

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

KARLA LAYANA MILHOMEM PIRES

NATHIELLY RAMOS DOS SANTOS

**ENERGIA SOLAR A PARTIR DE CÉLULAS
FOTOVOLTAICAS PARA UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

ANÁPOLIS / GO

2020

KARLA LAYANA MILHOMEM PIRES

NATHIELLY RAMOS DOS SANTOS

**ENERGIA SOLAR A PARTIR DE CÉLULAS
FOTOVOLTAICAS PARA UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: EDUARDO MARTINS TOLEDO

ANÁPOLIS / GO: 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

PIRES, KARLA LAYANA MILHOMEM/ SANTOS, NATHIELLY RAMOS DOS

Energia Solar a partir de Células Fotovoltaicas para uma Residência Unifamiliar.

50 P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2020).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 1. Sistema Fotovoltaico | 2. Efeito fotovoltaico |
| 3. Radiação Solar | 4. Energia Solar |
| I. ENC/UNI | II. Bacharel |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PIRES, Karla Layana Milhomem; SANTOS, Nathielly Ramos dos. Energia Solar a partir de Células Fotovoltaicas para uma Residência Unifamiliar. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 50 p. 2020.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Karla Layana Milhomem Pires

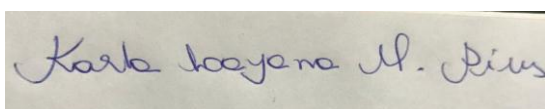
Nathielly Ramos dos Santos

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Energia Solar a partir de células Fotovoltaicas para uma residência Unifamiliar

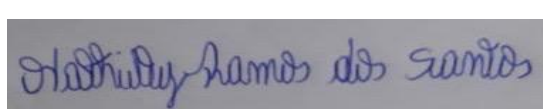
GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2020

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Karla Layana Milhomem Pires
E-mail: karlalmpires@gmail.com



Nathielly Ramos dos Santos
E-mail: ramosnathielly@gmail.com

KARLA LAYANA MILHOMEM PIRES

NATHIELLY RAMOS DOS SANTOS

**ENERGIA SOLAR A PARTIR DE CÉLULAS
FOTOVOLTAICAS PARA UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

**EDUARDO MARTINS TOLEDO, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADOR)**

**VANESSA HONORATO DOMINGOS, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**PAULO ALEXANDRE DE OLIVEIRA, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 04 de dezembro de 2020

RESUMO

A energia é um recurso fundamental para a nossa sobrevivência, tem-se buscado por modelos de energias limpas e renováveis capazes de suprir a necessidade humana e que não cause impactos ao meio ambiente. O presente trabalho tem por objetivo expor sobre a geração de energia elétrica através do sistema fotovoltaico, determinando uma proposta de implantação de um sistema *On-grid* para uma residência unifamiliar, incluindo a história da energia fotovoltaica, sua fabricação, modo de funcionamento, assim como a análise da viabilidade econômica do sistema e documentação necessária para aprovação na concessionária local. O estudo de caso realizado em 2020 mostrou ser viável a instalação desse sistema em residências unifamiliares, mesmo tendo um alto investimento inicial, especialmente para famílias de baixa renda, o sistema se paga no 6º ano, mostrando-se rentável após este período.

Palavras-chaves: Células fotovoltaicas, Energia solar, Sistema *On-grid* e Sistema *Off-grid*.

ABSTRACT

Energy is a fundamental resource for our survival, we have been looking for models of clean and renewable energies capable of meeting human needs and that do not impact the environment. The present work aims to expose about the generation of electric energy through the photovoltaic system, determining a proposal for the implementation of an On-grid system for a single family home, including the history of photovoltaic energy, its manufacture, mode of operation, as well as the analysis of the economic viability of the system and the necessary documentation for approval by the local concessionaire. The case study carried out in 2020 proved to be viable to install this system in single-family homes, even with a high initial investment, especially for low-income families, the system pays for itself in the 6th year, proving to be profitable after this period.

Keywords: Photovoltaics cells, solar Energy, On-grid System and Off-grid System.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distância entre o Sol e a Terra	14
Figura 2: Fluxos de energia em um sistema interconectado.....	17
Figura 3: Sistema Fotovoltaico Autônomo.....	18
Figura 4: Representação de célula, módulo e painel fotovoltaico.	19
Figura 5 - Bateria de Energia Solar Tesla.....	22
Figura 6: Estrutura de Fixação.....	23
Figura 7: Funcionamento do Sistema Fotovoltaico.....	29
Figura 8: Conta de energia da residência unifamiliar.....	30
Figura 9: Local da Residência unifamiliar.	31
Figura 10: Irradiação Solar em horas (média Anual).	32
Figura 11: Resultado de Cálculo pelo simulador solar.....	35
Figura 12: Inversor e painéis solares.	37
Figura 13: Resumo das etapas para conexão da geração ao sistema de distribuição.	39
Figura 14: Forma de conexão do a cessante à rede BT da Enel.	41

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Custo de Disponibilidade.	32
Tabela 2: Resumo do Sistema Dimensionado.	37
Tabela 3: Fluxo de Caixa.....	43

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

A	Ampère
Ah	Ampère hora
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
GW	GigaWatt
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
km	Quilômetro
kW	QuiloWatt
kWh	QuiloWatt hora
m ²	Metro Quadrado
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i> (Rastreador de Máximo ponto de Potência)
TWh	TeraWatt hora
V	Volt
Wh	Watt hora

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 JUSTIFICATIVA.....	11
1.2 OBJETIVOS	12
1.2.1 Objetivo geral	12
1.2.2 Objetivos específicos.....	12
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 ENERGIA SOLAR	14
2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	15
2.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	15
2.4 TIPOS DE SISTEMA FOTOVOLTAICOS	16
2.4.1 Sistema fotovoltaico interligado a rede (<i>On-Grid</i>).....	16
2.4.2 Sistemas fotovoltaicos autônomos (<i>Off-Grid</i>).....	17
2.5 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NOS GERADORES FOTOVOLTAICOS.....	18
2.5.1 PAINEL FOTOVOLTAICO.....	18
2.5.2 Baterias.....	19
2.5.3 Regulador de Tensão.....	22
2.5.4 Inversores	23
2.5.5 Estruturas de Fixação	23
2.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS	24
2.7 INCENTIVOS PARA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA	25
2.7.1 Incentivos em Goiás.....	25
3 METODOLOGIA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.1 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA	28
3.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	28
3.3 CONCEPÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	28
4 PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO	30
4.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA	30
4.1.1 Análise Preliminar.....	30
4.1.2 Análise do Consumo de Energia Elétrica.....	32
4.1.3 Dimensionamento do gerador solar	34
4.1.4 Orçamento e detalhamento para o microgerador solar.....	35

4.1.5	Resumo do Sistema.....	37
4.2	REQUISITOS PARA CONEXÃO DE MICROGERAÇÃO AO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA ENEL	38
4.3	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA	41
4.3.1	Tempo de retorno do investimento	41
5	CONCLUSÃO.....	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial, que atualmente tem mais de 7 bilhões e pode chegar a 9 bilhões até o ano de 2050 segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU), é necessário proporcionar melhores alternativas energéticas as gerações futuras, pesquisas relacionadas a utilização de fontes de energia renováveis e limpas têm ganhado destaque e relevância. Dentre tantas fontes de energias renováveis, a radiação solar se destaca por ser proveniente de uma fonte inesgotável de energia e capaz de suprir a necessidade humana.

A energia emitida pelo sol na Terra é 10.000 vezes maior que o consumo necessário no mundo, o que torna o Sol uma fonte infinita de energia. Apenas a luz do sol tem a capacidade de produzir 1700 kWh em média de energia elétrica anualmente por metro quadrado (BRAKMANN ET ALI, 2003).

A radiação solar é transformada em energia elétrica, utilizando o sistema fotovoltaico, através de materiais semicondutores dispostos em painéis interligados entre si. Observou-se pela primeira vez esse efeito em 1839, pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel quando estava realizando experiências com eletrodos, mas somente em 1954, nos Estados Unidos, houve a construção da primeira célula fotovoltaica utilizando o silício, pelo Laboratório Bell (TOLMASQUIM, 2003).

Em nível global, os países desenvolvidos se sobressaem na política de incentivo a implantação e utilização da tecnologia por células fotovoltaicas. Na Europa, alguns países têm recebido incentivos para a utilização de energia solar. Isto, para que o setor comece a ganhar em escala e possa reduzir custos de produção, permitindo uma maior competitividade com os setores de fonte de energia convencionais (CÂMARA, 2011). O sistema mais utilizado nestes países são os sistemas conectados à rede elétrica, onde até 2011 já haviam sido instalados mais de 69 GW a nível mundial, o que resulta em uma produção de 85 TWh de eletricidade por ano. As necessidades energéticas de mais de 20 milhões de domicílios podem ser atendidos anualmente com esse volume de energia gerado (EPIA, 2012).

O Brasil é um país que além de ser rico em recursos naturais possui um enorme potencial de energia solar, pois tem uma localização privilegiada próximo aos trópicos e possui uma grande radiação solar durante a maior parte do ano (BRUM, 2013). O método fotovoltaico foi implantado no Brasil em 2012 de uma maneira mais viável (RESOLUÇÃO

NORMATIVA 482/2012, ANEEL), no entanto existem alguns empecilhos que dificultam a inserção em larga escala da energia fotovoltaica na matriz nacional.

Existe um plano criado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) vinculada com o Ministério de Minas e Energia (MME), que tem como objetivo aumentar de 10 para 23% de participação até o ano de 2030, onde o resultado seria de 43% de redução na emissão de CO₂ nas residências domésticas. Estudos realizados pelo Plano Nacional de Energia (PNE) mostram que até o ano de 2050, 18% das residências brasileiras estarão utilizando energia solar através do sistema fotovoltaico (PORTAL SOLAR, 2016).

A energia solar possui diversas aplicações, no entanto, para uso doméstico o sistema autônomo não consegue concorrer com o preço das concessionárias responsáveis pela distribuição de energia elétrica, devido seu alto investimento inicial. Porém, é importante destacar que nestes casos, o usuário passa a ser autoprodutor de energia elétrica e deixa de ser um simples consumidor (NASCIMENTO, 2004).

Em áreas urbanas, a aplicabilidade de energia fotovoltaica é feita através do sistema fotovoltaico ligado a rede pública (*on-grid*). Com essa configuração o armazenamento local pode ser dispensado e não precisará atender a demanda total do consumidor. A energia gerada é aproveitada quase que totalmente, pois havendo excesso na produção com relação ao consumo, todo o excesso será repassado à concessionária e irá gerar créditos para o proprietário (NASCIMENTO, 2004).

Estudos garantem que com o passar dos anos a energia fotovoltaica tende a crescer cada vez mais e substituir os métodos convencionais de eletricidade, métodos esses que possuem grande impacto no meio ambiente, como as usinas hidrelétricas que devastam uma grande área ambiental para sua construção e podendo poluir rios, ou como as usinas nucleares que produzem lixo atômico, ou até mesmo as usinas termoeletricas que constantemente lançam poluentes na atmosfera.

1.1 JUSTIFICATIVA

Atualmente o interesse por fontes de energia renováveis tem crescido em diversas áreas, levando em conta o crescente número populacional, onde o gasto energético está cada vez mais elevado, pois além das necessidades básicas da sociedade ligadas a energia elétrica, também há as grandes e pequenas tecnologias que possuem gasto energético e que tem se tornado cada vez mais essencial na vida humana. Embora no Brasil, a fonte de energia mais

utilizada seja a hidroelétrica, que é considerada uma fonte renovável, não há grande disponibilidade de bacias hidrográficas perto dos grandes centros consumidores.

No entanto, a radiação solar no Brasil é muito superior se comparado a outros países, como a Alemanha, por exemplo, onde os níveis de radiação variam entre 900 – 1250 kWh/m², já no Brasil esses níveis variam entre 1500 – 2500 kWh/m². Isso demonstra que as condições brasileiras são mais favoráveis para o aproveitamento de energia solar, o que explica a inserção na matriz brasileira como uma fonte complementar de energia, em casos especiais à energia solar fotovoltaica é utilizada com aproveitamento total e isolada (TORRES, 2012).

Com o aperfeiçoamento do sistema fotovoltaico, utilizando materiais eficientes, convertendo energia solar em elétrica e diminuindo seu custo de instalação, esse sistema tem ganhado cada dia mais força e espaço no mercado o que justifica sua implantação.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Apresentar as características do sistema de energia solar através de células fotovoltaicas destacando vantagens desse sistema no Brasil e demonstrar uma proposta de implantação para uma edificação unifamiliar.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar os conceitos e princípios de funcionamento do sistema de geração elétrica, utilizando painéis de células fotovoltaicas;
- Projetar e dimensionar um sistema de microgeração de energia elétrica para uma residência unifamiliar utilizando placas fotovoltaicas;
- Avaliar a viabilidade de implantação do sistema de geração de energia elétrica através da radiação solar, analisando suas vantagens e desvantagens e seu custo benefício.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A divisão do trabalho se dá em cinco partes, onde a estrutura é determinada da seguinte maneira:

No Capítulo I – Expõe o tema que foi abordado na introdução, apresentando os objetivos, justificativa e metodologia que foi utilizada neste trabalho;

No Capítulo II – Foi feita uma revisão bibliográfica, abordando o princípio da energia fotovoltaica, os conceitos e os tipos de geração de energia a partir do método fotovoltaico;

No Capítulo III – Foi abordado sobre os procedimentos da pesquisa, dimensionamento do sistema fotovoltaico e a concepção do sistema;

No Capítulo IV – Será feito o estudo de caso, apresentando a instalação do sistema fotovoltaico ligado a rede, onde será implantado ao edifício;

No Capítulo V – Conclusão, onde será feita as considerações finais sobre o que foi abordado no trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

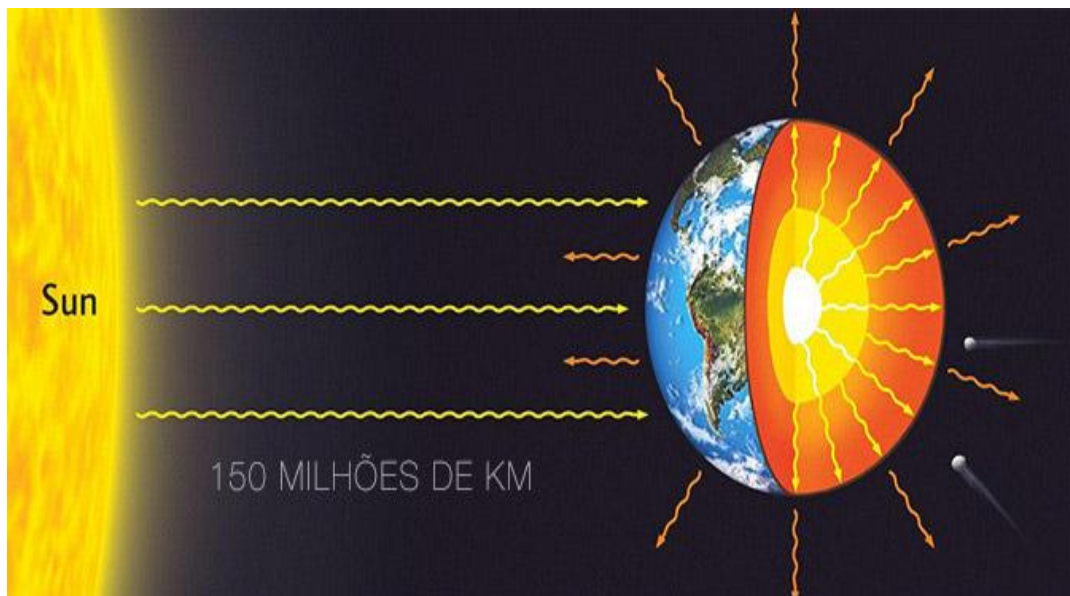
2.1 ENERGIA SOLAR

De acordo com o instituto nacional de pesquisas espaciais. O Sol, é uma fonte de luz e uma grande esfera de gás incandescente, no seu núcleo ocorre à geração de energia através de reações termonucleares, encontra-se a cerca de cento e cinquenta milhões de quilômetros de distância (Figura 1) seus raios levam cerca de oito minutos para atingir a Terra. Sendo responsável por 99,86 % da massa do Sistema Solar. A sua massa é 333.000 vezes maior que a da Terra e tem um raio médio de 696.000 km, por volta de 109 vezes o raio da Terra. O volume do Sol é 1.304.000 vezes maior que o do nosso planeta (INPE, 2017).

Da perspectiva da Terra, a energia solar é inesgotável, entretanto de toda energia produzida por este grande astro, somente uma pequena fração chega até a superfície terrestre, por ano são cerca de $1,5 \times 10^{18}$ kWh (CRESESB, 2006).

Essa pequena parcela, que na superfície do Sol, é transformada de energia nuclear para energia luminosa, é composta por pacotes de pequenas partículas denominadas fótons¹.

Figura 1: Distância entre o Sol e a Terra



Fonte: (APROFUNDAR, 2020)

¹ Fotón é uma partícula elementar da luz, nomeada e explicada por Albert Einstein, possui energia e frequência. John W (JEWETT, 2011).

2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica² é adquirida a partir da conversão da radiação solar em eletricidade utilizando-se materiais semicondutores. A partir de um Fenômeno denominado como Efeito Fotovoltaico (CRESESB, 2006).

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira no ano de 1939, quando o físico francês Alexandre Edmond Becquerel de apenas 19 anos estava realizando experiências, ele percebeu que quando uma solução de selênio recebia iluminação solar havia o surgimento de uma tensão entre os eletrodos (COIMBRA, 2006).

E na metade de 1877, dois criadores norte-americanos William Grylls Adams e Richard Evans Day usaram propriedades foto condutora do selênio para produzir o primeiro aparelho sólido de produção de eletricidade quando exposto à luz, mas a energia fotovoltaica só progrediu após as descobertas da primeira metade do século XX, especialmente através de Albert Einstein que em 1905 em seu postulado em mecânica quântica, explicou o efeito fotovoltaico, a luz e suas partículas (ABINEE, 2012).

Na década de 1950 nos Estados Unidos, iniciaram-se inúmeras pesquisas para aplicações praticas da tecnologia fotovoltaica. Em 1954, houve a construção da primeira célula fotovoltaica utilizando o silício, pelo Laboratório Bell. A procura por novas fontes de longa duração para alimentação de satélites facilitou o desenvolvimento dessas células que na atualidade demonstram ter um alto grau de confiabilidade, eficiência e vida útil dos equipamentos (BLUE SOL, 2017).

2.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO

O sistema fotovoltaico é definido como conjunto de equipamentos agrupados onde a finalidade é transformar a energia solar em energia elétrica, disponibilizando-a para utilização em correntes contínuas ou alternadas, tanto em períodos onde há incidência solar ou não (PORTAL SOLAR, 2018).

Para a construção de um sistema fotovoltaico é necessário interligar um ou mais módulos fotovoltaicos e um conjunto de equipamentos complementares, como baterias, controladores de carga, inversores e outros equipamentos de proteção. Os equipamentos para

² fotovoltaico (foto = Luz, Volt = unidade de tensão elétrica) é o termo específico para corrente produzida a partir da radiação solar.

monitoração e controle variam de acordo com aplicação do sistema (NEO SOLAR,2014).

Os painéis solares absorvem a radiação solar convertendo-a em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico. Dependendo da tensão e da corrente desejada faz-se associações de módulos em série e/ou paralelo. Evitando uma corrente de retorno aos painéis é utilizado um diodo em série (CRESESB, 2006).

Os fatores que mais influenciam nas características elétricas de um painel são a intensidade luminosa e a temperatura das células. Quanto maior a intensidade luminosa, maior será a corrente gerada nos módulos. A eficiência do módulo tende a reduzir quando há um aumento no nível de insolação, pois faz com que a temperatura das células aumente. Os módulos de silício amorfo apresentam uma menor influencia de temperatura em seu desempenho (CRESESB 2006).

Para o gerenciamento de carga gerada no sistema fotovoltaica é necessário que se faça um sistema de regulagem, supervisão e controle. Como os painéis fornecem corrente de forma contínua, faz-se necessário o uso de um inversor para a utilização de cargas que demandam corrente alternadas. Nos sistemas fotovoltaicos mais complexos existe um módulo para estabelecer a prioridade de uso quando coexistem diversas cargas alternadas e contínuas (BLUE SOL, 2017).

2.4 TIPOS DE SISTEMA FOTOVOLTAICOS

Existem dois tipos de sistema fotovoltaico que são classificados como autônomo e/ou interligado a rede.

2.4.1 Sistema fotovoltaico interligado a rede (*On-Grid*)

O modo de trabalho do sistema fotovoltaico ligado à rede é transformando a energia solar em eletricidade inserindo o potencial gerado diretamente a rede de distribuição.

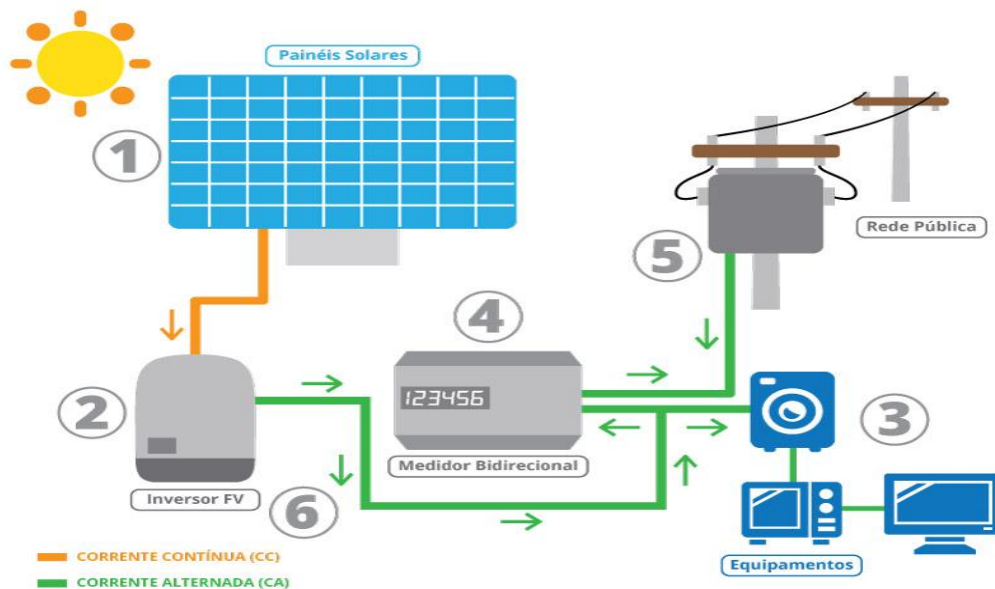
O sistema *on-grid* necessita da rede para funcionar, então se ocorrer uma queda de energia, o sistema será desligado imediatamente, não sendo utilizado como sistema de *backup*. Isso é necessário, pois caso precise de manutenção a rede não deve estar eletrificada e também serve para proteger o arranjo fotovoltaico, que não pode funcionar de forma isolada (BIGGI, 2013).

O sistema *on-grid* (*grid-tie*) possui inversores mais sofisticados que os inversores utilizados no sistema autônomo, pois são eles que administram todo o sistema. Os atuais inversores *grid-tie* em sua maioria possuem um seguidor do ponto de máxima potência (MPPT), o que possibilita o maior aproveitamento da capacidade de geração do arranjo fotovoltaico ao qual está interligado (BIGGI, 2013).

A rede elétrica atua como uma carga, absorvendo a energia elétrica gerada, pois não precisam de sistemas de armazenamento (controladores de carga e baterias). O sistema tem a sua eficiência diretamente ligada a eficiência dos inversores: portanto quanto maior for a eficiência do inversor melhor será a capacidade de aproveitamento inserido na rede de distribuição (CRESESB, 2006).

Devido os sistemas *on-grid* serem ligados à rede de distribuição elétrica das concessionárias, a sua utilização deve ser regularizada pelos órgãos responsáveis, que no Brasil a responsável é a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL que aprovou em abril de 2012 uma nova Resolução Normativa, criando a regulamentação essencial para ser seguida pelos consumidores que tenham interesse em ligar seus geradores de energia solar às redes tradicionais (BIGGI, 2013).

Figura 2: Fluxos de energia em um sistema interconectado.



Fonte: (MORAES, 2020).

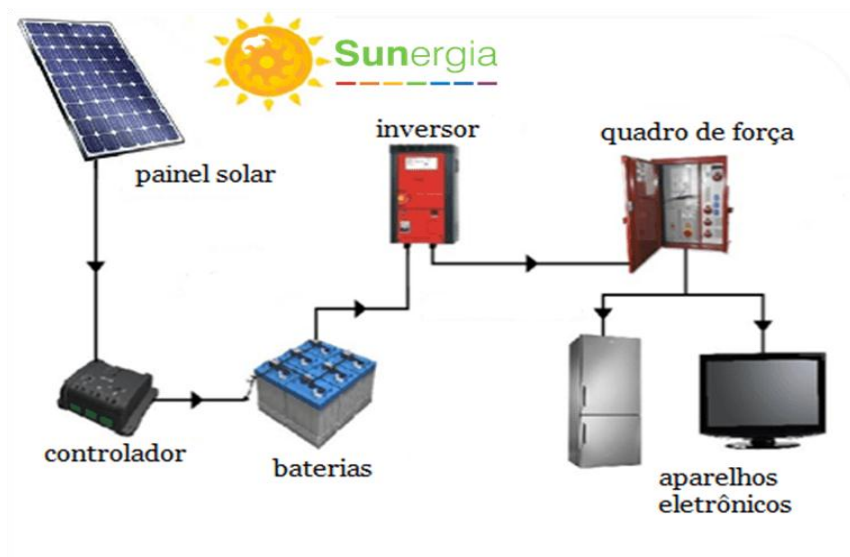
2.4.2 Sistemas fotovoltaicos autônomos (*Off-Grid*)

O Sistema Fotovoltaico Autônomo depende somente da radiação solar para produzir energia elétrica através dos painéis fotovoltaicos. No geral, esse sistema possui um sistema de

armazenamento de energia integrado por diversas baterias, precisa, dependendo da aplicação, de controladores de carga e inversores de corrente contínua (CC) / corrente alternada (CA) (PORTAL SOLAR, 2011).

De acordo com o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica – CRESESB, os sistemas são duráveis e necessitam de pouca manutenção. Geralmente, os módulos fotovoltaicos possuem garantia de 20 anos. A vida útil dos dispositivos eletrônicos, inversores e controladores de carga são superiores a 10 anos. As baterias são as que possuem a menor estimativa de vida útil, o que as tornam o ponto fraco do sistema, porém quando bem dimensionadas podem durar entre 4 e 5 anos (CRESESB, 2006).

Figura 3: Sistema Fotovoltaico Autônomo.



Fonte: (SUNERGIA, 2018)

2.5 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NOS GERADORES FOTOVOLTAICOS

As células solares ou fotovoltaicas são responsáveis por transformar a irradiação solar em energia elétrica, mas a utilização desta energia necessita de ajustes, transformações e de diversos equipamentos, que juntos formam os chamados geradores solares (IEEE, 2014).

2.5.1 Painel Fotovoltaico

O módulo pode ser considerado um arranjo de células fotovoltaicas conectadas entre si, em série e/ou paralelo, para alcançar níveis de tensão e potência desejáveis para determinada aplicação (CHUCO, 2007).

O módulo é o elemento principal do sistema, pois nele ocorre a transformação da energia solar para elétrica através do princípio do efeito fotoelétrico. O módulo é formado de células solares conectadas arranjadas em série e/ou paralelo, de modo a produzir uma corrente e tensão que sejam suficientes para o uso da energia de forma desejada. Visto que se obtém a configuração desejada, o conjunto recebe um encapsulamento com material apropriado para proteção contra prováveis danos externos aumentando assim a vida útil do componente (CRESESB, 2006).

Além de associar células em série/paralelo pode-se também associar os módulos fotovoltaicos tendo em vista a atender as necessidades do projeto. Essa associação resulta no que é chamado de painel fotovoltaico. Assim, o conjunto de células forma um módulo e o conjunto de módulos forma um painel (CRESESB, 2006).

Figura 4: Representação de célula, módulo e painel fotovoltaico.



Fonte: (KHAIR, 2016).

2.5.2 Baterias

A principal função da bateria, também conhecidas de acumuladores de eletroquímicos, em um sistema de geração fotovoltaico off-grid é armazenar a energia que se produz, porque o maior problema das fontes secundárias de energia como a energia solar, está exatamente em dizer que o consumo não se dá de fato no período da geração (NEO SOLAR, 2014).

A energia produzida por um sistema fotovoltaico pode variar devido à proporção da radiação solar. E não ocorre geração de energia, à noite, no início da manhã ou ao fim da tarde, pois o nível de energia elétrica gerados é muito baixo. Da mesma forma ocorre também nos dias em que há ameaças de chuvas. No período perto do meio-dia, a geração de energia

está no seu pico maior. No entanto a maior parte do emprego de sistemas isolados precisa que a energia elétrica esteja sempre disponível, especialmente à noite para iluminação. É por meio de baterias ou acumuladores elétricos que ocorre o armazenamento da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico. A energia elétrica é armazenada em baterias na forma de energia química. No momento em que é necessário utilizar a energia armazenada, a energia química é convertida em energia elétrica novamente (ALVARENGA, 2001).

Em sistemas interligados a rede, as fontes alternativas irão permanecer produzindo energia enquanto os recursos estiverem disponíveis, já as fontes tradicionais irão atuar no momento em que a energia gerada não for suficiente para atender a carga (SERRÃO, 2010).

Existem dois tipos de categorias de baterias, primárias e secundárias. As baterias primárias são aquelas que quando esgotados os reagentes eletroquímicos, que produzem energia, são descartadas, pois não podem ser recarregadas. Logo as baterias secundárias são regeneradas, pois através da aplicação de uma corrente elétrica em seus terminais pode-se reverter as reações responsáveis pela geração de energia elétrica, e desse modo é possível recarregar a bateria novamente. Os acumuladores secundários são utilizados nos sistemas fotovoltaicos. Os dois tipos de bateria mais comuns são as de chumbo-ácido e as de níquel-cádmio (SERRÃO, 2010).

As propriedades das baterias para sistemas fotovoltaicos são determinadas por: (ALVARENGA, 2001).

Tensão – Para instalação dos sistemas fotovoltaicos geralmente são usadas às baterias de 12 V de tensão nominal, mas podendo ser utilizadas também as de 6 V. Essa é a tensão nominal, uma vez que a tensão existente nos terminais de bateria necessita de sua condição de carga e do suprimento ou demanda externa de energia. Geralmente a bateria está com a carga total em 14,3 V e não pode mais receber corrente, e quando alcançam 11,3 V, as cargas precisam ser desligadas. Essas medidas aumentam a vida útil da bateria.

Capacidade de armazenamento de energia – Quanto mais a bateria tem disposição em conter energia, haverá muito mais autonomia de funcionamento na ausência de radiação solar. E a disposição das baterias que determina o período que pode fornecer energia para os aparelhos que irá consumir energia na ausência de sol. A disposição pode ser apresentada em Wh ou kWh, no entanto e muito mais comum que seja demonstrada em Ah (Ampère-hora). E por meio dessa unidade que é possível quantificar a corrente elétrica que se pode extrair a qualquer momento da bateria, levando em conta as condições exclusivas de carga, temperatura e tensão mínima. A bateria mais utilizada em sistemas fotovoltaicos tem a capacidade nominal de descarga de 110 A em 20 horas – referência a 25°C. E isto quer dizer

que pode ser retirado 5,5 A durante 20h no instante em que a temperatura é de 25°C ou 55 A durante 2 horas. Mas, na medida em que a descarga for acelerada mais do que o determinado, a eficiência da bateria será rapidamente menor. É necessário ressaltar que não é recomendado utilizar toda a autonomia da bateria, porque, no momento em que a profundidade da descarga exceder 50% da disposição total, acontece uma forte descarga. Esse tipo de descarga diminui a vida útil da bateria e por isso deve ser evitada.

Auto descarga – As baterias estão constantemente se descarregando, mesmo em momentos em que não estão conectadas ao circuito externo, isso ocorre devido aos seus processos internos. Verificando que a energia solar fotovoltaica é frequentemente gerada em escala menor, recomenda-se diminuir ao extremo essa energia perdida internamente. O importante é que esta auto descarga não exceda 4% ao mês.

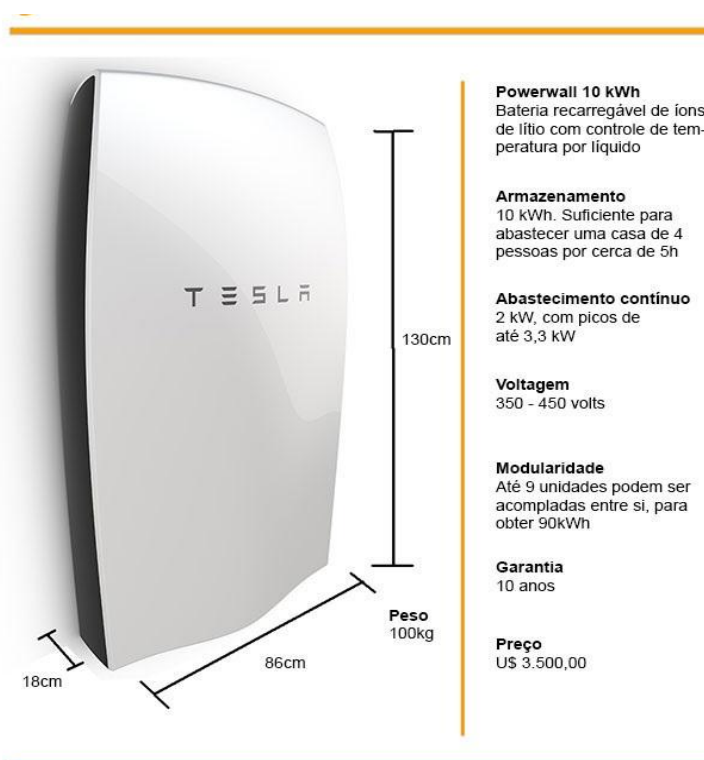
Eficiência – Revela a ligação entre a energia extraída de uma bateria e a quantidade de energia que é necessário pôr para que ela regresse ao estado de carga anterior. Conhecendo o ciclo diário de carga e descarga das baterias em sistemas fotovoltaicos, é essencial que estas tenham nível de eficiência elevado.

Vida útil – Quando a bateria não consegue mais armazenar 80% da energia que armazenava quando ainda estava nova, sua vida útil se encerra. E isso indica que ela precisa ser trocada por uma bateria nova. É inconveniente quando os sistemas fotovoltaicos são instalados em locais com difícil acesso, longe dos centros de manutenção. Além do que, os valores das baterias são significativamente altos para muitos usuários. Desta forma, é de muita valia que as baterias para sistemas fotovoltaicos possuam uma durabilidade superior, e de preferência acima de 3 ou 4 anos.

Manutenção- Geralmente em um sistema fotovoltaico pode ser utilizadas tanto baterias abertas, que precisam de manutenção regularmente do eletrólito e eventual adição de água, quanto às baterias seladas, do tipo “livre de manutenção” sem que seja necessária a reposição de água. A bateria selada é recomendada para instalações de pequeno porte, quando o local é de difícil acesso. Ao comprar baterias, é necessário que examine a documentação técnica do fabricante, de preferência: ciclo de vida para execução em sistemas fotovoltaicos com descarga de 20%; capacidade média por ciclo carga-descarga; tensão máxima de recarga; se tem condições de equalizações periódicas das baterias; quais são a frequência e os critérios a serem utilizados; corrente de carga; capacidade útil em Ah a uma corrente definida; gráficos de números de ciclos versus profundidade de descarga, capacidade versus temperatura; tensão versus peso específico do eletrólito (Revelando a região de formação de gás); tempo de vida planejado e taxa de auto descarga.

No ano de 2015 pesquisas apresentaram uma evolução neste setor. A Tesla Motors, uma empresa americana, comunicou ter fabricado uma bateria de lítio íon, que afirma ser um sistema de armazenamento multiuso, com competência de armazenamento em médio prazo, o que poderia se tornar a solução para os sistemas distribuídos para armazenamento de energia residencial para energia solar fotovoltaica (Figura 5) (PORTAL SOLAR, 2011).

Figura 5 - Bateria de Energia Solar Tesla



Fonte: (TESLA, 2020)

2.5.3 Regulador de Tensão

O regulador de tensão ou controlador de cargas é um equipamento usado em sistemas fotovoltaicos, para proteção das baterias como forma de garantir uma maior vida útil para as mesmas (ALVARENGA, 2001).

Para que um banco de baterias seja carregado, é preciso que a tensão de carga seja a todo o momento superior a tensão da bateria, do contrário as baterias enviarão energia para o sistema. Essa tensão não pode ser maior que um determinado limite, visto que cargas muito rápidas reduzem a vida útil das baterias, existindo então um ponto ótimo de funcionamento. As baterias podem sofrer danos irreversíveis, dependendo da intensidade das descargas

recebida, por isso é importante monitorar a profundidade destas descargas para que isso não ocorra (ALVARENGA, 2001).

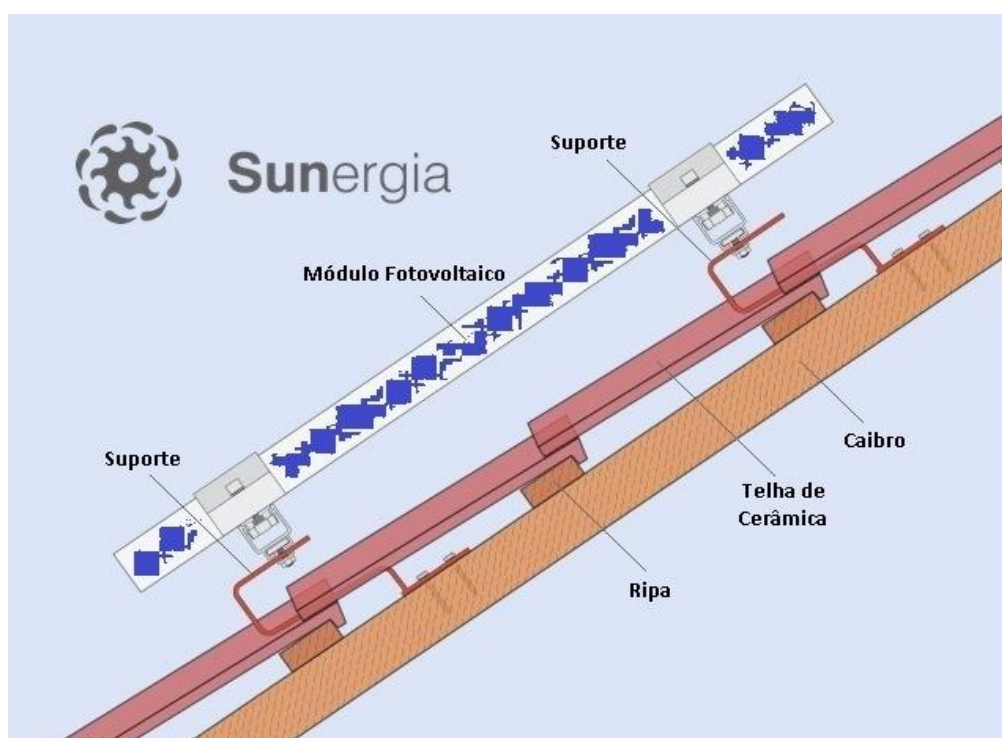
2.5.4 Inversores

São equipamentos utilizados para a conversão de energia elétrica de corrente contínua para corrente alternada, portanto sendo conhecida também como conversores CC-CA. A maior parte desses equipamentos elétricos são mantidos por correntes alternadas, compatível com a rede elétrica das casas. Podendo ser utilizadas para interligar um gerador fotovoltaico a rede ou para alimentar uma carga isolada (PORTAL SOLAR, 2011).

Esse é um equipamento essencial em sistema fotovoltaico, devido a eficiência desse sistema está de modo direto ligada a eficiência do inversor, é neste equipamento que está uma das parcelas mais altas do investimento total na montagem de um sistema fotovoltaico (PORTAL SOLAR, 2011).

2.5.5 Estruturas de Fixação

Figura 6: Estrutura de Fixação.



Fonte: (SUNERGIA, 2018)/.

As placas solares possuem uma grande área de exposição o que as torna susceptíveis a serem arrancadas do telhado pela força do vento. Por isso é necessário à utilização de estruturas de fixação para que sejam instaladas corretamente. O tipo de telhado é que irá determinar a escolha ideal da estrutura de fixação, podendo ser telhado cerâmico, com terço de concreto, telha metálica ou de fibrocimento, entre outros. Presos aos fixadores utilizam-se os perfis de alumínio e por fim fixadores entre as placas e os perfis (LUZ SOLAR, 2016).

Em caso de não ser fixado em telhados, mas que o sistema seja instalado no solo ou em laje superior plana, utiliza-se a concretagem e estrutura metálica para receber as barras (WEINGARTNER & NUNES, 2019).

2.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS

A utilização da energia solar fotovoltaica possui inúmeras vantagens, assim como possui suas desvantagens (PORTAL SOLAR, 2011).

Vantagens: As diversas vantagens da energia solar estão associadas com os inúmeros benefícios ambientais. Entre os quais podemos destacar:

- Não utiliza nenhum tipo de combustível;
- Não há nenhum tipo de contaminação e poluição no meio ambiente;
- Não gera poluição sonora;
- A vida útil do sistema é superior a 25 anos;
- As placas possuem resistência às condições climáticas externas;
- Possui uma manutenção reduzida por não apresentar componentes do sistema móveis;
- É viável um acréscimo na potência com a fácil instalação de novos módulos;
- Mesmo que o tempo esteja nublado, ainda sim há produção de energia.

Desvantagens: Assim como em todo sistema de produção de energia, a energia solar também tem seu lado negativo. Entre essas desvantagens estão:

- É necessária a utilização de tecnologia de ponta na fabricação de células fotovoltaicas;
- No período noturno não há geração de energia;
- A produção de energia está ligado diretamente a posição geográfica e inclinação de onde as placas serão implantadas;

- Possui um alto investimento inicial;
- O rendimento em campo da conversão do sistema é diminuído devido ao valor do investimento;
- O clima influencia diretamente no rendimento de energia;
- Descarte de placas;
- Nas proximidades onde a placa é instalada há um aquecimento;
- Aves morrem devido ao reflexo e o grande calor refletido pela radiação.

2.7 INCENTIVOS PARA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Diversos são os obstáculos para que essa tecnologia se desenvolva, entre eles o elevado custo, com isso a demanda é reduzida, com a demanda reduzida o custo se mantém elevado. O Brasil começou a fabricar painéis fotovoltaicos na metade de 2013 e a fabricação começou em pequena escala, por conta da pequena demanda e do alto custo da instalação do sistema fotovoltaico (BIGGI, 2013).

Entretanto, é crescente o número de programas que envolvem a energia solar residencial, principalmente a do sistema que é interligado a rede de distribuição. Tais programas de energia solar, que utilizam placas fotovoltaicas, placas essas que costumam ser montados nos telhados das residências, que são a junção de pequenas células que captam a luz solar e a transformam em energia elétrica, o que faz com que o usuário passe a produzir uma fração, ou toda a energia utilizada no imóvel. Com essa energia gerada, é possível que o usuário economize até 95% na conta de energia, efeito do sistema de recompensa de energia existente na parte distribuída, uma das principais razões que o sistema vem crescendo no país (BLUESOL, 2018).

O Sol é uma fonte inesgotável e muito abundante e quando se fala em Brasil, sabe-se que ele é um grande aliado contra a falta de energia elétrica, algo que está voltando a nos preocupar. Na atualidade, há um grande avanço no mercado de células fotovoltaicas, principalmente aquelas que operam ligadas a rede elétrica, pois quando há um excesso na produção de energia solar, o proprietário do sistema pode vender a energia restante a preços incentivadores e a através de contratos de longo prazo (BIGGI, 2013).

2.7.1 Incentivos em Goiás

O governo de Goiás criou o programa Goiás Solar em 16/02/2017, com o intuito de incentivar a geração e o consumo de energias renováveis, focando em particular energia solar em Goiás (BLUESOL, 2017).

O programa além de ter incentivos diretos, visa negociações com instituições financeiras, públicas e privadas, para o lançamento de linhas de crédito apropriada para o estímulo da energia fotovoltaica no estado, além de buscar agilidade e simplificação em processos burocráticos das conexões dos sistemas junto às concessionárias de energia (BLUESOL, 2017).

Algumas das atitudes essenciais do governo para incentivar a instalação do sistema fotovoltaico: (DUSOL, 2017).

Ampliação da Linha de Crédito Goiás Fomento: O projeto que tem como objetivo a ampliação da Linha de Crédito Produtivo Energia Solar, que é um projeto disponibilizado pelo Goiás Fomento em conjunto com a Secretária de Desenvolvimento Econômico (SED). O programa proporciona que micro e pequenas empresas tenham um limite de até 200 mil reais para financiamento (que anteriormente era de no máximo 50 mil reais) e para os microempreendedores (MEIs), o limite é de até 30 mil reais. O financiamento possui um prazo de carência de até 60 meses, juros baixos de 1,53% ao mês e tendo um prazo de pagamento de até 60 meses.

Desburocratização: Como forma de incentivar a instalação de sistemas fotovoltaicos, o programa Goiás Solar está facilitando a liberação do licenciamento ambiental para negócios que atuam com sistemas fotovoltaicos. Foi aprovada a lei que libera os impostos de diversos produtos utilizados na instalação do sistema fotovoltaico, incluindo o de tributação de circulação sobre mercadorias e serviços (ICMS).

Criação da Linha de Crédito FCO SOL: Existem dois tipos programas relacionadas a esta linha, que o governo criou com o intuito de impulsionar a economia da região Centro-Oeste e é direcionada a empresas e produtores rurais (VIKING, 2019).

- **FCO Empresarial:** Esta linha de crédito é voltada para empresas do Centro-Oeste que atuam no ramo de infraestrutura econômica, industrial, comércio e serviços, mineral, agroindustrial e turismo. As taxas de juros são definidas conforme cada caso tem prazo de pagamento de até 20 anos e possui carência entre 3 meses a 5 anos que é determinado avaliando diversas questões.
- **FCO Rural:** É uma linha de crédito voltada para o produtor rural sejam eles pessoas físicas ou pessoas jurídicas, que realizam trabalhos rurais na Região Centro-Oeste. As taxas de juros variam de 5,25% a 6,76%, onde vai depender da

importância do produtor rural, tendo um prazo de até 20 anos e uma carência de até 12 anos.

Uma parte do foco do programa é voltada para a conscientização dos benefícios e qualidades da energia fotovoltaica, que irá proporcionar a capacitação e formação de profissionais para atuarem em todas as etapas do processo produtivo da energia solar fotovoltaica (BLUESOL, 2017).

3 METODOLOGIA

3.1 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Esse trabalho foi construído em duas etapas. Inicialmente, a pesquisa de inúmeras publicações associadas ao tema, para que se obtenha um melhor entendimento do assunto em questão. Logo após, com base em publicações e consultas a órgãos regulamentadores, foi elaborado um modelo para que fosse implantado o sistema de geração de energia fotovoltaica, no método *on-grid*, demonstrando todas as etapas seguidas a partir do dimensionamento, lista de materiais e tempo de retorno do investimento necessário para a implantação.

3.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

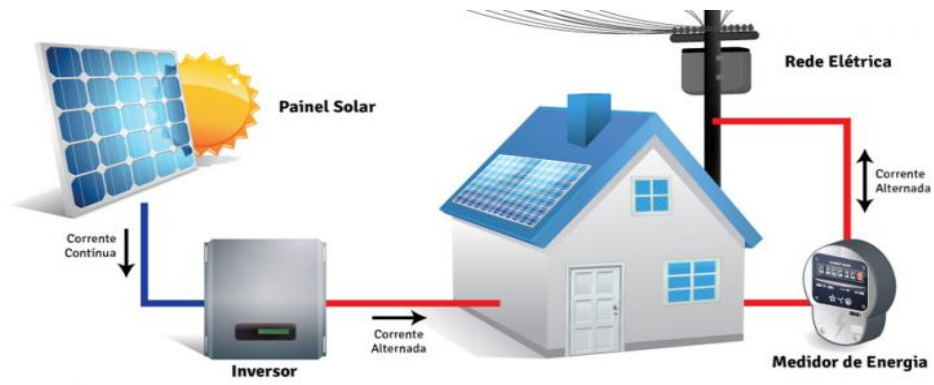
Utilizando as recomendações de Carneiro (2009), o primeiro procedimento realizado foi fazer uma visita ao local com o intuito de escolher a área mais adequada para a instalação do sistema fotovoltaico. Foi necessário realizar a elaboração de uma ficha de registro de dados relativos às especificações do sistema, como; orientação, inclinação, área disponível, fenômenos de sombreamento, comprimento dos cabos. Em seguida, a seleção dos módulos fotovoltaicos foi feita em função do tipo de material que compõe as células fotovoltaicas, ou seja, células de silício monocristalino, policristalino ou de filme fino.

As especificações técnicas (obtidas através do catálogo do fabricante) do módulo selecionado definem as etapas seguintes que conduz ao dimensionamento do sistema. Por último, o número máximo de módulos que podem ser instalados na área disponível deve ser definido.

3.3 CONCEPÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Ao longo dos primeiros anos em que os sistemas fotovoltaicos foram instalados, foi usual configurar a instalação do sistema segundo a concepção do inversor central, como é mostrado na Figura 7 (CARNEIRO, 2009).

Figura 7: Funcionamento do Sistema Fotovoltaico.



Fonte: (STROM, 2020).

4 PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO

4.1 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

4.1.1 Análise Preliminar

A residência onde foi feito o estudo de caso está situada na Rua Brasília, no bairro Vila Jaiara na região norte da cidade de Anápolis, como mostrado na Figura 9. Inicialmente foi realizado os cálculos da média de consumo do imóvel e explorada a irradiação solar do local onde será feita a instalação da futura unidade consumidora. Para os cálculos será utilizada a média anual de consumo de energia elétrica, que tem como base os últimos 12 meses do ano, Figura 8. Com consumo médio mensal foi feito o cálculo da média anual de consumo. O cálculo da média anual foi de 408,7 kWh, averiguou-se que o tipo de fornecimento é monofásico e o valor cobrado do kWh é de R\$ 0,806890 já com os impostos incluso.

Figura 8: Conta de energia da residência unifamiliar.

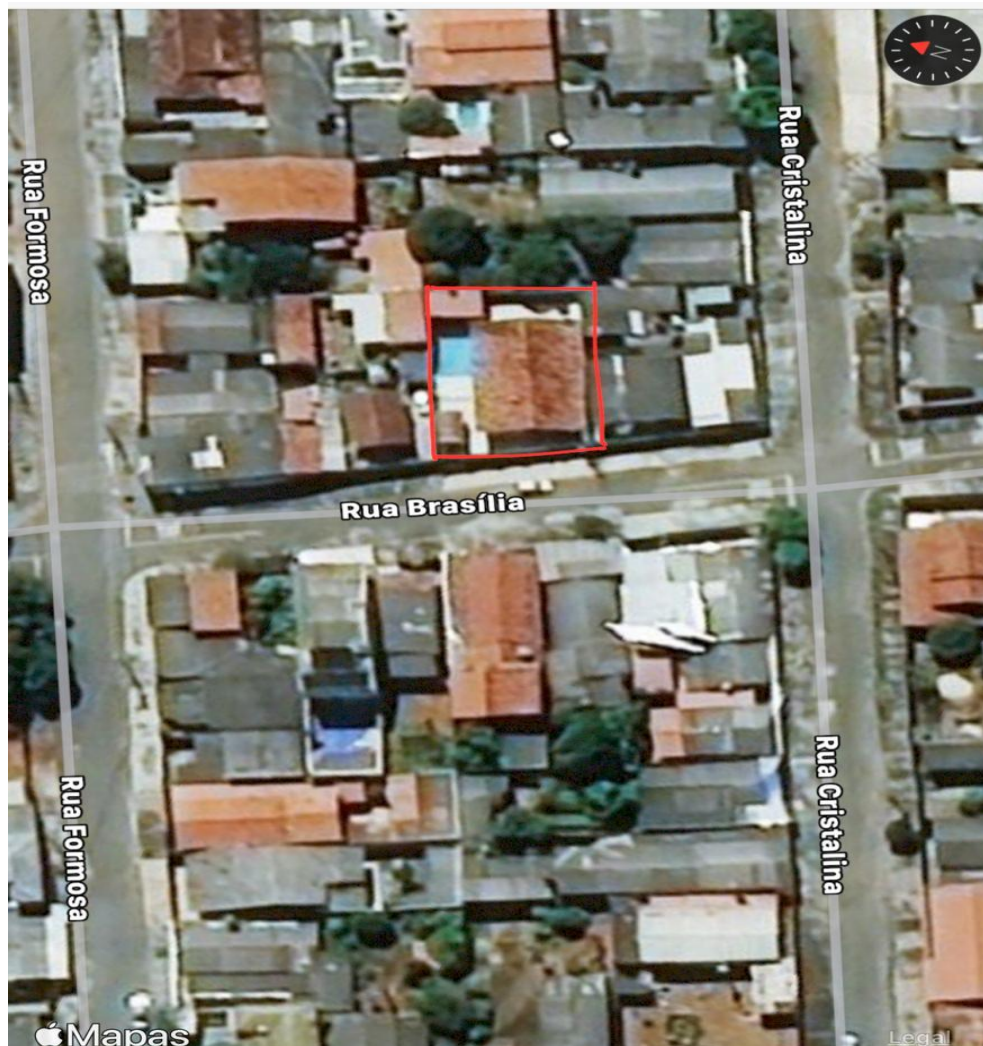
Dados da Medição			Histórico de Faturamento		
			Mês/Ano	kWh	Dias
Nº do medidor	11655623		09/19 LID	422	30
Leitura anterior	4059	25/08/2020	10/19 LID	476	33
Leitura atual	4486	24/09/2020	11/19 LID	423	29
Próxima leitura	27/10/2020		12/19 LID	439	28
Fator multiplicador	1,0000		01/20 LID	455	31
Consumo do mês (kWh)	427,00		02/20 LID	379	31
Número de dias	30 DIAS		03/20 MED	420	30
			04/20 LID	354	33
			05/20 LID	374	29
			06/20 LID	399	30
			07/20 LID	385	29
			08/20 LID	373	32
			09/20 LID	427	30

Fonte: (ENEL, 2020).

Utilizando Google Earth e Google Maps foi possível saber as coordenadas do local, onde verificou a irradiação solar do local da instalação, também foi verificado prováveis obstáculos que pudesse causar sombreamento no sistema. Ao verificar os dados obtidos através do Google Earth, foi possível identificar que:

- Não possui prédios ou outros tipos de obstáculos que possam causar sombreamento no possível local de instalações do sistema;
- A latitude de onde o imóvel está localizado é de $16^{\circ}17'05.9''\text{S}$ e a longitude é de $48^{\circ}58'34.8''\text{W}$, sendo assim a melhor inclinação para instalação dos módulos é de 16° , pois conforme as instruções do manual do fabricante dos módulos fotovoltaicos, a posição ideal para instalação dos módulos está de acordo com o ângulo da latitude onde o imóvel está localizado.
- Ao fazer uma análise do telhado da residência, foi possível constatar que a maior parte do telhado está voltada para o norte, assim os módulos serão posicionados nesse sentido.

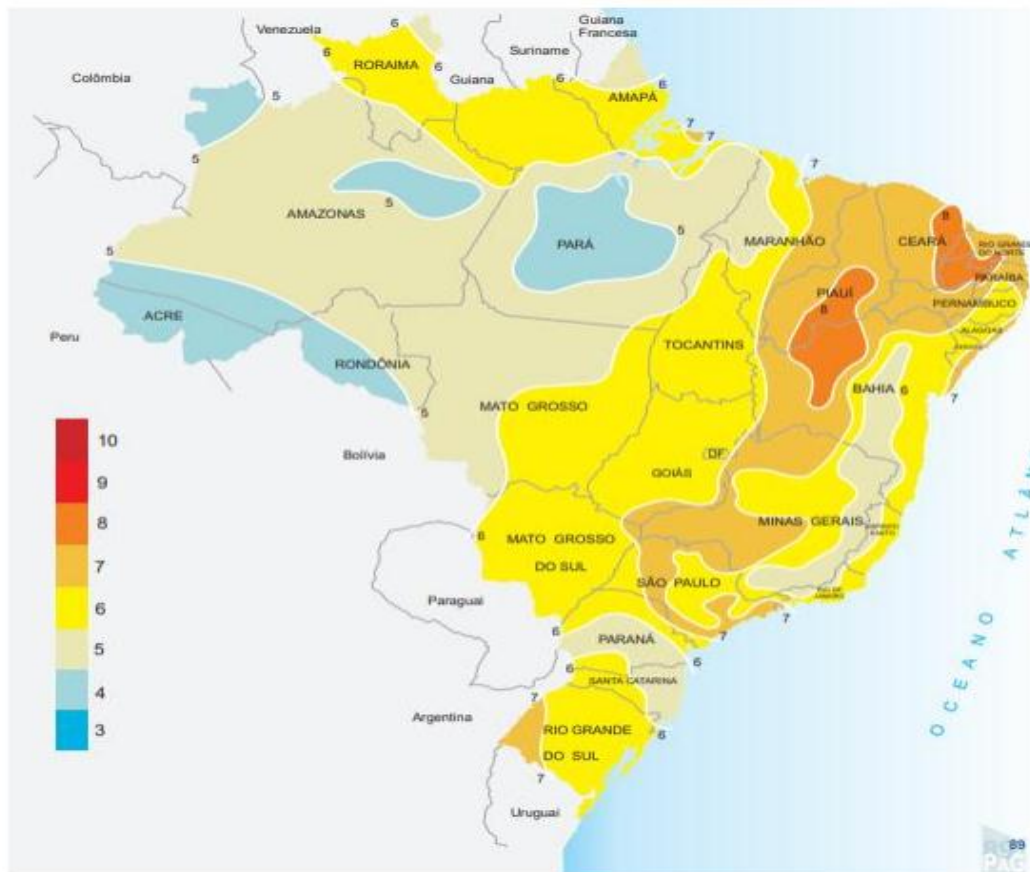
Figura 9: Local da Residência unifamiliar.



Fonte: (MAPS, 2020)

Foi criado um atlas pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (Cresesb), para estabelecer os valores médios de irradiação e hora de Sol em cada região do Brasil. O Atlas Solarimétrico, Figura 10, expõe diversas resoluções que podem ajudar em uma maior exatidão do dimensionamento, como o índice de incidência de irradiação solar em horas de insolação diária.

Figura 10: Irradiação Solar em horas (média Anual).



Fonte: (TIBA, 2000).

4.1.2 Análise do Consumo de Energia Elétrica

Tabela 1: Custo de Disponibilidade.

Tipo de Ligação	Disponibilidade
Monofásico	30 kWh/mês
Bifásico	50 kWh/mês
Trifásico	100 kWh/mês

Fonte: (ANEEL, 2020)

A concessionária estabelece uma taxa obrigatória, onde o proprietário precisa pagar mesmo ele gerando sua própria energia e esse valor é referente à disponibilização dos serviços prestados e a livre utilização, que se chama Custo de Disponibilidade. O Custo de Disponibilidade é aplicado na quitação dos custos de transmissão de energia e a manutenção do sistema, Tabela 1, e foi determinado pela Aneel conforme o tipo de ligação da unidade consumidora.

Portanto é importante dimensionar o sistema para gerar um valor médio consumido em KW subtraindo o custo de disponibilidade, visto que o proprietário terá de pagar a tarifa mínima mesmo gerando a sua própria energia. Desta forma, o cálculo do valor que o sistema deverá gerar será conforme a equação 1:

$$G_i = C_m - C_d \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:

G_i : Geração Ideal

C_m : Consumo médio

C_d : Custo de disponibilidade

Aplicando a Equação 1 para a edificação do estudo de caso, no qual o proprietário possui uma ligação monofásica (30kwh) e o consumo médio anual e de 408,7 kWh. Assim o cálculo ficará dessa maneira:

$$G_i = 408,7 \text{ kWh} - 30 \text{ kWh}$$

$$G_i = 378,7 \text{ kWh}$$

A geração ideal é de aproximadamente 378,7 kWh. Logo, o sistema de microgeração precisará gerar esse valor mensalmente. Normalmente, o dimensionamento é feito com o valor da geração diária. Para definir o valor da “energia compensação em média diária”, utiliza-se a seguinte Equação 2:

$$E_{CD} = \frac{\text{Geração ideal do sistema}}{30} \quad (\text{Eq.2})$$

Onde:

E_{CD} : Energia de compensação em média diária em kWh/dia

30: Constante relativa à quantidade de dias do mês em média

Aplicando a Equação 2 na unidade consumidora, tem-se que:

$$E_{CD} = \frac{378,7 \text{ kWh/mês}}{30}$$

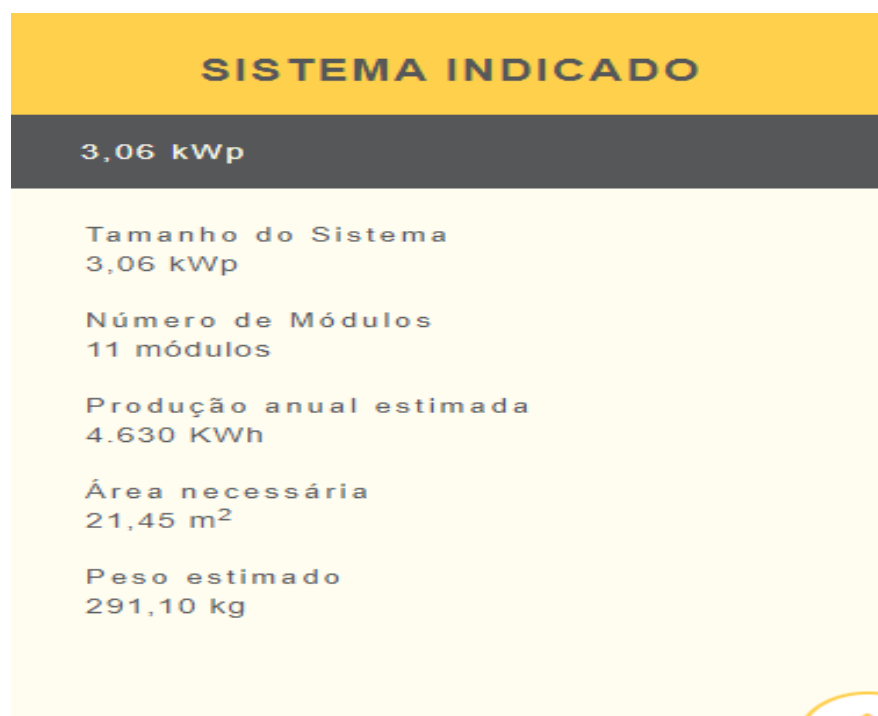
$$E_{CD} = 12,62 \text{ kWh/dia}$$

Logo o sistema ideal precisa ser dimensionado para gerar em média 12,61kWh/dia. É fundamental levar em conta as perdas no rendimento do sistema para um cálculo mais preciso e evitar que ocorra geração insuficiente.

4.1.3 Dimensionamento do gerador solar

Esses cálculos têm diversas variáveis envolvidas, com o a intenção de evitar possíveis erros e fazer desse projeto algo mais viável e seguro, foi realizado uma simulação no NeoSolar, que é um site e também uma empresa que faz orçamentos, simulações e vendas de equipamentos para instalação de um sistema fotovoltaico, para fornecimento de dados, orçamento e simuladores, fazendo com que os cálculos fossem realizados com maior rapidez, com maior precisão e fazendo o monitoramento dos dados por profissionais com anos de experiência no mercado. Para a obtenção dos dados foram necessárias as seguintes informações: se o local possui acesso à rede elétrica, estado, cidade da instalação, o tipo de local, fornecedor, tarifa com imposto e valor pago na conta de energia.

Figura 11: Resultado de Cálculo pelo simulador solar.



Fonte: (NEOSOLAR, 2020).

Foi possível extrair através do simulador disponibilizado pelo portal NeoSolar os seguintes dados:

- A potência mínima que irá necessitar no valor de 3.06 kWp – Kilo-Watt-Pico;
- A área que o sistema irá ocupar no telhado no valor de 21,45 m²;
- O peso que será descarregado sobre o telhado no valor de 291,10kg;
- O valor que será economizado mensal de R\$312,50.

4.2 ORÇAMENTO E DETALHAMENTO PARA O MICROGERADOR SOLAR

Para realizar um orçamento é necessário considerar fatores, como a mão de obra, os projetos e equipamentos que serão utilizados. O tipo de telhado onde ocorrerá a fixação do microgerador irá influenciar diretamente no tipo de fixação. O telhado da residência é em telhas cerâmicas.

Os aparelhos recomendados pela NeoSolar são verificados conforme os seus respectivos manuais do fabricante que foram selecionados para fazer parte do sistema de microgeração de 3,06 kWh são :

- **Painéis Solares Sinosola SA330-72P (330Wp):** O painel solar fotovoltaico 330Wp da Sinosola possui alta eficiência em seus módulos, seu desempenho é

confiável, possui atuação em mais de 20 países, tem certificado Inmetro Classe A, 10 anos de garantia contra defeitos de fabricação;

- **Inversor Fronius 3kW com Wifi:** O inversor Fronius é uma das melhores marcas existentes no mercado, eles são confiáveis, possui alta eficiência e tem garantia que pode ser estendida em até 7 anos. Ele também possui diferentes classes de potência garantindo uma adequação para basicamente todos os tamanhos de sistema;
- **Stringboxes NeoSolar PRO 2x1 1000V 25A IP65:** É um quadro de proteção e isolamento CC. Foi produzido somente para instalações fotovoltaicas, garantem uma instalação com desempenho e segura superior;
- **Estrutura de Fixação para Telhado cerâmico Solar Group:** Produto de qualidade garante grande durabilidade e alta resistência a corrosão. Possui 12 anos de garantia, é de fácil e rápida fixação;
- **Cabos Solares Isaflex 6mm² Preto e Vermelho 1.8KV:** Serão utilizados 30 metros do cabo preto e 30 metros do cabo vermelho. Proporcionam uma conexão segura e durável, garante uma ótima proteção contra incêndio para instalação em telhados;
- **Conector MC4 (par) Staubli:** Serão utilizados 10 pares de conectores. Esses conectores melhoram a qualidade da instalação, facilitam a conexão entre os painéis, possuem alta durabilidade quando sujeitos a condições climáticas típicas de sistemas fotovoltaicos.

Figura 12: Inversor e painéis solares.



Fonte: (GRATISPNG, 2020).

4.1.2 Resumo do Sistema

Após a realização dos cálculos, foi escolhido o sistema *On-grid*, que é o sistema conectado à rede de distribuição.

Tabela 2: Resumo do Sistema Dimensionado.

Descrição	Valores
Inversor	R\$ 7.498,00
Painéis solares	R\$ 6.589,00
Cabos solares	R\$ 341,40\
Conectores	R\$ 229,00
Stringbox	R\$ 929,00
Mão de obra	R\$ 2500,00
Estrutura de fixação	R\$ 1.517,46
Projeto de solicitação na concessionária	R\$ 500,00
Total do investimento	R\$ 20.103,86

Fonte: Próprio Autor (2020).

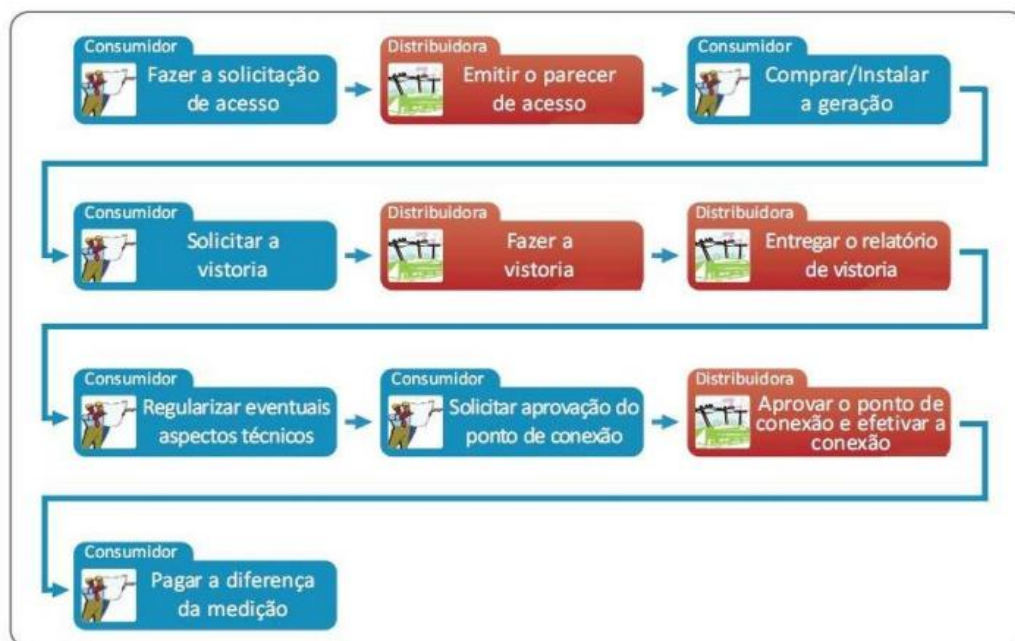
4.3 REQUISITOS PARA CONEXÃO DE MICROGERAÇÃO AO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DA ENEL

A normativa responsável por abordar todos os quesitos para conexão de um sistema de geração solar fotovoltaica à concessionária é a NTC-71, sendo a CELG responsável por sua elaboração, mas segue sendo utilizada pela atual concessionária, a Enel. A sua elaboração tem como base as normativas REN n° 414 que determina os requisitos gerais de fornecimento de energia elétrica, REN n° 482 que relata as exigências para o acesso de minigeração e microgeração distribuída ao sistema de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação e outras considerações e a REN n° 687 que é uma atualização da resolução normativa n° 482.

A questão de maior relevância financeira é a compensação de energia elétrica. Em determinados países, a concessionária faz um determinado pagamento à unidade consumidora quando ela produz mais energia do que necessitava. Porém, no Brasil existe apenas a geração de crédito que pode ser utilizado nos meses seguintes. Funciona da seguinte forma: é feita a instalação de um medidor bidirecional; no período diurno o sistema fotovoltaico utilizará a luz solar para produzir energia elétrica para o imóvel; o que exceder é inserido no sistema de distribuição de forma gratuita, gerando então crédito; o crédito produzido poderá ser utilizado no período noturno, e se no final do mês ainda restar crédito, o que sobrou pode ser descontado nas próximas contas de energia com um prazo de 60 meses (5 anos). Somente é possível realizar todo este trabalho de compensação se for feita a instalação do medidor bidirecional.

Para que seja viável um projeto, ou para fazer a alteração de carga da geração é feito o mesmo procedimento. Na Figura 13, está demonstrada toda a viabilização do acesso.

Figura 13: Resumo das etapas para conexão da geração ao sistema de distribuição.



Fonte: NTC-71.

Na figura 13: As etiquetas em azul são funções que devem ser realizadas pelo requerente da ligação. As etiquetas em vermelho são as partes as quais a concessionária de energia é responsável.

O primeiro item do procedimento é a solicitação de acesso, ou seja, um requerimento entregue a Enel, que será analisado conforme a ordem cronológica desse e de outros protocolos, que foram entregues. O formulário de solicitação para microgeração pode ser encontrados no anexo E (menor ou igual a 10 kW) e F (superior a 10 kW) e para sistemas de minigeração no anexo G da NTC-71. Após a solicitação ser avaliada a unidade consumidora emite a aprovação do acesso. A partir desse momento, as obras podem ser iniciadas. Com isso virá à compra e instalação do equipamento.

Os prazos de emissão do parecer são de até 15 dias caso não tenha necessidade de fazer melhorias ou reforços no sistema de distribuição acessado para os sistemas de microgeração e de 30 dias para os sistemas de minigeração. Caso haja necessidade de melhorias ou reforços no sistema de distribuição o prazo é de até 30 dias para sistemas de microgeração e 60 dias para minigeração.

Serão necessários para a instalação do sistema fotovoltaico os itens abaixo:

- ART – Anotação de Responsabilidade Técnica que deve acompanhar o projeto;
- Cronograma de implantação;

- Memorial descritivo do projeto, que deve ter a finalidade do projeto, a localização, as especificações dos componentes, nome e assinatura do proprietário do imóvel;
- Certificado dos inversores;
- Projeto Elétrico nos padrões do formato definido na (NBR 10068,1987), que demonstre o sistema de aterramento, que exiba o layout da instalação e aponte os dispositivos de proteção;
- Formulário de informações para registro da ANEEL (Anexo D da NTC-71);
- Em casos de geração compartilhada, é necessária uma cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes;
- Diagrama Unifamiliar, apresentando seção e característica de todo e qualquer condutor, dispositivos de proteção e suas características, indicação das cargas.

Vale ressaltar que a instalação deve ser feita conforme descrito no projeto. Após a realização de todo esse procedimento, faz-se o requerimento para a vistoria. O requerente vai as agências ou postos de atendimento da ENEL-GO e comunica a finalização das atividades necessárias para que o sistema comece a funcionar. O requerimento para vistoria deve ser feito dentro de 120 dias após obter o parecer de acesso. A concessionária terá um prazo de 7 dias para vistoriar o projeto.

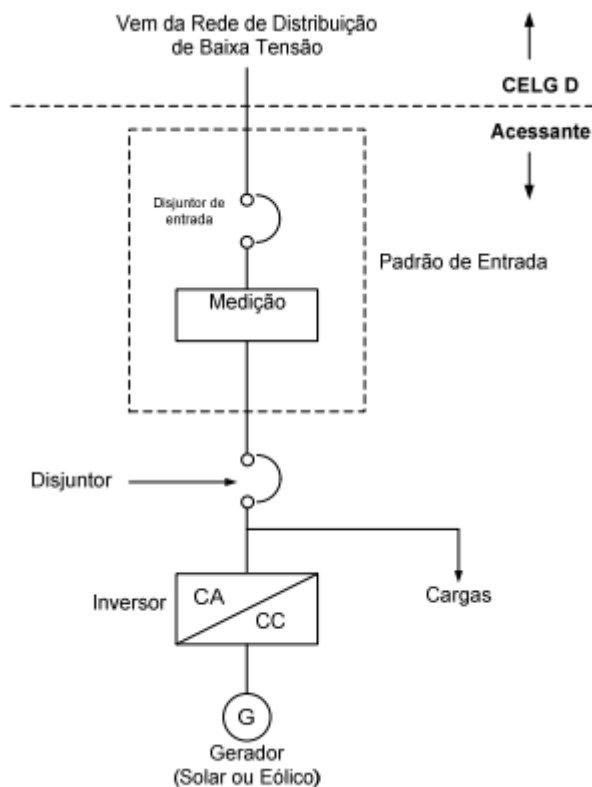
Para realizar o requerimento de vistoria deve estar incluso os seguintes itens:

- ART de execução do comissionamento;
- Relatório de comissionamento apontando as condições finais do sistema instalado;
- ART de execução.

Compete a ENEL-GO assumir as responsabilidades técnicas e financeiras do sistema de medição.

A Figura 14 abaixo demonstra como é a forma de conexão com a rede:

Figura 14: Forma de conexão do acessante à rede BT da Enel.



Fonte: NTC-71.

4.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO SISTEMA

Logo depois de avaliar a viabilidade econômica para este sistema, será demonstrado a avaliação de VPL (Valor presente líquido) e TIR (Taxa Interna de Retorno) com base no orçamento da NeoSolar e com a mão de obra especializada da empresa Energize de Anápolis.

4.4.1 Tempo de retorno do investimento

Para que seja feito, o cálculo de período de retorno do investimento de R\$ 20.103,86, considera-se a tarifa vigente de R\$ 0,806890 kWh, com reajuste de 2% ao ano, o valor da energia gerada no primeiro ano 4630 kWh dado pelo portal Neosolar, o valor do sistema a ser instalado R\$ 20.103,86. Levando em conta que os módulos tem uma perda anual de 0,8%, no rendimento, e estes terão uma vida útil de 25 anos. Assim, no final dos 25 anos irão produzir no mínimo de 80% de eficiência nominal.

Para realizar a tabela de Fluxo de Caixa, onde serão apresentados os benefícios financeiros que a implantação do sistema oferece a cada ano, utilizamos as Equações a seguir:

$$EG_i = PA_{i-1} - (PA_{i-1} \times 0,008) \quad (\text{Eq. 3})$$

EG_i = Energia Gerada em kWh

PA_{i-1} = Produção anual $i-1$

$$VT_{i-1} = V_{i-1} \times 1,02 \quad (\text{Eq. 4})$$

VT_{i-1} = Valor da tarifa em reais $i-1$ (R\$)

V_{i-1} = *Valor* $i-1$

$$EA_i = EG_i(\text{kWh}) \times VT_i \text{ (R\$)} \quad (\text{Eq. 5})$$

EA_i = Economia Anual em reais (R\$)

EG_i = Energia Gerada em kWh

VT_i = Valor da Tarifa em reais (R\$)

$$FCA_i = PS + EA_i \quad (\text{Eq. 6})$$

FCA_i = Fluxo de Caixa Anual

PS = Preço do Sistema em reais (R\$)

EA_i = Economia Anual em reais (R\$)

Na tabela 3, será demonstrado o fluxo de caixa de investimento:

Tabela 3: Fluxo de Caixa.

Ano	Energia Gerada (kWh)	Valor kWh	Economia Anual	Investimento	Fluxo de Caixa
1	4630	R\$ 0,806890	R\$ 3.735,90	-R\$ 20.103,86	-R\$ 16.367,96
2	4593	R\$ 0,823028	R\$ 3.780,10	-R\$ 16.367,96	-R\$ 12.587,83
3	4556	R\$ 0,839488	R\$ 3.824,90	-R\$ 12.587,83	-R\$ 8.762,94
4	4520	R\$ 0,856278	R\$ 3.870,20	-R\$ 8.762,94	-R\$ 4.892,76
5	4484	R\$ 0,873404	R\$ 3.916,00	-R\$ 4.892,76	-R\$ 976,76
6	4448	R\$ 0,890872	R\$ 3.962,40	-R\$ 976,76	R\$ 2.985,61
7	4412	R\$ 0,908689	R\$ 4.009,30		R\$ 6.994,89
8	4377	R\$ 0,926863	R\$ 4.056,70		R\$ 11.051,64
9	4342	R\$ 0,945400	R\$ 4.104,80		R\$ 15.156,42
10	4307	R\$ 0,964308	R\$ 4.153,40		R\$ 19.309,80
11	4273	R\$ 0,983594	R\$ 4.202,60		R\$ 23.512,36
12	4238	R\$ 1,003266	R\$ 4.252,30		R\$ 27.764,67
13	4205	R\$ 1,023332	R\$ 4.302,70		R\$ 32.067,34
14	4171	R\$ 1,043798	R\$ 4.353,60		R\$ 36.420,95
15	4138	R\$ 1,064674	R\$ 4.405,20		R\$ 40.826,10
16	4104	R\$ 1,085968	R\$ 4.457,30		R\$ 45.283,50
17	4072	R\$ 1,107687	R\$ 4.510,10		R\$ 49.793,50
18	4039	R\$ 1,129841	R\$ 4.563,50		R\$ 54.356,98
19	4007	R\$ 1,152438	R\$ 4.617,50		R\$ 58.974,50
20	3975	R\$ 1,175486	R\$ 4.672,20		R\$ 63.646,69
21	3943	R\$ 1,198996	R\$ 4.727,50		R\$ 68.374,20
22	3911	R\$ 1,222976	R\$ 4.783,50		R\$ 73.157,68
23	3880	R\$ 1,247436	R\$ 4.840,10		R\$ 77.997,80
24	3849	R\$ 1,272384	R\$ 4.897,40		R\$ 82.895,22
25	3818	R\$ 1,297832	R\$ 4.955,40		R\$ 87.850,63

Fonte: Próprios Autores. (2020)

Ao demonstrar o fluxo de caixa é capaz identificar que o investimento se paga no 6º ano e após esse período irá obter uma alta rentabilidade.

5 CONCLUSÃO

A principal fonte de energia do nosso país são as hidroelétricas e a apesar de ser considerada uma fonte renovável de energia, as hidroelétricas causam grande impacto ambiental em sua construção. É importante destacar que nos dias atuais o tema sustentabilidade é primordial para todo e qualquer negocio e dentre as energias renováveis a que vem ganhando destaque é a energia solar, pois na conversão de energia solar em energia elétrica não há danos ao meio ambiente e ela também conta com uma fonte inesgotável de energia, que apesar do custo inicial de instalação ser alto, em poucos anos esse valor é liquidado e começa a gerar rentabilidade para o consumidor.

Neste trabalho foi abordado sobre o surgimento, desenvolvimento e funcionamento das células, como acontece essa transformação de energia solar em energia elétrica. Também foi exposto as vantagens e desvantagens da instalação de um sistema fotovoltaico, foi feito um detalhamento do sistema *on-grid* e do sistema *off-grid*, onde optou-se pela utilização do sistema *on-grid* com uma proposta de implantação em uma residência unifamiliar.

O Brasil dispõe de uma boa incidência solar na maior parte de seu território durando por quase todo o ano, com isso a energia solar apresenta um enorme potencial quando comparada com as outras energias renováveis, pois a mesma não causa poluição ambiental e utiliza uma pequena área para implantação do sistema, uma vez que o sistema é instalado no local onde será utilizado. Apesar de ter uma boa incidência solar, a energia fotovoltaica ainda não alavancou na matriz nacional, pois não possui incentivos governamentais suficientes para tornar mais acessível ao consumidor.

Para que haja um crescimento mais acelerado deste setor, é preciso que o governo invista mais em estímulos com incentivos tributários e econômicos, levando conscientização para a sociedade através de propagandas, campanhas e expondo sobre as mais importantes vantagens e desvantagens da utilização deste sistema e sobre os inúmeros benefícios que o uso de energia limpa, renovável e de fonte própria pode trazer.

Conclui-se que apesar do investimento inicial ser elevado, a implantação desse sistema em residências unifamiliares é viável e apresenta inúmeras vantagens, pois a instalação desse sistema permite que o mesmo se pague em aproximadamente 6 anos gerando grande rentabilidade nos próximos 19 anos, levando em conta que o prazo estabelecido para a eficiência do sistema é de 25 anos, uma vez que o mesmo não necessita de praticamente nenhuma manutenção.

REFERÊNCIAS

ABINEE. PROPOSTA PARA INSERÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA. 2012. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA, 2012. DISPONÍVEL EM: < <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>> Acesso dia 31/03/2020.

ALVARENGA, C. A. **Energia Solar**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. Monografia apresentada ao departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação Lato-Sensu em FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA. Disponível em: < http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4557/1/T_CC_An%C3%A1lise%20%C3%A9cnica%20e%20econ%C3%B4mica%20de%20um%20sistema%20fotovoltaico%20como%20fonte%20de%20energia%20para%20agricultura%20familiar> Acesso dia 11/05/2020.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução normativa 482, 2012.

APROFUNDAR. **Distância entre sol e terra**. 2020. Disponível em: <https://aprofundar.com.br/>. Acesso em: 18 out. 2020.

BIGGI, R. R. **O uso da luz solar como fonte de energia elétrica através de sistema fotovoltaico – SF**. Pós-graduação (Formas alternativas de energia). Lavras – MG: UFLA, 2013. Disponível em: < <https://www.solenerg.com.br/wp-content/uploads/2013/02/TCC-Roger.pdf>> Acesso dia 23/04/2020.

BLUE SOL. PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO: SUA CRIAÇÃO E HISTÓRIA. 2017. DISPONÍVEL EM < <https://blog.bluesol.com.br/painel-solar-fotovoltaico-criacao-historia-marcos/>> Acesso dia 02/04/2020.

BLUE SOL. **Inversor Solar Fotovoltaico: O Que É, Como Funciona e Tipos**. 2017. Disponível em < <https://blog.bluesol.com.br/inversor-fotovoltaico-o-que-e-como-funciona/>> Acesso dia 29/05/2020.

BLUE SOL. **Energia Solar Residencial: Por que você deveria pensar em utilizar**. 2018. Disponível em: < <https://blog.bluesol.com.br/energia-solar-residencial-uma-otima-opcao/>> Acesso dia 27/05/2020.

BRAKMANN, Georg; ARINGHOFF, Rainer. **Solar Thermal Power**. Greenpeace. October, 2003.

BRUM, T. S. **Projeto de uso de energia fotovoltaica como fonte emergencial**. UFRJ, Rio de Janeiro, 2013. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como partes dos requisitos necessários a obtenção do título de Engenheiro. Disponível em: < <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006178.pdf>> Acesso dia 10/03/2020.

CÂMARA, C. F. **Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. Pós-graduação (Formas alternativas de energia). Lavras – MG: UFLA, 2011. Disponível em: < <https://www.solenerg.com.br/files/monografia-Carlos-Fernando-Camara.pdf>> Acesso dia 03/03/2020.

CARNEIRO. **Dimensionamento de sistema fotovoltaico**. 2009. Disponível em < <https://repositorio.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/16965/1/DIMENSIONAMENTO%20DE%20SISTEMAS%20FOTOVOLTAICOS.pdf>> Acesso dia 03/06/2020.

CHUCO B. **Otimização de operação em sistema isolado fotovoltaico utilizando técnicas de inteligência artificial**. UFMS, Campo grande, 2007. Disponível em < <https://repositorio.ufms.br:8443/jspui/bitstream/123456789/626/1/Braulio%20Chuco%20Paucar.pdf>> Acesso dia 30/04/2020.

CRESESB. **Energia Solar: Princípios e aplicações**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em < http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf> Acesso dia 27/02/2020.

COIMBRA. **Sociedade Portuguesa de Física**. 2006. Disponível em < <https://www.spf.pt/magazines/GFIS/73/pdf>> Acesso dia 26/03/2020.

DUSOL. **Financiamento mais fácil e menos burocracia são os atrativos**. 2017. Disponível em: < <https://www.dusolengenharia.com.br/post/conheca-programa-goias-solar-como-participar/>> Acesso dia 01/06/2020.

EPIA – European Photovoltaic Industry Association. **Global Market Outlook for Photovoltaics until 2016**. Bélgica 2012. Disponível em < <http://large.stanford.edu/courses/2012/ph240/vidaurre1/docs/masson.pdf>> Acesso dia 06/03/2020.

IEEE – INSTITUTO DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS E ELETRÔNICOS. **Energia solar fotovoltaica de terceira geração**. 2014. Disponível em < <http://www.ieee.org.br/wp-content/uploads/2014/05/energia-solar-fotovoltaica-terceira-geracao.pdf>> Acesso dia 27/04/2020.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. 2017. Disponível em: < <http://www.inpe.br/>> Acesso dia 21/03/2020.

GRATISPNG. **Inversor de energia solar, gridtie inversor, painéis solares png**. 2020. Disponível em: <https://www.gratispng.com/png-mh9qvs/>. Acesso em: 14 set. 2020

KHAIR, Claudia. **Fontes de Energia Alternativa: Energia Solar**. 2016. Disponível em: <http://www.recicloteca.org.br/noticias/fontes-de-energia-alternativa-energia-solar/>. Acesso em: 18 out. 2020.

LAMARCA JUNIOR, M. R. **Políticas públicas globais de incentivo ao uso da energia solar para geração de eletricidade**. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – SP, 2012. Tese apresentada a banca examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São

Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de DOUTOR em Ciências Sociais. Disponível em <<https://tede2.pucsp.br/bitstream/handle/3447/1/Mariano%20Rua%20Lamarca%20Junior.pdf>> Acesso dia 18/02/2020.

LUZ SOLAR. **Quais são os requisitos para um sistema de energia solar.** 2016. Disponível em: <<https://luzsolar.com.br/requisitos-sistema-energia-solar/>> Acesso dia 22/05/2020.

MORAES, Vinicius. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FUNCIONA.** 2017. Disponível em: <http://www.solarix.eco.br/energia-solar-como-funciona/>. Acesso em: 05 out. 2020.

NASCIMENTO, C.A. **Principio de funcionamento da célula fotovoltaica.** Pós-Graduação (Formas Alternativas de Energia). Lavra – MG: UFLA, 2004. Disponível em: <https://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf> Acesso dia 15/03/2020.

NEO SOLAR. **Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica e Seus Componentes.** 2014. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>> Acesso dia 14/04/2020.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Novo estudo da ONU indica que o mundo terá 11 bilhões de habitantes em 2100.** 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/novo-estudo-da-onu-indica-que-mundo-tera-11-bilhoes-de-habitantes-em-2100/>> Acesso dia 14/02/2020.

PORTAL SOLAR. **Como Funciona a Energia Solar.** 2011. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-energia-solar.html>> Acesso dia 24/04/2020.

PORTAL SOLAR. **Vantagens e Desvantagens da Energia Solar Fotovoltaica.** 2011. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar.html>> Acesso dia 18/05/2020.

SERRÃO A. S. C. **Dimensionamento De Um Sistema Fotovoltaico Para Uma Casa De Veraneio.** UFRJ Rio de Janeiro – RJ, 2010. Projeto submetido ao corpo docente do departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de engenheiro eletricista. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000620.pdf>> Acesso dia 14/05/2020.

SUNERGIA. **ENERGIA SOLAR OFF GRID | SISTEMA ISOLADO DESCONECTADO A REDE.** 2018. Disponível em: <https://sunergia.com.br/blog/energia-solar-off-grid-sistema-isolado-desconectado-a-rede/>. Acesso em: 15 out. 2020.

TESLA. **Baterias.** 2020. Disponível em: <https://www.tesla.com/>. Acesso em: 16 set. 2020.

TOLMASQUIM, M. T. **Fontes Renováveis de Energia no Brasil.** 2003. Disponível em: <<https://www.estantevirtual.com.br/livros/mauricio-tiomno-tolmasquim/fontes-renovaveis-de-energia-no-brasil/2001148856>> Acesso dia 09/03/2020.

TORRES, R. C. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais.** Universidade de São Paulo, 2012. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18147/tde-18032013-091511/publico/dissertacao_final_rct.pdf> Acesso dia 18/03/2020.

VIKING. **Quais as linhas de financiamento de energia solar.** 2019. Disponível em: <<https://viking-tech.com.br/quais-as-linhas-de-financiamento-de-energia-solar/>> Acesso dia 02/06/2020.

WEINGARTNER & NUNES. **Suporte para painéis solares.** 2019. Disponível em: <<https://www.wnunes.com.br/servicos/suportes-para-paineis-fotovoltaicos>> Acesso dia 25/05/2020.