



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Márcio Aurélio Cavalcante Barbosa

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS E O SEU IMPACTO NA  
EDIFICAÇÃO: UM ESTUDO EM PALMAS-TO.

Palmas – TO

2018

Márcio Aurélio Cavalcante Barbosa

## ANÁLISE DO DESEMPENHO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM PALMAS-TO

Projeto de pesquisa elaborado e apresentado como requisito para a aprovação de Conclusão de Curso (TCC II ), para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Kenia Parente Lopes Mendonça.

Palmas - TO

2018

Marcio Aurélio Cavalcante Barbosa

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM PALMAS-TO.

Projeto de pesquisa elaborado e apresentado como requisito para a aprovação de Conclusão de Curso (TCC II ), para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Kenia Parente Lopes Mendonça.

Aprovado em: 22 / 11 / 2018

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Kenia Parente Lopes Mendonça.

Orientadora

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Drª Angela Ruriko Sakamoto

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Esp. Tailla Alves Cabral Brito

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas - TO

2018

“Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, ao meu pai Manoel Barbosa Veras “In Memoriam”, minha mãe Rosilene Cavalcante Barbosa, minha esposa Clair Figueiredo e aos meus irmãos, e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que esta conquista fosse realizada em minha vida. ”

“Ao Curso de Engenharia Civil da ULBRATTO, e às pessoas com quem convivi nesses espaços ao longo desses anos. A experiência de uma produção compartilhada na comunhão com amigos, nesses espaços foram a melhor experiência da minha formação acadêmica.

“Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência.” (Henry Ford)

## RESUMO

BARBOSA, Márcio Aurélio Cavalcante. **Análise do desempenho de placas fotovoltaicas e o seu impacto na edificação: um estudo em Palmas - TO**. 2018.41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2018.

O presente trabalho aborda um estudo acerca da influência do posicionamento dos painéis fotovoltaicos na geração anual de energia em relação às características geográficas e climáticas da cidade de Palmas – TO. A partir de um estudo sobre dimensionamento e instalação apropriadas dos painéis , associado a um estudo de caso de duas residências contendo sistemas de painéis semelhantes, foi possível coletar dados anuais de geração de energia a fim de que se pudesse concluir que dadas as condições as quais os sistemas estão instalados o posicionamento tido como ideal – posicionado ao norte com inclinação a 10° - não é relevante para o melhor desempenho dos módulos fotovoltaicos , possibilitando mais liberdade na concepção de projetos arquitetônicos com previsão de um sistema de painéis fotovoltaicos.

Palavras Chave: Placa Fotovoltaica, Energia Solar, Construção Civil.

## **ABSTRACT**

The present work approaches a study about the influence of the positioning of photovoltaic panels on the annual generation of energy in relation to the geographic and climatic characteristics of the city of Palmas - TO. Based on a study on the proper design and installation of panels, coupled with a case study of two residences containing similar panel systems, it was possible to collect annual data on the generation of energy in order to conclude that given the conditions which the systems are installed the positioning considered as ideal (pointed north) is not relevant for the better performance of the panels, enabling more freedom in the design of architectural projects with prediction of a system of photovoltaic panels.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Potencial da Energia Fotovoltaica no Brasil.....	18
Figura 2 - Célula fotovoltaica.....	20
Figura 3 - Sistema Isolado .....	21
Figura 4 - Sistemas Conectados à Rede (ON-GRID) .....	22
Figura 5 - Tipos de Placas Fotovoltaicas .....	22
Figura 6 - Inversor (ON-GRID).....	24
Figura 7 - Posicionamento das Placas Solares.....	26
Figura 8 - Distância mínima entre placa e obstáculo.....	27
Figura 9 - Fator de espaçamento.....	27
Figura 10- Comparação entre a energia gerada por um sistema fixo e com tracker .....	28
Figura 11 - Casa 1.....	29
Figura 12 - Sistema fotovoltaico casa 1 (12 placas).....	30
Figura 13 - Fluxograma de etapas da pesquisa.....	30
Figura 14 - Coordenadas Geográficas .....	31
Figura 16 - Irradiação Solar no Plano Inclinado ( Para Primeira Localidade de Palmas) .....	32
Figura 17 - Irradiação Solar no Plano Inclinado ( Para Segunda Localidade de Palmas) .....	33
Figura 18 - Irradiação Solar no Plano Inclinado ( Para Terceira Localidade de Palmas) .....	33
Figura 19- Nascer e Pôr do Sol.....	36
Figura 20 - Comparativo de produção de energia .....	38



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 Características do Sistema de Painéis Fotovoltaicos .....	34
Tabela 2 Características do Sistema de Painéis Fotovoltaicos .....	35
Tabela 3 Comparativo de geração de energia entre sistemas .....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio Brito
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
NBR	Normas Brasileiras
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energetico de Estados e Municípios
EUA	Estados Unidos da América
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
CEPEL	Centro de Pesquisa Elétrica
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
PDF	Formato Portátil de Documento
DMA	Acesso Direto à Memória
CPETC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LEPTEN	Laboratório de Pesquisa de Ciências da Engenharia e Tecnologia da Energia
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
SHP	Shapefile
SunData	Base de Dados de radiação solar incidente

## LISTA DE SÍMBOLOS

GW	Gigawatts
W/m <sup>2</sup>	Watt por metro cuadrado
kWh	Quilowatt-hora

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	14
1.2	HIPÓTESES .....	14
1.3	OBJETIVOS.....	14
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>14</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>14</b>
1.4	JUSTIFICATIVA.....	14
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1	HISTÓRICO.....	16
2.2	O POTENCIAL DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL.....	17
2.3	POTENCIAL SOLAR – SUNDATA .....	19
<b>2.3.1</b>	<b>Base de Dados de radiação solar incidente (irradiação solar) .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Outras bases de dados solarimétricos consolidadas do Brasil disponíveis: ....</b>	<b>19</b>
2.4	SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	20
<b>2.4.1</b>	<b>Classificação do Sistema fotovoltaico .....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Tipos de placas fotovoltaicas .....</b>	<b>22</b>
2.4.2.4	CDTE E CIGS .....	24
<b>2.4.3</b>	<b>INVERSORES ON-GRID .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.4</b>	<b>MEDIDOR DE ENERGIA .....</b>	<b>25</b>
2.5	SEGUIDOR SOLAR – TRACKER.....	26
<b>2.5.1</b>	<b>Localização e Posicionamento dos Painéis Fotovoltaicos .....</b>	<b>26</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Vantagens do Seguidor Solar – Tracker .....</b>	<b>27</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Desvantagens do Seguidor Solar – Tracker .....</b>	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>28</b>
3.1	DESENHO DO ESTUDO.....	29
3.2	LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA .....	29
3.3	OBJETOS DE ESTUDO.....	29
3.4	ETAPAS DA PESQUISA.....	30
<b>4</b>	<b>COLETA E ANÁLISE DOS DADOS .....</b>	<b>31</b>
4.1	QUESTÕES GEOGRÁFICAS .....	31

4.2	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA CASA 1.....	34
4.3	CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA CASA 2.....	35
4.4	QUESTÕES DA EDIFICAÇÃO.....	35
<b>4.4.1</b>	<b>Local e Período de Realização da Pesquisa.....</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje uma das alternativas energéticas mais promissoras para prover a energia necessária ao desenvolvimento humano. Quando se fala em energia, deve lembrar de que o Sol é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia na Terra. Em outras palavras, as fontes de energia são, em última instância, derivadas, em sua maioria, da energia do Sol. Segundo Nascimento (2017) e ANEEL (2005), o aproveitamento da energia solar pode ser realizado diretamente para iluminação, aquecedores de chuveiros ou de ambientes ou ainda para geração de potência mecânica a energia solar pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica por meio de efeitos sobre materiais, dentre os quais o termoelétrico e fotovoltaico.

A energia solar fotovoltaica e sua utilização estão avançadas, principalmente em países desenvolvidos, nos quais recebem fortes incentivos governamentais nas áreas financeiras, tecnológicas e de conhecimento. A média anual de irradiação global apresenta uma boa uniformidade no Brasil, com médias relativamente altas em todo o território. Os valores de irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro (1500-2.500) são superiores aos da maioria dos países europeus, como Alemanha (900-1250 Wh/m<sup>2</sup>), França (900-1650 Wh/m<sup>2</sup>) e Espanha (1200-1850 Wh/m<sup>2</sup>), locais onde projetos de aproveitamentos solares são amplamente disseminados. (PEREIRA *et al*, 2006).

A demanda energética no Brasil poderia ser completamente atendida pela energia solar, já que o país possui elevado índice de irradiação solar, tornando assim parte matriz elétrica nacional. A energia fotovoltaica é uma fonte de energia alternativa, renovável e não gera poluição durante a sua operação assim não contribuindo com o aquecimento global. Silva (2015) cita que a utilização desta energia como mini geração pelo consumidor final, permite além da economia nos gastos com energia, participar de um passo para a consolidação nas energias renováveis brasileiras.

Ultimamente os sistemas de painéis solares são integrados à rede elétrica pública e possuem duas configurações. Podem ser instalados de forma integrada à edificação, seja na cobertura ou na fachada ou podem ser de forma centralizada, funcionando como uma usina geradora e portanto a uma certa distância do local de consumo. (JUNIOR, 2013). Usualmente se utilizam os painéis fotovoltaicos integrados à cobertura, portanto a configuração desta é importante para o desempenho do sistema. Inclinação e posição, por exemplo, são fatores que interferem na eficiência do sistema, além da solicitação que as placas exercerão sobre a cobertura.

## **1.1 PROBLEMA DE PESQUISA**

Com o aumento gradativo da população e dos padrões de consumo da sociedade atual, os debates envolvendo as questões energéticas estão sendo cada vez mais frequentes. A base energética do Brasil gira em torno das hidrelétricas, visto que o país possui uma ótima disponibilidade hídrica.

Com a escassez dos recursos não renováveis causado pelo consumo desenfreado, voltam-se os olhos para as fontes de energias renováveis, dentre elas destaca-se a energia solar.

A partir da necessidade de avaliar o desempenho de um sistema de energia solar, questiona-se e realmente necessário, colocar os módulos fotovoltaicos, voltados para o norte e com inclinação de 10° para um sistema instalado em Palmas - TO.

## **1.2 HIPÓTESES**

Há a necessidade de avaliar o posicionamento dos módulos fotovoltaicos na orientação e inclinação definidos como ideais, na cidade de Palmas - TO;

Há perdas significativas em produtividade de acordo com a orientação e inclinação.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

Analisar se o posicionamento das placas fotovoltaicas influenciam no desempenho do sistema de painéis fotovoltaicos em termos de geração de energia elétrica na cidade de Palmas – TO.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Fazer um estudo comparativo anual de geração de energia entre duas residências na cidade de Palmas-TO;
- Analisar o Posicionamento das placas em duas residências com situação de posicionamento geográfico em condições opostas.
- Identificar os fatores que impactam o projeto arquitetônico a partir do desempenho das placas.

## **1.4 JUSTIFICATIVA**

Este trabalho tem sua relevância na medida em que painéis de energia solar estão cada vez mais comuns na cidade de Palmas – TO possui alto índice de incidência de luz solar ao longo do ano.

Devido a popularização das placas solares, muitas edificações são projetadas já visando a instalação de um sistema de painéis. Sendo assim, a partir do momento em que se verifica a

influência do posicionamento das placas na sua eficiência, verifica-se também em que nível este posicionamento influencia na tomada de decisão na concepção do projeto arquitetônico e estrutural.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentado um breve histórico do uso e evolução da energia solar, para então introduzir os tipos de sistemas fotovoltaicos, incluindo a tecnologia empregada e termina com a regulamentação adotada no Brasil.

### 2.1 HISTÓRICO

A Energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade (Efeito Fotovoltaico). O efeito fotovoltaico, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão.

(CRESEB, 2004) inicialmente o desenvolvimento da tecnologia apoiou-se na busca, por empresas do setor de telecomunicações, de fontes de energia para sistemas instalados em localidades remotas.

O segundo agente impulsionador foi a “corrida espacial” conforme CRESEB (2004), pois a célula continua sendo, o meio mais adequado (menor custo e peso) para fornecer a quantidade de energia necessária para longos períodos de permanência no espaço. Chuco (2007), na linha do tempo a seguir mostra o avanço e as principais aplicações das células fotovoltaicas:

- Ano 1839 – O Francês Edmundo Becquerel descobriu o Efeito Fotovoltaico quando efetuava testes com pilha eletrolítica de dois eletrodos imersos em substâncias eletrolíticas;
- Ano 1873 – Willoughby Smith descobriu a fotocondutividade do Selênio. Esta propriedade faz variar a condutividade deste elemento em função da intensidade luminosa que recebe;
- Ano 1905 – Albert Einstein propôs a idéia do “Quantum de Luz” (os atuais fótons) e mostrou como é que poderia ser utilizado para explicar fenômenos como o efeito fotoelétrico. Em 1921, recebeu o premio Nobel pelo seu trabalho sobre o efeito fotoelétrico;
- Ano 1941 – Foi construído um dispositivo que pode ser denominado “Célula Solar”, o qual foi fabricado de Selênio e tinha uma eficiência de 1%;
- Ano 1955 – A Companhia Western Electric foi a primeira a comercializar as células solares com uma eficiência de 4,5%;

- Ano 1958 – foi lançado ao espaço o primeiro satélite Vanguard I, que utilizava células fotovoltaicas com apenas  $0,1\text{W}/100\text{cm}^2$ ;
- Ano 1960 – Hoffman Electronics conseguia fabricar uma célula com 14% de eficiência; A crise energética de 1973 renovou e ampliou o interesse em aplicações terrestres. Porém, para tornar economicamente viável essa forma de conversão de energia, seria necessário, naquele momento, reduzir em até 100 vezes o custo de produção das células solares em relação ao daquelas células usadas em explorações espaciais. Modificou-se, também, o perfil das empresas envolvidas no setor. Nos Estados Unidos, as empresas de petróleo resolveram diversificar seus investimentos, englobando a produção de energia a partir da radiação solar. (CRESESB, 2004)

A produção de células fotovoltaicas atingiu grandes marcas no decorrer dos anos, sendo o Silício quase absoluto no “ranking” dos materiais utilizados. O Silício, segundo elemento mais abundante no globo terrestre, tem sido explorado sob diversas formas: mono cristalino, poli cristalino e amorfo.

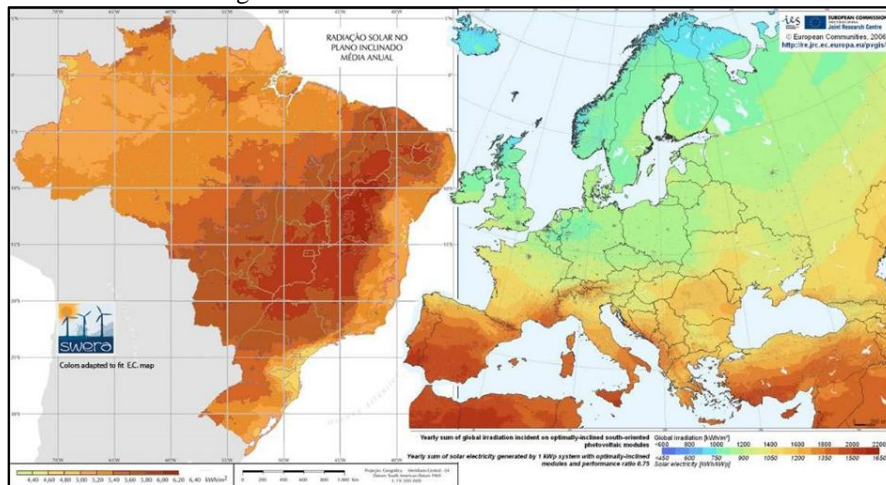
Nos estudos apontados por CRESESB (2004), a busca de materiais alternativos é contínua e intensa e concentra-se na área de filmes finos, onde o silício amorfo é abundantemente aplicado. Segundo a referência citada, as células de filmes finos, além de utilizarem menor quantidade de material do que as que apresentam estruturas cristalinas requerem uma menor quantidade de energia no seu processo de fabricação.

## **2.2 O POTENCIAL DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL**

A geração de energia fotovoltaica há muito tempo é vista como uma tecnologia de energia limpa e sustentável, que se baseia na fonte renovável de energia mais abundante e amplamente disponível no planeta - O SOL. O Brasil possui uma potência gigantesco para se aproveitar.

O Mapa abaixo (figura 1) faz uma comparação dos valores de irradiação solar do Brasil e da Europa. Fica muito fácil de se enxergar que o nosso potencial é muito maior, no entanto, a Europa possui instalados 88GW de energia fotovoltaica enquanto o Brasil ainda está em menos de 1GW.

Figura 1- Potencial da Energia Fotovoltaica no Brasil



Fonte: LabSol (2017)

A energia solar fotovoltaica no Brasil histórico antes do surgimento dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede, a energia solar fotovoltaica no Brasil era restrita a pequenos sistemas isolados ou autônomos em locais não atendidos pela rede elétrica, em regiões de difícil acesso ou onde a instalação de linhas de distribuição de energia elétrica não era economicamente viável.

Sistemas fotovoltaicos autônomos são muito importantes na eletrificação de propriedades rurais, comunidades isoladas, bombeamento de água e sistemas de telecomunicações, por exemplo. Inúmeras residências brasileiras foram eletrificadas com sistemas fotovoltaicos autônomos pelo programa Luz Para Todos, criado pelo Governo Federal em 2003.

Embora os sistemas autônomos de energia solar fotovoltaica sejam uma alternativa para a geração de eletricidade, espera-se que o maior uso da energia solar fotovoltaica em breve esteja concentrado nos sistemas conectados à rede elétrica. O número de sistemas fotovoltaicos conectados à rede vem aumentando no Brasil e sua utilização deverá ter um salto extraordinário nos próximos anos (GAZOLI, 2013).

A quantidade de energia produzida por um sistema fotovoltaico depende da insolação do local em que é instalado, o Brasil apresenta taxas de insolação médias anuais entre 4.500 e 6.000 Wh/m<sup>2</sup>.

As regiões Nordeste e Centro-Oeste são as que possuem o maior potencial de aproveitamento da energia solar, entretanto, outras regiões também possuem importantes taxas de insolação solar, melhores do que as encontradas em muitos países que empregam largamente a energia solar fotovoltaica.

Diante das dimensões territoriais e das elevadas taxas de insolação brasileiras, é razoável esperar para o Brasil um potencial de geração fotovoltaica pelo menos dez vezes superior à capacidade instalada na Alemanha atualmente. Isso representaria cerca de 200 GW de eletricidade a partir da luz do Sol, ou seja, aproximadamente o dobro de toda a capacidade de geração instalada no país atualmente.

Com o imenso potencial fotovoltaico que o Brasil possui, poderá tornar-se um dos líderes mundiais no emprego de energias renováveis alternativas. Embora o país seja conhecido por possuir uma matriz de geração de eletricidade relativamente limpa e bastante renovável, esta situação não vai perdurar nos próximos anos sem o uso de novas fontes de energia.

Existe muito espaço para o crescimento da energia solar fotovoltaica no Brasil é mais do que uma fonte alternativa, a energia fotovoltaica é uma opção viável e promissora para complementar e ampliar a geração de eletricidade. Os sistemas fotovoltaicos podem ser instalados em telhados de indústrias, residências e prédios comerciais, estacionamentos, fachadas e áreas rurais (GAZOLI, 2013).

## **2.3 POTENCIAL SOLAR – SUNDATA**

O programa SunData destina-se ao cálculo da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional e constitui-se em uma tentativa do CRESESB de oferecer uma ferramenta de apoio ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, foi usado no dimensionamento dos sistemas nas diversas fases do PRODEEM.

### **2.3.1 Base de Dados de radiação solar incidente (irradiação solar)**

O programa SunData é baseado no banco de dados Valores Medios de Irradiacion Solar Sobre Suelo Horizontal do Centro de Estudios de la Energia Solar (CENSOLAR, 1993) contendo valores de irradiação solar diária média mensal no plano horizontal para cerca de 350 pontos no Brasil e em países limítrofes.

### **2.3.2 Outras bases de dados solarimétricos consolidadas do Brasil disponíveis:**

Atlas Solarimétrico do Brasil (2000), desenvolvido através do convênio FADE-UFPE / CEPTEL, é publicado e distribuído pelo CRESESB. Ele apresenta uma base de dados solarimétricos que cobre todo o Brasil.

O publicação do Atlas Solarimétrico do Brasil está disponível para download no formato PDF assim como a Base de Dados Solarimétrico e Aplicativos de análise.

Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006) publicado pelo INPE foi desenvolvido dentro do escopo do projeto SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assessment) em parceria entre a DMA / CPTEC / INPE e o LEPTEN / UFSC.

A publicação em formato PDF e a base de dados utilizada em formato SHP (shapefile) estão disponíveis publicamente em: [http://sonda.ccst.inpe.br/publicacoes/atlas\\_solar.html](http://sonda.ccst.inpe.br/publicacoes/atlas_solar.html).

Outras bases de dados e produtos gerados pelo projeto SWERA estão disponíveis publicamente em <http://en.openei.org/wiki/SWERA/About> e <http://maps.nrel.gov/SWERA>.

Atlas Solarimétrico de Minas Gerais (2012) elaborado pela CEMIG dentro do projeto de P&D da Aneel.

## 2.4 SISTEMA FOTOVOLTAICO

A energia elétrica é obtida da conversão direta da luz por meio do efeito fotovoltaico. Esse efeito, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz (CRESESB, 2006).

O primeiro aparato fotovoltaico foi montado em 1876 e apenas em 1956, iniciou-se a produção industrial (CRESESB, 2006). A unidade fundamental do processo de conversão é a célula fotovoltaica, o conjunto de células compreende os painéis fotovoltaicos e podem ser observados na figura.

Figura 2 Célula fotovoltaica



Fonte: LabSol (2017)

## 2.4.1 Classificação do Sistema fotovoltaico

Os sistemas fotovoltaicos são classificados de acordo à forma como é feita a geração ou entrega da energia elétrica.

### 2.4.1.1 Sistemas Isolados

Um Sistema Fotovoltaico Isolado é aquele que não tem contato com a rede de distribuição de eletricidade das concessionárias. (SOUZA, 2015).

Figura 3- Sistema Isolado



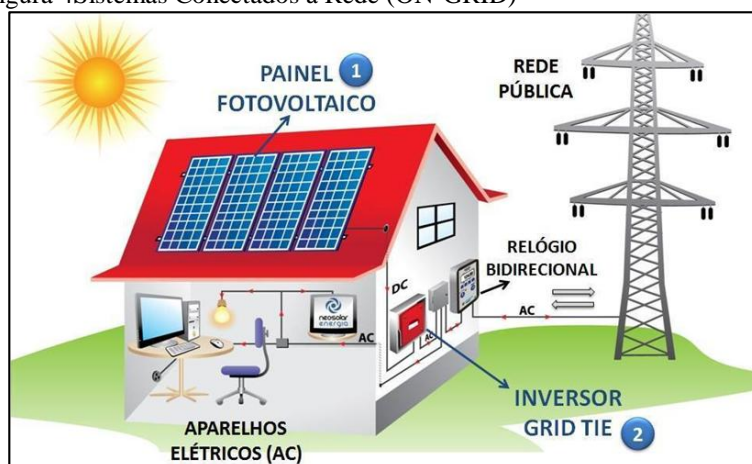
Fonte: ETEC HELIOPOLIS

### 2.4.1.2 Sistemas Conectados à Rede (ON-GRID)

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede fornecem energia para as redes de distribuição, todo o potencial gerado é rapidamente escoado para a rede, que age como uma carga, absorvendo a energia.

Os sistemas conectados à rede, também chamados de on-grid, geralmente não utilizam sistemas de armazenamento de energia, e por isso são mais eficientes que os sistemas autônomos, além de, geralmente, serem mais baratos. Os sistemas On-Grid dependem de regulamentação e legislação favorável, pois usam a rede de distribuição das concessionárias para o escoamento da energia gerada (SOUZA, 2015).

Figura 4 Sistemas Conectados à Rede (ON-GRID)

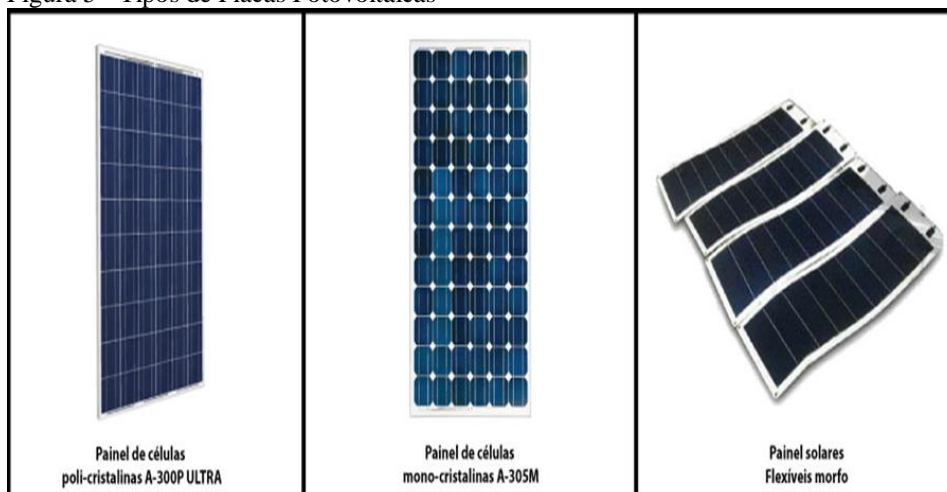


Fonte: ETEC HELIOPOLIS

### 2.4.2 Tipos de placas fotovoltaicas

As células podem ser fabricadas com diferentes materiais, as células mais comuns disponíveis comercialmente são constituídas de silício monocristalino, policristalino ou amorfo (GAZOLI, 2013).

Figura 5 - Tipos de Placas Fotovoltaicas



Fonte: CRESESB

#### 2.4.2.1 Silício Monocristalino:

Os dispositivos de filmes finos são fabricados pela pulverização de finas camadas de silício sobre uma base feita de material rígido ou flexível, o custo dos filmes finos é menor, pois em sua fabricação não há serragem de lingotes, ocorrendo menos desperdício de material e menor consumo de energia, pois os processos de fabricação empregam temperaturas menores do que as utilizadas na fabricação do silício cristalino.

Além disso, a fabricação é menos complexa, tornando mais simples a automatização dos processos e facilitando a produção em grande volume. Os dispositivos de filmes finos são produzidos em qualquer dimensão e a única restrição é a área da base para a fabricação do módulo.

Os módulos fotovoltaicos de filmes finos, são constituídos de uma única célula, apesar do baixo custo de fabricação, os dispositivos de filmes finos têm baixa eficiência e exigem maior área instalada para produzir a mesma energia que produzem as tecnologias cristalinas, tornando mais elevados os custos de instalação, uma vantagem dos filmes finos é o seu baixo coeficiente de redução de potência com o aumento da temperatura, o que os torna mais adequados para locais com temperaturas muito elevadas.

Os módulos de filmes finos sofrem degradação de maneira mais acelerada do que os cristalinos, o que pode ser um aspecto muito inconveniente para esta tecnologia. A designação filme fino é usada para diferentes tecnologias, como o silício amorfo, o silício microcristalino, a tecnologia de telureto de cádmio (CdTe) e a tecnologia CIGS (cobre-índio-gálioselênio) – estas duas últimas com reduzida presença no mercado (GAZOLI, 2013).

#### 2.4.2.2 Silício Amorfo:

A eficiência dos módulos de silício amorfo é muito baixa, entre 5% e 8%. Sua eficiência diminui durante os primeiros 6 a 12 meses de funcionamento devido à degradação induzida pela luz, até chegar a um valor estável (GAZOLI, 2013).

#### 2.4.2.3 Silício Microcristalino:

Uma alternativa promissora para o futuro dos módulos de filmes finos são as células microcristalinas, apresentam simultaneamente as vantagens do silício cristalino e da tecnologia de fabricação de filmes finos, como a produção em massa, a elevada automatização, o menor desperdício de material e o reduzido consumo de energia na fabricação.

As células microcristalinas são fabricadas em dois processos, um em alta e outro em baixa temperatura. O processo em alta temperatura utiliza a deposição de silício de elevada qualidade a temperaturas situadas entre 900°C e 1.000°C, criando estruturas microcristalinas semelhantes à do silício policristalino.

No segundo processo, em baixas temperaturas, entre 200°C e 500°C, são produzidas películas de silício com estruturas microcristalinas de grãos muito finos. As baixas temperaturas permitem a utilização de materiais baratos, sobre os quais a célula é fabricada (vidro, metal ou



plástico). Os processos de deposição são similares aos da tecnologia de silício amorfo. As células microcristalinas apresentam eficiências comerciais de até 8,5% (GAZOLI, 2013).

#### 2.4.2.4 CDTE E CIGS

As células de telureto de cádmio (CdTe) e CIGS (cobre-índiogalio-selênio) são as mais eficientes dentro da família dos filmes finos. Entretanto não alcançaram ainda a produção em larga escala como as outras. As células CdTe não são difundidas em larga escala devido à toxicidade do cádmio (Cd) e à escassez do telúrio (Te), um material raro, as células CIGS não empregam materiais tóxicos, entretanto seu custo é muito elevado e sua inserção no mercado é pequena (GAZOLI, 2013).

#### 2.4.3 Inversores On-Grid

O dispositivo responsável pela injeção de energia na rede é o inversor grid-tie, devido ao seu alto grau de sofisticação, os inversores grid-tie não são comparáveis aos inversores autônomos. Estes não podem ser ligados diretamente às redes de distribuição, pois não possuem o mesmo controle sobre a tensão, fase e frequência que os inversores grid-tie possuem (SOUZA, 2015).

Figura 6 Inversor (ON-GRID)



Fonte: SolarGain

São funções do inversor grid-tie:

- Converter a corrente contínua, gerada pelo arranjo fotovoltaico, em corrente alternada, de acordo com funcionamento da rede de distribuição (SOUZA, 2015);
- Ajustar-se ao ponto de máxima potência (MPP) do arranjo fotovoltaico, conseguindo o seu maior rendimento (SOUZA, 2015);
- Registro Operacional, guardando/transmitido os dados durante o seu funcionamento, através de displays, cartões de memória, transmissão direta a computador, etc (SOUZA, 2015).
- Possuir dispositivos de proteção em CC e CA, como por exemplo: proteção contra curtos-circuitos (CC/CA), proteção contra inversão de polaridade, proteção contra sobrecargas e sobre tensões, proteção para a conexão com a rede (SOUZA, 2015).

#### **2.4.4 Medidor de Energia**

A energia excedente pode ser vendida? Como fica minha conta de luz? No Brasil não pode ser vendida, mas a energia excedente gera créditos que podem ser abatidos integralmente da conta de luz. Este sistema é chamado de Compensação de Energia ou NetMetering e foi escolhido pelo Brasil como forma de estimular o investimento produção de energia para autoconsumo (NEOSOLAR, 2016).

No sistema de compensação adotado no Brasil, o consumidor paga apenas o saldo líquido entre a produção e o consumo de energia durante mês (NEOSOLAR, 2016).

O excedente solar é injetado na rede pública, gerando créditos em energia. Por outro lado, quando o sol não é suficiente, a energia da rede complementa o consumo. No final do mês a conta de luz indica o consumo e os créditos gerados. O consumidor paga apenas o saldo. Os créditos acumulados podem ser utilizados nos meses subsequentes, por até 60 meses, o que permite corrigir as diferenças de produção de energia durante as estações, ou corrigir as diferenças de consumo, como, por exemplo, durante as férias ou com o maior uso de ar-condicionado no verão (NEOSOLAR, 2016).

Alternativamente, os créditos podem ser utilizados em outras contas de luz, desde que estejam no mesmo CPF ou CNPJ, e também na mesma distribuidora. Essa alternativa é chamada de Geração Remota e permite gerar energia em um local para abater da conta de luz em outros locais, mesmo que distantes (NEOSOLAR, 2016).

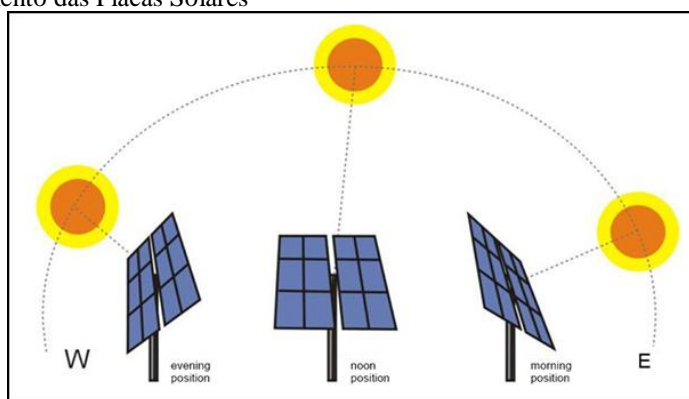
Como é feito o controle da energia consumida e produzida, é preciso trocar o relógio? Sim, o relógio precisa ser trocado, mas quem faz isso é a própria distribuidora. O relógio adequado para quem tem energia solar é chamado de Medidor Bidirecional e além da entrada, mede também a saída de energia para a rede. Dessa forma fica fácil para a distribuidora e para o cliente terem controle sobre os créditos e débitos de energia (NEOSOLAR, 2016).

Para sistemas até 75kW (residências e comércios em geral), o relógio é trocado sem nenhum custo para o consumidor (NEOSOLAR, 2016).

## 2.5 SEGUIDOR SOLAR – TRACKER

Um seguidor solar ou tracker é um dispositivo que altera várias vezes a posição dos painéis fotovoltaicos durante o dia, seguindo o caminho do sol para aumentar a produção de energia solar do sistema fotovoltaico (Figura 8). O uso de seguidores solares é cada vez mais comum em usinas fotovoltaicas em outros países, uma vez que a indústria solar tem provado os grandes benefícios que eles têm. Mas nem todo mundo entende os benefícios, vantagens e as desvantagens que um seguidor solar pode proporcionar a um sistema fotovoltaico (ANTONI,PEREIRA,2014).

Figura 7 - Posicionamento das Placas Solares

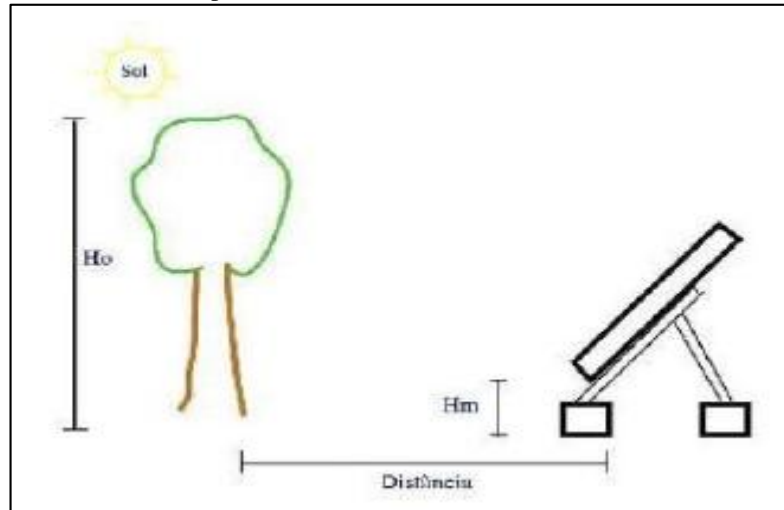


Fonte: Portal Solar (2017)

### 2.5.1 Localização e Posicionamento dos Painéis Fotovoltaicos

Para entender melhor o funcionamento do Tracker deve-se ter o entendimento do posicionamento e orientação adequados dos painéis fotovoltaicos. A localização dos painéis deve estar o mais próxima possível das baterias, pois quanto menor a distância menor o diâmetro da fiação e, principalmente, as placas devem estar a uma distância de qualquer obstáculo para que não haja sombreamento nas placas ocasionados por ele, mantendo um período de radiação ótimo entre 9h até as 17h.

Figura 8 - Distância mínima entre placa e obstáculo



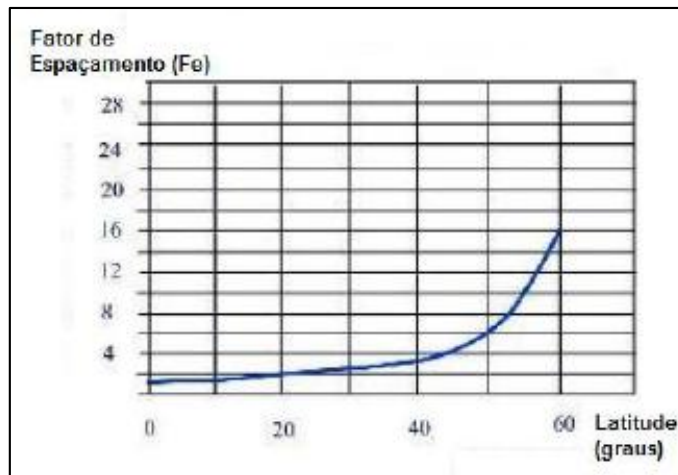
Fonte: SOLOTERRA (2008)

Essa distância mínima é calculada pela equação:

$$Distância = Fe * (H_0 - H_m) \quad (1)$$

$Fe$  é o fator de espaçamento obtido através do gráfico (figura 10),  $H_0$  é a altura do obstáculo e  $H_m$  é a altura da placa em relação ao nível do solo.

Figura 9 - Fator de espaçamento



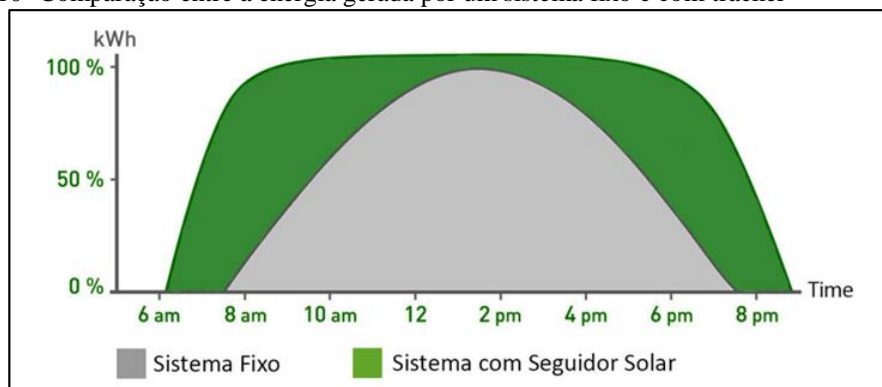
Fonte: SOLOTERRA (2008)

### 2.5.2 Vantagens do Seguidor Solar – Tracker

Segundo o Portal Solar (2017), sistemas com seguidores solares geram mais energia do que os sistemas fixos. Isto ocorre devido ao aumento da exposição direta aos raios solares, esse ganho pode alcançar valores de 25 a 45% (figura 11). De certa forma e com as devidas características, faz sentido dizer que um sistema com seguidor solar que aumenta em 30% a

produção de energia é semelhante a um sistema fixo 30% maior (contém mais painéis fotovoltaicos).

Figura 10- Comparação entre a energia gerada por um sistema fixo e com tracker



Fonte: Portal Solar (2017)

### 2.5.3 Desvantagens do Seguidor Solar – Tracker

Sistemas com seguidores solares são ligeiramente mais caros, devido ao uso de tecnologias mais complexas e de peças móveis para seu funcionamento.

Mesmo com os avanços na confiabilidade, a manutenção necessária para manter o funcionamento de um sistema com seguidor solar é maior do que um sistema fixo, embora a qualidade do seguidor solar pode desempenhar um papel em quanto e quantas vezes essa manutenção será necessária.

Exigem uma maior preparação do local da instalação, cuidados com a mobilidade e com o cabeamento são necessários. Seguidores solares são geralmente projetados para climas com pouca ou nenhuma neve, tornando-os uma solução mais viável em climas mais quentes.

Um sistema fixo acomoda condições ambientais mais severas com mais facilidade do que os sistemas de rastreamento. A seleção de um seguidor solar depende do tamanho do sistema, do valor do kWh, da área disponível, das políticas de incentivos governamentais, da latitude e das condições de clima.

Projetos de grande escala geralmente usam seguidores horizontais de eixo único, enquanto que os rastreadores de duplo eixo são utilizados e fazem mais sentidos principalmente em aplicações residenciais nos países com sistema “feed-in-tariff”. Rastreadores de eixo vertical são adequados para altas latitudes por causa de seus ângulos fixos ou ajustáveis (PEREIRA).

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 DESENHO DO ESTUDO

Foi realizado um estudo de caso de natureza exploratória aplicado em Palmas - Tocantins. Ventura (2007) apud Yin (2001) caracteriza como um estudo de caso uma investigação empírica de método abrangente e lógica no planejamento da coleta e análise de dados. Portanto, este trabalho pode ser enquadrado como um estudo de caso, na medida em que será analisado um problema real, duas casas em zona urbana na cidade de Palmas contendo dois sistemas de placas foto voltaicas instaladas com diferentes posicionamentos uma em relação a outra, possibilitando aferir a diferença na geração de energia entre ambas.

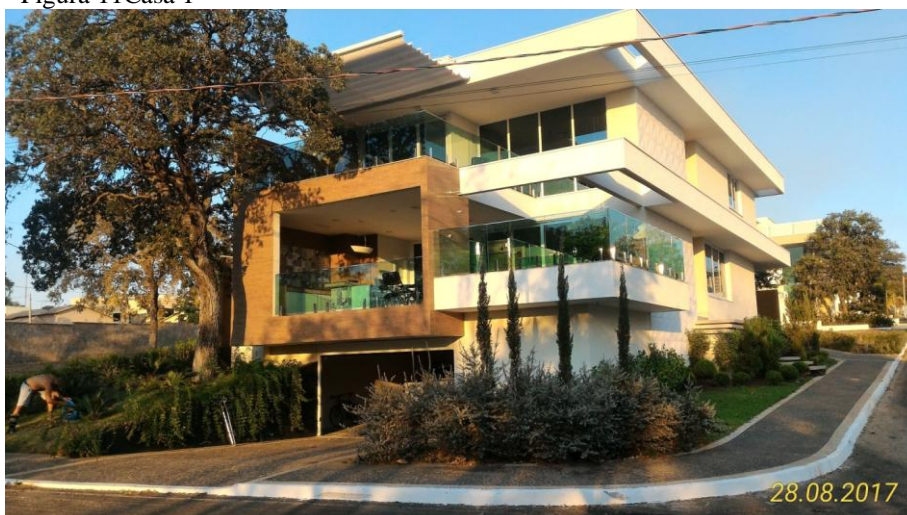
### 3.2 LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa acontecerá em apenas um local, apresentando-os de forma organizada e em ordem cronológica de realização e especificando o período em que cada local será acessado ou utilizado.

### 3.3 OBJETOS DE ESTUDO

As duas casas analisadas no presente trabalho estão situadas na cidade de Palmas –TO. A casa 1 é localizada no Condomínio Mirante do Lago, região sul da cidade.

Figura 11 Casa 1



Fonte: Atutor (2018)

Figura 12 Sistema fotovoltaico casa 1 (12 placas).



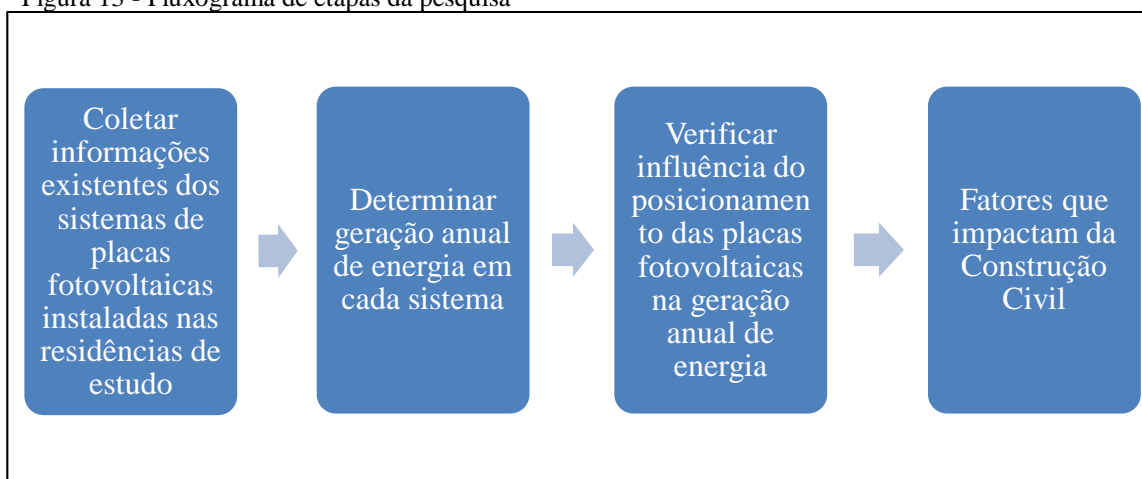
Fonte: Atutor (2018)

A casa 2 é localizada na região norte da cidade de Palmas, porém fotos e outras informações ficaram restritas. Focando apenas na coleta de dados do sistema de painéis fotovoltaicos instalados nela.

### 3.4 ETAPAS DA PESQUISA

O fluxograma representado na figura 13 apresenta as etapas de realização da pesquisa.

Figura 13 - Fluxograma de etapas da pesquisa



Fonte: Autor (2018)



## 4 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Para que se fosse possível comparar a relação entre posicionamento do sistema fotovoltaico e geração de energia, foram coletados dados sobre a geração de energia de dois sistemas fotovoltaicos distintos. Um posicionado à 225° SO e outro a 10° N (posicionamento teórico ideal) para isso, alguns pontos foram levados em consideração como questões geográficas das casas estudadas, como traçar uma proporcionalidade entre a geração de energia entre os sistemas estudados, haja vista que são sistemas de capacidades diferentes.

### 4.1 QUESTÕES GEOGRÁFICAS

Para fins de comprovação em estudos realizados no referenciamento teórico, analisou-se a melhor posição de instalação e inclinação dos painéis fotovoltaicos no município de Palmarito, com finalidade de obter maior precisão na captação das incidências solares, com a necessidade de conhecer a latitude e longitude do município em estudo.

Com a utilização das coordenadas geográficas da cidade em questão, acessa-se o site da CRESESB (Centro de Referência para energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito), como mostra na figura 14.

Figura 144 - Coordenadas Geográficas

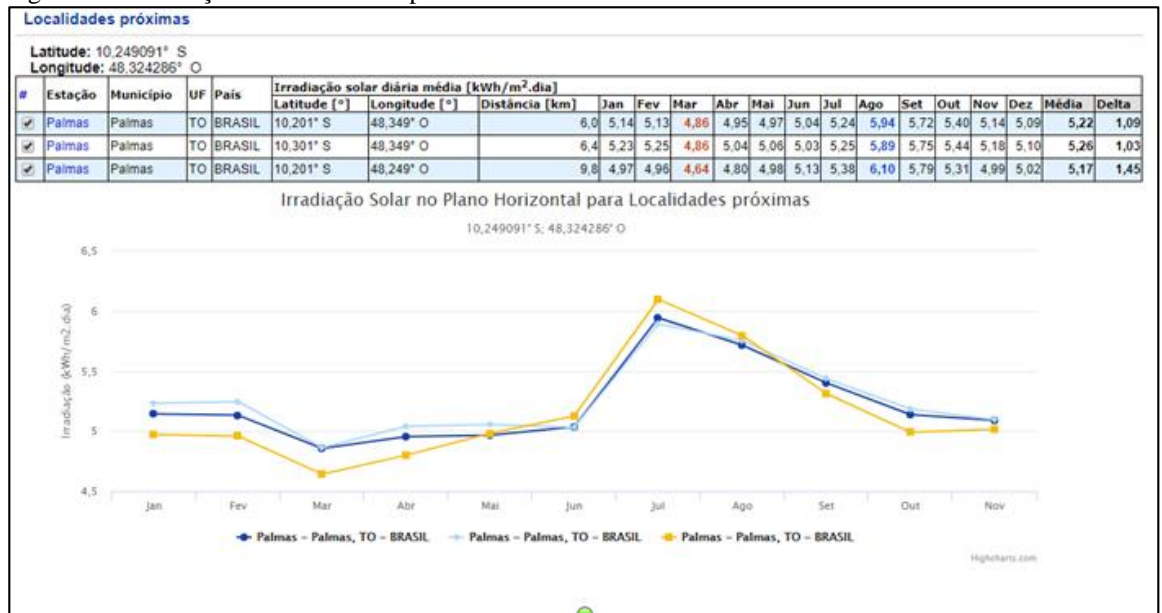
A interface web, intitulada "Coordenada Geográfica", apresenta campos para a entrada de dados. O campo "Latitude" contém o valor "10.249091" e o campo "Longitude" contém "48.3242858". Abaixo dos campos, há uma seção "Norte:" com duas opções de formatação: "graus decimais (00.00°)" (selecionada) e "graus, minutos e segundos (00°00'00'')". Na base da interface, há dois botões: "Buscar" e "Limpar".

Fonte: SunData – CRESESB (2018)

Em seguida o software, mostra os resultados das localidades próximas ao desejado que se podem utilizar para fins de estudo.

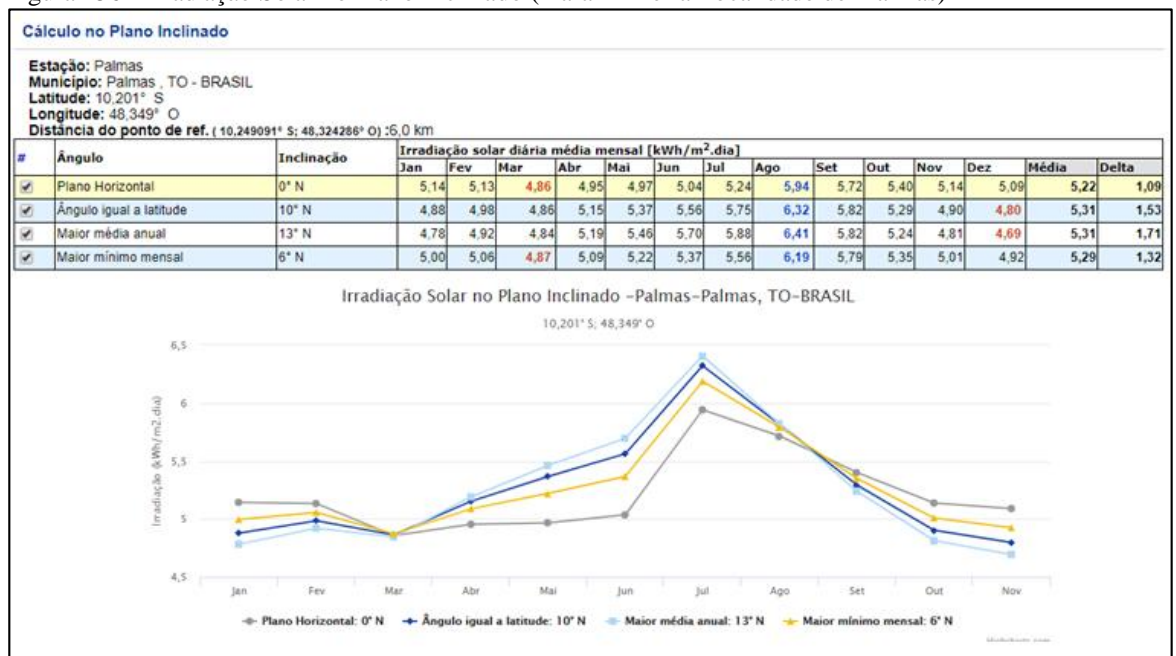


Figura 15 - Irradiação Solar no Plano para Localidades Próximas



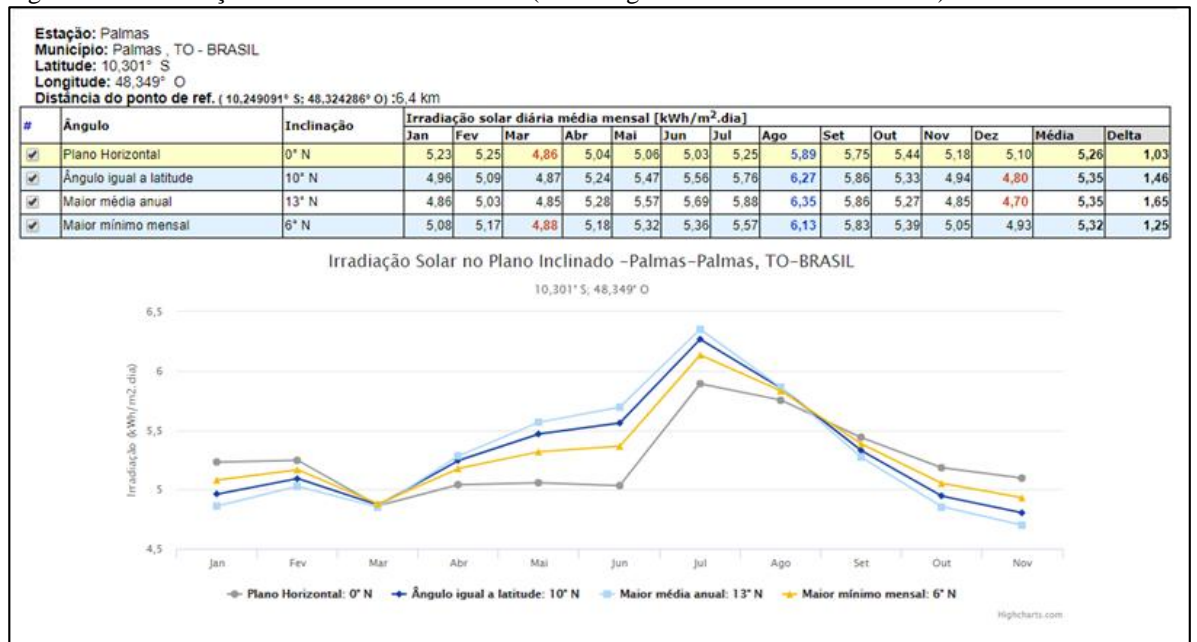
Fonte: SunData – CRESESB (2018)

Figura 156 - Irradiação Solar no Plano Inclinado ( Para Primeira Localidade de Palmas)



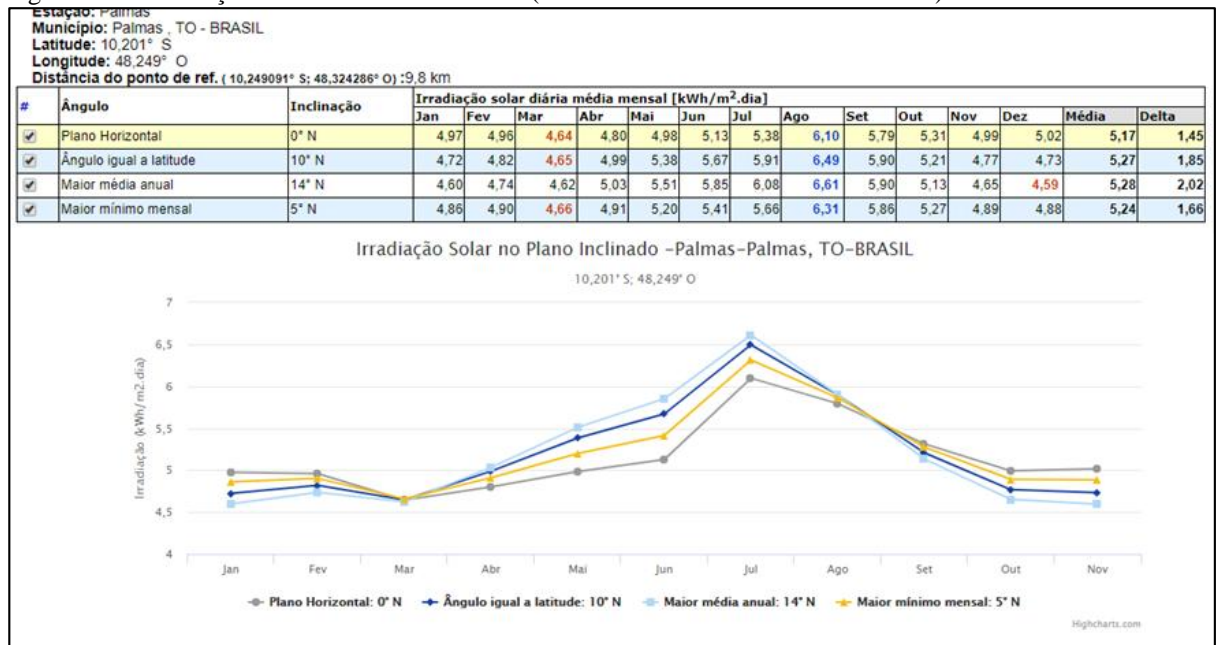
Fonte: SunData – CRESESB (2018)

Figura 167 - Irradiação Solar no Plano Inclinado ( Para Segunda Localidade de Palmas)



Fonte: SunData – CRESESB (2018)

Figura 178 - Irradiação Solar no Plano Inclinado ( Para Terceira Localidade de Palmas)



Fonte: SunData – CRESESB (2018)

Nota-se a irradiação solar diária média durante os doze meses do ano, em destaque na cor vermelha o mês de março, onde tem-se o menor índice de incidência solar, pois trata-se da época de inverno na cidade estudada.

Observa-se também em destaque o mês de agosto na cor azul, em que a incidência solar atinge o maior valor, chegando a atingir 6,10 kWh/m<sup>2</sup>\*dia. Sendo possível saber a média da irradiação diária anual e o delta ( diferença entre máxima e mínima).

Nota-se no gráfico que as três localidades são semelhantes no mês de março, com a variação de 0,22 kWh/m<sup>2</sup> \* dia entre a última e as duas primeiras, já no mês de agosto a variação é de 0,21 kWh/m<sup>2</sup> \* dia, quase imperceptível a variação entre as três localidades, nos meses de maior e menor incidência solar.

O software ao mesmo tempo disponibiliza o cálculo de plano inclinado para cada localidade próxima, com o seu referente geográfico, para melhor instalação das placas, sendo que as três localidades destacaram como inclinação ideal para Palmas –TO igual a 10° N.

## 4.2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA CASA 1

A casa 1 situada na região sul de Palmas possui sistema com características segundo a tabela 1:

Tabela 1 Características do Sistema de Painéis Fotovoltaicos

<b>Cidade:</b>	<b>Palmas-TO</b>
<b>Coordenadas:</b>	-10.276318, - 48.346690
<b>Inversor (modelo):</b>	Fronius Galvo 3.0-1
<b>Inversor (potência):</b>	3
<b>Módulo (modelo):</b>	Sunedison F275CzC
<b>Módulo (potência)</b>	275
<b>Quantidade:</b>	12
<b>Potência do GFV(kWp):</b>	3,3
<b>FDI:</b>	0,909090909
<b>Inclinação do GFV:</b>	10
<b>Orientação:</b>	SO 225°
<b>Taxa de dados inválidos (%):</b>	2,727035278

Fonte: SunData – Autor (2018)

Destaca-se a orientação do sistema ( 225° SO) e a potência do Gerador Fotovoltaico (GFV) de 3,3 kWp. E 2,73% dos dados são desprezados por imprecisão do aparelho.

### 4.3 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA CASA 2

A casa 2 situada na região norte de Palmas possui sistema com características segundo a tabela 2:

Tabela 2 Características do Sistema de Painéis Fotovoltaicos

Cidade:	<b>Palmas-TO</b>
Coordenadas:	-10.184578, - 48.333806
Inversor (modelo):	Fronius Primo 8.2-1
Inversor (potência):	8,2
Módulo (modelo):	Canadian CS6P-265P
Módulo (potência)	265
Quantidade:	28
Potência do GFV(kWp):	7,42
FDI:	1,105121294
Inclinação do GFV:	10
Orientação:	N 10°
Taxa de dados inválidos (%):	0,433145251

Fonte: SunData – Autor (2018)

Destaca-se a orientação do sistema (10° N) e a potência do Gerador Fotovoltaico (GFV) de 7,42 kWp e 0,43% dos dados são desprezados por imprecisão do aparelho

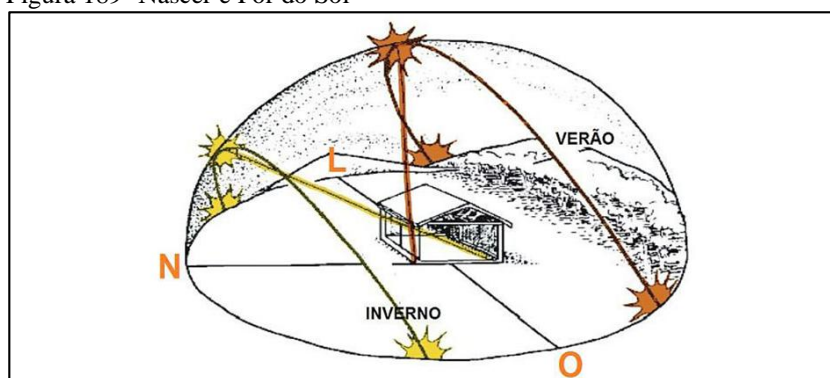
### 4.4 QUESTÕES DAS EDIFICAÇÕES

Para apresentação da Metodologia foram usados dados reais de geração de energia de duas residências unifamiliares localizadas na cidade de Palmas - TO, latitude -10.249091 e longitude -48.3242858.

Em geral, o valor da latitude local e usado como o ângulo de inclinação do modulo fotovoltaico, o ângulo com maiormédia anual de irradiação solar costuma a ser usado quando se deseja maior geração anual de energia, o que seria o caso de aplicações de sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição. Os dados solarimetricos obtidos, do SUNDATA (CRESESB,2013).

O Sol nasce no Leste, sobe se inclinando ao Norte e se põe no Oeste, como apresentado na figura 13.

Figura 189- Nascer e Pôr do Sol



Fonte: Ecoplanete Nergy

Então, em um telhado com face voltada ao norte e não há sombras nesta parte do telhado, deveria instalar o seu fotovoltaico nesta face, desta forma o seu gerador de energia solar produzirá mais energia. Para sistemas fotovoltaicos conectados a rede elétrica, o ângulo de inclinação igual ao da Latitude é normalmente o melhor ângulo para se instalar um painel fotovoltaico.

Segundo o Portal Solar (2017), como o Brasil possui posição privilegiada em relação ao Sol, é melhor o sistema fotovoltaico ter um grau de Inclinação menor do que o da Latitude do que maior.

Para explicar a utilização do método de pesquisa abordado nesse trabalho, é preciso entender como este foi elaborado, a metodologia será explicada através do entendimento do método de pesquisa e dos procedimentos utilizados. A pesquisa é de natureza qualitativa e tem objetivo de entender e compreender a geração de energia elétrica a partir da energia solar.

#### 4.4.1 Local e Período de Realização da Pesquisa

A pesquisa aconteceu em duas casas localizadas na cidade de Palmas –TO, uma contendo a direção correta das placas solares ( $10^{\circ}$  N) e outra não, para fim de comparativo da produtividade final total retida no ano de 2017.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As tabela 1 e tabela 2 (p. 34, p.35) apresentam os dados do sistema de painéis instalados em cada uma das residências de estudo. Observou-se algumas diferenças no que se refere à orientação e potência do gerador fotovoltaico.

Para que fosse possível comparar a eficiência entre os dois sistemas coletou-se a produção de energia anual e relacionou-se essa energia com a potência do gerador fotovoltaico a fim de que se obtivesse a produção mensal de energia para cada sistema (tabela 3). A tabela 3 mostra também o percentual da produção de energia mensal em relação à anual gerada no ano de 2017. Observa-se, então, que a produção anual entre os dois casos estão equiparadas, sendo a do caso 1 = 1413,8549 kWh e do caso 2 = 1414,1436kWh.

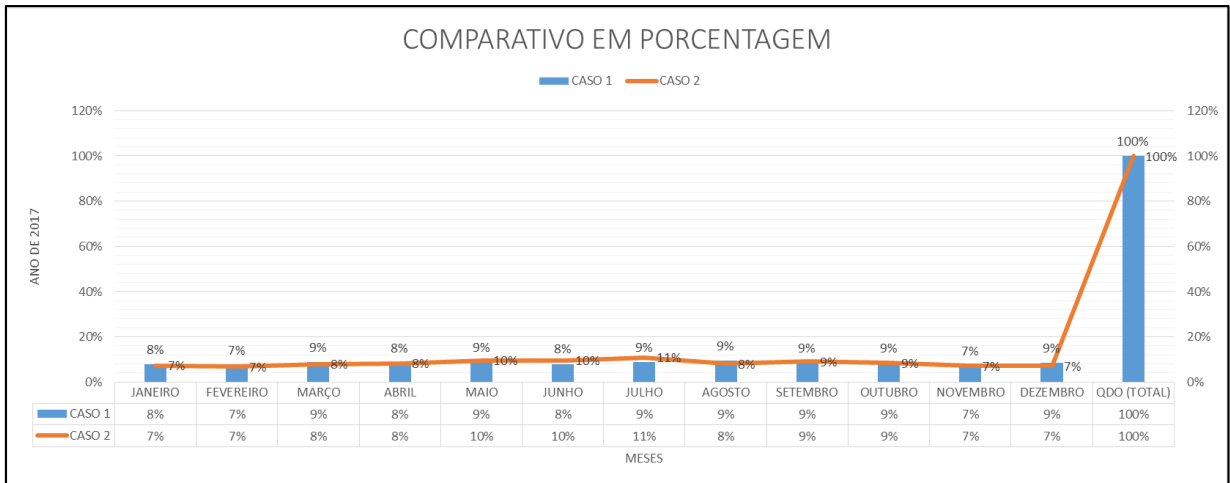
Tabela 3 Comparativo de geração de energia entre sistemas

Mês	ANO/2017 CASO 1	kWp	kWh	ANO/2017 CASO 2	kWp	kWh	% CASO 1	% CASO 2
<b>JANEIRO</b>	366,0246	3,3	110,9165	763,6153	7,42	102,9131	8%	7%
<b>FEVEREIRO</b>	348,1921	3,3	105,5128	712,1759	7,42	95,9806	7%	7%
<b>MARÇO</b>	408,3128	3,3	123,7311	831,8202	7,42	112,1051	9%	8%
<b>ABRIL</b>	389,3699	3,3	117,9909	865,0393	7,42	116,5821	8%	8%
<b>MAIO</b>	404,5052	3,3	122,5773	1006,2979	7,42	135,6197	9%	10%
<b>JUNHO</b>	371,6068	3,3	112,6081	1007,0611	7,42	135,7225	8%	10%
<b>JULHO</b>	412,0889	3,3	124,8754	1138,2431	7,42	153,402	9%	11%
<b>AGOSTO</b>	437,6702	3,3	132,6273	846,9482	7,42	114,144	9%	8%
<b>SETEMBRO</b>	398,4617	3,3	120,746	941,8297	7,42	126,9312	9%	9%
<b>OUTUBRO</b>	397,3525	3,3	120,4099	895,6466	7,42	120,7071	9%	9%
<b>NOVEMBRO</b>	335,3163	3,3	101,611	746,6891	7,42	100,632	7%	7%
<b>DEZEMBRO</b>	396,8204	3,3	120,2486	737,5788	7,42	99,4042	9%	7%
<b>(TOTAL)</b>	4665,7213	3,3	1413,8549	10492,945	7,42	1414,1436	100%	100%

Fonte: Autor (2018)

A figura 20 apresenta um gráfico comparativo de produção de energia em porcentagem entre os dois casos, ilustrando o resultado apresentado na tabela 3.

Figura 19 - Comparativo de produção de energia



Fonte: Autor (2018)

É interessante observar que no caso 1, em que o sistema está posicionado para sudoeste, a produção de energia nos meses de menor volume de chuvas representa um menor percentual em relação à produção anual. Já no caso 2 (sistema posicionado para região norte) a situação é diferente, porém fica evidente que ambos os casos se equiparam na geração anual de energia.

## 6 CONCLUSÕES

Todos os questionamentos, hipóteses e objetivos delineados nessa pesquisa foram respondidos, na medida em que foram coletados dados atuais e pertinentes em relação ao posicionamento ideal de um sistema de placas foto voltaicas. A inclinação de  $10^\circ$  N que seria a ideal, segundo a CRESEB (2014) mostrados nas figuras 15 a 18, mostrou-se irrelevante considerando a cidade de Palmas, pois o estudo mostrou que essa inclinação não interfere na geração anual de energia (tabela 2), o que corrobora com a primeira hipótese de que há a necessidade de se avaliar o posicionamento, porém contrapõe-se ao fato de que há perdas significativas em relação à produtividade, pois o caso 1 com placa orientada à  $225^\circ$  SO gerou a mesma quantidade de energia do que o caso 2 com placas orientadas à  $10^\circ$  N como recomendado pela CRESEB (2014).

Ficou evidente na avaliação de produção energética anual entre as duas casas observadas nesse estudo, que o montante de energia gerado durante o ano equipara-se independentemente do posicionamento ambas produziram energia em torno de 1410 kWh/ano, com a diferença de apenas 0,2887 kWh/ano gerados durante o ano de 2017. Portanto, na concepção de um projeto arquitetônico onde será prevista a instalação de um sistema de placas fotovoltaicas na cidade de Palmas - TO, o posicionamento não será fator determinante para o melhor desempenho deste sistema, portanto o projetista ou arquiteto terá maior liberdade no que se refere a disposição das placas na cobertura, permitindo que o tipo de cobertura não seja escolhido em função do sistema de placas fotovoltaicas. Além disso, levando em consideração que  $1\text{m}^2$  de painel pesa cerca 10 kg (NeoSolar) facilitar a tomada de decisão de seu posicionamento pode solicitar menos a estrutura de cobertura, haja vista que o sistema pode estar alocado sobre uma laje ou sobre o próprio telhado, permitindo que o projetista desenvolva o trabalho com menos restrições.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anon. [s.d.]. “M.Sc. Eng. Civil. Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS Dra. Eng. Civil. Professor(a) Orientadora . Universidade de Santa Maria, Santa Maria, RS 1”.

(ATLAS) **Atlas de energia elétrica do Brasil** / Agência Nacional de Energia Elétrica.3. ed. – Brasília: Aneel, 2008.

(BEN). **Balço Energético Nacional 2013: Ano base 2012** / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2013.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Energia Solar Princípios e Aplicações**, 2006. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial\\_solar\\_2006.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf)> Acesso em: 03 nov. 2017

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Potencial Energético Solar – SunData**, 2014. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/sundata/>> Acesso em: 24 nov.2014

FILIPE, S. M. V., **Microinversor para Painel Fotovoltaico**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.

FREITAS, S. S. A., **Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos**. Instituto Politécnico de Bragança, Bragança Paulista, 2008.

GAZOLI, J. R. Energia Renováveis Alternativas. O Setor Eletrico, 2013. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/energia-solar-e-certificacoes-sustentaveis.html>>. Acesso em: 14 out. 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2009.

Grupo de Trabalho de Energia Solar fotovoltaica –GTEF. Sistemas fotovoltaicos. Manual de Engenharia. 1 ed., junho de 1995

LOBÃO, Edison. **O Brasil e as fontes renováveis de energia**. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/Artigos/O\\_Brasil\\_e\\_as\\_fontes\\_renovxveis\\_de\\_energia.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/Artigos/O_Brasil_e_as_fontes_renovxveis_de_energia.pdf)>. Acesso em: 19 ago. 2014.

LOEBLEIN, L. C.; GODOY, L. P.; LOVATO, A.; RODRIGUES, M. K., **Comparação da Eficiência de Placas Solares Térmicas em Diferentes Modos de Operação**; In: XIII SEPROSUL – Semana de laIngeniería de ProducciónSudamericana, 13, 2013, Gramado. **Resumos**. Rio Grande do Sul: 2013, p.9

(MMA)Ministério do Meio Ambiente. **Energias Renováveis**. – Brasília, 2014

NEOSOLAR, E. Guia Prático. Neosolar, 2016. Disponível em:

<[https://www.neosolar.com.br/?gclid=Cj0KCQiA84rQBRDCARIsAPO8RFySvXsMCotiLLYKYT23wVAp2hWsuHRQV3c0tP1ZYXzVZxKZNehpC9gaAql6EALw\\_wcB](https://www.neosolar.com.br/?gclid=Cj0KCQiA84rQBRDCARIsAPO8RFySvXsMCotiLLYKYT23wVAp2hWsuHRQV3c0tP1ZYXzVZxKZNehpC9gaAql6EALw_wcB)>. Acesso em: 24 out. 2017.

PEREIRA, R. Energia solar e Certificações Sustentáveis. PORTAL SOLAR. Disponível em:

<<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/energia-solar-e-certificacoes-sustentaveis.html>>. Acesso em: 3 nov. 2017.

PINHO, J. T. Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos. CEPEL-CRESESB, 2014.

Disponível em:

<[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf)>. Acesso em: 2 out. 2017.

Silva, Rutelly Marques da. 2015. “ENERGIA SOLAR NO BRASIL: dos incentivos aos desafios”.

*Brasília: Senado Federal, Consultoria Legislativa* 46. Recuperado ([www.senado.leg.br/estudos](http://www.senado.leg.br/estudos)).

SOLARTERRA, **Energia Solar Fotovoltaica Guia Prático**, 2008. Disponível em:

<<http://www.solarterra.com.br/pdf/curso-energia-solar-fotovoltaica.pdf>>. Acesso em: 12 março.2018

SOUZA, R. D. Livro Digital de Introdução aos Sistemas Solares. Blue Sol, 2015. Disponível em:

<<http://bluesol.com.br/>>. Acesso em: 25 set. 2017.