

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA
CAMPUS VII – CODÓ/MA
LICENCIATURA INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIAS
NATURAIS/BIOLOGIA

MÁRIO DE SOUSA DA SILVA

**ESTUDO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA OFF GRID COMO
GERAÇÃO DE ENERGIA ALTERNATIVA**

Codó/MA

2023

MÁRIO DE SOUSA DA SILVA

**ESTUDO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA OFF GRID COMO
GERAÇÃO DE ENERGIA ALTERNATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura Interdisciplinar em Ciências Naturais/Biologia da Universidade Federal do Maranhão, Campus Codó, para obtenção de Licenciado em Ciências Naturais/Biologia.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Girlane Castro Costa Leite.

Codó/MA

2023

Silva, Mário de Sousa da.

Estudo de energia solar fotovoltaica off grid como geração de energia alternativa / Mário de Sousa da Silva. - 2023.

46 f.

Orientador(a): Gírlane Castro Costa Leite.

Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Naturais - Biologia, Universidade Federal do Maranhão, Codó- Maranhão, 2023.

1. Dimensionamento. 2. Energia Solar Fotovoltaica. 3. Residência Unifamiliar. 4. Sistema Off-grid. I. Leite, Gírlane Castro Costa. II. Título.

MÁRIO DE SOUSA DA SILVA

ESTUDO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA OFF GRID COMO
GERAÇÃO DE ENERGIA ALTERNATIVA

APROVADO EM 13 / 07 / 2023

Banca examinadora

Profa.Dra. Girlane Castro Costa Leite
(Orientadora- UFMA)

Prof. Dr. Alyson Bruno Fonseca Neves
(Examinador)

Prof. Me. Célio Diniz Rodrigues
(Examinador)

AGRADECIMENTOS

Por meio dessas palavras venho agradecer em primeiro lugar a Deus pelo dom da vida, pela oportunidade de realizar minha primeira formação superior. Quero estender os meus agradecimentos a minha orientadora da Universidade Federal do Maranhão, Professora Doutora Girlane Castro Costa Leite pela disponibilidade, compromisso, reponsabilidade; pelo suporte necessário para realização deste trabalho. Também agradeço aos pares colegas por tudo que contribuíram de forma direta e indireta na busca de meu diploma superior.

Além do mais, agradeço imensamente aos meus pais, minha querida avó que me deu força nos momentos que mais precisei com suas belas palavras, de modo geral todos os familiares, amigos que acreditaram em mim, obrigado pelas palavras de conforto nos momentos difíceis, obrigado por tudo que fizeram para realização deste sonho.

Por fim, estou muito feliz por esta realização, pois sei o quanto foi difícil chegar na faculdade e permanecer nela, mas a vontade de vencer me fez perder o medo e criar coragem para enfrentar os problemas; superei os desafios e cheguei aqui, meu muito obrigado a todos.

RESUMO

A energia solar fotovoltaica é uma fonte sustentável cada vez mais utilizada e com resultados satisfatórios. Sua relevância econômica e ambiental é notória, podendo atender famílias em locais isolados e sem gerar gases poluentes. Assim, a pesquisa teve como objetivo apresentar um estudo contextualizado sobre um sistema fotovoltaico off grid, apontando de forma clara e concisa os procedimentos, os equipamentos e o dimensionamento para implementação desse tipo de sistema para residências unifamiliares de baixa renda. Utilizou-se o método de pesquisa bibliográfica, com dados coletados nas bases de dados google acadêmico e Scielo. Os resultados evidenciaram que a utilização do sistema solar fotovoltaico off grid dura 25 anos e pode ser viável e compensatório economicamente.

Palavras-chaves: Energia Solar Fotovoltaica; Sistema Off-grid; Dimensionamento; Residência Unifamiliar

ABSTRACT

Photovoltaic solar energy is an increasingly used sustainable source with satisfactory results. Its economic and environmental relevance is notable, as it can serve families in isolated locations without generating polluting gases. Thus, the research aimed to present a contextualized study on an off-grid photovoltaic system, pointing out clearly and concisely the procedures, equipment, and sizing for implementing such a system for low-income single-family homes. The bibliographic research method was used, with data collected from the Google Scholar and Scielo databases. The results showed that the use of off-grid solar photovoltaic system lasts 25 years and can be economically viable and compensatory.

Keywords: Photovoltaic Solar Energy, Off-grid system, sizing, Single-family Residence

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Potência Instalada.....	16
Figura 2- Célula Fotovoltaica.....	16
Figura 3- Sistema Off grid.....	18
Figura 4- Sistema Conectado à Rede On grid.....	19
Figura 5- Sistema Híbrido.....	19
Figura 6- Módulo Fotovoltaico.....	20
Figura 7- Célula de Silício Monocristalino.....	21
Figura 8- Célula de Silício Policristalino.....	22
Figura 9- Célula de Silício Amorfo.....	22
Figura 10- Controlador de Carga.....	23
Figura 11- Bateria.....	23
Figura 12- Inversor.....	24
Figura 13- Avenida Cristóvão Colombo.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Consumo diário de energia elétrica.....	25
Tabela 2- Irradiação Solar Mensal em Codó, MA.....	26
Tabela 3- Materiais incluídos na revisão.....	32

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	JUSTIFICATIVA.....	11
1.2	OBJETIVOS.....	12
1.2.1	OBJETIVO GERAL.....	12
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	13
2.2	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	17
2.2.1	SISTEMAS OFF GRID.....	18
2.2.2	SISTEMAS CONECTADOS À REDE DE DISTRIBUIÇÃO.....	18
2.2.3	SISTEMAS HÍBRIDOS.....	19
2.3	COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID.....	20
2.3.1	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	20
2.3.1.1	CÉLULAS FOTOVOLTAICAS.....	20
2.3.1.1.1	CÉLULAS DE SILÍCIO MONOCRISTALINO.....	21
2.3.1.1.2	CÉLULAS DE SILÍCIO POLICRISTALINO.....	21
2.3.1.1.3	CÉLULAS DE SILÍCIO AMORFO.....	22
2.3.2	CONTROLADOR DE CARGAS.....	23
2.3.3	BATERIAS.....	23
2.3.4	INVERSOR CC/CA.....	24
2.4	DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA OFF GRID.....	24
2.4.1	LEVANTAMENTO DA DEMANDA E DO CONSUMO ELÉTRICO.....	24
2.4.2	LEVANTAMENTOS DOS ÍNDICES DE IRRADIAÇÃO SOLAR.....	25
2.4.3	DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.....	27
2.4.4	DIMENSIONAMENTO DO CONTROLADOR DE CARGA.....	27
2.4.5	DIMENSIONAMENTO DO BANCO DE BATERIA.....	28
2.4.6	DIMENSIONAMENTO DO INVERSOR.....	29
3	MÉTODOS.....	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
	REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

Um país é movido por energia, e ao longo do tempo aumenta-se mais ainda a demanda, principalmente por energia elétrica, tanto nas atividades cotidianas como na indústria. Porém, grande parte da população que a utiliza desconhece a sua fonte ou não se importa em saber qual foi a sua origem (PEREIRA, 2019). Dessa forma, com o advento da urbanização e o surgimento das atividades industriais, a busca por novas fontes energéticas se tornou um fator decisivo para o desenvolvimento de várias atividades humanas que surgiram neste novo panorama (BIZERRA; QUEIROZ; COUTINHO, 2018).

As energias renováveis ao longo dos últimos anos vêm ganhando corpo em todo o mundo como fontes importantes de energia. Seu crescimento rápido, particularmente no setor elétrico, é impulsionado por diversos fatores, entre eles a melhora da competitividade dos custos das tecnologias renováveis, iniciativas de políticas públicas específicas, melhor acesso a sistemas de financiamento, preocupações socioambientais e de segurança energética, demanda crescente de energia nas economias em desenvolvimento e a necessidade de acesso à energia moderna. Consequentemente, novos mercados para energia renovável centralizada e distribuída estão surgindo em todas as regiões (REN21, 2016).

Diversos fatores levaram pesquisadores e empresas do setor de energia a buscar alternativas viáveis a outras fontes de energia, incluindo as reservas limitadas destas fontes e os danos ambientais resultantes de sua extração e combustão, como poluição do ar e das águas, efeito estufa e aquecimento global. Esses problemas têm sido apontados por cientistas e ambientalistas como questões críticas a serem abordadas (BIZERRA; QUEIROZ; COUTINHO, 2018).

No entanto, com os questionamentos a respeito das consequências da geração de energia por fontes poluidoras, o mercado energético vem trabalhando com o conceito de sustentabilidade que se baseia na utilização dos recursos naturais no presente, de modo a garantir a mesma disponibilidade para gerações futuras (PINTO, 2015).

Diante disso, o uso de energias renováveis e limpas, com custo de produção acessível pode não somente substituir as antigas matrizes energéticas, em especial, as derivadas de combustíveis fósseis, mas alavancar a economia de forma pioneira

e sustentável de um país (SILVA, 2019). Dessa maneira, as energias renováveis assumem um papel fundamental no fornecimento de eletricidade com baixo impacto ao meio ambiente, como por exemplo, através do uso da energia solar fotovoltaica que tem mostrado forte crescimento dentre as renováveis (MAIA, 2018).

O Brasil possui grande potencial para o desenvolvimento da energia solar. Até agosto de 2018 foram realizadas em torno de 5.040 conexões de geração de energia pelo próprio consumidor – conhecida por micro e minigeração distribuída. Entre as energias renováveis mais utilizadas, a solar fotovoltaica é a fonte que mais se destaca (MACHADO, 2018).

Dito isto, existem três tipos de sistemas fotovoltaicos: o sistema isolado, também conhecido como off-grid, o sistema conectado à rede (On-Grid) e o sistema híbrido (RESENDE, 2019). As vantagens de um sistema solar fotovoltaico são diversas e vão desde se adaptar bem em lugares como paredes, telhados, até uma grande economia na conta de luz (SILVA; BRANDÃO, 2022). A grande utilização dessa fonte de energia em nosso país é um dos fatores que justificam a necessidade de se realizarem pesquisas mais aprofundadas que se relacionem com os custos de matérias, serviços, ferramentas e a qualidade dos materiais utilizados para todo este processo de geração de energia (BOSO; GABRIEL; FILHO, 2015).

A relevância desta pesquisa reside na promoção da discussão sobre diversidade energética, sustentabilidade e fator econômico, uma vez que o sistema isolado (Off-Grid) possui diversas aplicações, incluindo a geração de energia para cargas isoladas em instalações remotas, residências, edifícios, fazendas, zonas rurais, bem como para energização de cercas elétricas, sistema de iluminação pública, localidades sem rede de distribuição de energia elétrica (MATOS, 2018).

Nesse sentido, este trabalho apresenta um estudo teórico sobre um sistema fotovoltaico off grid com o objetivo de detalhar os procedimentos, equipamentos e dimensionamento para implementação desse tipo de sistema para residências unifamiliares de baixa renda.

A metodologia utilizada compreendeu uma pesquisa básica, de abordagem qualitativa, a partir de uma revisão bibliográfica, apresentando uma visão geral sobre um sistema solar fotovoltaico off grid.

Esta monografia está estruturada em cinco seções: a primeira seção contextualiza o tema, trazendo sua relevância e objetivos; a segunda apresenta o referencial teórico, utilizando trabalhos já realizados como base teórica; a terceira descreve a metodologia aplicada para atingir os objetivos da pesquisa; a quarta seção evidencia os resultados obtidos e apresenta uma discussão a partir da análise dos dados coletados; e, por fim, a quinta apresenta as considerações finais sobre o tema abordado.

1.1 JUSTIFICATIVA

Pensando em uma fonte de energia sustentável, onde as relações entre a sociedade e o meio ambiente, não comprometam as necessidades das gerações futuras; foi desenvolvido este trabalho, que se trata de um estudo teórico a cerca de um sistema solar fotovoltaico off grid, permitindo a sua utilização para contribuição de famílias e comunidades de baixa renda.

Um dos desafios muito discutido nos últimos anos é obter uma energia limpa necessária para minimizar os efeitos do aquecimento global, reduzir a dependência de outras fontes e aliviar o impacto ambiental e económico. Por essa razão, a energia solar fotovoltaica beneficiaria famílias de baixa renda e outras classes, pois o sistema apresenta uma mínima manutenção e um baixo custo em relação à sua vida útil. Desse modo, reduzindo consumo de energia elétrica e ainda contribuí para o meio ambiente e a população de modo geral, pois não gera emissão de gases poluentes.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho consiste em apresentar um estudo contextualizado sobre um sistema fotovoltaico off grid, apontando de forma clara e concisa os procedimentos, os equipamentos e o dimensionamento para implementação desse tipo de sistema para residências unifamiliares de baixa renda.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer um levantamento bibliográfico sobre sistemas fotovoltaicos off grid;
- Identificar os equipamentos que compõem um sistema off grid;
- Descrever o dimensionamento de um sistema off grid para uma residência unifamiliar.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar é uma fonte de energia natural essencial para a sobrevivência de toda forma de vida na terra, incluindo a fauna, a flora e o ser humano, o que a torna uma das energias mais promissoras. Ao longo dos tempos e com o avanço tecnológico foi possível converter a energia solar em energia elétrica, através da radiação da luz (ALENCAR, et al., 2017).

A produção de energia a partir do aproveitamento da energia solar em sistemas fotovoltaicos é dividida em três principais grupos: geração centralizada, geração isolada e geração distribuída.

A geração centralizada define-se pela produção de energia em larga escala e é disponibilizada no sistema elétrico através de linhas de transmissão; geração isolada ou sistema isolado define-se pela geração local de energia e serve para abastecimento em locais remotos; a geração distribuída o sistema está conectado à rede pública de distribuição, junto à unidade consumidora, disponibilizando a energia gerada em excedente à rede, sendo integrantes os sistemas de micro e minigeradores distribuídos (ROSA; GASPARIN, 2016).

Em 2012 essa modalidade de geração foi regulamentada pela ANEEL, através da Resolução Normativa nº 482/2012, que estabelecia as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica:

Art. 1º Estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica. Art. 2º Para efeitos desta Resolução, ficam adotadas as seguintes definições: I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

A resolução normativa de nº 482/2012 foi de suma importância para o avanço no mercado de GD (Geração Distribuída) brasileiro, entretanto foi preciso fazer algumas alterações. Foi então que em 24 de novembro de 2015 o governo federal sancionou a REN (Resolução Normativa) Nº 687/2015 que Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e merece destaque os seguintes pontos:

I - Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; II - Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

Com as alterações, o prazo para utilização dos créditos adquiridos pelo consumidor passou de 36 meses para 60 meses, uma melhora muito significativa, haja vista que muitas das vezes o tempo era muito pequeno para que o consumidor utilizasse todos os créditos gerados. Outro prazo alterado foi o tempo para que as distribuidoras analisem e aprovem a solicitação de acesso a conexão do sistema, esse prazo passou de 82 dias para 34 dias, grande incentivo para os consumidores, pois muitas vezes o tempo de análise das distribuidoras era um obstáculo para a instalação de um determinado projeto (SCHRIEFER; 2022).

Em 17 de outubro de 2017 uma pequena alteração foi feita novamente na Resolução 482/2012 no que tange à minigeração distribuída. Foi aprovada a Resolução Normativa 786/2017 que altera a minigeração distribuída de central geradora de energia elétrica com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3MW para 75 kW e menor ou igual a 5MW.

Em 6 de janeiro de 2022, foi publicada a Lei 14.300. Sanção do Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída como foi intitulada, garantiu para todas as unidades já existentes, ou que protocolarem acesso até 12 meses após publicação da mesma, a manutenção dos benefícios já obtidos até 2045. Além disso, definiu as regras que serão aplicadas durante e após a transição regulatória (MENEZES,2022).

Consumidores que protocolarem a solicitação de acesso após os 12 meses da publicação da Lei, ou seja, não tiverem direito adquirido, o faturamento será da seguinte forma: “geração junto à carga, Geração compartilhada, EMUC (empreendimento de múltipla unidade consumidora) ou Autoconsumo menor que 500 kW, o faturamento terá cobrança gradual da TUSD (Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição) fio B”. (MENEZES, 2022). A lei 14.300/2022 define que:

Art. 27. O faturamento de energia das unidades participantes do SCEE não abrangidas pelo art. 26 desta Lei deve considerar a incidência sobre toda a energia elétrica ativa compensada dos seguintes percentuais das componentes tarifárias relativas à remuneração dos ativos do serviço de distribuição, à quota de reintegração regulatória (depreciação) dos ativos de distribuição e ao custo de operação e manutenção do serviço de distribuição:

I - 15% (quinze por cento) a partir de 2023;

II - 30% (trinta por cento) a partir de 2024;

III - 45% (quarenta e cinco por cento) a partir de 2025;

IV - 60% (sessenta por cento) a partir de 2026;

V - 75% (setenta e cinco por cento) a partir de 2027;

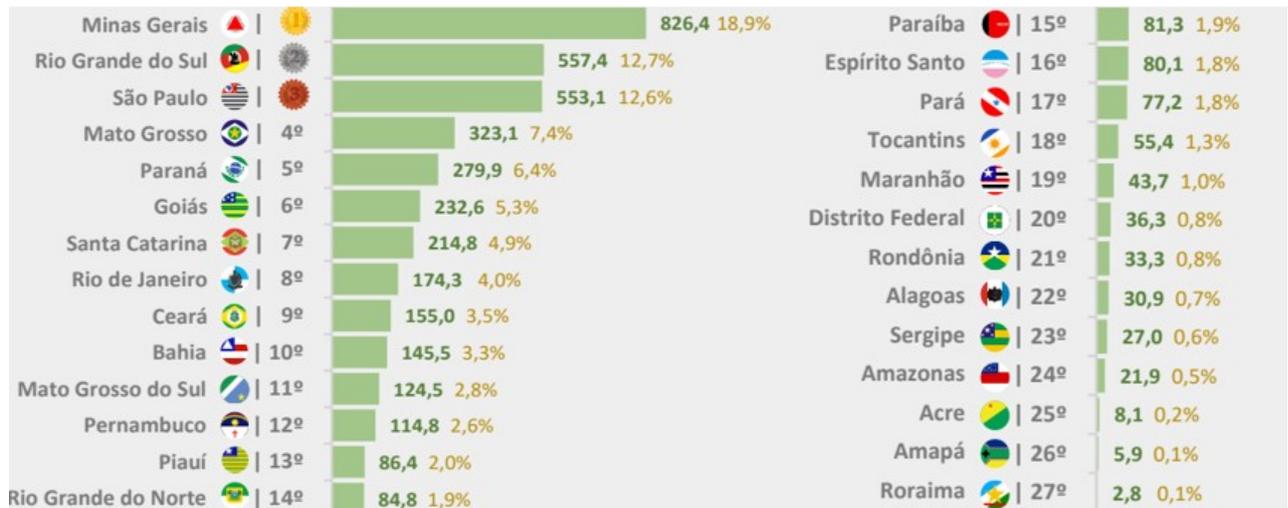
VI - 90% (noventa por cento) a partir de 2028;

VII - a regra disposta no art. 17 desta Lei a partir de 2029

Diante das questões mencionadas e das normas que regulamentam a produção de energia solar fotovoltaica brasileira é notório que algumas dessas questões impõem certos limites em sua promoção. É importante frisar que, dispomos de um dos maiores potenciais do mundo para o aproveitamento da energia solar, podendo ser utilizada em todo território brasileiro, por ser um país com alta taxa de incidência solar em todas as regiões e pela imensa extensão territorial (SILVA; BRANDÃO, 2022).

As regiões Nordeste e Centro-Oeste possuem os maiores potenciais de aproveitamento de energia solar, por seu clima favorável a instalações do sistema. Entretanto, a Figura 1 demonstra que a utilização da energia solar na região Sul é maior que em todas as regiões, apesar de ser menos favorecida em relação a incidência solar, e a sua produção em larga escala é promissora (SILVA; BRANDÃO, 2022).

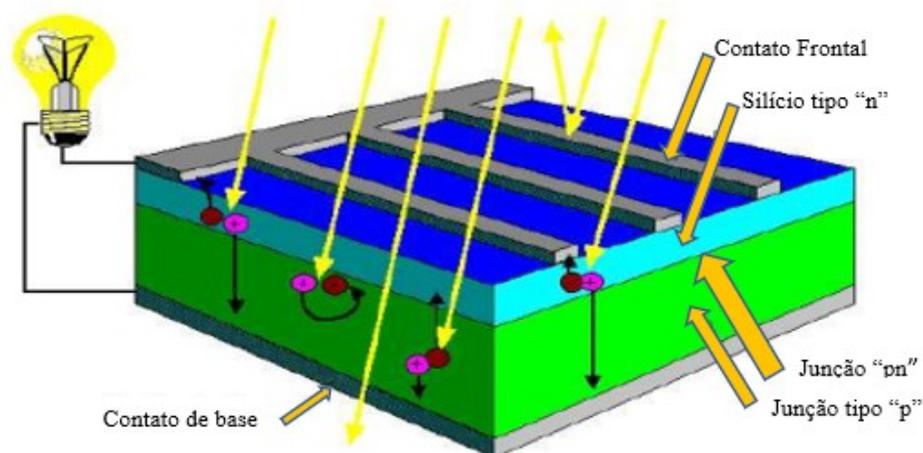
Figura 1- Potência Instalada



Fonte: ADAPTADO, ANEEL/ABSOLAR, 2021

A energia solar fotovoltaica é uma maneira de gerar energia elétrica através da conversão de radiação solar em energia elétrica, utilizando semicondutores de corrente contínua que geram o efeito fotovoltaico (MORAIS; BARBOSA, 2015). Dessa forma a energia luminosa provinda do Sol na forma de fótons, e tendo essas energias suficiente, cria um movimento de elétrons através da junção PN (célula fotovoltaica), como mostra a Figura 2. Desse modo, resulta no aparecimento de uma corrente elétrica (NETO, 2017).

Figura 2- Célula Fotovoltaica



Fonte: BATISTA, 2019

O descobrimento do efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmond Becquerel que percebeu que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas num eletrólito produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz (CÁMARA, 2011). Desse modo, percebeu-se sua utilidade em diversos aspectos.

Os aspectos positivos da utilização da energia solar fotovoltaica são diversos, quando comparados com fontes energéticas não renováveis. Assim, recursos naturais são favorecidos na utilização desse tipo de energia. Os efeitos poluentes como gases de efeito estufa (CO₂, CH₄, N₂O, entre outros), materiais particulados, óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂) e monóxido de carbono (CO) não são emitidos enquanto ocorre a geração de energia pelos painéis fotovoltaicos, beneficiando assim o meio ambiente de forma global (NEVES, 2019; Apud EPE, 2016).

2.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Sistema fotovoltaico (SFV) é a denominação que recebe o conjunto de elementos necessários para realizar a conversão direta da energia solar em energia elétrica, com características adequadas para alimentar aparelhos elétricos e eletrônicos (CARDOSO, 2019).

Alvarenga et al. (2017), afirma que são painéis compostos por células solares que tem como função converter diretamente a energia solar em eletricidade. São compostas por silício, que é um material semicondutor e que a ele, são acrescentadas substâncias, chamadas de dopantes, que favorecem para gerar o efeito fotovoltaico. Os sistemas fotovoltaicos são classificados em: Sistemas off grid, Sistemas conectados à rede On-Grid e Sistemas híbridos (LENBERTS, et al., 2010).

A geração de energia do sistema fotovoltaico depende de algumas características, tais como: eficiência dos módulos, coeficientes de temperatura, posicionamento do painel fotovoltaico (orientação e inclinação), características dos inversores (eficiência) e do nível anual da irradiação no local (kWh/m²). Outro fator importante a ser observado é a ocorrência de sombreamento de parte do painel que pode comprometer significativamente a geração de energia, com isso acaba reduzindo o desempenho do sistema fotovoltaico (LAMBERTS, et al., 2010).

2.2.1 SISTEMAS OFF GRID

O sistema off grid depende unicamente da radiação solar para gerar energia elétrica através dos painéis fotovoltaicos. Esse tipo de sistema (Figura 3) geralmente, possui um sistema de armazenamento de energia constituído por um banco de baterias e necessita, dependendo da aplicação, de controladores de carga e inversores CC/CA. O sistema off grid para geração de energia é caracterizado por não se conectar à rede elétrica (BORTOLOTO, et al., 2017)

Figura 3- Sistema Off grid



Fonte: BORTOLOTO, et al, 2017

2.2.2 SISTEMAS CONECTADOS À REDE DE DISTRIBUIÇÃO

O sistema fotovoltaico conectado à rede também é conhecido como on grid ou grid tie (Figura 4). Esse sistema, nada mais é do que um gerador de energia que utiliza como fonte de eletricidade a energia proveniente do sol. O sistema on grid dispensa o uso de baterias, pois toda potência gerada pelo sistema fotovoltaico é consumida pelas cargas ou é injetada diretamente na rede elétrica (BORTOLOTO, et al., 2017).

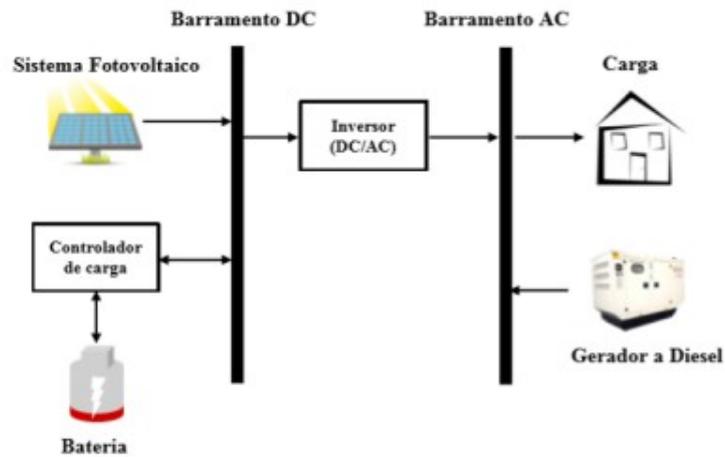
Figura 4- Sistema Conectado à Rede On grid



Fonte: NEOSOLAR, (2016)

2.2.3 SISTEMAS HÍBRIDOS

Sistemas híbridos, como mostra na Figura 5, são aqueles que apresentam diversas fontes para a geração de energia diferenciada, como em turbinas eólicas, um moto-gerador a combustível líquido (ex.: diesel) entre outras (OLIVEIRA, et al., 2017). De acordo com Santos (2018, p. 60) “Em geral, os sistemas híbridos são empregados para sistemas de médio a grande porte, vindo a atender um número maior de usuários. Por trabalhar com cargas de corrente contínua, o sistema híbrido também apresenta um inversor”.

Figura 5- Sistema Híbrido

Fonte: NOVA, 2018

2.3 COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID

Um sistema fotovoltaico off grid é composto por: um painel fotovoltaico alimentando diretamente uma carga com um dispositivo de armazenamento de energia (bateria), um controlador de carga e um conversor (um Inversor CC-CA), que fornece a alimentação adequada para cargas (PINHO; GALDINHO, 2014).

2.3.1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Um módulo fotovoltaico (Figura 6), é composto por um conjunto de células fotovoltaicas conectadas eletricamente, com a finalidade de produzir valores de tensão e corrente elétrica. As células fotovoltaicas podem ser associadas em série e/ou em paralelo de forma a se obterem os níveis de tensão e corrente desejado (PINTO, 2015).

Figura 6- Módulo Fotovoltaico

Fonte: ARISTONE, 2018

2.3.1.1 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

A célula fotovoltaica compreende-se como um dispositivo semicondutor que produz corrente elétrica, quando exposta à radiação eletromagnética emitida pelo Sol (SANTOS; PAESE, 2019). O principal material na fabricação das células fotovoltaicas é o silício (Si), que é considerado o segundo elemento químico mais abundante na terra. Ele tem sido explorado dentre diversas formas: cristalino, policristalino e amorfo (ALMEIDA, et al., 2016).

Ele passa por um processo químico para criar uma camada de carga positiva e uma camada de carga negativa. Quando a luz solar atinge uma célula fotovoltaica, um elétron é desalojado. Esses elétrons são recolhidos por fios ligados à célula, formando uma corrente elétrica (CAMARGO, 2016).

Segundo Nascimento (2014, p.13). “Uma célula fotovoltaica não armazena energia elétrica. Apenas mantém um fluxo de elétrons estabelecidos num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela. Este fenômeno é denominado Efeito fotovoltaico”.

2.3.1.1.1 CÉLULAS DE SILÍCIO MONOCRISTALINO

Na célula composta pelo silício monocristalino (Figura 7), tem-se um único cristal de silício. Dessa maneira, a topologia do silício monocristalino possui maior eficiência em comparação à do silício policristalino (NARUTO 2017).

Figura 7- Célula de Silício Monocristalino

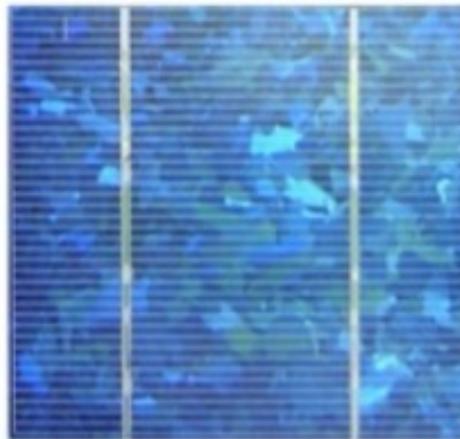


Fonte: OLIVEIRA,2019

2.3.1.1.2 CÉLULAS DE SILÍCIO POLICRISTALINO

As células compostas pelo silício policristalino (Figura 8), são diversos cristais fundidos e solidificado para dar origem a uma única célula (NARUTO 2017). “O que difere essas células são suas características específicas como tamanho, morfologia e concentração de impurezas”.

Figura 8- Célula de Silício Policristalino



Fonte: OLIVEIRA,2019

2.3.1.1.3 CÉLULAS DE SILÍCIO AMORFO

Uma célula de silício amorfo (Figura 9), difere das demais estruturas cristalinas por apresentar alto grau de desordem na estrutura dos átomos. A utilização desse tipo de silício para a fabricação das células fotovoltaicas possui algumas vantagens, tanto nas propriedades elétricas quanto no processo de fabricação. Por poder ser fabricado com a deposição de vários tipos de substratos, esse tipo de silício possui um baixo custo se comparado aos outros dois tipos citados acima. As desvantagens do silício amorfo estão na baixa eficiência de conversão da energia luminosa, se comparado com as células mono e policristalinas, e ocorre ainda um processo de degradação da estrutura reduzindo a vida útil da célula (MATAVELLI; 2013).

Figura 9- Célula de Silício Amorfo



Fonte: OLIVEIRA,2019

2.3.2 CONTROLADOR DE CARGAS

O controlador de carga (Figura 10), é um dispositivo responsável por regular e gerenciar o fluxo energético dos geradores fotovoltaicos para as baterias, buscando otimizar o banco de baterias, desconectando o gerador quando a carga máxima estiver sendo atingida. Ele tem como objetivo também evitar descarga profunda após longo período sem geração e proteger contra o aumento excessivo de consumo ou uma possível intervenção humana (LINS, 2018).

Figura 10- Controlador de Carga



Fonte: MORAIS; BARBOSA, 2015

2.3.3 BATERIAS

A bateria (Figura 11), tem como função o armazenamento de energia elétrica por meio de um processo eletroquímico de oxirredução ocorrido em seu interior, podendo ser recarregável. Chamadas de células secundárias ou não células primárias, as baterias recarregáveis e aplicáveis por um longo período de tempo se

fazem necessárias em sistemas fotovoltaicos isolados para atender a demanda nos períodos de geração insuficiente, ou seja, à noite, dias nublados ou chuvosos, etc. (LINS, 2018).

Figura 11- Bateria



Fonte: MORAIS; BARBOSA, 2015

2.3.4 INVERSOR CC/CA

O inversor tem a função de proporcionar a compatibilidade dos níveis de tensão de saída aos equipamentos ligados a ele e também é utilizado para a conversão da corrente contínua (CC) gerada pelos módulos fotovoltaicos para ser possível o consumo em corrente alternada (CA), no qual operam a grande maioria dos aparelhos elétricos. Esta conversão é realizada pelo inversor (Figura 12), (LINS, 2018).

Figura 12- Inversor



Fonte: MORAIS; BARBOSA, 2015

2.4 DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA OFF GRID

O dimensionamento de sistema off grid deve ser projetado de modo que a energia gerada pelo sistema deve atender ao pior caso, isto é, suprir o mês de menor irradiação disponível para que não falte energia durante o mês de menor geração, que neste caso é o mês de maior consumo (SANTOS; PAESE, 2019). Dessa forma, para apresentar a realização de um dimensionamento, este trabalho considerou um consumo elétrico hipotético de aparelhos eletrônicos e elétricos residenciais de uso diário.

2.4.1 LEVANTAMENTO DA DEMANDA E DO CONSUMO ELÉTRICO

A princípio foi feito um levantamento das cargas e, com base no consumo (Wh/dia) dessas cargas, foi calculado o consumo diário total que o sistema deve ser capaz de fornecer. Assim, foi possível dimensionar todos os componentes do sistema para que a energia fornecida pela luz solar fosse suficiente para atender à demanda necessária.

Segue abaixo a Tabela 1 contendo a quantidade de equipamentos utilizados, a potência de cada um (em Watt), a quantidade de horas de funcionamento e o consumo diário.

Tabela 1- Consumo diário de energia elétrica

Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Uso(h/dia)	Consumo (Wh/dia)
Lâmpada de led	5	60	5	1500
Tv	1	60	5	300
Ventilador	1	42	7	294
Geladeira	1	23	24	552
Total	8	185		2646

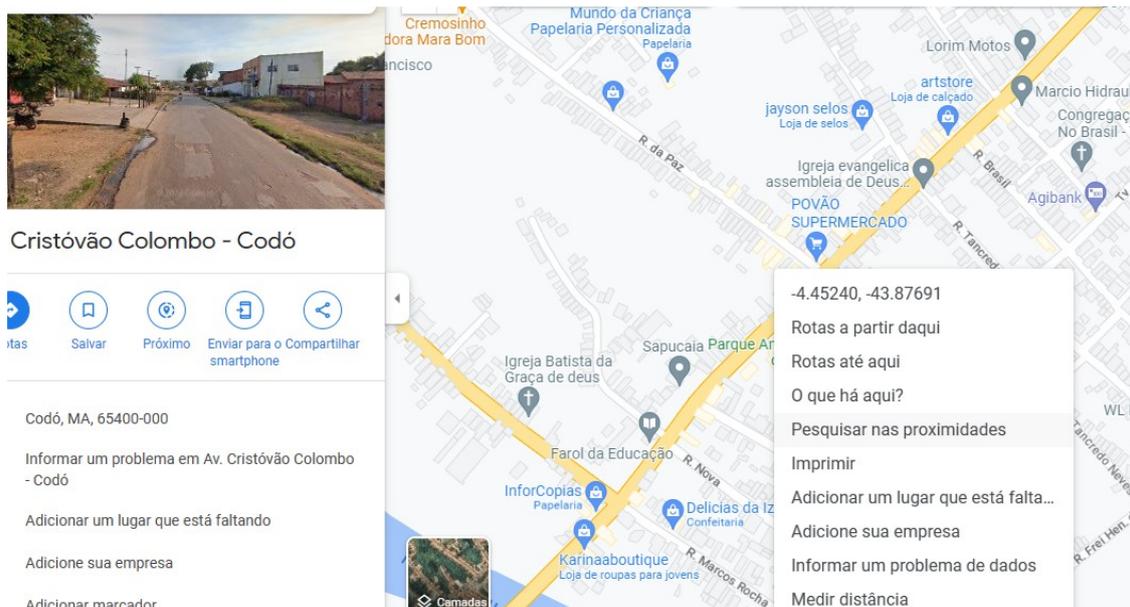
Fonte: Autoria própria

Segundo Barbosa (2014), para fazer um correto dimensionamento de todo o sistema fotovoltaico é importante considerar, além das condições de radiação da localidade e das características das cargas, os níveis de tensão CC/CA em que o sistema irá operar e, também, as perdas envolvidas nos equipamentos do sistema.

2.4.2 LEVANTAMENTOS DOS ÍNDICES DE IRRADIAÇÃO SOLAR

Para a realização de um projeto de um sistema solar fotovoltaico é necessário uma série de fatores, entre tantos, conhecer a irradiação solar do local onde o sistema será instalado, pois os fatores climáticos influenciam diretamente no correto dimensionamento. O local a ser considerado para realização do dimensionamento foi a Avenida Cristóvão Colombo, situada na cidade de Codó no estado do Maranhão. Para encontrar as coordenadas geográficas do local foi utilizado o google maps, onde foram identificadas suas coordenadas (Latitude -4.45240 e Longitude -43.876991), Figura 13.

Figura 13- Avenida Cristóvão Colombo



Fonte: Autoria própria

Por meio dessas coordenadas foi possível obter os índices de irradiação solar do local através do sistema do CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito), onde a média diária de irradiação solar foi de 5,38 kWh/m² por dia, (Tabela 2).

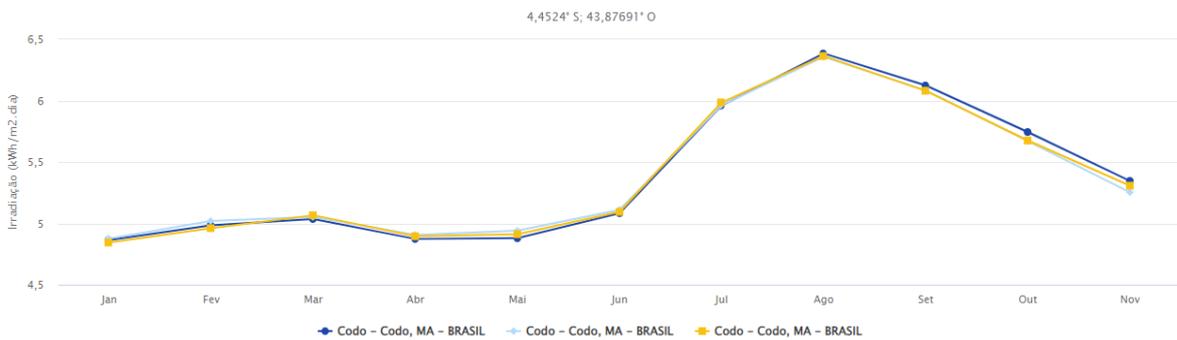
Tabela 2- Irradiação Solar Mensal em Codó, MA

Localidades próximas

Latitude: 4.4524° S
Longitude: 43.87691° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]		Distância [km]	Mês												Média	Delta	
					Latitude [°]	Longitude [°]		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez			
✓	Codo	Codo	MA	BRASIL	4.501° S	43.849° O		6,2	4,88	4,99	5,04	4,87	4,88	5,08	5,32	5,96	6,39	6,12	5,74	5,35	5,38	1,52
✓	Codo	Codo	MA	BRASIL	4.401° S	43.849° O		6,5	4,88	5,02	5,05	4,91	4,94	5,11	5,36	5,96	6,36	6,08	5,67	5,25	5,38	1,48
✓	Codo	Codo	MA	BRASIL	4.501° S	43.949° O		9,7	4,84	4,96	5,07	4,89	4,91	5,09	5,37	5,99	6,36	6,08	5,68	5,31	5,38	1,52

Irradiação Solar no Plano Horizontal para Localidades próximas



Fonte: CRESESB

2.4.3 DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Para realizar o dimensionamento dos módulos fotovoltaicos é preciso levar em consideração todas as perdas elétricas ocorridas. Diante disso, aconselha-se dimensionar o sistema sobre 90% do consumo. Assim:

$$E = 0,9 \times 2646 = 2381,4 \text{ Wh} \quad (1)$$

Serão usados os dados já apresentados para obter a potência do arranjo e posteriormente a quantidade de painéis necessários de acordo com a potência do painel escolhido. A fórmula utilizada para esse cálculo foi indicada pelo Manual de

Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos do CRESESB. É mostrada a seguir pela equação 2.

$$P = \frac{\left(\frac{E}{T_D} \right)}{HSP}$$

(2)

onde, P é a potência, E é o consumo diário, T_D é a taxa de desempenho, que segundo o CRESESB é em torno de 0,8, pois sistemas apresentam uma perda de 20% (considerando sombreamento, poeira, sujeiras etc.) e HSP é a média anual incidente no plano horizontal. Assim:

$$P = \frac{(2381,4)}{\frac{0,8}{5,38}} = 553,30 \text{ W} \quad (3)$$

Para encontrar o número de módulos fotovoltaicos foi utilizada a equação 4, onde a potência do painel escolhido foi de 250 Wp. Dessa forma, é possível observar que serão necessários 3 painéis para suprir a demanda de energia da Tabela 1.

$$N^{\circ} \text{ depainéis} = \frac{P}{P_{max}} = \frac{553,30}{250} = 2,2132 \cong 3 \text{ painéis} \quad (4)$$

2.4.4 DIMENSIONAMENTO DO CONTROLADOR DE CARGA

Segundo Meneses (2018), o dimensionamento do controlador de carga tem como propósito impedir descargas profundas ou sobrecargas da bateria. Dessa forma, o controlador de carga controla a tensão recebida e fornecida pela bateria.

O dimensionamento do controlador de carga é definido pela razão entre a potência de geração do sistema e a tensão utilizada da bateria (equação 5). Nesse caso foi escolhida uma bateria de 24V para compor o sistema. Dessa forma, temos:

$$I_{\text{controlador}} = 2381,4 / 24 \quad (5)$$

$$I_{\text{controlador}} = 99,2 \text{ A} \quad (6)$$

onde, $I_{\text{controlador}}$ é a corrente mínima do controlador. Conforme os dados obtidos, o sistema necessitará de pelo menos um controlador de 100 A.

2.4.5 DIMENSIONAMENTO DO BANCO DE BATERIA

As baterias constituem a fonte de energia para as cargas durante a noite ou períodos de baixa radiação solar. De acordo com Barbosa (2014), esta etapa pode ser considerada como uma das mais importantes no dimensionamento de um sistema fotovoltaico isolado, pois, devido aos altos custos das baterias e uma vida útil bastante reduzida com a profundidade de descarga, a escolha da bateria constitui um processo bastante criterioso.

Dito isto, o banco de baterias será responsável pelo fornecimento de energia elétrica ao inversor, para alimentar as cargas mesmo em períodos que a geração fotovoltaica seja mínima ou nula. Desse modo, a quantidade de energia que o banco de baterias é capaz de acumular é que irá ditar o tempo de autonomia do sistema com todas as cargas em funcionamento (BARBOSA, 2024).

Com o consumo de energia elétrica estipulado em 2646 Wh/dia, o banco de baterias foi dimensionado garantindo uma autonomia mínima de 48 horas (2 dias) e o cálculo da energia consumida necessária para essa autonomia é dado pela equação 7

$$E_C = E_{CD} \times N_{\text{autonomia}} \quad (7)$$

onde, E_C é a energia consumida, E_{CD} é a energia consumida diariamente e $N_{\text{autonomia}}$ é a quantidade de dias de autonomia. Assim:

$$E_C = 2646 \times 2 = 5292 \text{ Wh} \quad (8)$$

Para o cálculo da energia armazenada no banco de baterias utilizou-se a equação 9

$$E_A = E_C / P_D \quad (9)$$

$$E_A = 5292 / 0,2 = 26460 \text{ W} \quad (10)$$

onde, E_A é a energia armazenada no banco e P_D é a profundidade de descarga permitida (20%).

Após encontrar a energia armazenada, o próximo passo é calcular a capacidade do banco de baterias, que pode ser obtida pela equação 11. Lembrando que anteriormente foi escolhida uma bateria de 24 V para compor o sistema.

$$C_{BB} = E_A / V_{banco} \quad (11)$$

onde, C_{BB} é a capacidade de banco de baterias, E_A é a energia armazenada no banco e V_{banco} é a tensão do banco de baterias. Dessa forma, obtemos:

$$C_{BB} = 26460 / 24 \quad (12)$$

$$C_{BB} = 1102,5 \text{ Ah} \quad (13)$$

Por fim, foi realizado o cálculo para encontrar a quantidade de baterias necessárias para incluir no sistema fotovoltaico off grid. Esse número de baterias pode ser encontrado usando a equação 14.

$$\text{Quantidade de baterias} = C_{BB} / \text{Amperagem da Bateria} \quad (14)$$

A escolha da amperagem da bateria, assim como os demais equipamentos, foi pensada para um sistema com menor custo. Dessa forma a bateria escolhida foi 150 A. Assim, temos:

$$\text{Quantidade de baterias} = 1102,5 / 150 \quad (15)$$

$$\text{Quantidade de baterias} = 7,35 \cong 8 \text{ baterias} \quad (16)$$

2.4.6 DIMENSIONAMENTO DO INVERSOR

Como a energia proveniente dos painéis fotovoltaicos é em corrente contínua (CC) e muitos dos equipamentos que utilizamos são fabricados para corrente alternada (AC), os inversores são utilizados com o objetivo de modificar a tensão de entrada. O inversor deve ser dimensionado para uma potência igual ou superior à potência de pico do conjunto de módulos ligados em série (DIAS, 2016).

Para realizar esse dimensionamento, o cálculo é expresso pela seguinte equação:

$$P_{inv} = P_{mod} \times N_{mod} \times F_{seg} \quad (17)$$

onde, P_{inv} é a potência mínima do inversor, P_{mod} é a potência dos módulos fotovoltaicos, N_{mod} é o número de módulos fotovoltaicos e F_{seg} é o fator de segurança de 30% (1,3). Logo:

$$P_{inv} = 250 \times 3 \times 1,3 \quad (18)$$

$$P_{inv} = 975 \text{ W} \quad (19)$$

3 MÉTODOS

Nesta seção, serão abordados todos os aspectos metodológicos da pesquisa realizada, descrevendo os procedimentos necessários para alcançar o objetivo geral. Esse estudo teve por finalidade realizar uma pesquisa de natureza básica,

uma vez que gera conhecimento, focando na melhoria de teorias científicas já existentes.

Para alcançar os objetivos propostos, foi utilizado um procedimento técnico de pesquisa bibliográfica. Essa categoria de pesquisa é desenvolvida baseada em materiais já publicados. Incluindo, dentre eles: relatórios de pesquisa, livros, artigos científicos, teses e dissertações (PRODANOV; FREITAS, 2013). Dessa forma, a realização do trabalho seguiu alguns passos, que envolveram, levantamento bibliográfico preliminar, coleta de dados, dimensionamento, análise crítica dos estudos e discussão dos resultados.

A busca dos estudos foi realizada em bases de dados como Scielo, e Google acadêmico, durante os meses de dezembro a fevereiro. Para efetivar a primeira seleção dos materiais, palavras de busca foram incluídas em conjunto com operadores Booleanos (AND, OR), onde foram realizados os mesmos cruzamentos em ambas bases de dados.

Para elegibilidade do estudo, alguns critérios de seleção foram considerados. Dessa forma, como critérios de inclusão foram selecionados estudos dos últimos dez anos nos idiomas português e inglês. Foram excluídos materiais inconclusivos ou com alto risco de viés.

Procedeu-se à etapa de seleção dos materiais. Inicialmente, realizou-se a análise dos títulos e resumos dos registros, a fim de verificar sua relevância para o tema abordado. Posteriormente, todo o conteúdo dos textos selecionados foi minuciosamente examinado, visando a obtenção de informações pertinentes para a discussão da temática em questão.

2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com bases nos critérios de seleção estabelecidos, foram selecionados 8 estudos, onde buscou-se analisar os principais materiais sobre um sistema solar fotovoltaico off grid, tendo em vista apontar os procedimentos, os equipamentos e o dimensionamento para implementação desse tipo de sistema para residências unifamiliares de baixa renda.

Na tabela 3 a seguir, apresenta-se a síntese dos materiais incluídos na presente revisão.

Tabela 3- Materiais incluídos na revisão

Título do estudo	Autor	Ano	Tipo de estudo	Objetivo
Estudo de Viabilidade da Utilização de Sistemas Solares Fotovoltaicos Comparados ao Sistema de Energia Elétrica Convencional	Antonio Helly Santiago Junior; Ricardo Lopes; Helenton Carlos da Silva	2016	Artigo	Verificar a viabilidade da utilização de sistemas solares fotovoltaicos em unidades residenciais, comparando o valor de implantação dos sistemas com o valor pago pela energia elétrica convencional nas unidades consumidoras, considerando uma projeção de 25 anos
Geração de energia solar on grid e off grid	Valter A. Bortoloto; André Souza; Guilherme Goes; Marcio A. Martins; Murilo J. Berghe; Gustavo Kimura Montanha	2017	Artigo	Nortear os interessados na produção de energia fotovoltaica, comparando-se os métodos on grid e off grid, na otimização de custos e melhor aproveitamento da tecnologia de geração fotovoltaica
Análise de Custos dos Sistemas Fotovoltaicos on-	Ana Cláudia Marassá Roza Boso; Camila Pires			Compreender de que maneira o sistema fotovoltaico poderia ser utilizado como alternativa

grid e off-grid no Brasil	Creiasco Gabriel; Luís Roberto Almeida Gabriel Filho	2015	Artigo	de energia elétrica para populações de regiões de difícil acesso
Implantação de um Sistema de Fotovoltaico off-grid na Região do Pantanal Sul-mato-grossense	Gabriel França de Abreu; Andréa Teresa Riccio Barbosa; Sandro Petry Laureano Leme	2018	Artigo	Este trabalho tem como objetivo implantar um sistema de geração solar fotovoltaica na região do Pantanal Sul-Matogrossense, estudar a sua viabilidade, comparar com outras formas de eletrificação e mostrar os possíveis impactos ambientais causados por outras fontes de energia
Sistema fotovoltaico autônomo inteligente em áreas rurais para famílias de baixa renda	Altair Antunes Moreira; Eduardo Bueno; Antônio Pedro Tessaro	2017	Artigo	Desenvolvimento de um projeto de sistema de geração solar fotovoltaica, direcionado para implantar no meio rural para famílias de baixa renda
Dimensionamento de um Sistema Solar Fotovoltaico Isolado	Igor Smale Barros Barbosa	2014	Monografia	Dimensionar e projetar um sistema solar fotovoltaico isolado residencial
Sistema Solar Fotovoltaico Isolado Para Atendimento de	Araceli Patricio Maria	2017	Monografia	Dimensionar um sistema fotovoltaico isolado, necessário para suprir a demanda elétrica de 03

Residências no Litoral Paraná			a	residências, com base no levantamento de algumas cargas essenciais
Projeto e Implantação da Sustentabilidade Residencial Voltada a População de Baixa Renda	Ana Júlia Lima Meneses	2018	Monografia	Planejar e executar o projeto de inclusão do viés sustentável em uma casa emergencial de uma comunidade carente de Curitiba, através de um projeto de iluminação interna a partir de geração de energia off-grid

Junior e colaboradores (2016) analisaram a viabilidade da utilização de sistemas fotovoltaicos (off grid e on grid) em unidades residenciais, com enfoque na comparação dos custos de implantação desses sistemas em relação aos valores pagos pela energia elétrica convencional nas unidades consumidoras ao longo de um período de 25 anos.

O estudo revela que o sistema solar fotovoltaico off grid teve um custo de aproximadamente 7 vezes maior que o sistema convencional e que o sistema solar fotovoltaico on grid teve um custo de aproximadamente 2,3 vezes mais do que o sistema convencional. Esses dados nos revelam que, mesmo os valores sendo consideravelmente elevados, os “sistemas solares fotovoltaicos podem se tornar viáveis em breve”, se forem estabelecidas leis que incentivem à instalação de sistemas fotovoltaicos.

A análise dos estudos realizada por Bortoloto, et al, (2017) norteiam os interesses na produção de energia fotovoltaica, comparando-se os sistemas on grid e off grid, na otimização de custos e melhor aproveitamento da tecnologia de geração fotovoltaica. Os resultados das análises desse artigo enfatizam a importância de uma consulta detalhada do dimensionamento para escolha de qual sistema utilizar.

Ao instalar esses sistemas em residência, deve-se avaliar alguns pontos importantes que poderão direcionar a uma melhor tomada de decisão. pois o sistema off grid possui suas vantagens e desvantagens, assim, como outros sistemas. Este artigo traz um levantamento minucioso para implantação do sistema, algo que em outros artigos lidos não exemplifica de forma detalhada todos os procedimentos.

Os estudos de Boso; Gabriel; Filho (2015) demonstram de maneira mais concreta quais seriam as vantagens e/ou desvantagens que tornam a fonte de energia off grid como uma possibilidade viável para uma melhor inserção da mesma como recurso econômico e social. Como método de trabalho foram analisados relatórios de algumas empresas especializadas em sistemas fotovoltaicos e artigos sobre o tema. Também foi analisado o orçamento de duas empresas sobre a instalação de um sistema autônomo (off-grid) e três orçamentos de um sistema conectado à rede de transmissão de energia elétrica (on-grid).

Os resultados mostram que o “custo do kWh da energia gerada pelas usinas hidrelétricas é de aproximadamente R\$ 0,55 e o custo do kWh da energia fotovoltaica é R\$ 0,13”. Diante disso é notório que ambos os sistemas (off-grid e on-grid) são benéficos para redução de custos de energia elétrica gerada por recursos hídricos.

Apesar dos custos de aquisição de ambos os sistemas off-grid (média 28.083,00) e on-grid (média 17.660,00) serem elevados para boa parte da população brasileira, estes se tornam um recurso alternativo de baixo custo ao longo prazo (Boso; Gabriel; Filho, 2015). Desse modo, a análise demonstra que o sistema off-grid tem o custo mais caro, em contrapartida, o sistema on-grid é mais acessível e garante à residência créditos em energia sendo estes convertidos ao final do mês em redução de custos na conta de luz.

O trabalho de Abreu; Barbosa; Leme (2018) evidencia que o sistema fotovoltaico off grid é o mais viável em relação a outras fontes de energia; seu artigo teve como objetivo a implantação de um sistema de geração solar fotovoltaica off grid na região do Pantanal Sul-mato-grossense e o estudo da sua viabilidade para comparar com outras formas de eletrificação; o procedimento metodológico considerou-se três opções: a primeira foi adquirir energia pela concessionária, a

segunda com a utilização de gerador de energia a diesel e a terceira pelo uso de sistemas fotovoltaicos off-grid.

Foram realizados estudos de custo de implantação de cada uma delas, para escolher a opção mais viável e que causasse menos impactos ambientais. A análise de viabilidade considerou que de “acordo com os custos de implantação e manutenção em um período de 25 anos, que é o tempo de vida útil dos módulos fotovoltaicos, a implantação do sistema solar fotovoltaico off-grid é muito mais acessível e econômico de ser adquirido”.

De acordo com Abreu; Barbosa; Leme (2018) foi possível verificar que a implantação de um sistema de energia fotovoltaica off grid é mais viável economicamente e ambientalmente, comparado as outras formas de eletrificação na região do Pantanal, pois seu tempo de operação é alto e os custos com manutenção são baixos. Além de não causar impactos ambientais como degradação do meio ambiente emitindo gases nocivos e colocando em risco a fauna e flora.

Moreira; Bueno; Tessaro, (2017), tiveram como propósito em seu trabalho o desenvolvimento de um projeto de sistema de geração solar fotovoltaica, direcionado para implantar no meio rural para famílias de baixa renda. Dessa forma, apresentaram como método a análise do consumo médio mensal de energia elétrica em uma residência urbana com perfil semelhante a uma residência em área rural não conectada à rede elétrica. A potência total dos aparelhos foi de 419 Watts e o consumo total diário era de 1365 Watt hora/dia.

Seus estudos revelaram, que o dimensionamento do sistema proposto atendeu a demanda necessária, apesar do grande empecilho da implantação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica off grid, que atualmente é alto. Essa visão é notória em todos os trabalhos discutidos, porém, observa-se que com a demanda em alta da utilização dos sistemas, supõe-se que tende a baixar o custo dos componentes.

Conforme Barbosa (2014), antes de aderir ao sistema off – grid, é importante ter um planejamento inicialmente detalhado; em seu trabalho, que teve como objetivo dimensionar e projetar um sistema solar fotovoltaico isolado residencial, e teve como método revisão bibliográfica, ele fez um levantamento de cargas e, com

base no consumo médio dos equipamentos, foi calculado o consumo diário total que o sistema deveria ser capaz de fornecer.

É importante deixar claro, que um bom projeto fotovoltaico requer um compromisso entre a demanda esperada de energia e a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos a fim de maximizar à unidade a relação “consumo/disponibilidade de energia”. Outra questão fundamental, segundo (BARBOSA ,2014) é fazer uma “análise minuciosa dos equipamentos a serem escolhidos, observando sempre o custo e os benefícios trazidos para o projeto em estudo”.

Dentre tantos os benefícios a serem analisados são a vida útil dos equipamentos, a quantidade de energia gerada pelos módulos fotovoltaicos, a quantidade de energia armazenada nas baterias e as características elétricas dos demais equipamentos que precisam estar de acordo com as normativas vigentes (BARBOSA ,2014).

O custo alto envolvido com a reposição de itens em um determinado período com o sistema de armazenamento de energia, é o que pesa na hora de sua implementação desse sistema, mas, “esse tipo de geração de energia é solução viável e atraente para comunidades isoladas e sem acesso a rede de energia elétrica”. É compreensível esse entendimento do autor, pois, os trabalhos analisados demonstraram que o sistema solar fotovoltaico off grid compensa para famílias onde não existe a rede de distribuição ou para um consumo que exige pouca demanda.

O trabalho (MARIA, 2017), teve como objetivo dimensionar um sistema fotovoltaico isolado, necessário para suprir a demanda elétrica de 03 residências, com base no levantamento de algumas cargas essenciais; o método utilizado em seu trabalho foi revisão bibliográfica e pesquisa de campo em três casas em um município do litoral do Paraná, para levantamento do consumo.

Segundo Maria (2017) o consumo estimado da casa 1 em Wh/dia, foi de 3224; da casa 2, foi 1302 e da casa 3, foi 1278, “Para o sistema proposto foi feito o levantamento de todas as cargas, porém foi possível analisar que a demanda necessária para o sistema se tornaria inviável, pois a demanda necessária seria alta”.

Diante disso, é plausível supor que o sistema proposto pela autora inviabilizaria no custo final, haja vista que os componentes do sistema são caros e sua manutenção também. Comparado com outros trabalhos, esse projeto foi insuficiente pelo fato de não especificar se sua implementação atenderia as três casas ao mesmo tempo ou somente uma das três. Mas é sabido que a implementação do sistema off-grid dimensionado de maneira correta tem capacidade de suportar o consumo total das cargas, ainda que o custo final não compense.

Os estudos de Meneses (2018) tiveram como objetivo a implementação de um sistema off grid em uma residência de moradores de baixa renda de uma das comunidades carentes de Curitiba. O método realizado consistiu do levantamento de conteúdo técnico-bibliográfico que serviu de base para o entendimento e o dimensionamento técnico necessário na construção do projeto.

Foi levantado o consumo total das cargas, a partir de então, iniciou o dimensionamento do sistema, que segundo Meneses (2018) o “objetivo foi atingido com sucesso”. O consumo de energia da família na residência analisada era baixo e conseqüentemente isso influenciou diretamente no custo do sistema, pois uma vez que o consumo de energia aumenta, isso interfere no preço do sistema.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida revelou que as energias renováveis vêm contribuindo de forma promissora com a matriz energética brasileira. Entre essas fontes alternativas, a energia solar fotovoltaica tem se destacado exponencialmente. Esse avanço é fruto do aprimoramento tecnológico e do desenvolvimento de políticas públicas que estimulam o consumidor a compreender sua importância do ponto de vista econômico e sustentável.

Os objetivos do estudo foram alcançados visto que foi possível a realização do levantamento bibliográfico, a identificação dos equipamentos do sistema off grid e a realização do seu dimensionamento.

Com isso, foi possível constatar que o tema em questão é de grande relevância, abrangendo não apenas aspectos econômicos, mas também outros elementos essenciais, como o conceito de sustentabilidade, vislumbrando um futuro promissor tanto para o meio ambiente quanto para os seres vivos de forma geral.

Através dessa pesquisa, observou-se que a irradiação solar brasileira está entre as mais favoráveis quando comparada a outros países. Isso resulta em uma eficiente produção de energia e, conseqüentemente, na crescente utilização do sistema solar. Os dados de 2021 revelaram que as regiões Sul e Sudeste lideram em número de instalações do sistema, evidenciando um crescimento positivo em todo o Brasil. Esses resultados destacam o potencial do país para a expansão da energia solar e a importância de políticas e incentivos que promovam o uso de sistemas fotovoltaicos.

Outro fator importante encontrado é que o sistema isolado (Off-Grid) apresenta diversas aplicações, o que proporciona uma variedade de benefícios aos consumidores. Entre eles, destacam-se: a capacidade de acesso à energia em regiões remotas, uma vez que é independente da rede de distribuição convencional; a eliminação da necessidade de pagar contas de luz; e a presença de sistemas de armazenamento de energia, entre outras vantagens.

Além disso, o estudo revelou que o sistema off grid possui uma vida útil média de cerca de 25 anos e apresenta um custo inicial relativamente baixo se comparado à sua durabilidade. No entanto, é importante realizar uma análise cuidadosa antes de aderir ao sistema off grid, levando em consideração o conjunto de componentes necessários e as manutenções ao longo do tempo, uma vez que o custo total pode se tornar inviável.

Assim, conclui-se que, esse estudo contribui para a geração de energia em residências de baixa renda, pois o sistema solar fotovoltaico off grid mostrou-se uma alternativa promissora para a produção de energia, além de auxiliar na redução dos custos com eletricidade. É importante ressaltar que cada caso deve ser avaliado individualmente, levando em consideração as necessidades específicas de cada família e as características da região. Dessa forma, no contexto das residências de baixa renda, o sistema off grid pode oferecer uma solução viável e sustentável para suprir suas demandas energéticas.

Diante de tais considerações, recomenda-se para trabalhos futuros, uma pesquisa de estudo de caso, realizando uma análise detalhada dos custos para implementação de um sistema off grid e seus benefícios para residências de baixa renda.

REFERÊNCIAS

ABREU, Gabriel França de; BARBOSA, Andréa Teresa Riccio; LEME, Sandro Petry Laureano. Implantação de Um Sistema de Fotovoltaico off-grid na Região do Pantanal Sul-Mato-Grossense. IX **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental** São Bernardo do Campo/SP. 2018. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2018/X-010.pdf>. Acesso em: 20 de Mar de 2023.

ALENCAR, Maria Patrícia de; NETO, José Leandro de Almeida; MARANHÃO, Thércia Lucena Grangeiro; TAVARES, Cristiano Viana Cavalcanti Castellão. Políticas Públicas para micro e minigeração de energia solar no estado do Ceará: um estudo levando-se em consideração o contexto nacional e municípios no semiárido cearense.2017. **Id on Line Rev. Mult. Psic.** V.11, N. 39. 2017 - ISSN 1981-1179. Disponível em:

<https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/987/1413>. Acesso em: 05 de Mar de 2023.

ALMEIDA, Eliane; ROSA Ana Clara; DIAS, Fernanda Cristina Lima Sales; BRAZ Kathlen Thais Mariotto; LANA, Luana Teixeira Costa; SANTO, Olívia Castro do Espírito; SACRAMENTO Thays Cristina Bajur. Energia Solar Fotovoltaica: revisão bibliográfica. **Revista Fumec**. Minas Gerais. v. 1 n. 2 Mar 2016. Disponível em: <http://revista.fumec.br/>. Acesso em: 08 de Jan de 2023.

ALVARENGA, Alexandre Calheiros; JUNIOR, Edison Alves Portela; CONCEIÇÃO, Mauro da; JORGE, Tauã Borges; SILVA, Valter Crespo da; JUNIOR, Valter Lima. Dimensionamento de Sistema Fotovoltaico Autônomo: Uma aplicação para Estações de Telecomunicações. 2017. **Revista de Trabalhos Acadêmicos-campus Niterói**, 2017. Disponível em: <http://www.revista.universo.edu.br/index.php?journal=1reta2&page=article&op=view&path%5B%5D=3643&path%5B%5D=2292>. Acesso em: 13 de Mar de 2023.

BARBOSA, Igor Smale Barros. **Dimensionamento De Um Sistema Solar Fotovoltaico Isolado**. 2014. 91 p. Monografia (Bacharel em Engenharia Elétrica) Centro de Engenharia Elétrica e Informática, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2014. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/18389/1/IGOR%20SMALE%20BARROS%20BARBOSA>. Acesso em: 28 de Mar de 2023.

BIZERRA, Ayla Márcia Cordeiro; QUEIROZ, Jorge Leandro Aquino de; COUTINHO, Demétrios Araújo Magalhães. O Impacto Ambiental Dos Combustíveis Fósseis e Dos Biocombustíveis: As Concepções De Estudantes Do Ensino Médio Sobre o Tema. **Revista Brasileira de Educação Ambiental Revbea**, São Paulo, V. 13, No 3: 299-315, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/2502/1562>. Acesso em 02 de Mar de 2023.

BORTOLOTO, Valter A; SOUZA, A; GOES, G; MARTINS, Marcio A; BERGHE, Murilo J; MONTANHA, Gustavo Kimura. **Geração de Energia Solar On grid e Off grid**. In: 6ª JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA FATEC DE BOTUCATU, 6; 2017, São Paulo. **Jornacitec** Botucatu–São Paulo. Out de 2017. Disponível em: <http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/>. Acesso em: 12 de Jan de 2023.

BOSO, Ana Cláudia Marassá Roza; GABRIEL; Camila Pires Cremasco; FILHO, Luís Roberto Almeida Gabriel. Análise de Custos dos Sistemas Fotovoltaicos On-grid e Off-grid no Brasil. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 8, n. 12, 2015, p. 57-66, 2015. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/4ccc/75c3595bd05e3a16c19ce15f143e58aa4bb2.pdf>. Acesso em: 05 de Jan de 2023.

BRAIL. Rede de Políticas de Energia Renovável Para o Século 21. 2016. Disponível em: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REN21_GSR2016_KeyFindings_port_02.pdf. Acesso em 02 de Mar de 2023.

BRASIL, Lei Nº 14.300, de 6 De Janeiro De 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/l14300.htm. Acesso em: 13 de Mar de 2023.

BRASIL, Resolução Normativa Nº 482, De 17 De Abril de 2012. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Resolu%C3%A7%C3%A3o%20Normativa>. Acesso em: 12 de Mar de 2023.

BRASIL, Resolução Normativa Nº687, DE 24 DE Novembro DE 2015. Disponível em: <https://ensolarecia.com.br/wp-content/uploads/2020/03/RN-687-Aneel.pdf>. Acesso em: 12 de Mar de 2023.

CÂMARA, Carlos Fernando. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. 2011. 68 p. Monografia (especialização em Energias Alternativas) Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2011. Disponível em: <https://www.solenerg.com.br/pdf>. Acesso em: 24 de Jan de 2023.

CAMARGO, Cristina Aparecida. **Energias Renováveis: A Terminologia da Energia Solar Fotovoltaica em Português Brasileiro e Seus Aspectos Fraseotermiológicos**. 2016. 131 p. Dissertação (Mestre em Letras: Estudos Linguísticos) Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes Programa de Pós-Graduação em Letras (Mestrado), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2016. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/4105/1/000223478.pdf>. Acesso em: 10 de Mar de 2023.

CARDOSO, Hérica Carolinne Campos. **Estudo de Sistemas Híbridos de Energia Solar Fotovoltaica e Células a Combustível: Um Estudo de Caso Aplicado ao Instituto Federal de Goiás-Câmpus Itumbiara**. 2019. 64 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Itumbiara, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/271/1/tcc>, pdf. Acesso em 10 de Jan de 2023.

CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Rio de Janeiro 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 05 de Abr de 2023.

DIAS, Adélio José de Andrade. **Estudo Sobre a Viabilidade De Aplicação De Painéis Solares Fotovoltaico Na Região De Caruaru**. 2016. 68 p. Projeto de Curso (Engenharia Civil) Centro Acadêmico Do Agreste, Universidade Federal De Pernambuco, Caruaru, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/46055/1/DIASAndrade.pdf>. Acesso em: 30 de Mar de 2023.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, p. 452. 2016. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos>. Acesso em: 12 de Mar de 2023.

JUNIOR, Antonio Helly Santiago; LOPES, Ricardo; SILVA, Helenton Carlos da. Estudo de Viabilidade da Utilização de Sistemas Solares Fotovoltaicos Comparados

ao Sistema de Energia Elétrica Convencional. **Revista TechnoEng**-ISSN 2178-3586, v. 1, n. 1, 2016. Disponível em: <https://www.phantomstudio.com.br/index.php/RTE/article/view/865/pdf>. Acesso em: 21 de Mar de 2023.

LAMBERTS, Roberto; GHISI Eneir; PEREIRA, Cláudia Donald; BATISTA, Juliana Oliveira. Casa Eficiente: Consumo e Geração de Energia. **LabEEE** Florianópolis, v. 2, 76 p. Jan de 2010.

LINS, Laís Rayne Pinheiro. **Dimensionamento de Sistema Fotovoltaico Off-grid para Escritório Móvel**. 2018. 66 p. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/54898/1/2018_tcc_lrpins.pdf. Acesso em: 27 de Jan de 2023.

MACHADO, Matheus Dos Santos. **Geração de Energia Elétrica Através de Painéis Fotovoltaicos**. 2018. 65 p. Dissertação (Graduação em Engenharia Elétrica) Universidade de Taubaté, São Paulo; 2018. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/pdf>. Acesso em: 05 de Jan de 2023.

MAIA, Sardinha Rian. **Energia Solar: O Desenvolvimento de Um Novo Mercado**. 2018. 87 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024980.pdf>. Acesso em: 02 de Jan de 2023.

MARIA, Araceli Patricio. **Sistema Solar Sotovoltaico Isolado Para Atendimento de Residências no Litoral Paraná**. 2017. 67 p. Monografia (Especialização Energias Renováveis) Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

MATAVELLI, Augusto Cesar. **Energia solar: Geração de Energia Elétrica Utilizando Células Fotovoltaicas**. 2013. 34 p. Monografia (Engenharia Ambiental) Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena – SP 2013. Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2013/MEQ13015.pdf>. Acesso em: 13 de Mar de 2023.

MATOS, Cícero Tadeu Pereira de Freitas. **Implementação de um Sistema Autônomo para Alimentação de Iluminação Pública e Ponto de Carregamento de Aparelhos Eletrônicos**. 2018. 63 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2018. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/839>. Acesso em: 09 de Fev de 2023.

MENESES, Ana Júlia Lima. **Projeto e Implantação da Sustentabilidade Residencial Voltada a População de Baixa Renda**. 2018. 113 p. Monografia (graduação em Engenharia de Controle e Automação) Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Curitiba, 2018. Disponível em:

MENEZES, Mariana Pereira. **Impactos da Lei 14.300 na Viabilidade de Usinas de Micro e Minigeração Fotovoltaica: Estudo de Caso no Ceará**. 2022. 56 p.

Monografia (Engenharia Elétrica) Centro de Tecnologia Departamento de Engenharia Elétrica Curso de Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em:

https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/67636/3/2022_tcc_mpmenezes.pdf. Acesso em: 20 de Mar de 2023.

MORAES, Bruno Carlos Dos Santos; BARBOSA, Charles Renato Pinto. **Projeto de Aquecimento Solar Térmico-Fotovoltaico Off grid de Piscinas**. 2015. 57 p.

Trabalho de Conclusão de curso (graduação em Engenharia de Energia)

Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2015. Disponível em: <https://bdm.unb.br/pdf>. Acesso em: 05 de Jan de 2023.

NARUTO, Denise Tieko. **Vantagens e Desvantagens da Geração Distribuída e Estudo de Caso de um Sistema Solar Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica**.

2017. Projeto de Graduação (Engenharia Elétrica) Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em:

<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10020290.pdf>. Acesso em: 10 Mar de 2023.

NASCIMENTO, Cássio Araújo. **Princípio de Funcionamento da Célula**

Fotovoltaica. 2014. 21 p. Monografia (Especialização em Fontes alternativas de energia) Universidade Federal de Lavra, Minas Gerais, 2014. Disponível em: <https://www.solenerg.com.br/pdf>.

Acesso em: 20 de Jan de 2023.

NETO, Francisco Alexandre. **Análise do Efeito das Variáveis Radiação Solar e Temperatura Ambiente no Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Off-grid**.

2017. 131 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017. Disponível em:

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/pdf>. Acesso em: 07 de Jan de 2023.

NEVES, Guilherme Macedo Das. **Externalidades Ambientais da Energia Solar Fotovoltaica e da Energia Termelétrica a Gás Natural: Estudo de Caso no Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília**.

2019. 77 p. Monografia (Bacharel, Engenharia Ambiental) Faculdade de Tecnologia Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/DF. 2019. Disponível em:

https://bdm.unb.br/bitstream/10483/24646/1/2019_GuilhermeMacedoDasNeves_tcc.pdf.

Acesso em: 10 de Mar de 2023.

OLIVEIRA, Sandra Tatiane Martins; MIRANDA, Amanda; KLEPA, Rogério Bonette;

SANTANA, José Carlos Curvelo. Energia Híbrida e Suas Aplicações em Sistemas Fotovoltaicos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS,

INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 6; 2017, São Paulo. VI **singep** – São Paulo –

SP – Brasil Nov de 2017. Disponível em: <http://www.singep.org.br/6singep/resultado/156.pdf>. Acesso em: 25 de Jan de 2023.

PEREIRA, Naron Xavier. **Desafios e Perspectivas da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Geração Distribuída vs Geração Centralizada**. 2019. 86 p. Dissertação

(Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade Estadual Paulista “Júlio de

Mesquita Filho”, Sorocaba, 2019. Disponível em:
https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/181288/pereira_nx_me_soro.pdf.
 Acesso em: 02 de Jan de 2023.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel- Cresesb. 2014. 530 p.

PINTO, Marina Aparecida. **Utilização de Painéis Solares Fotovoltaicos no Segmento Residencial**. 2015. 70 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/>, pdf. Acesso em: 07 de Fev de 2023.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª edição. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 P.

RETORTA, F. S. et al. Análise de Sistemas Fotovoltaicos OFFGRID na região do Pantanal Sulmatogrossense. **Ciudad del Este, Paraguay**, v. 21, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Fabio-Retorta/publication>. Acesso em: 22 de Mar de 2023.

REZENDE, Jaqueline Oliveira. **A importância da energia solar para o desenvolvimento sustentável**. Ponta grossa (PR): Atena, 2019. 165 p.

ROSA, Antonio Robson Oliveira da; GASPARIN, Fabiano Perin. Panorama Da Energia Solar Fotovoltaica No Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar Ano 7 Volume VII Número 2 Dezembro de 2016** p. 140 – 147. Disponível em: <https://rbens.org.br/rbens/article/view/157/155>. Acesso em: 12 de Mar de 2023.

SANTOS, Alexsander Saves dos. **Energia Fotovoltaica: A Percepção de Estudantes e a Confecção de um Sistema de Iluminação Sustentável e de uma Cartilha como Propostas de Educação Ambiental**. 2018. 149 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Universidade Brasil, Fernandópolis, 2018. Disponível em: <https://universidadebrasil.edu.br/> pdf. Acesso em: 26 de Jan de 2023.

SANTOS, Elias Eduardo Kessler Xavier; PAESE, Fernando Eugenio Hagemeyer. **Comparação de Viabilidade Econômica Entre Instalações On-grid e Off-grid Residenciais** 2019. 77 p. Trabalho de conclusão do curso (Graduação em Engenharia Elétrica) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/>. Acesso em: 08 de Jan de 2023.

SCHRIEFER, Dictmar Hans. **Estudo da alteração da Resolução Normativa nº 482/2012 e seus impactos no mercado de geração fotovoltaica**. 2022. Monografia (Bacharel em Engenharia Elétrica) Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, MG. 2022. Disponível em: <https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/4066/6/MONOGRAFIA>. Acesso em: 12 de Mar de 2023.

SILVA, Gesiel Gomes; BRANDÃO, Maria Eduarda Oliveira. Energia Solar Fotovoltaica: Estudo Sobre a Matriz Energética e Também Sobre os Níveis de

Incidência Solar no Município de Luziânia. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba v.8, n.1, p.2688-2702 jan. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifg.edu.br/bitstream/prefix/989/1/artigo>. Acesso em: 15 de Jan de 2023.

SILVA, Jefferson Viana da. **O Impacto Das Energias Renováveis Na Economia**. 2019. 28 p. Monografia (Bacharel em Economia) Unisul, Universidade Do Sul De Santa Catarina, Palhoça. 2019. Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8008/1/JEFFERSON_VIANA_DA_SILVA%5B903-1-836559%5DJEFFERSON_VIANA_DA_SILVA.pdf. Acesso em: 02 de Mar de 2023.