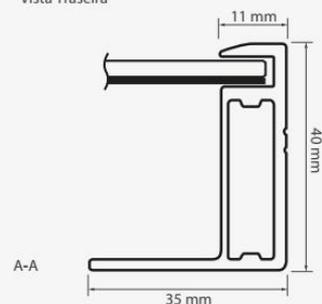
CONFIGURAÇÃO DA EMBALAGEM

Módulos por caixa: 26 peças
Módulos por 40 recipientes: 728 peças

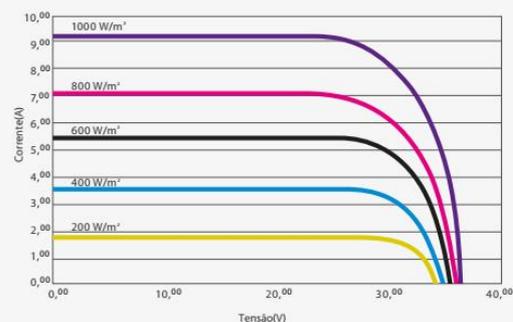
DIMENSÃO DO MÓDULO



Vista Traseira



CURVAS I-V DO MÓDULO (260W)



Desempenho excelente sob condições de luz fracas: a uma intensidade de irradiação de 200 W/m² W/m(AM 1,5, 25°C), 96,5% ou mais da eficiência sob STC (1000 W/m²) é conseguida



Dando Vida à Energia Verde
<http://en.gclsi.com>

GCL-EN-P6/60-2016-V1.0

CUIDADO: LEIA O MANUAL DE INSTALAÇÃO ANTES DE UTILIZAR O PRODUTO
 ©2015 GCL System Integration Technology Co., Ltd. Todos os direitos reservados. As especificações constantes desta folha de dados estão sujeitas a alteração sem aviso prévio.

JS 150 SERIES

YL150P-17b



SOBRE A GAIN SOLAR

Fundada em 2007, Baoding Jiasheng Photovoltaic Technology Co., Ltda, que comercializa os seus produtos sob a marca "Gain Solar", é uma subsidiária integral da Yingli Solar, especializada em R & D, fabricação e comercialização de energia fotovoltaica (PV) off-grid produtos e sistemas. O que começou como o "in-house" "off-grid" de produção de módulos fotovoltaicos da Yingli Solar tem se desenvolvido ao longo dos anos em um provedor de diversos tipos de módulos "off-grid" fotovoltaicos, módulos fotovoltaicos integrados na construção (BIVPV), sistemas fotovoltaicos ligados à rede e produtos de aplicação solar. Baseada no desenvolvimento da Yingli Solar tecnologia, produção e plataforma, Gain Solar tem crescido rapidamente com a criação de sucursais nas principais províncias e cidades da China e agora expande a sua presença para o nível global. Gain Solar é dedicada a fornecer alta qualidade off-grid dos produtos e sistemas fotovoltaicos para os clientes e recebeu uma série de certificados, incluindo ISO9001, TÜV, UL, CQCcanRoHS.

DESEMPENHO

Alta eficiência, células solares policristalinos com alta transmissão e vidro texturizado compõe uma eficiência do módulo de até 15,0%, minimizando os custos de instalação e maximizando a saída de kWh de seu sistema por unidade de área.

QUALIDADE E CONFIABILIDADE

- Líder na indústria de fabricação in-house de silício policristalino, barras, vidros, células e módulos garantem um controle rígido do nosso material e produção de qualidade.
- Robusta, estrutura de alumínio resistente à corrosão testados independentemente para suportar cargas de vento de 2,4 kPa e cargas de neve de 2,4 kPa garantindo uma vida mecânica estável para seus módulos.
- A embalagem do módulo está otimizada para proteger o produto durante o transporte e minimizar o desperdício no local.
- Este tipo de módulo é comumente usado para o pequeno sistema off-grid.

GAINSOLAR.CN

JS 150 SERIES

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

Parâmetros elétricos para as condições padrões (STC)			
Módulo			JS 150
Tipo de módulo			YLxxxP-17b
Potência de saída	P_{max}	W	150
Tolerância potência saída	ΔP_{max}	W	+/- 5
Eficiência módulo	η_m	%	15.0
Tensão em P_{max}	V_{mp}	V	18.5
Corrente em P_{max}	I_{mp}	A	8.12
Tensão em circuito aberto	V_{oc}	V	22.9
Corrente em curto-circuito	I_{sc}	A	8.61

STC: 1000 W / m² irradiância, temperatura do módulo de 25 ° C, AM1.5 distribuição espectral de acordo com a norma EN 60904-3
Redução média de 5 % de eficiência relativa de 200 W / m² de acordo com EN 60904-4

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Temperatura nominal da célula	NOCT	°C	46 +/- 2
Coefficiente de temperatura para P_{max}	γ	%/°C	-0.45
Coefficiente de temperatura para V_{oc}	β_{voc}	%/°C	-0.37
Coefficiente de temperatura para I_{sc}	α_{sc}	%/°C	0.06

CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO

Tensão máxima do sistema	600V _{oc}
Valor máximo fusível em série	15A
Limitação de corrente inversa	Não se deve aplicar a tensão maior do que o Voc do módulo
Faixa de temperatura em funcionamento	-40°C to 85°C
Carga estática máxima frontal (neve)	2400Pa
Carga estática máxima inversa (vento)	2400Pa
Máximo impacto por granizo (diâmetro/velocidade)	25mm / 23m/s

MATERIAIS

Proteção frontal (material / espessura)	O vidro temperado contém baixo teor de ferro / 3.2 mm
Célula solar (número / tipo / tamanho)	36/ silício multicristalino/ 156mm x 156mm
Encapsulante (material)	Etileno acetato de vinilo (EVA)
Quadro (material / cor / anodização)	Liga de alumínio anodizado /prata / claro

- Devido a contínua inovação, pesquisa e melhoria de produto, informações e especificações citadas nesta folha de dados estão sujeitos a alterações sem aviso prévio. As especificações podem ser ligeiramente diferentes e não estão garantidas.
- Os dados não se referem a um único módulo e não faz parte da oferta, servem para comparação entre diferentes tipos de apenas módulos.

Baoding Jiasheng Photovoltaic Tehnology Co., Ltd.
Add:No.333 North Lekai Avenue 071051, Baoding, China
Email: jsgd@yinglisolar.com
Web:www.gainsolar.cn
Service hotline:+86 312 863 1510/892 2683
Fax: +86 312 892 2529

GAINSOLAR.CN

© Baoding Jiasheng Photovoltaic technology Co. Ltd. JS150P-17b_BR_052016

CARACTERÍSTICAS GERAIS 1

Dimensões (C / L / A)	1470mm / 680mm / 25mm
Peso	10.8kg

ESPECIFICAÇÕES DA EMBALAGEM

Número de módulos por palete	2
Dimensões da embalagem (C / L / A)	1485mm / 695mm / 70mm
Número de módulos por palete	26
Dimensões da embalagem (C / L / A)	1520mm / 740mm / 860mm

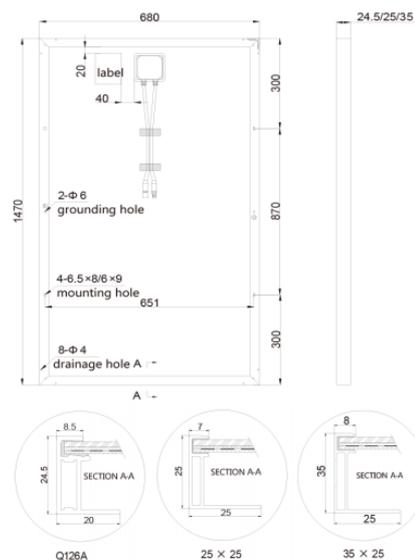
CARACTERÍSTICAS GERAIS 2

Dimensões (C / L / A)	1470mm / 680mm / 35mm
Peso	10.8kg

ESPECIFICAÇÕES DA EMBALAGEM

Número de módulos por palete	2
Dimensões da embalagem (C / L / A)	1485mm / 695mm / 90mm

Unidade: mm



Atenção: Leia o Manual de Instalação e de Operação em sua totalidade antes de utilizar, instalar e operar módulos Yingli Solar.

Parceiros da Yingli Solar:





Pure Sine Wave Inverter

SHI series



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

Features:

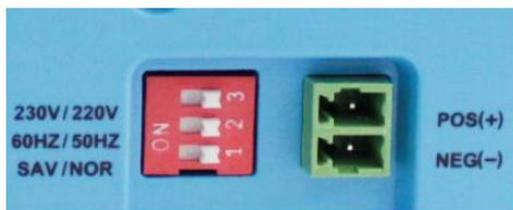
- ◆ Input & output fully isolation
- ◆ Adoption of advanced SPWM technology, pure sine wave output
- ◆ Dynamic current loop control technology to ensure inverter reliable operation
- ◆ Wide DC input voltage range
- ◆ The output voltage and frequency can be switched
- ◆ Low output harmonic distortion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



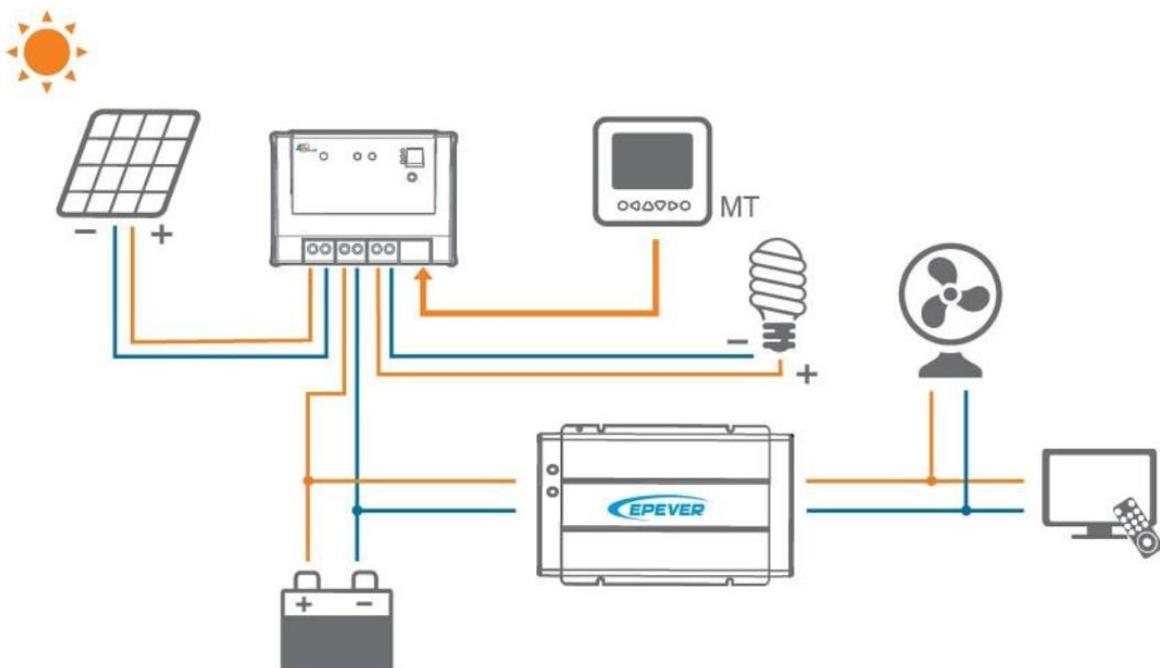


Electronic protections:

- ◆ Output short circuit protection
- ◆ Input over voltage protection
- ◆ Overload protection
- ◆ Overheating protection
- ◆ Input low voltage protection
- ◆ Inverter abnormal protection



Mode Switch & Switch Node





Technical specifications:

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

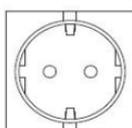


Types	SHI2000-22	SHI2000-42	SHI3000-22	SHI3000-42
Nominal Battery Voltage	24V	48V	24V	48V
Input Voltage Range	21.6 ~32Vdc	43.2 ~64Vdc	21.6 ~32Vdc	43.2 ~64Vdc
No Load Current	≤0.7A	≤0.7A	≤1.2A	≤1.0A
Output Wave	Pure Sine Wave			
Output Voltage	220Vac±3% / 230Vac±10%			
Continuous Power	2000W		3000W	
Power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

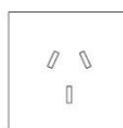
Output socket (option) :



Universal



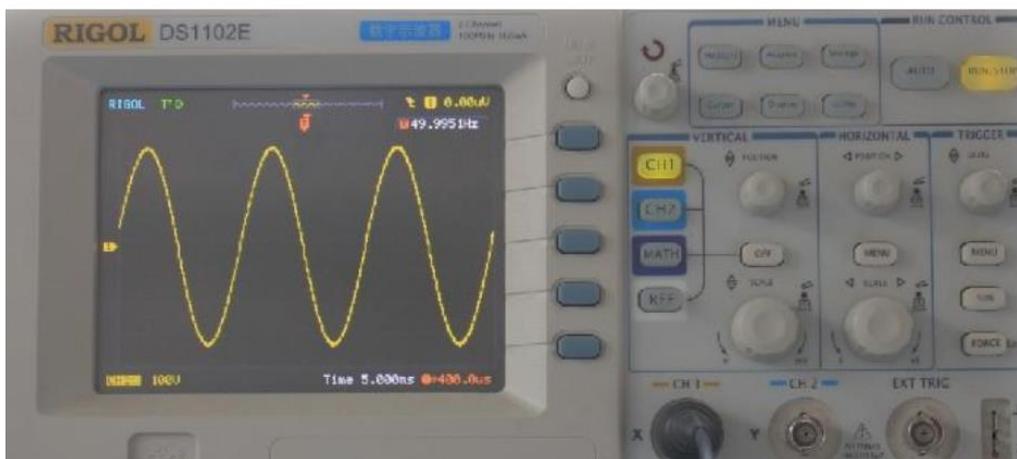
European



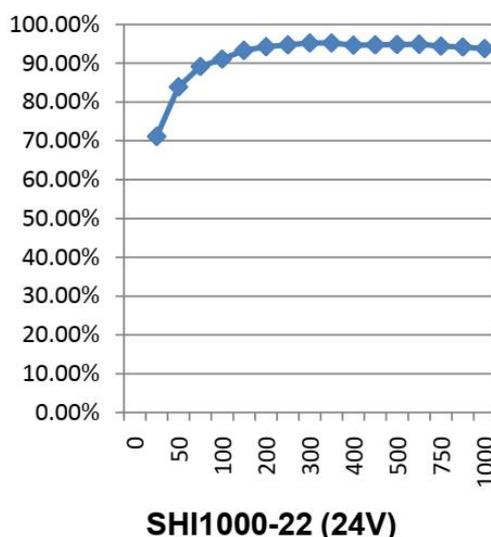
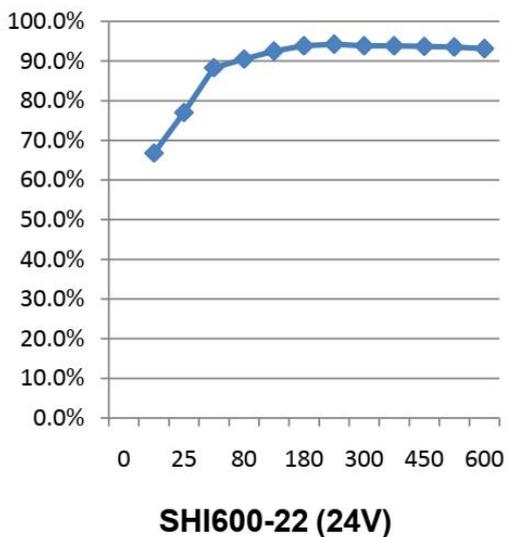
Australia/New Zealand



Wave Form:



Efficiency Curve :



BEIJING EPSOLAR TECHNOLOGY CO.,LTD.
 Add: BLDG #18, CO.PARK ,NO.8 HEYING ROAD,CHANGPING DISTRICT, BEIJING, CHINA
 Tel: 010-82894962 / 82894112
 Fax: 010-82894882
 E-mail: info@epsolarpv.com
 Website: www.epsolarpv.com, www.epever.com

(O). (O) LED verde pode ficar acesso por um leve período e o alarme interno poderá soar momentaneamente).

8 - Conecte o cabo do equipamento que você deseja operar em uma das tomadas AC localizada no painel frontal do Inversor.

9 - Ligue o interruptor do Inversor colocando-o em ON (I). Ele agora está pronto para operar normalmente.

Notas:

- Conheça frouxas ou a utilização de cabos não recomendados pela Hayonik pode ocasionar o acionamento da proteção Inversor ou superaquecimento da fiação e cabos, gerando danos irreversíveis no Inversor

- Deixar de fazer uma conexão adequada entre o Inversor e a fonte de alimentação pode resultar em inversão de polaridade. Em caso de polaridade reversa os fusíveis internos do Inversor podem ser danificados, causando danos permanentes no Inversor. Danos causados por inversão de polaridade não serão cobertos pela garantia.

- O alarme interno poderá soar quando o Inversor é ligado ou desligado. Este mesmo alarme também pode soar quando o Inversor está sendo conectado ou desconectado da fonte de alimentação de 12 Volts.

- Se o LED verde piscar quando você ligar o Inversor, indica que o conector de alimentação do Inversor não está ligado corretamente. Confira se a ligação do Inversor à bateria está feita de forma correta e tente novamente. Caso esse procedimento não resolva o problema, pode ser necessário substituir a bateria.

! outra fonte de energia para alimentar o Inversor. Caso ocorram danos na entrada de 12 Volts do Inversor em razão de alterações do equipamento ou mau uso, tal como estender ou modificar o cabo de alimentação ou alterar as garras do cabo, a garantia do produto será anulada.

Nunca conecte a saída do Inversor de 127 Volts em tomadas da rede elétrica ou qualquer outra fonte de energia! também não é possível associar a saída 127 Volts de dois Inversores. O uso inadequado do Inversor pode resultar em sérios prejuízos, tal como choque elétrico letal ou queima de equipamentos. Cuidado!

Não expor o Inversor Hayonik em ambientes úmidos, com temperatura elevada ou excesso de poeira. O local de instalação do Inversor deve ser arejado, com temperatura ambiente entre 10 e 30°C e deve ser deixado um espaço livre de no mínimo 15 cm de distância entre o inversor e quaisquer outros objetos a fim de possibilitar uma eficiente circulação do ar no aparelho. Certifique-se que o cabo de alimentação está em bom estado e dentro das especificações corretas



NÃO UTILIZAR ESTE PRODUTO EM ÁREAS ALAGADAS



CUIDADO, RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO NÃO ABRA O APARELHO

- 4. Instalação**
- 4.1 Instalação do Inversor:**
- 1 - Certifique-se que o interruptor de alimentação ON/OFF(I/O) localizado no painel frontal do Inversor está na posição OFF(O).
 - 2 - Desparafuse os bornes vermelho e preto dos terminais de entrada localizados no painel traseiro do Inversor.
 - 3 - Conecte os cabos da bateria de acordo com sua cor e polaridade, certificando-se que os mesmos estejam ligados corretamente (Vermelho = Positivo e Preto = Negativo). Parafusar as tampas dos bornes de entrada fixando os cabos.
 - 4 - Conecte o cabo Negativo (-), que está fixado pelo borne Preto, ao polo Negativo da bateria de 12 Volts. Verifique se a conexão está segura.
 - 5 - Conecte o cabo Positivo (+), que está fixado pelo borne Vermelho, ao polo Positivo da bateria de 12 Volts. Verifique se a conexão está segura.
 - 6 - É possível testar o funcionamento do Inversor pressionando o interruptor do Inversor colocando-o em ON (I). O LED verde deve ascender para confirmar que o Inversor está recebendo energia.
 - 7 - Desligue o interruptor do Inversor colocando-o em OFF.

8 - Termo de Garantia

Hayonik Indústria e Comércio de Produtos Eletrônicos Ltda, garante este produto contra defeitos de fabricação ou componentes, pelo prazo de 90 (noventa) dias a contar da data da nota fiscal.

Nome:	
Cidade:	UF:
Telefone:	
Nota Fiscal:	

Para utilização da garantia, preencha e destaque este campo, encaminhando o produto em sua embalagem original ao estabelecimento onde foi efetuado a compra. Não se esqueça de anexar a nota fiscal do mesmo.

3. Orientações de Segurança

Este Inversor é projetado para operar alimentado por uma bateria de 12 Volts. Não alimente o Inversor com uma bateria de tensão nominal diferente da que ele foi projetado para operar, assim como também não é recomendável utilizar qualquer

2. Conteúdo da Embalagem:

01 Inversor Hayonik;
01 Cabo de alimentação com plugue para tomada veicular (somente os modelos 300W e 400W)
01 Cabo de alimentação com garra jacaré para conexão do Inversor direto na bateria (somente os modelos 300W, 400W, 600W e 800W)
01 Manual do Usuário

1. Introdução ao Produto

Prezado consumidor,
Obrigado por escolher um produto Hayonik! Antes de utilizar seu Inversor leia atentamente o manual de instruções. Esse manual possui informações fundamentais para uma boa utilização do produto. Guarde-o para futura referência.

ANTES DE UTILIZAR O EQUIPAMENTO, LEIA O MANUAL DE OPERAÇÕES/INSTRUÇÕES.

HAYONIK

Manual Inversores
Onda Modificada

12V/127V

Modelo: 150W/200W/300W/400W/600W/800W

4.2 Utilizando a saída USB:

- 1 - Certifique-se de que o Inversor esteja corretamente conectado à alimentação por meio dos cabos compatíveis.
- 2 - Pressione o interruptor ON (I) para ligar o Inversor.
- 3 - Conecte o dispositivo USB na porta de alimentação USB do Inversor.
- 4 - Ao finalizar o uso do dispositivo USB simplesmente remova-o do Inversor.
- 5 - A saída de alimentação USB fornece 5 volts e no máximo 500mA de corrente contínua.

5 - Características de Proteção do Inversor

Proteção Contra Curto Circuito: O Inversor desligará automaticamente até o curto circuito ser removido.

Proteção de Sobrecarga: O Inversor acionará proteção e desligará automaticamente quando os aparelhos alimentados por ele excederem 10% da potência máxima nominal de funcionamento do Inversor. Quando acionado a proteção, soará um alarme de segurança que somente irá cessar após remover o aparelho que excede a carga máxima suportada pelo Inversor. Passados 5 segundos o Inversor voltará à funcionar normalmente.

Proteção Contra Superaquecimento: O Inversor desligará automaticamente quando sua temperatura interna atingir 90° C ou mais. Desligue a chave do equipamento e aguarde o mesmo esfriar antes de utilizar novamente.

Proteção Contra Choque Elétrico: O Inversor aciona a proteção quando detectado vazamento de corrente elétrica pelo chassis do equipamento, evitando possíveis choques acidentais no manuseio do Inversor.

Alarme de Baixa Tensão: O Inversor soará um alarme quando a tensão da bateria estiver em um nível crítico de carga (abaixo de 10,5 ± 0,5 VDC). Esta é uma indicação que a bateria precisa ser recarregada.

Proteção de Bateria Descarregada: O Inversor desligará automaticamente quando a tensão de entrada da bateria estiver abaixo da tensão de corte (10,0 ± 0,5VDC), afim de maximizar a vida útil da Bateria.

Proteção de Sobtensão na Entrada: A luz indicadora (LED vermelho) acenderá e o Inversor desligará automaticamente quando a entrada de alimentação da bateria exceder 16,5 ± 1 VDC.

6 – Variações dos Alarmes de Proteção

Alarme	Indicador de LED
Proteção de Baixa Tensão	O LED vermelho irá piscar de acordo com o Alarme
Proteção de Alta Tensão	
Proteção de Sobrecarga	
Proteção Contra Curto Circuito	
Proteção Contra Vazamento	
Proteção Contra Alta Temperatura	
Alerta de Baixa Tensão	Diversos toques curtos

7 – Especificações Técnicas

Modelo	150W	200W	300W	400W	600W	800W
Potência de Trabalho	150W	200W	300W	400W	600W	800W
Tensão de Entrada DC	11V _~ - 15V _~					
Tensão de Saída AC	127V _~ ± 10% RMS					
Formato da Onda de Saída	Modificada	Modificada	Modificada	Modificada	Modificada	Modificada
Frequência de Saída	60Hz ± 3Hz					
Eficiência	≥80%	≥80%	≥80%	≥80%	≥80%	≥80%
Temperatura de Superfície	<65°C	<65°C	<65°C	<65°C	<65°C	<65°C
Alerta de Baixa Tensão	10,5V _~ ± 0,5V _~					
Proteção de Bateria Descarregada	10V _~ ± 0,5V _~					
Proteção de Subtensão na Entrada	15,5V _~ ± 0,5V _~	15V _~ ± 0,5V _~	15V _~ ± 0,5V _~			
Proteção Contra Superaquecimento	>90°C	>90°C	>90°C	>90°C	>90°C	>90°C
Cabo de Entrada DC	-	>2,5mm ²	>10,0mm ²	>10,0mm ²	>15,0mm ²	>20,0mm ²
Dimensões	155x74x50mm	108x108x60mm	130x110x60mm	150x110x60mm	216x110x60mm	248x125x70mm

* No caso da bateria estar com carga baixa, sem carga ou o cabo de entrada não estiver de acordo com a especificação acima, o Inversor não irá funcionar.

	ESTE EQUIPAMENTO SÓ DEVE SER UTILIZADO EM AMBIENTES INTERNOS
	MANTENHA FORA DO ALCANCE DE CRIANÇAS, ESTE EQUIPAMENTO NÃO PODE SER UTILIZADO POR CRIANÇAS.
	SÍMBOLO DE SUPERFÍCIE QUENTE

CATÁLOGO TÉCNICO
BATERIA ESTACIONÁRIA

FREEDOM®



www.freedomestacionaria.com.br

Homologada pela
ANATEL





BATERIA ESTACIONÁRIA **FREEDOM**[®]



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

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

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

FREEDOM[®]

Características Elétricas

Principais Características Elétricas

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

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

MODELO	HORAS															MINUTOS			
Bateria	100 h	20 h	10 h	9 h	8 h	7 h	6 h	5 h	4,5 h	4 h	3,5 h	3 h	2,5 h	2 h	1,5 h	1 h	45'	30'	15'
DF300	0,3	1,3	2,4	2,6	2,9	3,3	3,8	4,4	4,9	5,4	6	7	8,2	10	12,8	18	21	25	40
DF500	0,4	1,8	3	3,3	3,7	4,2	4,9	5,8	6,2	6,8	7,6	8,6	9,9	12	15	20	25,3	33	52
DF700	0,5	2,3	4,1	4,5	5	5,6	6,5	7,5	8,2	9,2	10	11,5	13,6	16,3	21	27	32	43	65
DF1000	0,7	3	5,4	5,8	6,4	7,3	8,2	9,8	10,5	11,5	12,5	14,5	17	19	25,2	35	42,5	55	84
DF1500	0,93	4	7,6	8,2	9	10	11,5	13,2	14,5	16	18,2	21	25	29,5	38	54	69	90	130
DF2000	1,2	5,3	9,4	10,2	11,5	13	14,5	17	18,4	20,3	22,6	25	29,5	34,5	44	60	75	96	150
DF2500	1,7	7,5	13	14,4	16,2	18	20	23	25	28	31	34	40	47	58	81	99	130	200
DF3000	1,9	8,5	15,6	17	19	21,4	24,7	28	30	33	36	41	48	57	72	95	112	152	231
DF4001	2,4	11	20	21,5	24	26,5	30	35	38	41,5	46	52	60	72	90	120	145	191	290

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

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

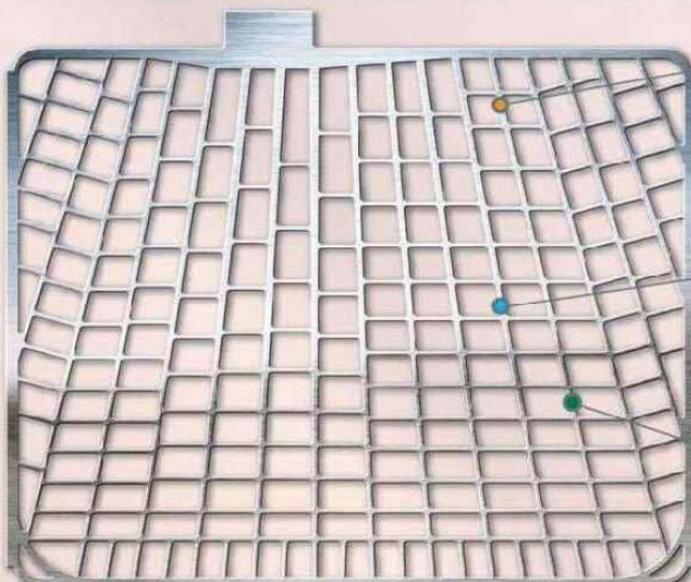
Watts-hora (Wh) a 25°C (tensão final 10,5V)

MODELO	HORAS															MINUTOS			
Bateria	100 h	20 h	10 h	9 h	8 h	7 h	6 h	5 h	4,5 h	4 h	3,5 h	3 h	2,5 h	2 h	1,5 h	1 h	45'	30'	15'
DF300	3	16	25	28	32	35	37	45	46	47	50	65	68	75	90	125	145	175	300
DF500	5	22	36	40	43	48	53	65	67	70	75	92	95	107	130	167	200	250	510
DF700	6	29	45	51	55	62	68	84	82	85	94	118	120	135	165	210	250	300	550
DF1000	7	36	63	69	76	84	96	111	121	133	148	168	194	233	248	257	278	487	712
DF1500	10	51	94	100	113	125	140	170	185	190	205	250	255	300	342	400	492	598	960
DF2000	13	65	104	118	126	139	160	188	192	200	217	270	268	310	372	490	582	694	1200
DF2500	19	93	155	170	181	202	224	269	273	287	311	378	381	441	581	698	817	989	1638
DF3000	25	110	179	197	217	238	251	306	311	333	382	437	448	517	637	798	958	1148	1917
DF4001	28	139	217	240	264	285	315	376	381	406	441	536	547	643	768	995	1185	1424	2374

FREEDOM

Tecnologia

A tecnologia PowerFrame® é a maior evolução que a produção de baterias no Brasil já alcançou.



TECNOLOGIA MUNDIAL:

É comprovado que nas baterias o fator que mais a desgasta é a corrosão, e a grade é o componente mais atacado pela corrosão. As novas grades da bateria Estacionária Freedom® são comprovadamente mais resistentes à corrosão, devido as grades PowerFrame®.

MAIS ENERGIA E CAPACIDADE DE CICLAGEM:

PowerFrame® melhora a condutividade elétrica e capacidade de ciclagem porque o processo de fabricação resulta em um desenho otimizado e grades com material altamente homogêneo.

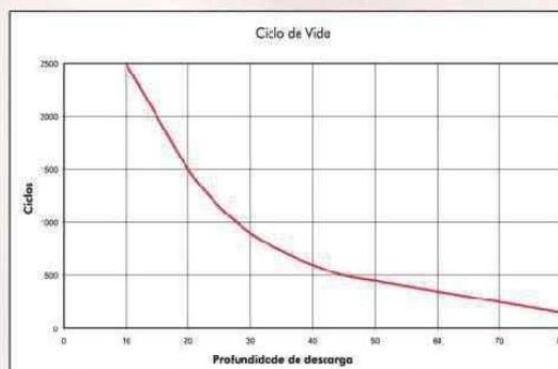
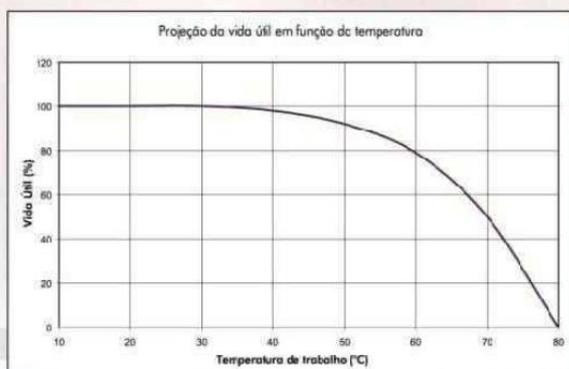
RESPEITO AO MEIO AMBIENTE:

Além de melhorar a performance da bateria, a tecnologia de grades PowerFrame® é ecológica porque reduz em até 20% o uso de recursos naturais como energia elétrica.



Vida Útil

As baterias Estacionárias Freedom® foram projetadas para uma vida útil superior a 4 anos (a uma temperatura de 25°C e profundidade de descarga de 20%).



FREEDOM®

Aplicações

Este manual destina-se às aplicações em:
Ups / No-Break, Pabx, Centrais Telefônicas, Sinalização,
Iluminação de Emergência, Energia Solar, Energia Eólica,
Monitoramento Remoto, Alarmes, Vigilância Eletrônica, Subestações
Elétricas, Telecomunicações e outras.

Características

As características de construção das baterias Estacionárias Freedom® são:

TAMPA*

Tampa selada com sistema de labirinto, com grande superfície interna, permite que gotículas de eletrólito originadas na carga sejam condensadas em sua superfície e retorne às respectivas células, evitando escape de eletrólito para o exterior.

FILTRO ANTICHAMA*

Pastilhas em material poroso que permitem o escape de gases para fora da bateria e impedem a penetração de chamas para o seu interior, que pode causar explosão.

GRADES

Com exclusiva tecnologia PowerFrame®. Mais energia e capacidade de reciclagem porque são produzidas com precisão e material altamente homogêneo.

ELETRÓLITO FLUIDO

Diferentemente das baterias VRLA, as baterias Freedom® têm eletrólito em forma fluida, que permite melhor dissipação térmica da bateria, conferindo vantagens em relação às baterias VRLA, que são mais sensíveis à variação de temperatura.

SOLDA INTERCELULAR

Conexão entre elementos com área de solda 36% maior que as baterias do mercado. Permite melhor condução de corrente e melhor eficiência elétrica da bateria em processo de carga e descarga.

SEPARADOR

Separador de polietileno microporoso de alta resistência mecânica, menor resistência elétrica, maior resistência às ações químicas do ácido, aumentando significativamente a vida útil da bateria.

INDICADOR DE TESTE (charge eye)*

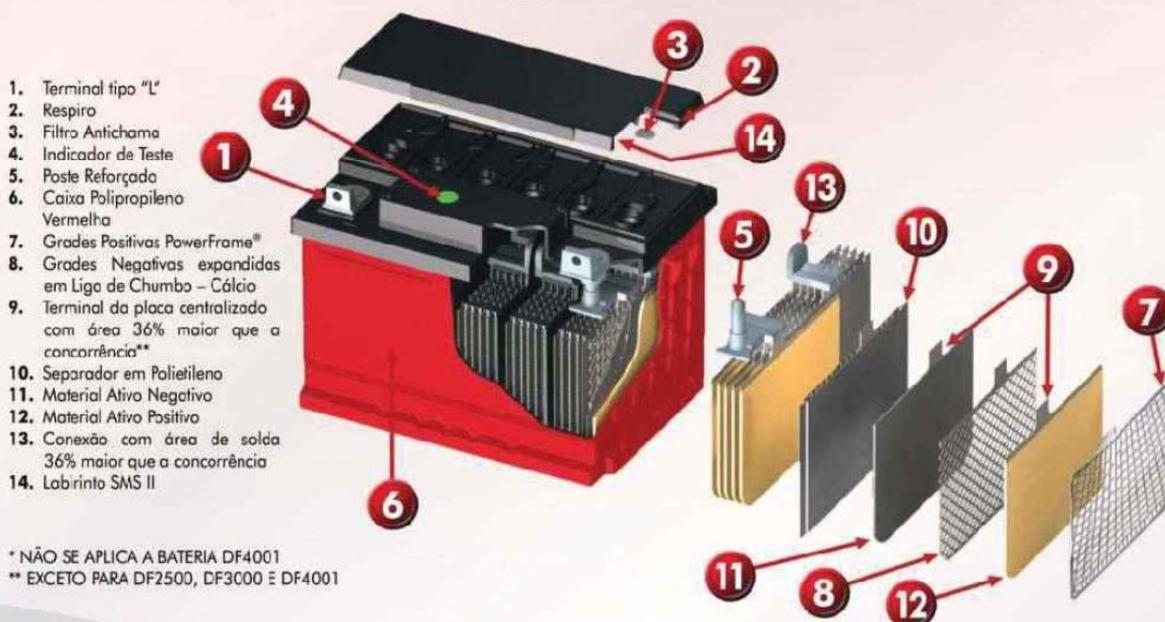
Permite imediata visualização das condições da bateria para teste, orientando seu diagnóstico:

- Indicação verde: a bateria está carregada e pode ser submetida a teste;
- Indicação escura: a bateria está descarregada e deve ser recarregada;
- Indicação clara: nível do eletrólito está baixo, esta bateria não deve ser submetida a teste e recarga, pode ter sido danificada pelo sistema de carga, exposta à temperatura elevada por um longo período de tempo ou por dano que ocasionou vazamento; a bateria deve ser substituída.

TIPOS DE TERMINAIS

- DF300, DF500, DF700, DF1000, DF2500, DF3000, DF4001: Terminal "L", de chumbo;
- DF1500 e DF2000: rosqueados, de aço inoxidável (rosca de 3/8" 16 unc).

As baterias Estacionárias Freedom® são produzidas em fábrica certificada ISO9002, ISO14000, ISOTS16949 e Certificação na Resolução Anatel nº 379 - Homologação 1216-07-3962.



* NÃO SE APLICA A BATERIA DF4001

** EXCETO PARA DF2500, DF3000 E DF4001

FREEDOM®