



DIELHO MARIANO DANTAS DE MOURA

**VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO *OFF*
GRID EM RESIDÊNCIAS SEM ACESSO A REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA: ESTUDO DE CASO AOS RIBEIRINHOS NO
MUNICÍPIO DE SANTARÉM - PA**

DIELHO MARIANO DANTAS DE MOURA

VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO *OFF GRID* EM RESIDÊNCIAS SEM ACESSO A REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: ESTUDO DE CASO AOS RIBEIRINHOS NO MUNICÍPIO DE SANTARÉM – PA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - *Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof. José Tavares de Luna Neto.

IFPB / Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Suellen Conceição Ribeiro CRB-2218

M929v Moura, Dielho Mariano Dantas de

Viabilidade de implementação de sistema fotovoltaico Off Grid em residências sem acesso a rede de distribuição de energia elétrica: estudo de caso aos ribeirinhos no município de Santarém - Pa/ Dielho Mariano Dantas de Moura. – Cajazeiras/Pb: Ifpb, 2022.

40f.:il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB, Campus Cajazeiras. Cajazeiras, 2022.

Orientador(a): Prof(a). José Tavares de Luna Neto.

1. Energia elétrica. 2. Distribuição de rede. 3. Sistema fotovoltaico Off Grid. 4. Santarém – Pa. 5. Ribeirinhos.

I. Moura, Dielho Mariano Dantas de. II. Título.

CDU: 621.311 M929v

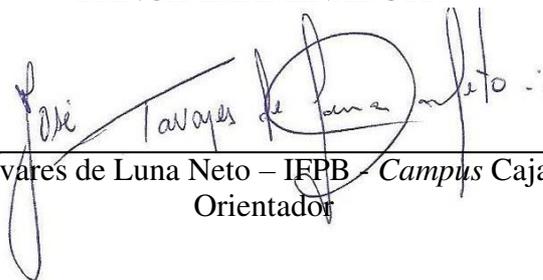
DIELHO MARIANO DANTAS DE MOURA

VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO *OFF GRID* EM RESIDÊNCIAS SEM ACESSO A REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: ESTUDO DE CASO AOS RIBEIRINHOS NO MUNICÍPIO DE SANTARÉM - PA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, *Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 23 de março de 2022.

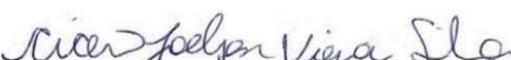
BANCA EXAMINADORA



José Tavares de Luna Neto – IFPB - *Campus* Cajazeiras
Orientador



Cicero de Souza Nogueira Neto – IFPB - *Campus* Cajazeiras
Examinador 1



Cicero Joelson Vieira Silva – IFPB - *Campus* Cajazeiras
Examinador 2

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por me permitir essa conquista e a minha família em especial, a minha mãe Janete e minha vó Eudirce, pela ajuda e apoio em todos os momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por permitir realizar mais essa etapa da minha vida, onde busco nele coragem para nunca desistir. Aos meus familiares por todo o apoio e incentivo ao longo de toda minha vida, em especial a minha mãe Janete, vó Eudirce, e meus irmãos Diórgenes e Daniel.

Aos meus amigos por todo o apoio ao longo de todo o curso, que trouxeram nesses anos da graduação um pouco de alegria a todas as dificuldades encontradas nesse percurso, em especial a Daniel Faustino, Teofanes.

Ao Instituto Federal de educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB, *Campus* Cajazeiras pela oportunidade e a toda sua equipe em especial a equipe do refeitório e pessoal dos serviços gerais.

Ao orientador José Tavares de Luna Neto pela orientação e a banca formada pelos senhores Cícero de Souza Nogueira Neto e ao Cícero Joelson Vieira Silva.

E todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta para que essa etapa fosse concluída, os meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

Esse trabalho busca mostrar a importância da implementação de um sistema fotovoltaico *off grid*, para comunidades de ribeirinhos da região amazônica, em especial no município de Santarém no estado do Pará. Essas comunidades não estão conectadas à rede elétrica convencional, por encontrar-se geograficamente em regiões de difícil acesso o que favorece a falta de políticas de desenvolvimento, como o acesso a saneamento básico, saúde e informação, o que por sua vez promove uma agricultura familiar arcaica. Deste modo, o estudo em questão têm como objetivos simular o dimensionamento de um sistema fotovoltaico *off grid* que atenda a necessidade do uso residencial de energia elétrica nas unidades consumidoras, levando em consideração os aparelhos e cargas usuais encontradas no cotidiano de uma residência, Demonstrando as vantagens e contribuições desse sistema. Para o correto e preciso dimensionamento do sistema de geração fotovoltaico individual foram levadas em consideração aparelhos domésticos, como televisão, geladeira, computador e ventiladores, através do qual foi realizado o levantamento do consumo diário médio em KWh, o dimensionamento foi projetado levando em consideração a posição geográfica do município de Santarém, localizada no estado do Pará região norte do Brasil. Por meio dos resultados podemos perceber que o sistema fotovoltaico, é um investimento favorável tanto do ponto de vista financeiro como sustentável. Concluindo que os sistemas fotovoltaicos *off grid* surgem como alternativa ao fornecimento de energia elétrica em locais distantes e de difícil acesso a rede elétrica, e por sua vez podem promover melhorias das condições de vida de famílias de comunidades ribeirinhas.

Palavras-chave: energia fotovoltaica; ribeirinhos; desenvolvimento sustentável; sistema *off grid*.

ABSTRACT

This work seeks to show the importance of implementing an off grid photovoltaic system for riverside communities in the Amazon region, especially in the municipality of Santarém in the state of Pará. These communities are not connected to the conventional electricity grid, as they are geographically located in regions of difficult access, which favors the lack of development policies, such as access to basic sanitation, health and information, which in turn promotes family farming. archaic. Thus, the study in question aims to simulate the design of an off grid photovoltaic system that meets the need for residential use of electricity in consumer units, taking into account the usual appliances and loads found in the daily life of a residence, demonstrating the advantages and contributions of this system. For the correct and precise dimensioning of the individual photovoltaic generation system, domestic appliances such as television, refrigerator, computer and fans were taken into account, through which the average daily consumption in KWh was carried out, the dimensioning was designed taking into account the geographical position of the municipality of Santarém, located in the state of Pará in the northern region of Brazil. Through the results we can see that the photovoltaic system is a favorable investment both from a financial and sustainable point of view. Concluding that off grid photovoltaic systems emerge as an alternative to supplying electricity in distant places and difficult to access the electricity grid, and in turn can promote improvements in the living conditions of families in riverside communities.

Keywords: photovoltaic energy; riverine; sustainable development; off grid system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Placa solar: presença do silício na placa solar.	15
Figura 2 - Processo de Fabricação de Painéis Fotovoltaicos.....	17
Figura 3 - String box.....	17
Figura 4 - Controlador de Carga Solar.	18
Figura 5 - Banco de baterias solares em Córdoba. Kit solar com acumuladores.	19
Figura 6 - Representação da utilização de um inversor.....	20
Figura 7 - Especificações do controlador solar.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa de consumo médio mensal de eletrodomésticos dos ribeirinhos no município de Santarém – PA.	29
Tabela 2 - Irradiação solar média do município de Santarém – PA.	29
Tabela 3 - catalogo de baterias estacionarias.	32
Tabela 4 - Catálogo de inversores.	33
Tabela 5 - Simulação de orçamento para a implantação do sistema off grid.	334

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.2 <i>Objetivo geral</i>	14
1.3 <i>Objetivos específicos</i>	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 ORIGEM DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E EQUIPAMENTOS QUE COMPÕE O SISTEMA DE GERAÇÃO	15
2.2 MÓDULO FOTOVOLTAICO	16
2.3 STRING BOX.....	17
2.4 CONTROLADORES DE CARGAS	18
2.5 BANCO DE BATERIAS	19
2.6 INVERSORES	20
2.7 SISTEMA DE GERAÇÃO <i>OFF GRID</i>	20
2.8 MICRO, MINI E GERAÇÃO FOTOVOLTAICA.....	21
2.9 GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL.....	22
2.10 IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO, PARA RESIDÊNCIAS EM LOCAIS ISOLADOS.....	23
3. METODOLOGIA	25
3.1 DIMENSIONAMENTO	26
4. RESULTADOS E ANÁLISES	29
4.1 ORÇAMENTO	34
5. CONCLUSÃO	36
6. REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

O Brasil por ser um país localizado em sua maior parte na região intertropical, acaba tornando-se promissor no quesito de geração de energia solar que pode ser aproveitado em todo o território nacional (ANEEL, 2008). Demonstrando-se altamente propício à instalação de usinas de geração elétrica através de painéis fotovoltaicos, por possuir forte incidência de raios solares, que causa menor impacto ambiental, além de gerar empregos, renda e benefícios sociais relevantes à população, e levar energia elétrica para os mais remotos locais do país.

As comunidades ribeirinhas ou comunidades de várzea passam boa parte do ano em terra seca e outra parte completamente inundada, tendo isso como sua principal característica. É em sua grande maioria formada por pescadores e pequenos agricultores, que têm uma íntima relação com o Rio Amazonas e seus paranás, de onde captam a água para o consumo de suas famílias, coletam peixes como alimentos e utilizam como rota hidroviária para ter acesso a cidade ou as comunidades vizinhas (FRAXE; PEREIRA; WITKOSKI, 2007).

No Brasil o percentual de geração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos é muito pequeno, se comparado com o potencial existente em seu território. Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2016), a produção energética por fonte solar é proveniente de 40 usinas fotovoltaicas, com potência outorgada de cerca de 26,96 MW (Megawatt), o que corresponde a 0,02% da matriz de geração de energia no Brasil.

Contudo, mesmo com todos os avanços tecnológicos, podemos observar no decorrer dos anos, que uma parcela da população brasileira ainda vive um problema, que para muitos só existia no passado, a falta de energia elétrica. No qual podemos encontrar no país um elevado número de comunidades sem acesso à luz elétrica. Na maioria dos casos elas estão situadas em locais distantes dos grandes centros urbanos e é por essa razão que os sistemas fotovoltaicos são empregados na maioria das vezes. Esses sistemas fotovoltaicos autônomos de potência reduzida são destinados principalmente à iluminação, refrigeração e bombeamento de água, proporcionando uma qualidade de vida melhor para essas famílias (SEGUEL, 2009).

A região amazônica, sobretudo no município de Santarém, possui uma grande quantidade de pequenas, médias e grandes ilhas que formam comunidades ao longo do Rio Amazonas, por sua difícil localização acabam não conectadas à rede elétrica convencional, dificultando o acesso as políticas de desenvolvimento, a saneamento básico, saúde e educação, o que acaba promovendo uma agricultura familiar arcaica, desprovidas do uso de tecnologias de produção e que exige um esforço físico insalubre que faz com que a perspectivas de vida sejam baixas e estimulem o êxodo rural (SILVA; SANTOS; COSTA, v. 01, 2016).

É importante lembrar que muitas dessas localidades desassistidas de acesso à energia elétrica são detentoras de características muito particulares, a exemplo de possuírem uma dispersão muito elevada entre uma unidade familiar e outra, geralmente sendo locais de difícil acesso, o que inviabiliza o uso de mini redes (PINHO *et al.*, 2008).

Na Amazônia rural brasileira, mais de dois milhões de pessoas não têm acesso à energia elétrica. A iluminação noturna é realizada por lamparinas alimentadas com óleo diesel, que, além de precárias, ainda provocam doenças respiratórias, principalmente nas crianças. A locomoção dessas populações é igualmente deficitária, pois a maioria não possui, nem mesmo, uma simples canoa a remo. Quando alguma família, ou um pequeno vilarejo, possui um grupo-gerador ou um motor para a canoa, grande parte da renda local é drenada pela aquisição do combustível a preços aviltantes de algum vendedor fluvial ambulante, também chamado de marreteiro. Em consequência, prevalece a exclusão social desses habitantes que, por falta de opção, destroem o ambiente natural na busca de algum recurso financeiro para internalizar um pouco do conforto do mundo moderno. Este quadro lamentável é agravado por estar inserido no maior ecossistema contínuo de florestas tropicais do Planeta, cuja riqueza natural vem sendo destruída, em vez de ser aproveitada para melhorar, de forma sustentável, as condições de vida da população que nele habita. (LASCIO; BARRETO, p. 22. 2009).

Portanto, nesse trabalho buscou-se o desenvolvimento socioeconômico dessas comunidades com o intuito de garantir o atendimento de suas necessidades atuais e futuras na geração de energia através do dimensionamento e implementação de um sistema fotovoltaico não conectado a rede elétrica, voltado para residências em locais de difícil acesso.

Em seguida no tópico dois, temos os objetivos que mostram a intenção do trabalho e o que se pretendem ser desenvolvido ao longo do projeto. O tópico três traz a revisão de literatura, mostrando alguns pontos importantes para o entendimento do trabalho, onde foram trazidos autores como Macedo, Fadigas, Carvalho, entre outros, que já escreveram algo relacionado aos assuntos tratados e que foram importantes para o embasamento e consolidação do entendimento do tema. No tópico quatro está a metodologia na qual foi

dimensionado um sistema fotovoltaico *off grid*, ou seja que não está conectado à rede de energia convencional, mostrando algumas opções de equipamentos que podem ser utilizados para montar esse sistema. E na sequência, o tópico cinco no qual foram apresentados os resultados e análises do que foi discutido ao longo do trabalho.

1.1 OBJETIVOS

1.2 Objetivo geral

- Apresentar um sistema de geração fotovoltaico *off grid* (não conectado à rede) que venha atender as necessidades do dia a dia de famílias ribeirinhas, no município de Santarém – PA (Pará), que se encontram em locais de difícil acesso e sem a distribuição de energia elétrica.

1.3 Objetivos específicos

- Dimensionar um sistema *off grid*.
- Contribuir para o desenvolvimento social dos ribeirinhos.
- Aplicar elementos no dia a dia dos ribeirinhos que permitam maior eficiência na conservação dos alimentos, iluminação noturna e atividades que antes não poderiam ser feitas sem energia elétrica.
- Demonstrar as vantagens do uso da energia fotovoltaica.
- Simular um orçamento para a implantação do sistema fotovoltaico

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ORIGEM DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E EQUIPAMENTOS QUE COMPÕE O SISTEMA DE GERAÇÃO

O efeito fotovoltaico no qual gera eletricidade a partir da luz do Sol foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmond Becquerel (BARRETO *et al*, 2008). Consiste, basicamente, em converter em eletricidade a energia luminosa que incide sobre células solares, que são materiais semicondutores convenientemente tratados. As células disponíveis comercialmente utilizam o silício como material-base para sua produção, e a parte superior da célula apresenta raias de coloração cinza, constituídas de um material condutor, cuja finalidade é extrair a corrente elétrica gerada quando as células são expostas à luz solar. Na figura 1, observa-se como o silício é utilizado na produção das placas solares.

Figura 1 - Placa solar: presença do silício na placa solar.



Fonte: Vivadecora, 2019.

A energia solar fotovoltaica é definida como a energia gerada através da conversão direta da radiação solar em eletricidade. Isto se dá, por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica que atua utilizando o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (IMHOFF, 2007).

Entre todas as fontes de energia que conhecemos até o momento, temos o sol como fonte de energia inesgotável. A energia solar pode ser convertida diretamente em eletricidade utilizando-se das tecnologias de células fotovoltaicas. O termo "fotovoltaica" vem do grego

(*Phos*), que significa "luz", e em "volt", a unidade de força eletromotriz, o volt, vem do sobrenome do físico italiano Alessandro Volta, que foi o inventor da pilha. A energia solar fotovoltaica é a energia obtida por meio da conversão direta da luz em eletricidade pelo efeito fotovoltaico (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2012).

Na década de 50, os painéis solares convertiam apenas 4,5% da energia solar em eletricidade, o que correspondia a 13 Wp/m², a um custo de US\$ 1.785/Wp. Hoje em dia, a eficiência média mundial triplicou para 15% (143 Wp/m²), a um custo centenas de vezes mais barato (preços entre U\$0,65/Wp e U\$1,20/Wp na maioria dos países, com a Índia detendo os menores valores). Até 2022 espera-se que a faixa de preços recue para U\$0,5/Wp a U\$1,0/Wp, quando já haverá painéis solares com eficiência de conversão de 23,5% (348 Wp/m²) (BRASIL. Ministério de Minas e Energia, p.71, 2016).

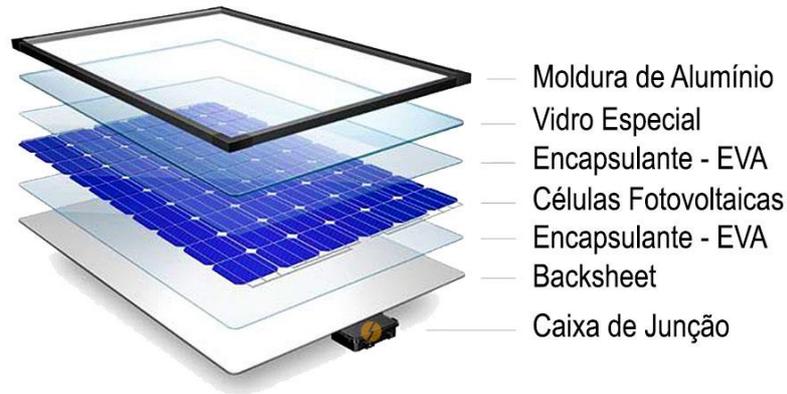
A energia solar fotovoltaica têm atributos que a tornam única, como por exemplo o seu potencial de desenvolvimento, com uma variedade de pesquisas em novas tecnologias, isso faz com que a taxa de inovação no segmento seja muito maior que nos demais setores de energia. Há constantes inovações na indústria que vêm reduzindo significativamente o custo por unidade de energia assegurada das tecnologias disponíveis comercialmente via novos produtos e processos de produção, disposição, comercialização, financiamento e instalação (BRASIL, 2014).

2.2 MÓDULO FOTOVOLTAICO

Módulo fotovoltaico é um termo técnico para definir placa solar ou painel solar, O módulo fotovoltaico é o dispositivo responsável pela captação da energia proveniente do sol, constituído de células fotovoltaicas, é utilizado para a captação da luz do sol, com a função de converter a luz solar em energia elétrica através do efeito fotovoltaica (PINHO; GALDINO, 2014).

Cada módulo fotovoltaico é constituído por uma determinada quantidade de células conectadas entre si. O conjunto destas placas solares é chamado de gerador fotovoltaico e constituem a primeira parte do sistema *off grid* (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011). Na figura 2, tem-se o processo de fabricação que compõem os módulos fotovoltaicos.

Figura 2 - Processo de Fabricação de Painéis Fotovoltaicos.

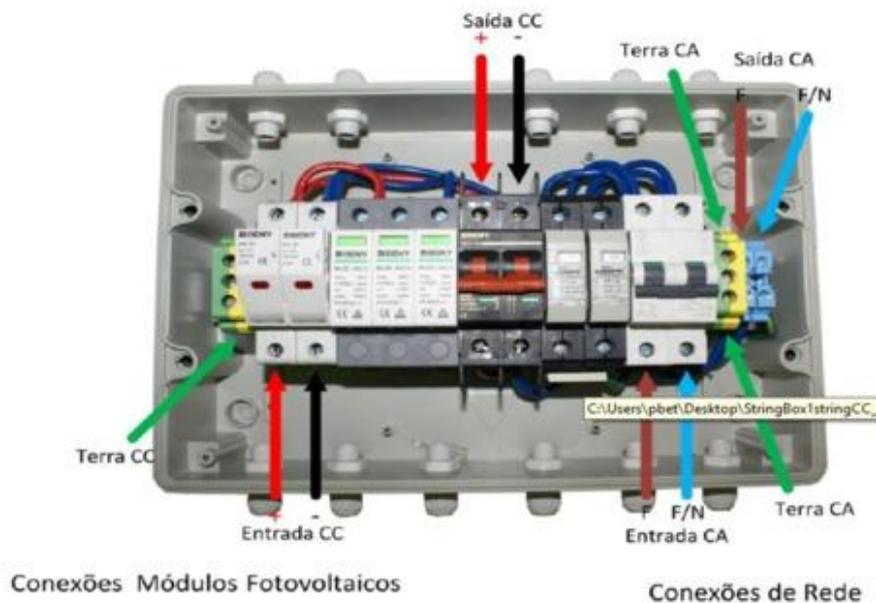


Fonte: Portal solar, 2022.

2.3 STRING BOX

A string box é o componente de proteção do sistema fotovoltaico, ela conecta os cabos vindos dos módulos fotovoltaicos ao inversor, enquanto fornece proteção contra sobretensão e sobrecorrente e permite o seccionamento do circuito. Os elementos básicos de uma string box são: o invólucro onde serão alocados os dispositivos de proteção e as conexões elétricas; o dispositivo seccionador, podendo ser implementado com chave seccionadora ou disjuntor; o dispositivo de proteção contra sobretensão – DPS; também dispositivo de proteção contra sobrecorrente, disjuntor ou fusível; não esquecendo dos Cabos CC (Corrente contínua). Na figura 3, pode ser observado o string box.

Figura 3 - String box.



Fonte: fasenergiasolar, 2022.

2.4 CONTROLADORES DE CARGAS

O Controlador de Carga é o responsável por realizar o gerenciamento da energia produzida pelos módulos fotovoltaicos e enviá-la para o banco de baterias, de forma segura (VILLALVA, 2015). A tensão produzida pelos módulos fotovoltaicos possui uma variação constante, proporcional a intensidade dos raios solares, e os bancos de baterias não aguentam essa variação, em busca de estabilizar a tensão que será enviada para o seu banco de baterias, o controlador de Carga é usado.

O banco de baterias deve ser protegido contra o carregamento excessivo, para que não ocorra sobrecarga ou um descarregamento maior que o permitido. Essa proteção também é feita pelo controlador de carga, limitando, através da tensão, a entrada e saída de energia do banco de baterias (VILLALVA; GAZOLI, 2012). Na figura 4, é mostrado um controlador de carga e de forma simples como é utilizado no sistema fotovoltaico.

Figura 4 - Controlador de Carga Solar.



Fonte: Enbrar, 2022.

2.5 BANCO DE BATERIAS

Banco de baterias é um sistema acumulador de energia que serve basicamente para fornecer eletricidade em casos de falha no fornecimento da fonte principal ou nos momentos em que há pouca ou nenhuma radiação, no período da noite ou em dias nublados e/ou chuvosos. Esses bancos são, portanto, fundamentais para garantir a estabilidade dos sistemas elétricos, pois podem entrar em operação quase imediatamente (BHATIA, 2016).

Atualmente existem diversos modelos de baterias, sendo que as mais recomendadas são estacionárias. Onde têm como vantagens nas aplicações as funções que demandam por longos períodos de corrente elétrica moderada, ao invés de sobrecargas por poucos segundos, e esse tipo de bateria é projetada para suportar períodos maiores de descarga, por isso tem o tempo de vida útil prolongado e são adequadas para o uso em sistemas solares fotovoltaicos. (BHATIA, 2016). Na figura 5, é trazido um banco de baterias, para ilustrar um exemplo de como poderia ficar quando utilizado no sistema.

Figura 5 - Banco de baterias solares em Córdoba. Kit solar com acumuladores.



Fonte: Tusplacassolares.es, 2020.

2.6 INVERSORES

No que se refere ao sistema de geração de energia fotovoltaica, o inversor é um aparelho capaz de converter a energia gerada pelos painéis fotovoltaicos, que são em corrente e tensões contínuas, em tensões e correntes alternadas (FILHO, 2012). Existem diversos tipos de inversores, cada um com características específicas para se adaptar as condições e faixas de potência (CEPEL – CRESESB, 2014). Na figura 6, temos a representação da utilização de um inversor, quando utilizado no sistema fotovoltaico.

Figura 6 - Representação da utilização de um inversor.



Fonte: Soleenergias, 2018.

2.7 SISTEMA DE GERAÇÃO *OFF GRID*

No início no que se refere à geração por meio da energia solar, entre as décadas de 1950 e 1970, onde os únicos sistemas fotovoltaicos que existiam na época era o *off grid*, tendo como objetivo fazer chegar energia elétrica a locais distantes onde antes as redes de distribuição de energia não chegavam (BLUE, [21--]).

Podemos citar como exemplos de utilização de sistemas fotovoltaicos *off grid* os satélites artificiais como os de telecomunicações e meteorológicos que orbitam o planeta terra, onde eles têm suas energias repostas através de painéis solares, que são um dos componentes do sistema fotovoltaico implementados nos satélites (CRESESB, 2004).

Através desse emprego da energia solar fotovoltaica onde se desenvolveu com uma maior intensidade, e foi no final da década de 1990, principalmente com os incentivos financeiros à adoção da tecnologia, teve início a massiva produção dos componentes principais (módulos, inversores, controladores de carga, baterias), e em sequência de novas técnicas e componentes para a implementação dos sistemas fotovoltaicos, temos alguns exemplos como as estruturas de fixação, conectores, cabos e ferramentas específicas, entre outros (BLUE, [21--]).

A energia produzida em sistemas *off grid* é armazenada em baterias para garantir a fornecimento em períodos sem sol ou durante a noite. A quantidade de baterias está atrelada a quantidade de cargas e ao tempo de autonomia desejado para o sistema. Por outro lado, essa modalidade não dá desconto na conta de energia, justamente por não haver abastecimento por parte da concessionária pública. A vantagem é a autonomia energética, em poder gerar e armazenar para alimentar qualquer tipo de produto/solução, independentemente do quão distante ou isolada seja a carga a ser alimentada, sistema esse muito indicado para áreas rurais (VILLALVA & GAZOLI, 2012).

No interior do país temos muitas comunidades que somente puderam receber alguns dos pequenos confortos que a energia elétrica traz a partir do ano de 2009. Onde distribuidoras de energia elétrica como a CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais S.A.) e a COELBA (Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia) utilizaram o uso de forma bastante expressiva dos sistemas fotovoltaicos *off grid*, e por meio disso divulgaram e popularizaram ainda mais essa tecnologia (BLUE, [21--]).

2.8 MICRO, MINI E GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

A compra da energia gerada por micro e mini geradores, tornou a construção de indústrias de produção destes sistemas de energia algo mais atrativo para o país, a demanda do mercado de energia fotovoltaica (também chamado de sistema de energia solar) possui um rápido desenvolvimento.

Do ponto de vista da análise econômico-financeira, um projeto de investimento é qualquer atividade produtiva de vida limitada, que implique na mobilização de alguns recursos na forma de bens de produção, em determinado momento, na expectativa de gerar recursos futuros oriundos da produção. Esse tipo de conceituação pressupõe a possibilidade de quantificação monetária dos insumos e produtos associados ao projeto (MACEDO, p.102, 2007).

Uma empresa pode possuir seu próprio sistema fotovoltaico de geração de energia, passando a ter sua própria fonte, sendo uma usina geradora de energia elétrica que está instalada diretamente na empresa (mini geração distribuída).

Por sua vez, EPE (2014), evidência a importância da micro e da mini geração para o atendimento da carga ao longo dos próximos anos. Dado que estes sistemas configuram um abatimento da carga, eles representam a possibilidade de diminuir a necessidade de investimentos em plantas convencionais baseadas na lógica e paradigma da geração centralizada.

Entretanto, apesar do grande potencial brasileiro para a geração solar fotovoltaica e da importância de projetos de pequeno porte, um aspecto determinante para a velocidade de difusão da micro e da mini geração fotovoltaica pode ser traduzido no conceito de paridade tarifária (*grid parity*), que trata das condições econômicas que tornam a eletricidade fotovoltaica competitiva em relação à tarifa de energia elétrica cobrada para o suprimento pelas redes de distribuidora. A *grid parity* é obtida no ponto em que o consumidor é indiferente entre investir em um sistema fotovoltaico ou permanecer sendo suprido pela rede de distribuição (Spertinoet *et. al.*, 2014; Rüter e Zilles, 2010).

2.9 GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL.

Assim como em muitos outros países, a disseminação da tecnologia solar fotovoltaica começou com sistemas isolados, que abasteciam locais distantes das redes de distribuição de eletricidade. Esses sistemas continuam sendo uma opção para energizar comunidades distantes do acesso à rede convencional de distribuição de eletricidade, mostrando-se economicamente viável para certas regiões do país.

A energia solar é livre de carbono e, portanto, contribui para a redução de emissões de CO₂ (Dióxido de carbono) na natureza, ela tem um grande potencial em gerar energia limpa, de forma segura e confiável. A energia anual utilizada pela população mundial é duzentas vezes menor do que a energia que o Sol nos dá durante o ano, característica que torna esse tipo de energia cada vez mais utilizada (ALRIKABI, 2014). A geração solar centralizada é complementar à geração hidrelétrica e deve ser considerada junto com a operação dos reservatórios, no processo de variações do armazenamento de energia na forma de estoque de água.

As maiores irradiações solares no Brasil estão em áreas de baixo desenvolvimento econômico, em que o uso da terra e os impostos arrecadados podem contribuir para o desenvolvimento local. A instalação de painéis FV com alturas acima de 2 m pode criar condições favoráveis ao cultivo de hortaliças e legumes (BRASIL. Ministério de Minas e Energia, p.3, 2016).

A fragilidade do sistema energético atual expôs a crise na geração de energia elétrica enfrentada pelo Brasil recentemente, por sermos dependentes das hidrelétricas para a produção de energia a mesma passa a possuir papel central na matriz energética brasileira.

A participação da energia solar hoje pode ser equiparada com a participação da energia eólica de 10 anos atrás, que hoje corresponde 30 % da matriz mundial de energias renováveis (*UNITED STATES. Energy Information Administration, 2015*). As projeções apontam para um crescimento substancial da energia solar.

As limitações ao uso da energia solar tendem a ser reduzidas ou até mesmo eliminadas com o tempo, principalmente em resposta a crescente demanda de energia mundial devido ao crescimento das economias de países em desenvolvimento, juntamente com as inovações no mercado de tecnologias.

2.10 IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO, PARA RESIDÊNCIAS EM LOCAIS ISOLADOS.

Cerca de um milhão de brasileiros vivem sem energia elétrica na Amazônia, segundo dados da Instituição de Energia e Meio Ambiente (IEMA). Estima-se que 19% da população que vive em terras indígenas na Amazônia estejam sem acesso à energia elétrica, já para unidades de conservação, esse número pode chegar a 22% e, para assentados rurais, é de 10%.

O IEMA faz parte de uma rede de instituições que discute soluções para os obstáculos encontrados buscando a universalização da energia elétrica. Em 2019 essa rede de instituições publicou uma carta com recomendações buscando resolver a problemática no que se refere à exclusão elétrica nas comunidades remotas da Amazônia, tendo como um dos objetivos realizar o mapeamento das comunidades e populações que vivem em regiões remotas e ainda não tem acesso à energia elétrica (IEMA, 2019).

Devido aos elevados custos, sempre se postergou a universalização do acesso a eletricidade na Amazônia rural, tendo avançado pouco até a criação do “Programa Luz para todos” do MME (Ministério de Minas e Energia), anteriormente outros programas tentaram solucionar essa problemática, por meio de empréstimos e financiamentos destinadas a

oferecer um serviço básico para as populações menos favorecidas, que vivem nos mais remotos cantos do país, porém como a renda dessas pessoas era insuficiente, não se permitiu o avanço de tais ideias, contudo graças ao PLPT (Programa Luz Para Todos) toda uma infraestrutura, inclusive a ligação no interior do domicílio, passou a ser fornecida de graça para novos usuários, sendo financiada por consumidores de áreas mais desenvolvidas. Entretanto, a Amazônia não teve sua situação inteiramente resolvida devido a previsão orçamentária não ser suficiente para atender aquela região de complicado acesso e de distribuição populacional esparsa.

Em virtude da falta de condições muitas comunidades com milhares de pessoas vivem em situações precárias, tendo que caminhar dezenas de quilômetros para coletar lenha, água, processar alimentos manualmente e cozinhar em fogões a lenha para fazer uma simples refeição. Hábitos esses que muitas vezes geram graves problemas respiratórios por causa da inalação de fumaça, além de incentivar o desmatamento.

É preciso atender algumas necessidades para haver um desenvolvimento que proporcione a todos oportunidades de realizar suas aspirações de uma vida melhor, o atendimento das necessidades básicas necessita não só de uma nova era de crescimento econômico para locais onde uma parcela significativa da população seja pobre, como a garantia de que os mais necessitados receberão uma parcela justa dos recursos necessários possam continuar se expandindo (COMISSÃO, 1991).

O acesso à energia elétrica traz melhorias significativas a vida das pessoas, não só propiciando o bem-estar, mas também melhorando, por exemplo, a vida das crianças fazendo com que elas tenham uma educação de qualidade, e que as mesmas frequentem a escola ao invés delas somente se ocuparem com tarefas domésticas, propiciar o acesso a computadores, que possam estudar ao anoitecer e que tenham uma melhor visão do mundo potencializando o seu aprendizado.

Aspectos do meio ambiente juntamente com a construção estão diretamente ligados com a qualidade de vida que o ambiente construído proporciona o que ressalta o papel fundamental que o setor da construção civil tem para com a realização dos objetivos globais do desenvolvimento sustentável (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2016).

Além disso, a energia elétrica permite a iluminação de áreas públicas e privadas melhorando a segurança das pessoas e propiciando o crescimento econômico e o desenvolvimento de novas fontes de rendas para as pessoas dessas comunidades. E com isso melhorar a qualidade de vida das pessoas.

3. METODOLOGIA

Este trabalho tem como característica a pesquisa de natureza exploratória, consoante (Gil, 2002), este estudo tem como proposta trazer uma maior aproximação com o tema abordado, com vista a torná-lo mais transparente ou a construir hipóteses. A grande maioria dessas pesquisas envolvem, o levantamento bibliográfico, a análise de exemplos que estimulem a compreensão, podendo ser classificadas como: pesquisa bibliográfica e estudo de caso (GIL, 2002).

Serão levantados dados por meio de uma abordagem quantitativa, onde a investigação, baseada nos referenciais teóricos, também iram permitir a análise qualitativa de informações para a elaboração do estudo de caso. Para o desenvolvimento deste estudo foi necessário a revisão da literatura sobre a origem da energia fotovoltaica e os equipamentos básicos que compõe o sistema *off grid*, como também um pouco sobre a sua utilização no brasil e em locais isolados.

O estudo tem como base o processo de levantamento e coleta de dados para que seja feito o dimensionamento do sistema, conhecendo assim as características necessárias dos equipamentos. Posteriormente será simulado uma implementação para que seja mensurado a viabilidade do projeto, podendo incluir alterações de dimensionamento para que se enquadre com a necessidade de cada residência onde será implementado o sistema geração fotovoltaica *off-grid*.

Estrutura do trabalho

- 1 Introdução: Apresenta a introdução do tema e a proposta do trabalho, juntamente com os objetivos.
- 2 Revisão de literatura: Contém a revisão de literatura, incluindo a origem da energia fotovoltaica, os equipamentos básicos que compõe o sistema *off grid*, os conceitos básicos para análise e monitoramento de um projeto para sistemas fotovoltaicos *off-grid*, como, recurso solar, energia solar fotovoltaica, inversor de frequência e controladores de carga, baterias e armazenamento de energia;
- 3 Metodologia: Será apresentada a metodologia , apresentando o dimensionamento do sistema. Encontrado por meio do estudo de caso elaborado em um sistema fotovoltaico *off-grid*, localizado no município de Santarém no estado do Pará em uma unidade consumidora residencial. De acordo com o consumo, dimensionou-se um sistema FV. Calculou-se a

capacidade de geração de energia do sistema. Analisou-se a economia gerada e o tempo de retorno do investimento.

4 Resultados e Análises: Apresenta os resultados e análises do estudo de caso realizado, com as devidas considerações finais, referentes ao dimensionamento e análise da implementação do sistema, podendo trazer soluções e sugestões para projetos futuros.

5 Conclusão: Considerações finais, traz as discussões dos resultados e conclusão do estudo.

3.1 DIMENSIONAMENTO

Foi dimensionado um sistema Fotovoltaico para correntes alternadas. Sendo considerado um sistema isolado para uma residência, onde terá 05 lâmpadas fluorescentes de 60W 110V, uma geladeira de 200W 110V, um liquidificador de 200W 100V, dois ventiladores de mesa de 100W 110V, uma televisão em cores – 21” com 90W 110V e uma bomba de água com 400W 110V.

1º passo: cálculo da potência total do sistema

Além das características da região onde será feita a instalação, o custo do sistema vai depender da quantidade de energia que será necessária, para atender a demanda dos equipamentos utilizados na residência. E para isso se faz necessário uma estimativa de quantidade e consumo dos equipamentos eletrônicos utilizados. Assim será necessário simular, um consumo em KWh (Quilowatt-hora) desses equipamentos, tendo como referência os equipamentos mais utilizados no dia a dia, (critério do autor) que podem contribuir na refrigeração dos alimentos, iluminação no período noturno, entretenimento entre outras utilidades e necessidades.

Para que seja calculada a potência total do sistema, devemos neste momento levar em consideração os equipamentos eletrodomésticos que serão utilizados na residência que será feita a simulação, e as suas devidas potências e quantas horas serão utilizados. Para que seja possível somar a quantidade de W/h (Watt-hora) ou W/dia (Watt-dia). Sendo a energia excedida armazenada no banco de baterias (passo 4).

2º passo: definição do painel solar

Como o painel solar irá captar energia durante o tempo que receber luz solar,

deveremos dividir a quantidade de potência desejada em um dia, pelas horas de sol que este painel receberá. Tendo o município de Santarém – PA, como local de estudo, podemos através das suas coordenadas de longitude e latitude, utilizando o software do SunData encontrar a irradiação solar média para que seja usada na equação.

$$\text{Potência do Painel (Wpico)} = \frac{\text{Consumo total (W/dia)}}{(\text{Horas de sol (h/dia)} \times \text{Fps})} \quad (1)$$

Fator de perdas e segurança (Fps) é normalmente usado para levar em conta a redução de geração do módulo devido à tolerância na fabricação, temperatura, poeira, degradação, sombras e também as perdas elétricas na bateria, controlador de carga, inversor e na instalação, normalmente usado 0,8 e vamos utilizar nossos painéis com 41,3V.

Lembrando que:

$$\text{Potência (W)} = \text{Tensão (V)} \times \text{Corrente (A)}; \quad (2)$$

3º passo: definição do banco de baterias

Para o banco de baterias, primeiro devemos nos lembrar de que tipo de bateria é melhor para este tipo de aplicação. Neste caso de um sistema para uma residência, optaremos por baterias seladas de ciclo profundo. Voltando aos requisitos do nosso sistema, precisaremos de energia suficiente para abastecer os aparelhos, Onde a sua média diária de irradiação solar foi de 4,87 kWh/m² por dia, levando em conta a confiabilidade e autonomia requerida do sistema.

$$\text{Capacidade Bateria (Ah)} = \frac{\text{Consumo total (W/dia)} \times \text{Autonomia (dias)}}{\text{Tensão Banco baterias (V)}} \quad (3)$$

Foi definido aqui, qual a autonomia do sistema, ou seja, quantos dias os aparelhos continuarão funcionando, mesmo que não haja geração pelo sistema fotovoltaico. Lembrando que quanto maior a autonomia, maior a capacidade do banco de baterias e maior o investimento.

4º passo: definição do controlador de carga

O controlador de carga irá controlar a energia que sai e chega das baterias e isolar o painel solar da bateria. Devemos dimensionar o controlador para que ele não permita que o banco de baterias se descarregue totalmente nem que forneça energia a nenhum outro equipamento (inversor ou módulo) caso esteja totalmente carregado, dessa forma, devemos calcular a máxima corrente que o sistema pode requerer das baterias, tendo o valor 1,1 como uma folga de segurança assim teremos:

$$\text{Corrente Controlador Banco baterias (A)} = \frac{\text{Potência das cargas (Watts)} \times 1,1}{\text{Tensão Banco baterias (V)}} \quad (4)$$

5º passo: definição do inversor

Neste ponto já temos todos os dados para dimensionar o sistema sem inversor, ou seja, para cargas somente com corrente contínua. Para cargas com corrente alternada, isto é: 110V, 220V, devemos utilizar um inversor, pois painéis solares geram eletricidade em corrente contínua, 12V, 24V, 48V. Para definição do inversor a ser usado, devemos levar em conta os seguintes fatores:

Tensão de entrada (Vdc); Tensão de saída (Vac); Frequência (Hz).

Saída de AC máxima contínua (W).

No nosso projeto, utilizaremos painéis solares 41,3V (2º Passo).

4. RESULTADOS E ANÁLISES

1º passo: cálculo da potência total do sistema

Por meio do 1º passo, foi levado em consideração a tabela 1, já que através dele se tornou possível estimar o consumo médio de uma residência da comunidade dos ribeirinhos, onde serviu como base para dimensionarmos o sistema fotovoltaico vindo atender a demanda de energia.

Tabela 1- Estimativa de consumo médio mensal de eletrodomésticos dos ribeirinhos no município de Santarém – PA.

CÔMODOS	QUANTIDADE	EQUIPAMENTOS	MÉDIA (UTILIZAÇÃO/DIA/HORAS)	EQUIPAMENTO (WATTS)	CONSUMO DIÁRIO (W)	CONSUMO MÉDIO MENSAL (KWH)
COZINHA	1	Lâmpada fluorescente compacta	5	60	300	9
	1	Geladeira (Refrigerador Eletrolux uma porta)	24	92	2.208	66,24
	1	Liquidificador	0,25	200	50	1,5
1º QUARTO	1	Lâmpada fluorescente compacta	5	60	300	9
	1	Ventilador de mesa	6	100	600	18
2º QUARTO	1	Lâmpada fluorescente compacta	5	60	300	9
	1	Ventilador de mesa	6	100	600	18
SALA	1	Lâmpada fluorescente compacta	5	60	300	9
	1	Televisão em cores - 21"	5	90	450	13,5
BANHEIRO	1	Lâmpada fluorescente compacta	5	60	300	9
OUTROS	1	Bomba de Água	1	400	400	12
TOTAL:				1282	5808	174,24

Fonte: Adaptado de Eflul, 2022.

Com base no 1º passo trazido na metodologia pode-se estimar o consumo médio mensal de eletrodomésticos em uma residência, o painel deverá gerar energia suficiente para abastecer 1282 W/h ou 5808 W/dia. Lembrando que a energia não utilizada será armazenada no banco de baterias (passo 4), assim, quanto maior o banco de baterias, mais energia disponível terá em seu sistema. Para utilizações esporádicas, como fins de semana, ou algum evento que necessite de uma demanda maior de energia, lembrando que neste caso o banco de baterias deve ser dimensionado de forma a reservar energia por mais tempo, para que não haja nenhum problema com a falta desse recurso.

2º passo: definição do painel solar

Por meio do 2º passo, iremos utilizar o município de Santarém no estado do Pará, como local para utilizarmos suas coordenadas (Latitude: 2° 26' 22" Sul e longitude 54° 41' 55" Oeste). Tendo os dados da tabela 2 que nos mostra a irradiação média do município de Santarém que será utilizada no cálculo da primeira equação.

Tabela 2 - Irradiação solar média do município de Santarém – PA.

Município	Irradiação solar diária média (kWh/m². dia)												Média
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
Santarém	4,66	4,74	4,61	4,40	4,54	4,87	4,71	5,12	5,07	5,47	5,44	4,86	4,87

Fonte: Cresesb, 2022 (Adaptado pelo o autor).

Por meio dessas coordenadas foi, calculado o índice de irradiação solar, utilizando o software do SunData disponibilizado pelo Centro de referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito – CRESESB. Onde a sua média diária de irradiação solar foi de 4,87 kWh/m² por dia. Utilizando esses dados e com base na equação 1 tem-se o seguinte resultado.

$$\text{Potência do Painel (Wpico)} = \frac{(5808)}{(4,87 \times 0,8)} = 1490,75 \text{ Wpico}$$

Ao utilizar a equação 2 encontram-se o seguinte resultado:

$$\text{Corrente (A)} = \frac{(1282\text{W})}{(41,3\text{V})} = 31,04 \text{ Ampères}$$

Desse resultado foi observado que o painel solar de 41,3V fornece uma potência de 1282Watts ou corrente de 31,04 Ampéres.

Atualmente têm-se um grande número de opções de módulos fotovoltaicos que estão disponíveis no mercado, devido as características do projeto optou-se pela utilização do modulo solar 540W Bifacial Monocristalino *Halfcell Canadian* – CS6W 540MB AG.

Desta maneira, quando há um sombreamento em umas das duas partes, a outra permanece gerando normalmente. Possui uma tensão de operação de 41,3V e 13,08A e tecnologia *Half-cell* o que melhora o desempenho do painel em caso de sombreamento e conta com uma eficiência de 21,0%. Tendo esses dados e levando em consideração o painel escolhido, que foi utilizado têm três módulos fotovoltaicos para atender a demanda de energia.

3º passo: definição do banco de baterias

Utilizando o 3º passo definimos o banco de baterias, onde deixamos como 2 dias o valor que buscamos na autonomia do sistema, pois se trata de uma residência de difícil acesso onde qualquer ajuda demora mais a chegar. Para esse cálculo utilizamos a equação 3, obtendo o seguinte valor.

$$\text{Capacidade Bateira (Ah)} = \frac{5808 \left(\frac{\text{W}}{\text{dia}} \right) \times 2 \text{ (dias)}}{(12\text{V})} = 968 \text{ (Ah)}$$

Há baterias com capacidade de 2V que necessitaremos conectá-las em série/paralelo para formar a tensão de saída, e baterias com capacidade de 12V prontas para aplicação em sistemas solares. Basta saber quais suas correntes de saída, normalmente expressas em Ah (Ampére hora), e tensão nominal. No nosso caso, necessitamos de baterias com capacidade nominal de 12V e corrente suficiente para suprir nossa necessidade de 968 Ampéres. No quadro seguinte temos opções de baterias, na qual será escolhida um modelo para utilizarmos como referência no trabalho. Na tabela 3, temos um catalogo de baterias, na qual pode-se escolher uma como exemplo na simulação do sistema.

Tabela 3 - catalogo de baterias estacionarias.

Modelo	Tensão nominal (V)	Capacidade a 25°C (Ah) / 1,75 Vpe			Dimensões (mm)				Peso (Kg)
		C3	C10	C20	Comp.	Larg.	Com Polo	Sem Polo	
12MF45	12	33,9	41	45	212	175	175	175	12,6
12MF55	12	41,2	50	55	242	175	175	175	14,4
12MF80	12	64	74	80	306	172	227	202	22,4
12MF105	12	78,2	95	105	330	172	244	219	26,5
12MF150	12	103,4	135	150	509	211	246	221	42,5
12MF220	12	166,9	200	220	517	272	246	221	57,35

Fonte: dgtechinfo, 2022. (Adpatado pelo autor)

Como vimos acima, temos várias opções, e como estamos em busca de uma solução economicamente viável mas que venha atender as necessidades de cada residência, especificamente para energia solar, sugiro a escolha de baterias com ciclo profundo. Foi escolhido o modelo 12MF220, de 220Ah, onde precisaremos de um banco de 5 baterias para suprir nossa necessidade com folga. Mas é claro que há muitas opções e deve-se procurar bastante para encontrar a que melhor se enquadre em sistemas futuros.

4º passo: definição do controlador de carga

Por meio do 4º passo será definido o controlador de carga, e utilizando a equação 4, teremos o seguinte resultado.

$$\text{Corrente Controlador Banco Baterias (A)} = \frac{1282 \text{ (Watts)} \times 1,1}{12 \text{ (V)}} = 117,51 \text{ (A)}$$

Portanto, o nosso controlador deve ser de 140 ou 150A e 12V.

Em uma rápida busca pelas lojas online especializadas em artigos voltados a esse setor, encontramos diversas opções que poderíamos escolher, porém utilizaremos esse modelo como referência: 150A Controlador Solar Pv Bateria Controlador Regulador 12V/24V Painel Solar Sistema De Uso Interno Nova. Como mostrado na figura 8, e as suas devidas especificações.

Figura 7 - Especificações do controlador solar.

Especificação do Produto

Customizado: Sim	Aplicação: Controlador De Sistema Solar
Corrente Máxima: 180A	Modelo Número: Hx15024
Tensão: 12V/24V Auto-Identification	Protection Functions: Short-Circuit Over-Load Over-Charge Over-Discharge Etc
Rated Charge And 150A Discharge Current:	Light Control Voltage: 7V(12V) ; 14V(24V)
Net Weight: 3.6Kg	Appearance Size: 216*203*106.8Mm
Approved: Ce Rohs Fcc	Warranty: 2 Year Free Mainta216*203*106.8Nce

Fonte: OfertaViva, 2022.

5º passo: definição do inversor

Com os dados obtidos no 5º passo, podemos procurar um inversor com a capacidade descrita. Na tabela 4, abaixo segue alguns exemplos de inversores disponíveis no mercado.

Tabela 4 - Catálogo de inversores.

Item	IP1500-12-Plus(T)	IP1500-11-Plus(T)	IP2000-11-Plus(T)	IP2000-12-Plus(T)	IP2000-22-Plus(T)	IP2000-42-Plus(T)	IP2000-41-Plus(T)
Output continuous power	1500W@35°C@Rated input voltage		2000W@35°C@Rated input voltage				
Surge power	3000W@SS	3000W@SS	4000W@SS				
Output Voltage	220VAC(±3%);230VAC(-7%~+3%)	110VAC(±3%);120VAC(-7%~+3%)		220VAC(±3%);230VAC(-7%~+3%)		110VAC(±3%);120VAC(-7%~+3%)	
Output frequency	50/60Hz±0.2%						
Output wave	Pure Sine Wave						
Output distortion THD	THD≤3%(Resistive load)	THD≤4%(Resistive load)	THD≤5%(Resistive load)	THD≤3%(Resistive load)		THD≤4%(Resistive load)	
Load power factor	0.2~1(VA≤Continuous output power)						
Rated input voltage	12VDC	12VDC	12VDC	24VDC	48VDC	48VDC	
Input input voltage	10.8 ~16VDC	10.8 ~16VDC	10.8 ~16VDC		21.6 ~32VDC	43.2 ~64VDC	43.2 ~64VDC
Max. Efficiency	>93%(30% load)	>93.5%(30% load)	>92%(30% loads)	>94%(30% load)	>93%(30% load)	>94.5%(30% load)	>93%(30% load)
Self-consumption	< 0.2A						
No-load current	< 1.4A@12V	< 1.0A@12V	< 1.2A@12V		< 1.0A@24V	< 0.5A@48V	< 0.5A@48V
RS485 com. port	5VDC/200mA						
Overall dimension (L*W*H)	387 x 231.5 x 123mm	387 x 231.5 x 123mm	420 x 231.5 x 123mm		421 x 213.5 x 123mm		
Weight	6kg	6 kg	8 kg		6.5kg	6.5kg	6.5kg
Working Temperature	-20°C~+60°C(Refer to the Reduced capacity curvel)						
Humidity	<95%(N.C.)						
Enclosure	IP20						

Fonte: Minhacasasolar, 2022.

Foi preciso um inversor que atendesse aos requisitos do sistema, então através de pesquisas em lojas do ramo solar foi escolhido o inversor 2000W 48/110V senoidal Epsolar – IP2000-41-Plus(T), contudo existem várias opções no mercado, que também atenderiam as necessidades do sistema porem iremos utilizar esse modelo.

4.1 ORÇAMENTO

Tendo todos os equipamentos que visam a implementação do sistema fotovoltaico *off grid*, foi calculado o valor médio investido, contudo vale ressaltar que não será considerado o valor da mão de obra. Com todos os dados e especificações dos equipamentos encontrados, é hora de ir à busca dos melhores ou mais econômicos, e como mostrado na tabela 5, um orçamento como exemplo de equipamentos entre as várias opções que podem ser encontradas nas lojas especializadas.

Tabela 5 - Simulação de orçamento para a implantação do sistema *off grid*.

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	VALOR
Módulos fotovoltaicos	3	R\$ 4.182,21
Baterias	5	R\$ 8.318,9
Controlador de Carga	1	R\$ 1.376,90
Inversor	1	R\$ 2.409,63
Total:	-	R\$ 16.287,64

Fonte: autor, 2022.

Concluindo nossos projetos, temos o seguinte cenário:

Potência Total: 9200 W/dia;

Painel Solar: 12V, 1440 Wp ou 24^aA(mínimo);

Banco de Baterias: 12V, 132 Ah; Controlador de Carga: 12V, 140, ou 150A;

Inversor: 1584W mínimo, 12V entrada, 110V saída, 60Hz;

Tendo um Custo médio de implementação de R\$ 16.287,64, e para estimar quanto tempo seria necessário para que houvesse o retorno desse investimento, considerando a tarifa convencional como base na classe residencial (tarifa de R\$0,76597/kWh). Já que não existe

uma média do consumo da residência não é possível utilizar esse dado, onde foi substituído pelo valor encontrado na simulação do consumo da residência, ressaltando a importância do planejamento no momento do dimensionamento levando em consideração os itens que a família pretende adquirir e o seu valor de consumo para que o sistema consiga atender a demandas futuras de forma eficiente.

Tendo em vista o valor médio de 174,24 KWh mensal, consumido na residência hipotética e com a tarifa mostrada acima, se faz necessário 10 anos e um mês para que o valor investido seja pago, tendo como expectativa de uso desse sistema de 25 anos ainda restaria cerca de 14 anos e onze meses de utilização de forma que o valor investido já estivesse pago.

Vale ressaltar a importância do cuidado dos materiais e manutenção dos equipamentos sempre que necessário, porém mesmo que com despesas esporádicas o valor da implementação ainda seria bastante válido, pois se considerar em conta os 14 anos e 11 meses que deixaria de ser consumido cerca de 174,24 KWh, ao deixar de pagar o valor com base na tarifa convencional, seria economizado cerca de R\$ 23.889,80 no valor cobrado pela companhia de energia, levando em conta que esses valores de tarifa e a quantidade de quilowatts que pudessem variar, mas para efeito de estudo os valores permaneceram de forma padronizado, desde que seja um projeto coerente simplificado e uma execução eficiente, reduzindo desperdícios.

Tornando-se assim um investimento muito favorável pelo ponto de vista financeiro e pelo ponto de vista sustentável mostrou-se neste trabalho o quanto a geração de energia solar fotovoltaica contribui para a conservação do meio ambiente ao ser utilizado uma fonte de energia limpa reduzindo assim impactos ambientais.

5. CONCLUSÃO

No que tange à utilização de energias renováveis, por ser uma fonte inesgotável, a energia solar é a com maior potencial para suprir a demanda de energia em escala global, principalmente por sua capacidade de ser levada a qualquer parte do mundo, alcançando lugares até então não atendidos pela rede de energia convencional, lugares como as comunidades ribeirinhas do município de Santarém - PA mas para que isso aconteça se faz necessário o aprimoramento do rendimento dos componentes envolvidos no sistema, juntamente como o barateamento da produção em larga escala. Portanto assim impulsionando o crescimento do setor e por consequência a difusão de sua utilização, o que fará com que se torne comum como fonte de captação de energia em muitos locais.

A presente pesquisa também teve como objetivo simular um consumo de uma residência, na comunidade dos ribeirinhos no município de Santarém – PA. Tendo em vista que a área representada não possui acesso à rede elétrica, devido a necessidade de utilização de algum equipamento eletrônico, se faz por meio de um gerador movido a diesel, mesmo que proporcionem energia por poucas horas a preços bem mais elevados. Foi obtido na simulação o consumo de equipamentos eletrônicos, caso fossem implementados neste sistema fotovoltaico isolado, onde esses moradores poderiam adquirir mais produtos que viessem contribuir para um melhoramento na qualidade de vida, como uma iluminação para que no período noturno pudessem aproveitar para desempenhar outras atividades, na questão de equipamentos para a refrigeração e conservação dos alimentos, outros que servissem como entretenimento e que pudessem trazer mais informações deixando esses locais remotos menos isolados de informações e conectados ao redor do mundo.

Os resultados econômicos são apenas uma parcela no incentivo para a adoção de elementos sustentáveis em moradias, priorizar por sistemas eficientes e assim contribuir para o uso consciente dos recursos naturais não esquecendo que a melhoria da qualidade da habitação e de seu entorno, são de extrema importância para a conscientização sobre as vantagens e benefícios das construções sustentáveis. Através desse estudo de caso podemos analisar a estimativa dos custos e assim analisar a viabilidade econômica da adoção de sistemas que promovam a sustentabilidade na habitação.

Por fim, o principal problema para a implementação desse projeto seria o investimento inicial necessário para a sua instalação, mesmo que em longo prazo este sistema demonstre ser lucrativo, visto que seus custos em manutenção e operação são pequenos. Porém os resultados econômicos é apenas uma parcela no incentivo para a adoção de elementos

sustentáveis em moradias, priorizando por sistemas eficientes e assim contribuir para o uso consciente dos recursos naturais , e a melhora na qualidade de vida das pessoas que vivem de forma isolada e poderiam acrescentar ao seu cotidiano diversas facilidades que as tecnologias proporcionam nos dias de hoje, tendo em vista que todas as pessoas independentes de quem sejam e onde vivam precisam ser assistidos pelas políticas de incentivos do governo.

6. REFERÊNCIAS

ALRIKABI, N. K. M. A., **Renewable Energy Types**, Journal of Clean Energy Technologies, Vol 2, janeiro 2014.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica, **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**, 3º Edição, 2008.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Resolução Normativa n 676**. 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015676.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Energia Solar no Brasil e Mundo** – ano de referência 2016. Disponível em: encurtador.com.br/alARY. Acesso em: 28 dez. 2021.

BRASIL. Ministério do meio ambiente. **Construção Sustentável**. Brasília, 2016.

BRASIL. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. 2012. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2022.

BHATIA, S. Chapter 2 - Solar radiations. In: BHATIA, S. Advanced renewable energy BLUESOL, ENERGIA SOLAR. **Livro Digital de Introdução aos Sistemas Solares**. 2016. Disponível em: <http://programaintegradoronline.com.br/wpcontent/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-SistemasSolares-novo.pdf>. Acesso em: 03 de jan. 2022.

BARRETO, Eduardo José Fagundes *et al.* Tecnologias de Energias Renováveis: **Soluções Energéticas para a Amazônia**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008.

Blue, S. E. S. **Sistema fotovoltaico off-grid (isolado): Você acha que sabe tudo?**. Bluesol, [21--]. Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/sistema-fotovoltaico-off-grid-isolado-voce-acha-que-sabe-tudo/>. Acesso em: 06 jan. 2022.

CASASOLAR, **Inversor 2000W 48/110V senoidal Epsolar - IP2000-41-Plus(T) SKU**. Disponível em: [https://recursos.minhacasasolar.com.br/MediaCenter/EPEVER-Datasheet-IPPLUS%20\(1\)%20\(4\).pdf](https://recursos.minhacasasolar.com.br/MediaCenter/EPEVER-Datasheet-IPPLUS%20(1)%20(4).pdf). Acesso em: 05 jan. 2022.

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

CMED - Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: 2. Ed. FGV, 1991.

CRESESB. **Centro de referência para as energias solar e eólica sérgio de s. brito**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/>. Acesso em: 01 jan. 2022.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Ed. Especial, 2004. Disponível em: Acesso em: 13 jan. 2022.

DGTECHINFO, **Bateria Solar Bateria 12ms234 Estacionaria Energia Solar 12v 220ah**. Disponível em: <https://dgtechinfo.com.br/bateria-solar-bateria-12ms234-estacionaria-energia-solar-12v-220ah-18053.html>. Acesso em: 05 jan. 2022.

EMBRAR, **Características do produto**. Disponível em: <https://www.embrar.com.br/controlador-carga-solar/p>. Acesso em: 05 jan. 2022.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA). **Natural gas, renewables projected to provide larger shares of electricity generation**. Disponível em: <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=21072>. Acesso em: 02 jan. 2022.

EPE, 2014. Nota Técnica DEA 19/14– **Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Brasil, Rio de Janeiro, 2014.

FASENERGIASOLAR, **mas o que é exatamente a string box?**. Disponível em: <https://fasenergiasolar.com.br/stringbox/>. Acesso em: 05 jan. 2022.

FILHO, E. R. **Conversores eletrônicos de potência para sistemas fotovoltaicos de baixa tensão conectados à rede elétrica**. Apresentação no iinova FV; Campinas-SP; março, 2012

FRAXE, T. J.; P. H. S.; W. A. C. **Comunidades ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais**. Manaus-AM: Universidade do Amazonas, v.02, 2007. Disponível em: https://transforma.fbb.org.br/storage/socialtecnologias/24/files/comunidades_ribeirinhas_modos_de_vida_web.pdf. Acesso em: 27 dez. 2021.

IMHOFF, J. **Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos**. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007. Disponível em: <<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1944/1/09-06%20TCC%20II%20-%20Fernanda%20e%20Rita%20de%20C%20C3%A1ssia-%20Corrigido.pdf>> Acesso em: 27 dez. 2021.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **energiaeambiente**. Energia Elétrica. [S.l.]. IEMA, 2019. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/um-milhao-estao-sem-energia-eletrica-na-amazonia-20191125>. Acesso em: 2 jan. 2022

LASCIO, M. A. Di; B. E. J. F. **Revista de energia e desenvolvimento sustentável para a amazônia rural brasileira: extensão da integração amazônica: eletrificação de cidades isoladas**. 01. ed. Brasília: Ltda, 2009. 192 p. v. 01. Disponível em: https://agritrop.cirad.fr/567794/1/solucoes_energeticas_para_a_amazonia.pdf. Acesso em: 6 mar. 2022.

MACEDO, M. A. DA S.; L. A.; A. K.; **Análise de viabilidade econômico-financeira de projetos agropecuários: o caso da implantação de um projeto de produção de produtos apícolas**. XLV Congresso da SOBER. Londrina. 2007.

OFERTAVIVA. **150a controlador solar pv bateria controlador regulador 12 v 24 v painel solar sistema de uso interno nova**. Disponível em:

<https://www.ofertaviva.com.br/produto/150a-controlador-solar-pv-bateria-controlador-regulador-12-v-24-v-painel-solar-sistema-de-uso-interno-nova.html>. Acesso em: 05 jan. 2022.

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

PINHO, J. T.; B.; C. F. O.; P. E. J. S.; S. H. M. S.; B. L. C. M.; GALHARDO, M. A. B.; MACÊDO, W. N. **Sistemas híbridos - Soluções energéticas para a Amazônia**. Brasília, Ministério de Minas e Energia, 2008

PINHO, J. T.; G.; M. A. (coord.). **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL – CRESESB, 2014.

PORTAL SOLAR, **Passo a passo da fabricação do painel solar**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/passo-a-passo-da-fabricacao-do-painel-solar.html>. Acesso em: 05 jan. 2022.

REIS, L. B. dos; F.; E. A. F. A.; C; C. E. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável**. 2.ed. Barueri,SP: Manole, 2012.

SEGUEL, J. I. L. **Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnico mppt e controle digital**. 2009. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-8CYMEY>. Acesso em 06/02/2022.

SILVA, A. S.; S.; M. R. P.; C. E. L. **Adaptação de um micro sistema de captação de água, a partir de fontes de energias renováveis para aplicação em unidade familiar em comunidades rurais de santarém**. Revista de Extensão da Integração Amazônica, Santarém - Amazonas, ano 12, v. 01, ed. 02, p. 12, 2016. Disponível em: <http://www.ufopa.edu.br/portaldeperiodicos/index.php/extensaodaintegracaoamazonica>. Acesso em: 6 mar. 2022.

SOLEENERGIAS, **Inversor Solar Fotovoltaico**. Disponível em: <https://soleenergias.com.br/inversor-solar-fotovoltaico/>. Acesso em: 05 jan. 2022

SPERTINO, F.; DI LEO, Paolo; C.; V. (2014). **Which are the constraints to the photovoltaic grid-parity in the main European markets?** Solar Energy, July, v. 105, p.390-400.

TUSPLACASSOLARES.ES, **Algunas conclusiones sobre baterías de electricidad para acumular la energía solar sobrante – excedentes**. Disponível em: <https://tusplacassolares.es/baterias-placas-solares/>. Acesso em: 05 jan. 2022

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

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Éric, 2015

VIVADECOR.A. **Descubra o preço de uma placa solar e se vale a pena usar no projeto**. Disponível em: <https://www.vivadecora.com.br/pro/placa-solar/>. Acesso em: 05 jan. 2022.

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC - Dielho Mariano Dantas de Moura

Assunto: TCC - Dielho Mariano Dantas de Moura
Assinado por: Dielho Mariano
Tipo do Documento: Tese
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Dielho Mariano Dantas de Moura, ALUNO (201522200347) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - CAJAZEIRAS, em 22/04/2022 22:30:42.

Este documento foi armazenado no SUAP em 22/04/2022. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 496454

Código de Autenticação: a1031e57a8

