

**NARLON XAVIER PEREIRA**

**DESAFIOS E PERSPECTIVAS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO  
BRASIL: GERAÇÃO DISTRIBUÍDA VS GERAÇÃO CENTRALIZADA**

Sorocaba  
2019

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências  
ambientais*

**NARLON XAVIER PEREIRA**

**DESAFIOS E PERSPECTIVAS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO  
BRASIL: GERAÇÃO DISTRIBUÍDA VS GERAÇÃO CENTRALIZADA**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” na Área de Concentração Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental.

**Orientador:** Prof. Dr. Antonio Cesar Germano Martins

Sorocaba

2019



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Sorocaba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaicas no Brasil: geração distribuída vs geração centralizada

AUTOR: NARLON XAVIER PEREIRA

ORIENTADOR: ANTONIO CESAR GERMANO MARTINS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ANTONIO CESAR GERMANO MARTINS  
Engenharia Ambiental / Unesp - ICT Sorocaba

Prof. Dr. DARLLAN COLLINS DA CUNHA E SILVA  
Departamento de Engenharia de Pesca / Unesp - Câmpus de Registro

Prof. Dr. ADMILSON IRIO RIBEIRO  
Engenharia Ambiental / Unesp - ICT Sorocaba

Sorocaba, 31 de janeiro de 2019

P436d	<p>Pereira, Narlon Xavier</p> <p>Desafios e Perspectivas da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Geração Distribuída Vs Geração Centralizada / Narlon Xavier Pereira. -- Sorocaba, 2019</p> <p>86 p. : il., tabs., mapas</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba</p> <p>Orientador: Antonio Cesar Germano Martins</p> <p>1. Energia Fotovoltaica. 2. Geração Distribuída. 3. Geração Centralizada. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecer em primeiro lugar a Deus, pois sem Ele não seria possível desenvolver este trabalho.

Ao professor Dr. Antonio Cesar Germano Martins que gentilmente aceitou me orientar. Pelas contribuições, pelos exemplos de humildade, profissionalismo e de amizade.

À Universidade Estadual Paulista, Instituto de Ciências e Tecnologia de Sorocaba, pelo oferecimento do Curso e apoio dado durante a Pós-graduação.

Ao Programa de Pós-graduação em ciências Ambientais aquém estendo meus agradecimentos a todos os professores e técnicos.

Aos membros da banca examinadora pela disponibilidade em poder contribuir para o aprimoramento deste trabalho.

Aos meus amigos pela parceria e apoio na vida pessoal e acadêmica, além dos demais colegas que tive convívio diário no programa da Pós e na cidade de Sorocaba.

E de maneira especial agradeço profundamente a minha família, pelo apoio, confiança e principalmente pelo esforço em custear as despesas neste período de curso.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho. Obrigado! Muito obrigado a todos.

## **RESUMO**

Nos últimos anos a energia solar fotovoltaica tem mostrado forte crescimento dentre as fontes renováveis em várias partes do mundo. O Brasil vem discutindo mais intensamente desde 2012 formas de incentivo para a inserção da energia solar fotovoltaica bem como a adequação do modelo centralizado e distribuído na matriz elétrica nacional. Para contribuir com esta discussão, neste trabalho foi realizado um levantamento de informações a respeito destes dois modelos a partir de consultas à livros, artigos, periódicos, sites e reportagens. Os resultados dessas pesquisas foram agrupados e consolidados em gráficos, tabelas e quadros que permitiram a avaliação das perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil, identificando os principais aspectos dos dois modelos de geração, levando-se em consideração suas características distintas e relacionadas à geração, distribuição e consumo salientando-se as vantagens e desvantagens segundo critérios ambientais, econômicos; sociais e técnicos. As análises dos materiais constituintes da pesquisa denotam que, no caso do Brasil, os dois modelos progridem de maneira complementar, porém necessitam de políticas governamentais mais eficazes para as suas implementações de forma ampla e significativa na matriz energética nacional.

**Palavras-chave:** Energia Fotovoltaica. Geração Distribuída. Geração Centralizada

## **ABSTRACT**

In recent years solar photovoltaic energy has shown strong growth among renewable sources in various parts of the World. Brazil has been discussing more intensively since 2012 incentive forms for the insertion of photovoltaic solar energy as well as the adequacy of the centralized and distributed models in the national electric matrix. In order to contribute to this discussion, in this work a survey of information on these two models was made based on books, articles, periodicals, websites and reports. The results of these surveys were grouped and consolidated in graphs and tables that allowed the evaluation of the perspectives of photovoltaic solar energy in Brazil, identifying the main aspects of the two generation models, taking into account their distinct characteristics related to generation, distribution and consumption, highlighting the advantages and disadvantages according to environmental, economic, social and technical aspects. The analyzes show that, in the case of Brazil, the two models are complementary, but they need more effective government policies for their implementations in a large and significant way in the national energy matrix.

**Keywords:** Photovoltaic Energy. Brazil. Distributed Generation. Centralized Generation

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Modelos de sistemas de geração distribuída de energia solar fotovoltaica On-grid e Off-grid .....	18
Figura 2: Esquema de uma Usina Solar Fotovoltaica Centralizada .....	19
Figura 3: Representação do Sistema Interligado Nacional.....	30
Figura 4: Mapas de irradiação horizontal global horizontal Média anual e Media Mensal	41
Figura 5: Mapa do Potencial Brasileiro de Geração Fotovoltaica Centralizada.....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Principais mercados fotovoltaicos do mundo e a capacidade de geração fotovoltaica acumulada até 2017 .....	26
Tabela 2: Empreendimentos fotovoltaicos no Brasil, quantidade e potência de outorga....	32
Tabela 3: Panorama da geração de eletricidade pelo sistema distribuído .....	34
Tabela 4: Panorama das Unidades Consumidoras com geração distribuída .....	35
Tabela 5: Panorama da geração de eletricidade total pelo sistema distribuído por classe de consumo.....	36
Tabela 6: Panorama da geração de eletricidade pelo sistema distribuído por classe de consumo.....	39

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Capacidade anual de instalações dos principais mercados fotovoltaicos ao longo dos últimos cinco anos em GW .....	25
Gráfico 2: Potencial de energia solar fotovoltaica acumulada dos principais países ao longo dos últimos seis anos. ....	27
Gráfico 3: Matriz elétrica do Brasil em 2018 .....	29
Gráfico 4: Percentual da geração de eletricidade pelo sistema distribuído .....	34
Gráfico 5: Panorama total da geração de eletricidade pelo sistema distribuído por classe de consumo.....	37
Gráfico 6: Percentual da geração de eletricidade pelo sistema distribuído por classe de consumo.....	39

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Cenário da geração de energia solar fotovoltaica distribuída em alguns países.	61
Quadro 2: Aspectos positivos e negativos do sistema solar fotovoltaico centralizado .....	62
Quadro 3: Aspectos positivos e negativos do sistema solar fotovoltaico distribuído .....	63
Quadro 4: A influência climatológicos das regiões brasileiras na geração de energia solar fotovoltaica .....	68

## LISTA DE SIGLAS

ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica.  
ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica  
ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA  
APP - áreas de preservação permanente  
BEM - Balanço Energético Nacional  
BEN – Balanço Energético Nacional  
BIG - Banco de Informações de Geração  
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Social  
CA - Corrente Alternada  
CC - Corrente Contínua  
CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica  
CONFAZ - Conselho Nacional de Política Fazendária  
EEG - Lei de Energia Renovável  
EPE – Empresa de Pesquisa Energética  
FNMC - Fundo Nacional sobre Mudança do Clima  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços  
IEA - International Energy Agency  
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia  
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
MMA Ministério de Meio Ambiente  
MME – Ministério de Minas e Energia  
NDRC - Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma  
NEA - National Energy Administration  
NOS - Operador Nacional do Sistema Elétrico  
ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico  
ProGD - Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica  
REIDI - Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura  
RL - Reserva Legal  
SIN - Sistema Interligado Nacional

# SUMÁRIO

RESUMO.....	6
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPITULO 01: ENERGIA FOTOVOLTAICA NO MUNDO .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS: DISTRIBUÍDO ON-GRID, OFF-GRID E CENTRALIZADO.....</b>	<b>17</b>
<i>1.1.1 Energia Fotovoltaica Distribuída.....</i>	<i>17</i>
<b>FONTE: ADAPTADA DE GETTYIMAGES 2018.....</b>	<b>18</b>
<i>1.1.2 Energia Fotovoltaica Centralizada.....</i>	<i>18</i>
<b>1.2 O DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NO MUNDO.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3 ASPECTOS DA GERAÇÃO CENTRALIZADA E DISTRIBUÍDA NO MUNDO .....</b>	<b>22</b>
<b>1.4 PANORAMA MUNDIAL DA ENERGIA FOTOVOLTAICA .....</b>	<b>24</b>
<b>CAPITULO 2: OS DESAFIOS E PERSPECTIVAS DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL 29</b>	
<b>2.1 O PANORAMA DA MATRIZ ELÉTRICA DO BRASIL .....</b>	<b>29</b>
<b>2.3 PANORAMA ATUAL DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL .....</b>	<b>32</b>
<b>2.4 RADIAÇÃO SOLAR NO BRASIL.....</b>	<b>40</b>
<b>2.5 A INFLUÊNCIA DA METEOROLOGIA NA GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1 ASPECTOS POSITIVOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....</b>	<b>45</b>
<i>3.1.1 Aspectos Econômicos.....</i>	<i>45</i>
<i>3.1.2 Aspectos Sociais.....</i>	<i>47</i>
<i>3.1.3 Aspectos Técnicos .....</i>	<i>48</i>
<b>3.2 ASPECTOS NEGATIVOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA .....</b>	<b>49</b>
<i>3.2.1 Aspectos Econômicos.....</i>	<i>49</i>
<i>3.2.2 Aspectos Técnicos .....</i>	<i>49</i>
<b>CAPITULO 04: ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA CENTRALIZADA .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1 ASPECTOS POSITIVOS DA GERAÇÃO CENTRALIZADA .....</b>	<b>52</b>
<i>4.1.1 Incentivos.....</i>	<i>52</i>
<i>4.1.2 Geração híbrida.....</i>	<i>53</i>
<i>4.1.3 Energia fotovoltaica flutuante .....</i>	<i>54</i>
<i>4.1.4 As usinas podem ser úteis em horários de pico .....</i>	<i>54</i>
<b>4.2 ASPECTOS NEGATIVOS DA GERAÇÃO CENTRALIZADA .....</b>	<b>54</b>
<b>4.2.1 Custo elevado .....</b>	<b>54</b>
<i>4.2.2 Fatores ambientais.....</i>	<i>55</i>
<i>4.2.3 Fatores Físicos.....</i>	<i>55</i>

<i>4.2.4 Inclinação e Orientação dos Painéis</i> .....	56
<i>4.2.5 Temperatura</i> .....	57
<i>4.2.6 Perda de Eficiência dos Módulos</i> .....	57
<i>4.2.7 Perdas no Inversor</i> .....	58
<i>4.2.8 Perda nas Linhas de Transmissão</i> .....	59
<b>CAPÍTULO 5: DISCUSSÃO DOS MODELOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA VS CENTRALIZADA</b> .....	<b>60</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>71</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mundo é movido por energia, e a cada dia que passa aumenta-se mais ainda a demanda, principalmente por energia elétrica, seja nas atividades corriqueiras do dia a dia ou na indústria. No entanto, grande parte da população que a utiliza desconhece a fonte ou nem se importa em saber qual foi a sua origem. Porém, com as discussões sobre as consequências da geração de energia por fontes poluidoras, o mercado energético vem buscando soluções ou alternativas que provoque menos impactos ao meio ambiental (OLIVEIRA, 2011).

Assim, as energias renováveis assumem um papel importante no fornecimento de eletricidade com baixo impacto ao meio ambiente, como por exemplo, através do uso da energia eólica, biomassa e solar, (OLIVEIRA, 2011). Porém, ainda são pouco exploradas no mercado mundial, principalmente a energia solar, uma das alternativas energéticas mais promissoras da atualidade (MONTALVÃO et al, 2012).

De acordo com Maia, (2018) a energia solar fotovoltaica tem mostrado forte crescimento dentre as renováveis. Só entre 2010 e 2016 foram investidos mais de USD 2 trilhões em todo o mundo, com um crescimento total de 263 GW alcançando um número recorde de mais de 300 GW instalados (REN21, 2017).

O Brasil possui um grande potencial em energias renováveis com destaque para a hídrica, eólica e devido aos altos níveis de insolação, a energia solar (EPE, 2017). Graças a essa característica, o País vem nos últimos anos discutindo formas de investimento dessa nova tecnologia, seguindo a direção tomada por outros países que, mesmo com menores potenciais solares, se destacam na geração fotovoltaica como é o caso de alguns países da Europa.

Desde 2012, o Brasil vem discutindo algumas formas de incentivo a inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica nacional através de um conjunto de elementos como novas regulamentações e abertura de leilões (MAIA, 2018).

Segundo Caldas e Moisés, (2016) existem três tipos de subsistemas para a geração de energia solar fotovoltaica. Uma delas é a geração centralizada formada por grandes usinas que geralmente ficam afastadas dos centros de consumo, necessitando assim de extensas linhas de transmissão. Há também o sistema solar fotovoltaico distribuído on-grid formado geralmente por pequenas usinas instaladas no ponto de consumo ou próximo. Neste sistema o proprietário pode produzir sua própria energia e em algum país seus

excedentes podem ser revertidos em créditos, podendo ser abatidos nas faturas mensais se inserindo ao modelo centralizado, como acontece no Brasil (CALDAS e MOISÉS, 2016).

Além disso, há também o chamado sistema solar fotovoltaico isolado ou off-grid, aquele em que a energia é produzida e o excedente precisa ser armazenado em bateria. Esse tipo de geração ocorre em locais remotos ou de difícil acesso e são necessários por estarem distantes dos sistemas interligados, (CALDAS e MOISÉS, 2016).

Neste trabalho, estão sendo abordados de forma mais profunda os aspectos do sistema fotovoltaico on-grid, por ser o sistema que mais vem se desenvolvendo dentre a geração distribuída, e o centralizado.

Nesse contexto, essa dissertação de mestrado contém cinco capítulos, divididos da seguinte forma: Capítulo 01: Energia Fotovoltaica no Mundo, com o panorama da energia solar fotovoltaica; o Capítulo 2: Os Desafios e Perspectivas da Energia Fotovoltaica no Brasil que apresenta o panorama e aspectos gerais da climatologia e da radiação solar no país; nos Capítulos 03 e 04 respectivamente geração de Energia Fotovoltaica Distribuída e Centralizada com os aspectos positivos e negativos de cada modelo, e no Capítulo 5: Discussões: Entre Geração Distribuída e Centralizada, nesse capítulo descreve-se uma síntese dessa interação por meio da abordagem dos diferentes pontos principais destacados nessa pesquisa para se analisar a adequação de cada modelo ao panorama nacional e suas diversidades.

Nesse escopo, o objetivo desse trabalho foi descrever e analisar as perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil, identificando os principais aspectos da geração distribuída e centralizada na matriz energética do

Para a construção desta dissertação foi realizado um levantamento bibliográfico com o intuito de conhecer as pesquisas já realizadas na área de energia fotovoltaica no Brasil e partes do mundo, bem como os aspectos do sistema na arquitetura centralizada e distribuída. Para análise descritiva textual, foram consultados livros, artigos, periódicos e reportagens. Os resultados dessas pesquisas foram agrupados e elucidados em gráficos e tabelas que permitiram uma melhor exploração do tema e uma breve apreciação analítica descritiva da inserção de sistemas fotovoltaicos no Brasil

## **Capítulo 01: ENERGIA FOTOVOLTAICA NO MUNDO**

### **1.1 Sistemas Fotovoltaicos: distribuído on-grid, off-grid e centralizado**

#### **1.1.1 Energia Fotovoltaica Distribuída**

A Agência Internacional de Energia IEA, (2002), define geração distribuída como produção de energia localizada que fica próxima à unidade de consumo, independente do tamanho ou da fonte geradora, seja ela células fósseis, eólica ou fotovoltaica.

De acordo com Bortoloto et al., (2017), há dois tipos de operações relacionados à geração distribuída a off-grid e on-grid .

Os sistemas off-grid são sistemas isolados e autônomos de geração de energia solar (BORTOLOTO et al., 2017) que usam baterias conectadas e servem como dispositivos de armazenamento de energia. O kit desse sistema é composto por módulos solares, cabos, estrutura de suporte como: inversores e controladores de carga (bloco de geração de energia) e baterias (bloco de armazenamento) (TERRA e SOL, 2018).

Neste sistema, o controlador de carga evita o excesso de carga energética nas baterias, o banco de baterias armazena a energia excedente e o inversor converte a corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA).

Além disso, segundo Bortoloto et al., (2017), no sistema off-grid não há ligação direta com a rede concessionária ou cooperativas energéticas. Dessa forma, ao faltar energia, o abastecimento passa a ser feito pelas reservas que ficam armazenadas no banco de baterias, sendo necessário se dimensionar a capacidade de armazenamento para suprir a necessidade do local.

Já o sistema on-grid, é conectado à rede elétrica. Neste sistema, o inversor solar além de exercer a função de converter a corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA) tem a função também de sincronizar o sistema com a rede pública.

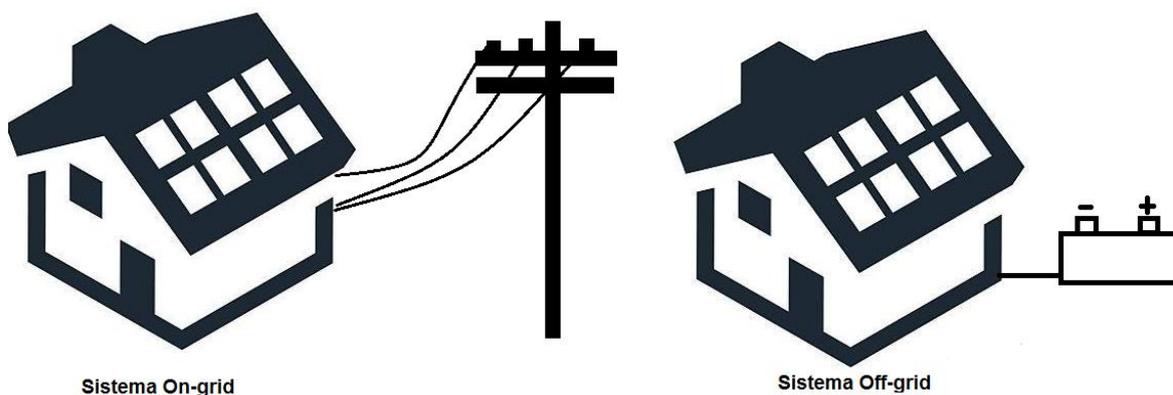
Neste caso, sempre que houver excedente de energia produzida pelo sistema on-grid ele será enviado à rede convencional de distribuição. Dessa forma, o relógio medidor gira no sentido contrário e o excedente é convertido em créditos para o consumidor.

No Brasil, por exemplo, o consumidor economiza na conta e paga somente as taxas obrigatórias definidas pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Além disso, caso a energia gerada não seja suficiente, a rede elétrica irá compensar o que falta ao consumidor que deverá pagar a distribuidora de energia posteriormente.

Segundo o portal da Terra e Sol (2018), com o sistema on-grid o consumidor consegue economizar até 95% nas contas de energia elétrica. Os créditos adquiridos na geração de energia podem ser usados por outras unidades consumidoras, desde que esteja cadastrada com o mesmo CPF do titular e que faça parte da mesma concessionária ou cooperativa de energia.

Nesse contexto, nota-se que o sistema on-grid é vantajoso para os consumidores que ficam próximos da rede de distribuição de energia, pois ele dispensa a utilização de baterias para controlar a carga. Por outro lado o sistema off-grid torna-se vantajoso para os consumidores que vivem em locais remotos distantes das redes de transmissão de energia, como apresentado na Figura 1.

Figura 1: Modelos de sistemas de geração distribuída de energia solar fotovoltaica On-grid e Off-grid



Fonte: adaptada de gettyimages 2018

### 1.1.2 Energia Fotovoltaica Centralizada

Uma estação de energia fotovoltaica é também conhecida como parque solar ou usina de energia solar, que é um sistema fotovoltaico de grande porte projetado para a

geração e fornecimento de energia fotovoltaica para a rede elétrica. Esse sistema de geração de energia (Figura 2) é conhecido como centralizado.

Figura 2: Esquema de uma Usina Solar Fotovoltaica Centralizada



Fonte: oliytech solar 2018

A maioria das usinas solares centralizadas são sistemas fotovoltaicos montados no solo, mas também podem ser montadas em lagos ou represas, sendo chamadas de usinas solares flutuantes.

Outra inovação que vem sendo implementada na geração centralizada é a geração de energia híbrida, quando a usina de energia fotovoltaica é instalada próximo ou anexa a outras usinas seja ela eólica, hídrica ou outra fonte não renovável como termoelétrica (CRUZ, 2015) e (STRANGUETO, 2016).

As usinas solares instaladas em solo podem ser de inclinação fixa ou variáveis, que apesar do desempenho ser melhor, aumenta-se também os custos para instalação e manutenção.

Segundo Blaszcak, (2017), os projetos geralmente usam estruturas de módulos solares de inclinação fixa projetada para fornecer o melhor perfil de produção de energia. De acordo com (ANEEL, 2018) os módulos fotovoltaicos são geralmente orientados em direção ao equador com ângulo de inclinação levemente menor que a latitude do local. Em alguns casos, a depender da topográfica local, avaliação climática ou de eletricidade, podem ser usados diferentes ângulos de inclinação, ou as matrizes podem ser também compensadas através do eixo normal Leste-Oeste para possibilitar a produção matutina ou vespertina (MATTOS, 2016).

Além disto, há uma variante desse design, ao se ajustar o ângulo de inclinação de duas ou quatro vezes ao longo do ano para otimizar a produção sazonal. Outro fator relevante deste modelo é o fato dele exigir uma área maior de terra para redução do sombreamento interno no ângulo de inclinação.

Como no caso da geração distribuída, as usinas de geração de energia fotovoltaica precisam de equipamentos de conversão de eletricidade, pois os módulos fotovoltaicos produzem energia de corrente contínua (CC) que precisam ser convertidos em corrente alternada (CA), forma essa de transmissão pela rede elétrica (BEIGELMAN, 2013). As usinas de geração fotovoltaica utilizam inversores para fazerem as conversões e ajustes para maximizar a eficiência por meio de rastreadores de ponto de potência. (ARAUJO et al, 2016).

Para a construção de uma usina é necessário uma área de terra substancial. Dessa forma é preciso que a área esteja sujeita a aprovação do planejamento pelos órgãos ambientais. Além do mais, para se conseguir autorização de concessão para a construção de uma usina, o tempo, os custos e as condições relacionadas como um todo depende da jurisdição que varia de um lugar para outro.

Durante a construção do projeto são feitos vários estudos como: sociais, locais e principalmente ambientais, para garantir que a construção e operação das usinas estejam de acordo com as leis e normas de segurança (RIMA, 2014).

Durante o planejamento de construção de um sistema de geração de energia centralizada é preciso também levar em consideração o potencial de geração, a localização e principalmente a capacidade de transmissão e conexão com a rede. A falta de um planejamento adequado pode acarretar em sérios prejuízos para o empreendimento.

O desempenho financeiro de um sistema centralizado de energia fotovoltaica estará relacionado a vários fatores dentre eles a radiação solar e o desempenho de produção ressalta (GROTH, 2013), que lembra ainda que o desempenho financeiro estará sempre ligado aos incentivos para a concessão de projetos para essa área.

## **1.2 O Desenvolvimento da Energia Fotovoltaica no Mundo**

O crescimento mundial da energia fotovoltaica se apresenta como uma curva exponencial entre os anos 1992-2017. Durante esse período, a energia fotovoltaica, evoluiu de um nicho de mercado de aplicações de pequena escala para uma fonte de eletricidade convencional (IEA, 2018). Após os sistemas solares fotovoltaicos serem reconhecidos

como uma tecnologia de energia renovável de aplicação em larga escala, programas como as tarifas feed-in foram implementados em vários países para fornecer incentivos econômicos para investimentos.

De acordo com (kaunda, et al, 2014) o objetivo das tarifas feed-in é oferecer compensação baseada em custo aos produtores de energias renováveis, proporcionando segurança de preço e contratos de longo prazo que ajudem a financiar investimentos em energias renováveis.

Esse programa faz parte de um mecanismo de política projetado para acelerar investimento em tecnologias de energia alternativa, permitindo o oferecimento de contratos de longo prazo para produtores de energias renováveis baseando-se nos custos de geração de cada tecnologia (COUTURE et al, 2010).

Durante vários anos, o crescimento da energia solar fotovoltaica foi impulsionado principalmente pelo Japão e pelos países europeus pioneiros. Como consequência, o custo da energia solar diminuiu significativamente devido aos efeitos da curva de experiência, com o desenvolvimento da tecnologia e da economia (MAIA, 2018).

As energias renováveis, principalmente a solar fotovoltaica tornaram-se uma alternativa energética para vários países, principalmente após o desastre nuclear de Fukushima em 2011. Os alemães, por exemplo, intensificaram a desativação de suas usinas nucleares e deram início a implementação de fontes renováveis com destaque para a eólica e a solar fotovoltaica.

O Japão por outro lado, por não ter variedade de fontes energéticas, optou pelo mercado fotovoltaico, onde até o final de 2017, a capacidade acumulada do país era de 49 GW, a terceira maior capacidade instalada de energia solar fotovoltaica do mundo.

A taxa de crescimento da energia solar fotovoltaico aumentou rapidamente quando a produção de células solares e módulos começou a crescer nos Estados Unidos com o projeto Million Solar Roofs, e quando as energias renováveis foram adicionadas ao plano quinquenal de 2011 para a produção de energia. Desde então, as instalações de energia fotovoltaica ganharam força em escala mundial, particularmente pelos asiáticos, mas também pelos norte americanos bem como de outras regiões, onde a energia solar fotovoltaica esta competindo cada vez mais com fontes convencionais de energia.

Ao longo da história, os Estados Unidos sempre estiveram entre os principais países geradores de energia solar fotovoltaica. Foi nos Estados Unidos que aconteceram os primeiros testes com a tecnologia fotovoltaica no ano 1838, quando o francês Alexandre Edmond Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico (BRAGA, 2008).

Além do mais, o país liderou a energia fotovoltaica instalada há muitos anos e sua capacidade total chegou a 77 MW em 1996.

No entanto, o Japão ultrapassou os Estados Unidos e foi o líder mundial de eletricidade solar fotovoltaica produzida até o ano de 2005, quando a Alemanha assumiu a liderança. Porém, os alemães foram ultrapassados em 2015, pela China que tornou-se o maior produtor mundial de energia fotovoltaica.

Em 2017, os chineses foram os primeiros a superarem os 100 GW de capacidade fotovoltaica instalada. De acordo com a (IEA, 2018) as estimativas são para que a China seja a líder em capacidade fotovoltaica instalada nas próximas décadas, seguida pela Índia e EUA.

### **1.3 Aspectos da Geração Centralizada e Distribuída no Mundo**

A geração solar fotovoltaica centralizada é o principal modelo de investimento no mundo, sendo que as grandes usinas se localizam na China, Estados Unidos, Japão, Índia e parte da Europa. Porém, outros países também vêm avançando, no entanto com usinas de menor porte (MAIA,2018).

Os norte-americanos até o final de 2017 ocupavam a segunda posição no ranking mundial em fonte de energia solar fotovoltaica com um potencial instalado de 51 GW e com forte domínio na geração centralizada, no entanto o país possui atualmente cerca de 12 milhões de unidades de geração distribuída, o que representa cerca de um sexto da capacidade das usinas fotovoltaicas centralizadas existentes no país demonstrando forte domínio nesta área (EPA, 2017).

De acordo com EPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos dos Estados (2017), o uso de geração distribuída aumentou por vários motivos nos Estados Unidos, dentre eles:

- As tecnologias renováveis, como os painéis solares, tornaram-se financeiramente acessíveis para muitos proprietários e empresas;
- Vários estados e governos locais estão promovendo políticas para incentivar uma maior implantação de tecnologias renováveis devido a seus benefícios, incluindo segurança energética, resiliência e reduções de emissões de CO<sub>2</sub>;

- Sistemas de geração distribuídos são usados para fornecer eletricidade durante quedas de energia, incluindo aquelas que ocorrem após tempestades severas e durante dias de alta demanda de energia;
- As operadoras de rede podem contar com algumas empresas para operar seus geradores de emergência no local para manter um serviço de eletricidade confiável para todos os clientes durante as horas de pico de uso de eletricidade;
- Os sistemas de geração distribuída estão sujeitos a uma mistura diferente de políticas, regulamentos e mercados locais, estaduais e federais, em comparação com a geração centralizada. Com as políticas e incentivos variando amplamente de um lugar para outro, a atratividade financeira de um projeto de geração distribuída acabam variando também.

À medida que as concessionárias de energia elétrica integram tecnologias de informação e comunicação para modernizar os sistemas de fornecimento de eletricidade, pode haver oportunidades para aumentar de maneira confiável e econômica o uso da geração distribuída.

Além dos Estados Unidos, a maior geradora de energia solar do mundo, a China vem demonstrando interesse na geração distribuída. Para a Agência Internacional de Energia (2018) os investimentos na geração de energia solar fotovoltaica na China está aumentando consideravelmente. Em 2017 o país gerou cerca de 54 GW a mais, embora a energia solar centralizada continue a dominar, a energia solar distribuída também está crescendo rapidamente. Recentemente, a Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma (NDRC) e a National Energy Administration (NEA) deram início a um esforço para criar novos modelos de negócios para energia solar fotovoltaica distribuída no país (DUPUY e XUAN, 2018).

Por outro lado, a Alemanha que permanece como referência na Europa e no mundo na geração de energia solar fotovoltaica vêm reduzindo os incentivos governamentais para o desenvolvimento de sistemas de energias renováveis, dentre elas a solar fotovoltaica, acompanhando parte da Europa (ARANTEGUI e JAGER-WALDAU, 2017).

O mercado alemão diminuiu significativamente seu ritmo de crescimento devido às emendas EEG (Lei de Energia Renovável Alemã) que reduziram as tarifas de pagamentos de energias renováveis utilizados por políticas públicas conhecidas como feed-

in e estabelecerem restrições nas instalações que limitaram o tamanho da geração de energia. (ARANTEGUI & JAGER-WALDAU, 2017)

Além disso, a geração de energia solar distribuída tem sido considerada uma das tecnologias de eletricidade com crescimento mais rápido nos últimos anos segundo a (Abrasolar, 2018). Mudanças na tecnologia, na estrutura de custos, nas políticas de habilitação e nos marcos regulatórios impulsionaram esse crescimento nos países desenvolvidos principalmente na Alemanha.

Outro países como o Reino Unido e a Austrália vem demonstrado interesse na geração de energia solar fotovoltaica distribuída. O Reino Unido, por exemplo, de acordo com (BUZATTO, 2017), anunciou um ambicioso projeto de energia solar fotovoltaica para a população de menor renda. Este projeto prevê instalar aproximadamente 800 mil painéis solares em moradias sociais da Inglaterra e Países de Gales nos próximos anos demonstrando o interesse nesta modalidade de geração fotovoltaica.

Por outro lado na Austrália os investimentos em energias renováveis através de incentivos têm sido amplamente responsáveis pelo aumento significativo de participação do país nesta área. No entanto, os australianos estão sendo criticado internacionalmente por aproveitarem pouco seu potencial solar, embora o país venha demonstrando um forte crescimento na geração fotovoltaica distribuída com mais de 150 mil sistemas de pequeno porte instalados (AUSTRALIAN RENEWABLE ENERGY AGENCY, 2018).

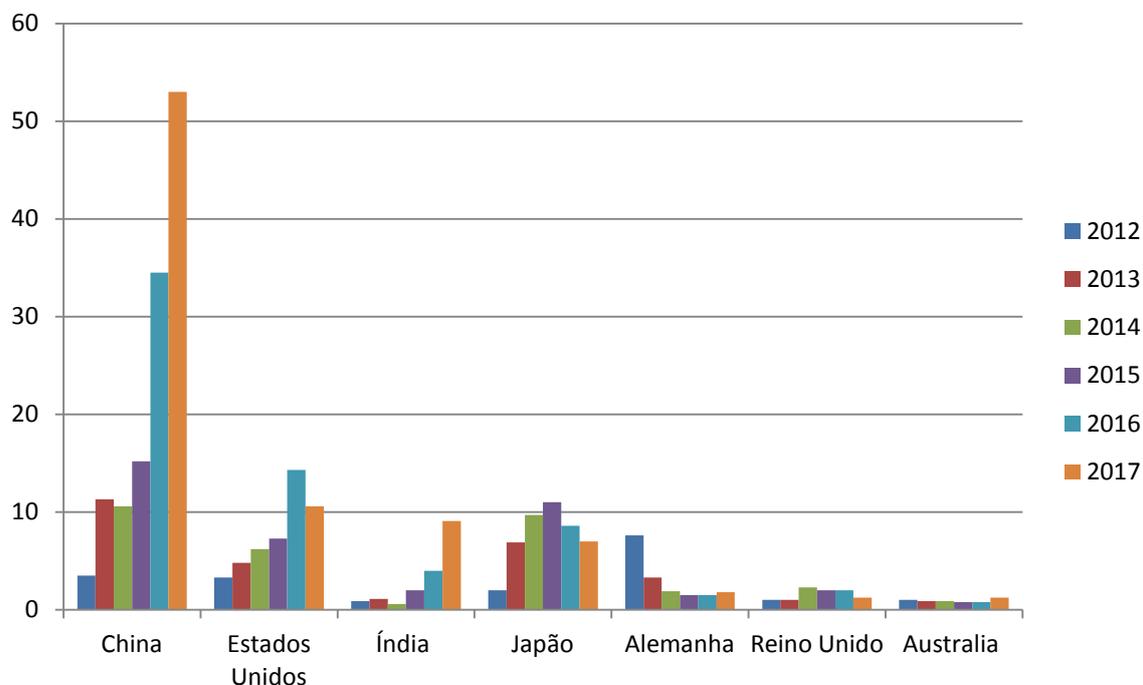
#### **1.4 Panorama Mundial da Energia Fotovoltaica**

De acordo com o Relatório da Agência Internacional de Energia (2018) o mercado de energia solar fotovoltaico vem quebrando alguns recordes depois de um limitado desenvolvimento global em 2014, e um lento crescimento de 25% em 2015, no entanto, o mercado continuou seu crescimento em 2016 e 2017, com forte contribuição da China, cujo desenvolvimento fotovoltaico representou quase 54% da capacidade total instalada em 2017, mais do que no ano anterior.

Após uma leve queda em 2014, o mercado fotovoltaico chinês cresceu para cerca de 15,2 GW em 2015; 34,4 GW em 2016 e 53 GW em 2017. O Relatório resalta ainda que o mercado norte-americano, diminuiu sua capacidade de instalações em 2017 passando de 14,7 GW para cerca de 10,6 GW. Por outro lado a posição do terceiro lugar no mercado fotovoltaico em instalações foi finalmente assumida pela Índia que instalou 9,1 GW, à

frente do Japão e da Alemanha que ficaram em quinto lugar no ranking como apresentado no Gráfico 1 (IEA, 2018).

Gráfico 1: Capacidade anual de instalações dos principais mercados fotovoltaicos ao longo dos últimos cinco anos em GW



Fonte: Adaptada dos relatórios do IEA

O mercado fotovoltaico global cresceu significativamente, para pelo menos 96 GW em 2017, confirmando a força do crescimento da China, que agora representa 32% do total mundial.

Por outro lado o mercado de alguns países Europeus nos últimos quatro anos, não atingiram 2 GW, de instalações, dentre eles temos a Alemanha com 1,8 GW, seguido pelo Reino Unido 954 MW, França 875 MW, Holanda 853 MW e Itália com 409 MW (IEA, 2018).

Já outros mercados da região permaneceram estáveis como a Suíça, Áustria, Hungria e Suécia. Bem como outros voltaram a crescer, como a Bélgica, que instalou 284 MW e Espanha 147 MW.

O mercado fotovoltaico mundial contou ainda em 2017 com o desenvolvimento de alguns países como a Austrália que instalou 1,25 GW, a Coreia do sul 1,2 GW, o Paquistão cerca de 800 MW, Taiwan 523 MW e a Tailândia com 251 MW. Muitos outros também estão se desenvolvendo como a Malásia 50 MW, bem como Filipinas, Vietnã e

Indonésia, que estão mostrando sinais de um possível desenvolvimento em energia fotovoltaica para os próximos anos (IEA, 2018).

Nas Américas, apesar do declínio do Estados Unidos em 2017, o Brasil passou a ocupar a lista dos dez países que mais instalaram energia solar fotovoltaica no mundo em 2017 com 910 MW, seguido do Chile 668 MW. O Canadá e o México permaneceram estáveis em relação a 2016 ambos com respectivamente 212 MW e 150 MW.

No Oriente Médio, a Turquia instalou 2,6 GW, um aumento maciço em relação aos últimos anos, enquanto Israel instalou mais 60 MW, o menor desempenho durante anos. Na África, a África do Sul tornou-se o primeiro país africano a instalar perto de 1 GW de energia fotovoltaica em 2014, em 2017 o seu crescimento parou abruptamente com apenas 13 MW instalados.

Em relação à energia fotovoltaica acumulada sete países têm agora mais de 10 GW de capacidade total, quatro mais de 40 GW e somente a China representou 131 GW. A Alemanha, que costumava liderar o ranking por anos, perdeu a posição de liderança em 2014 e agora ocupa o quarto lugar com 42 GW, abaixo do Japão que ficou em terceiro com 49 GW e dos EUA segundo no ranking com 51 GW, como mostra a tabela 2.

Tabela 1 Principais mercados fotovoltaicos do mundo e a capacidade de geração fotovoltaica acumulada até 2017

<b>Capacidade acumulada dos 10 principais mercados fotovoltaicos</b>		
<b>1</b>	China	131 GW
<b>2</b>	Estados Unidos	51 GW
<b>3</b>	Japão	49 GW
<b>4</b>	Alemanha	42 GW
<b>5</b>	Itália	19,7 GW
<b>6</b>	Índia	18,3 GW
<b>7</b>	Reino Unido	12,7 GW
<b>8</b>	França	8 GW
<b>9</b>	Austrália	7,2 GW
<b>10</b>	Espanha	5,6 GW

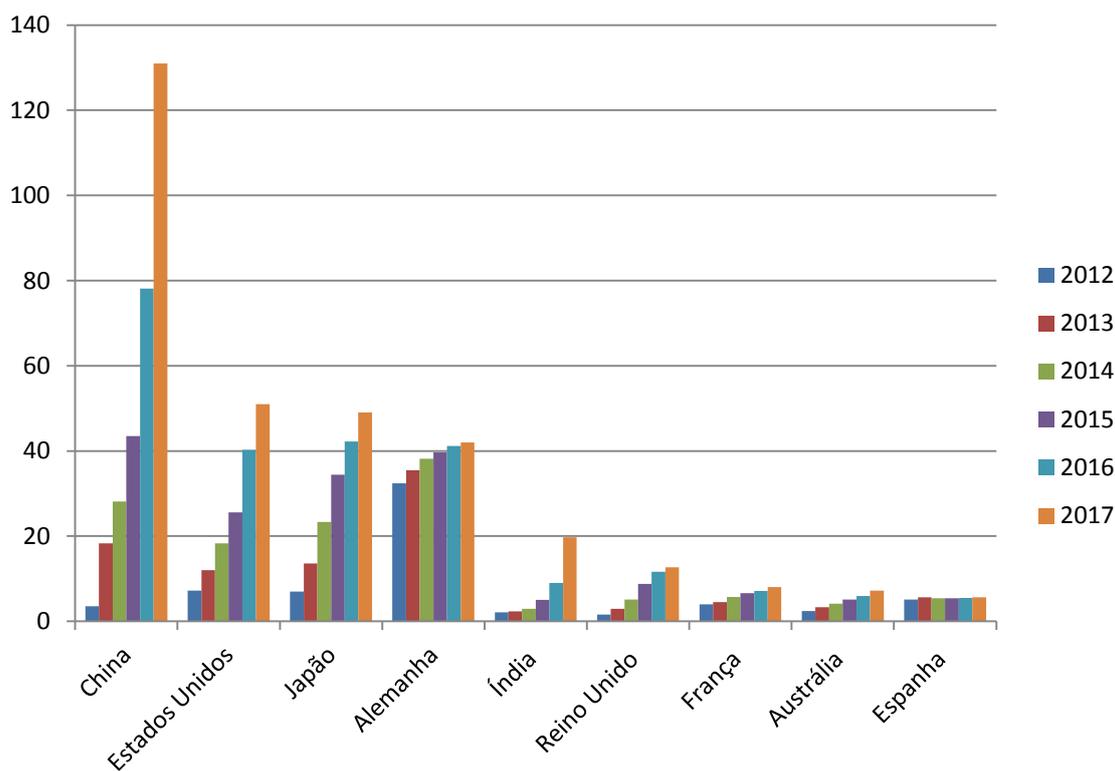
Fonte: Adaptada do IEA, 2018.

Em relação à evolução da energia solar fotovoltaica acumulada o gráfico 2 apresenta o potencial ao longo dos últimos seis anos pelos principais geradores do mundo. Apresentado o crescimento exponencial da China, e o surgimento do mercado indiano.

O gráfico 2 revela também a estagnação do mercado europeu, depois de liderar nos últimos anos vem perdendo espaço para o mercado asiático. Por outro lado o mercado norte-americano passou a ocupar no final de 2017 a segunda posição no ranking desbancado os japoneses e os alemães.

Além disso, a capacidade mundial instalada de energia solar fotovoltaica no mundo no final de 2017 era de 402,5 GW, sendo que só os 10 principais países eram responsáveis por 326,2 GW de instalações fotovoltaicas acumuladas, no final de 2017.

Gráfico 2: Potencial de energia solar fotovoltaica acumulada dos principais países ao longo dos últimos seis anos.



Fonte: Adaptada dos relatórios do IEA

Os dados do gráfico 2 mostram um mercado significativamente acedente ao longo dos último seis anos. A China é o mercado que mais vem gerando energia solar fotovoltaica desde 2015. Seguido dos Estados Unidos que superou o Japão em 2017 e a Alemanha que em 2012 era líder absoluta na geração de energia solar fotovoltaica.

Quando comparando a evolução do gráfico ao logo deste seis anos temos em 2012 a Alemanha maior geradora da época com 32,4 GW e a China que hoje é a líder na época com 3,5 GW. Atualmente temos a China no topo com 131 GW acumulado e a Alemanha na quarta posição com 42, GW (IEA, 2018).

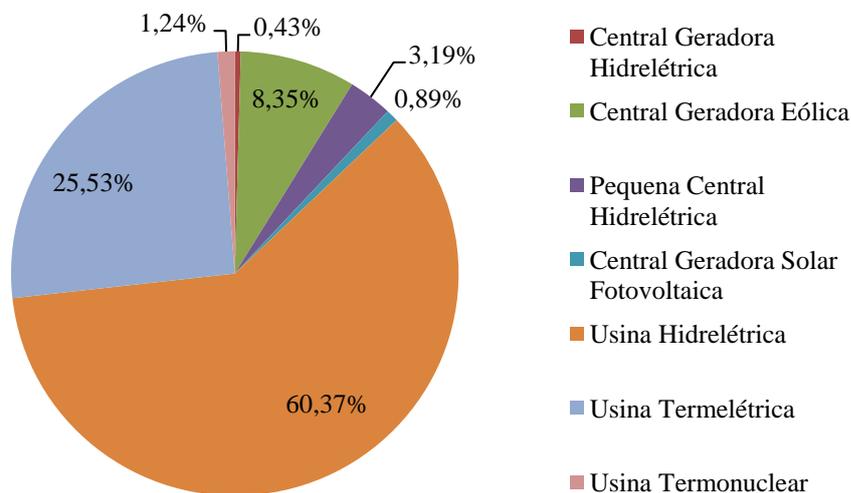
## Capítulo 2: OS DESAFIOS E PERSPECTIVAS DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

### 2.1 O Panorama da Matriz Elétrica do Brasil

Parte do sistema elétrico do Brasil se apresenta como um sistema basicamente hidrotérmico com forte predominância de usinas hidroelétricas. De acordo com os últimos dados do final de 2018 o Brasil possui em sua matriz elétrica pouco mais de 160 GW de potência instalada com a contribuição das diversas fontes de energias, como ilustrado no gráfico 3 com base no BIG - Banco de Informações de Geração (ANEEL, 2018).

No Brasil as hidroelétricas e as termoeletricas são consideradas fontes firmes por garantirem o atendimento da demanda no sistema. Por outro lado, fontes renováveis como a solar fotovoltaica e a eólica são consideradas fontes intermitentes devido à variabilidade temporal associada às condições meteorológicas (NASCIMENTO, 2017).

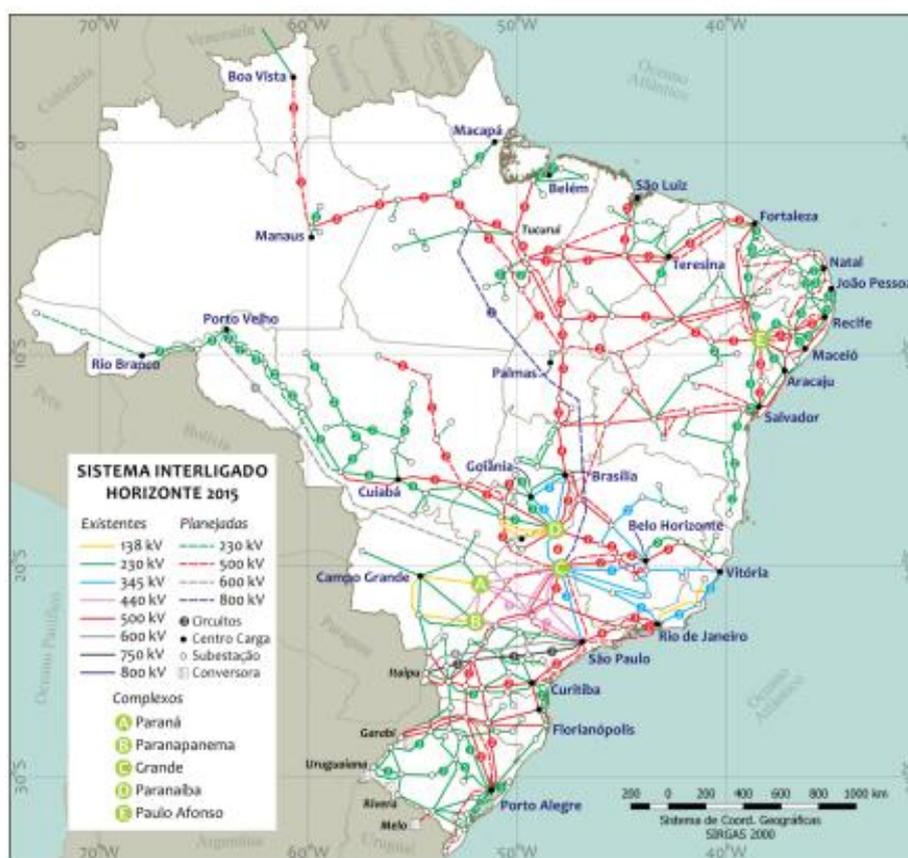
Gráfico 3: Matriz elétrica do Brasil em 2018



Fonte: Adaptada do BIG 2018

O sistema elétrico do Brasil está quase todo conectado através do SIN (Sistema Interligado Nacional) sendo que essa característica permite considera-lo como único em âmbito internacional. Em 2015 a ONS destacou que apenas 1,7% da demanda total de energia elétrica do país era atendida por sistemas isolados que estão localizados principalmente na região norte. O mapa da Figura 4 mostra o Sistema Interligado do País.

Figura 3: Representação do Sistema Interligado Nacional (SIN)



Fonte: ONS, 2015.

Atualmente o valor de perdas no SIN é de cerca de 15%, e até 2050 há projeção de redução para 14%. Dentre os fatores que contribuem para as perdas estão à distância das linhas de transmissão entre as usinas e os centros de consumo e perdas (ONS, 2015).

Devido às discussões sobre sustentabilidade e com o crescimento da demanda de energia elétrica, torna-se cada vez mais necessário diversificar as fontes energéticas do Brasil, buscando desta forma aproveitar fontes que causem baixo impacto ambiental. A previsão de crescimento de demanda por eletricidade apontada pelo Ministério de Minas e

Energia para as próximas 3 décadas é da ordem de 200% com base no consumo histórico (MME, 2016).

De acordo com os dados do relatório anual do Balanço Energético Nacional (BEN, 2015), entre os anos de 2011 e 2015, houve um significativo crescimento do uso de combustíveis fósseis nas termelétricas para atender à queda na participação de hidroelétricas por conta da crise hídrica, decorrente do longo período de estiagem que atingiu o Brasil, principalmente a região nordeste.

Foi observado também neste período, o crescimento na participação de fontes renováveis não-hidro, porém em proporção menor do que da geração térmica, demonstrando que o modelo adotado para manutenção da segurança energética do país contraria o conceito de sustentabilidade adotado nos dias atuais (PEREIRA, 2017).

O Brasil, vem buscando diversificar as fontes de energia, principalmente por conta dos compromissos apresentados nas Nações Unidas para a diminuição de gases do efeito estufa (NDC, 2016).

Nestes compromissos, dentre outros, estão o de alcançar a meta de 45% de fontes renováveis na matriz energética, que atualmente é de 43,1%, bem como o de reduzir em 43% as emissões de gases poluentes até 2030 (PEREIRA, 2017).

Além dos aspectos mencionados, há uma questão importante no setor energético que é o planejamento para servir como ferramenta no apoio de formulações de políticas públicas específicas para garantir a demanda crescente de energia.

Outro ponto importante do planejamento energético é assegurar o abastecimento elétrico ao menor custo possível e com menos impactos ao meio ambiente (EPE, 2017)

Para Tiepolo, (2015) o outro instrumento relevante do planejamento energético se refere ao acompanhamento do consumo de carga do sistema elétrico, que permite analisar em detalhes o comportamento da demanda exigida no sistema elétrico podendo-se verificar quais futuros investimentos seriam necessários nos sistemas de transmissão, distribuição e, principalmente, de geração de energia.

Pesquisas mostram que o pico do alto consumo de energia elétrica é entre as 18 e 21 horas, isso devido as atividades das fabricas, iluminação pública e residencial além do chuveiros elétricos dentre outros. Porém, há também uma grande procura por energia elétrica em horários comerciais, isso devido as necessidades de climatização do ambiente principalmente no início da tarde. Para (TIEPOLO, 2015) a demanda por eletricidade no período diurno coincide com o intervalo em que a radiação solar está disponível, o que torna esse recurso uma opção natural para a geração de energia solar fotovoltaica.

### 2.3 Panorama Atual da Energia Fotovoltaica no Brasil

Para o Ministério de Minas e Energia (MME, 2017) o Brasil possuía no final de 2016, cerca de 81 MW em energia fotovoltaica instalada o que representava na época cerca de 0,05% da matriz elétrica no país. Destes, cerca de 24 MW correspondiam estritamente a geração centralizada e 57 MW à geração distribuída.

Conforme Bandeira, (2012) já citava, a baixa produção da energia fotovoltaica no Brasil chamava muito a atenção por conta do grande potencial e das condições favoráveis ao desenvolvimento desta fonte no País. Ainda seguindo esse raciocínio a (EPE, 2012) já havia divulgado o alto potencial que o Brasil possui de irradiação solar, além de grandes reservas de quartzo, que podem gerar importantes vantagens competitivas para as produções de silício com alto grau de pureza, além de células e módulos solares, que são produtos de alto valor agregado.

De acordo com o BIG - Banco de Informações de Geração da ANEEL, (2018) a capacidade de geração de energia solar fotovoltaica no Brasil até o final de 2018 era de 1.4 GW representando 0,83% da matriz elétrica do País. Deste total 442 MW correspondia à geração solar fotovoltaica distribuída.

No entanto, a tendência de geração centralizada no Brasil é de crescimento acentuado como apresentado na tabela 3, onde os empreendimentos em operação somam 2.259, com potência de outorga de 1.4 GW e empreendimentos em construção e com construções ainda não iniciada somando 80, com um potencial outorga de quase 2.2 GW.

Tabela 2: Empreendimentos fotovoltaicos no Brasil, quantidade e potência de outorga

<b>Empreendimentos fotovoltaicos no Brasil</b>		
<b>Empreendimentos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência outorgada (GW)</b>
<b>Em operação</b>	2.259	1.4
<b>Em construção</b>	28	0,768
<b>Com construção não iniciada</b>	52	1.4

Fonte: Adpatada do Big 2018

Para a ANEEL, (2018) são consideradas usinas em operação as unidades que iniciaram a operação comercial de energia a partir da primeira unidade geradora. Usinas em construção são aquelas que obtiveram a licença ambiental de instalação, dando início às obras locais. Por outro lado as usinas outorgadas são aquelas que recebem Ato de Outorga, ou seja: Concessão, Autorização, Permissão ou Registro e que ainda não iniciaram suas obras.

Além disso, as maiores usinas de geração fotovoltaica do Brasil vêm sendo colocadas em operação desde o início de 2017, como o Parque Solar Nova Olinda no estado do Piauí (atualmente a maior usina solar do Brasil e da América Latina), cujo investimento aproximado foi de 300 milhões de dólares, com capacidade de 292 MW de geração de energia, em uma área de 690 hectares com 930 mil painéis solares em operação, podendo abastecer cerca de 300 mil casas (INSTALO SOLAR, 2018).

Outra grande usina solar fotovoltaica é o Parque Solar Ituverava que fica localizada em Tabocas de Brejo Velho na Bahia, com capacidade de 254 MW, ocupando uma área de 579 hectares com 850 mil painéis fotovoltaicos e capacidade para atender 268 mil casas. Ainda em Tabocas de Brejo Velho se localiza o Parque Solar Horizonte com capacidade de 103 MW, atendendo cerca de 108 mil residências. Também na Bahia se localiza o Parque Solar de Bom Jesus da Lapa com capacidade de 158 MW, tendo sido projetada para atender 166 mil residências (INSTALO SOLAR, 2018).

Já em relação à geração distribuída de energia no Brasil, a solar fotovoltaica possui até o final do ano de 2018 cerca de 443 MW de potência instalada. Em segundo lugar aparecem as hidroelétricas de pequeno porte com 55 MW, em seguida as pequenas centrais termoelétricas que são abastecidas geralmente com biogás com 35 MW e por último a fonte eólica com 10 MW, como discriminado na tabela 4 (ANEEL, 2018).

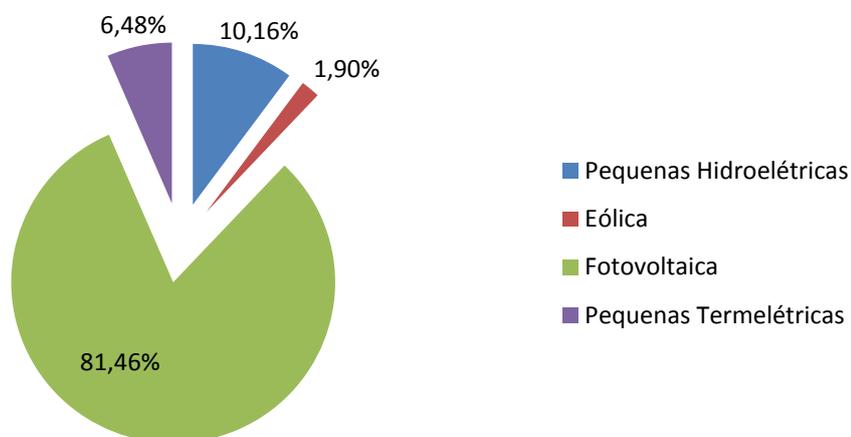
Tabela 3: Panorama da geração de eletricidade pelo sistema distribuído

<b>RESUMO POR TIPO DE GERAÇÃO</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Quantidade de UCs que recebem os créditos</b>	<b>Potência Instalada (MW)</b>
<b>Pequenas Hidroelétricas</b>	60	7.419	55
<b>Eólica</b>	57	100	10
<b>Solar fotovoltaica</b>	43.854	53.511	442
<b>Pequenas Termelétricas</b>	121	512	35
<b>Total</b>	<b>44.092</b>	<b>61.542</b>	<b>542</b>

Fonte: Adaptada da ANEEL 2018

No gráfico 4 pode-se observar o percentual de cada tipo de fonte elétrica distribuída, apresentando a solar fotovoltaica com 81,46%, seguida das pequenas hidroelétricas com 10,16%, pequenas termoelétricas com 6,48% e eólica com 1,90%.

Gráfico 4: Percentual da geração de eletricidade pelo sistema distribuído



Fonte: Adaptada da ANEEL, 2018

Quando é observada a distribuição geral da geração distribuída por estado, as regiões sudeste e sul do País são as que mais geram energia distribuída como é o caso do estado de Minas Gerais, maior gerador de energia distribuída do País com 144 MW, o segundo maior estado é o Rio Grande do Sul com 70 MW.

Outros destaques são os estados de São Paulo com 57 MW e os estados de Santa Catarina e Paraná com 34 MW respectivamente cada, no nordeste o destaque vai para o estado do Ceará com 31 MW, o estado do Rio de Janeiro está em sétima posição no ranking brasileiro em geração distribuída com 29 MW e os demais estados e o Distrito Federal juntos somam 142 MW como apresentado na tabela 5.

Tabela 4: Panorama das Unidades Consumidoras com geração distribuída

<b>UNIDADES CONSUMIDORAS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA</b>				
	<b>UF</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Quantidade de UCs que recebem os créditos</b>	<b>Potência Instalada (MW)</b>
1	MG	8.500	19.519	144
2	RS	5.639	6.824	70
3	SP	8.192	9.251	57
4	SC	3.632	4.527	34
5	PR	3.051	3.065	34
6	CE	1.293	1.564	30
7	RJ	2.923	3.149	28
	Outros Estados	10.078	13.643	142
<b>Total</b>		<b>43.308</b>	<b>61.542</b>	<b>539</b>

Fonte: Adaptada da ANEEL 2018

Segundo a ANEEL, (2018) quando o resultado da geração de energia distribuída é dividida por classe de consumo, a classe comercial possuía até o final de outubro de 2018 uma potência de pouco mais de 249 MW de instalações, em segundo lugar ficou a classe

residencial com pouco mais de 158 MW e em terceiro lugar na geração distribuída por classe a industrial com 67 MW, as demais somaram 68 MW, como apresentado na tabela 6.

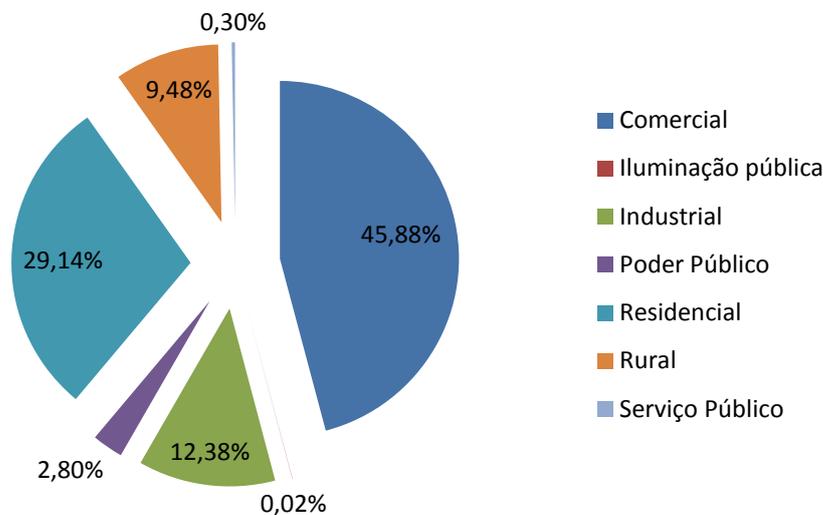
Tabela 5: Panorama da geração de eletricidade total pelo sistema distribuído por classe de consumo

<b>RESUMO POR CLASSE DE CONSUMO</b>			
<b>Classe de Consumo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Quantidade de UCs que recebem os créditos</b>	<b>Potência Instalada (MW)</b>
<b>Comercial</b>	7.299	18.495	249
<b>Iluminação pública</b>	6	6	57,5
<b>Industrial</b>	1.172	1.482	67
<b>Poder Público</b>	333	528	15
<b>Residencial</b>	33.339	37.834	158
<b>Rural</b>	1.893	3.143	51.5
<b>Serviço Público</b>	50	54	1.6
<b>Total</b>	<b>44.092</b>	<b>61.542</b>	<b>598,6</b>

Fonte: Adaptada da ANEEL 2018

Em valores percentuais por classe de consumo com todas as fontes da geração distribuída, a classe comercial ficou com a maior parcela representando 45,88%, segunda a residencial com 29,14%, a terceira a industrial 12,38% e as demais somam 12,06% como apresentado no Gráfico 5.

Gráfico 5: Panorama total da geração de eletricidade pelo sistema distribuído por classe de consumo



Fonte: Adaptada da ANEEL, 2018

A ANEEL (2018) disponibilizou os dados por modalidades de geração distribuída, levando em consideração que as regras dessa modalidade para os consumidores foram publicadas em 2012, através Resolução 482/2012 na qual autoriza os consumidores a gerarem sua própria energia.

Em 2015 essa resolução foi reeditada pelo governo através da Resolução de nº 687/2015 que entre outras medidas, ampliou as regras para os consumidores aderirem ao sistema de geração distribuída, em meio às novas medidas estão à permissão aos consumidores de instalarem pequenas usinas geradoras, dentre elas a de energia solar fotovoltaica, microturbinas eólicas, além de geradoras de biomassa, etc. As novas regras passaram a considerar minigeração as instalações com potência de até 75 kW ou com potência de até 5 MW, ouve também aumento do prazo para que os consumidores utilizem seus créditos que eram de 36 meses e passaram para 60.

No Panorama da geração distribuída por classe, a geração de energia na própria unidade consumidora representava até o final de 2018 a cerca de 70,09%, nesta modalidade o sistema é instalado no mesmo ponto de conexão com a rede da distribuidora. Além disto,

os excedentes que são gerados na unidade consumidora poderão ser transformados em créditos, sendo os mesmo abatidos nas contas de energia.

Na modalidade de autoconsumo remoto (em vigor desde 2015) o percentual foi de 26,75% de instalações até o final de 2018, com um potencial de 145 MW, essa modalidade permite ao consumidor utilizar um único sistema de geração, gerando créditos que podem ser usados para abater o consumo de outras unidades consumidoras, desde que estejam cadastradas com o mesmo CPF e pertencente a mesma concessionária.

A geração compartilhada equivale a 3,06% da geração distribuída, com um potencial de 16 MW. Essa modalidade da geração distribuída é considerada a mais inovadora, pois as unidades consumidoras de titularidades diferentes numa mesma área de concessão podem se unir em consórcio ou cooperativa para solicitar um sistema gerador. Dessa forma, a energia gerada por este sistema passa a ser dividida entre os consorciados de acordo com os percentuais estabelecidos pelos consumidores previamente.

A modalidade de empreendimentos de múltiplas UCs (Unidades Consumidoras) que também é conhecida por geração distribuída em condomínio, foi a menos procurada por consumidores até o final de 2018, atingindo apenas 0,10% e com potencial de 0,557 MW. Esta modalidade foi instituída em 2015 e permitiu que unidades consumidoras de titularidades diferentes se beneficiem da geração distribuída em um mesmo condomínio (residencial ou comercial). Nesta modalidade as UCs interessadas podem instalar o sistema de geração em área comum do condomínio após aprovação em assembleia, se necessário (ANEEL, 2018).

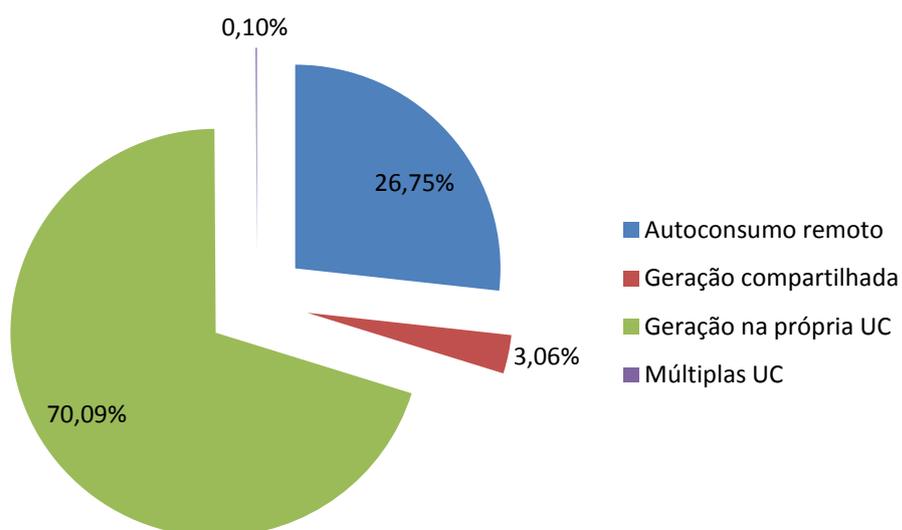
A Tabela 7 apresenta o resumo por modalidade incluindo a quantidade por unidade geradora, a quantidades de unidades que recebem créditos, a potência instalada e o percentual de cada uma. Para uma melhor visualização do resumo por modalidade foi construído o gráfico 6 com os valores percentuais de cada modalidade.

Tabela 6: Panorama da geração de eletricidade pelo sistema distribuído por classe de consumo

<b>RESUMO POR MODALIDADE</b>			
<b>Modalidade</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Quantidade de UCs que recebem os créditos</b>	<b>Potência Instalada (MW)</b>
<b>Autoconsumo remoto</b>	5.148	21.809	145
<b>Geração compartilhada</b>	183	854	16
<b>Geração na própria UC</b>	38.735	38.735	380
<b>Múltiplas UC</b>	26	144	0,557

Fonte: Adaptada da ANEEL 2018

Gráfico 6: Percentual da geração de eletricidade pelo sistema distribuído por classe de consumo



Fonte: Adaptada da ANEEL,2018

Assim, para o Ministério de Minas e Energia (2018), em relação a todas as fontes de geração distribuída, a solar fotovoltaica detém uma maior participação em geração com cerca de 81,46%, deste total 75,02% representam a geração da classe comercial e residencial.

Os números gerais apresentados no panorama vão ao encontro do grande potencial que o Brasil possui para a geração de energia solar fotovoltaica. O País busca através de novas possibilidades de mercado a implantação de grandes usinas solares, objetivado-se a diversificação da matriz elétrica com o propósito de se chegar a uma menor dependência das hidroelétricas e principalmente das fontes poluidoras.

Destaca se que, somente a partir de 2014, a fonte solar fotovoltaica passou a participar dos leilões de energia realizados pelo governo federal (ANEEL, 2018). Mesmo diante destes números apresentados o Brasil vem se empenhado na produção de energia fotovoltaica, a sua produção ainda é muito pequena perto do potencial de radiação solar que o país possui.

## **2.4 Radiação Solar no Brasil**

Para se analisar o nível de radiação solar na superfície em um determinado local, deve-se levar em consideração vários fatores, dentre os quais, destaca-se as condições atmosféricas, tais como: nebulosidade e umidade relativa do ar (ANNEL, 2003).

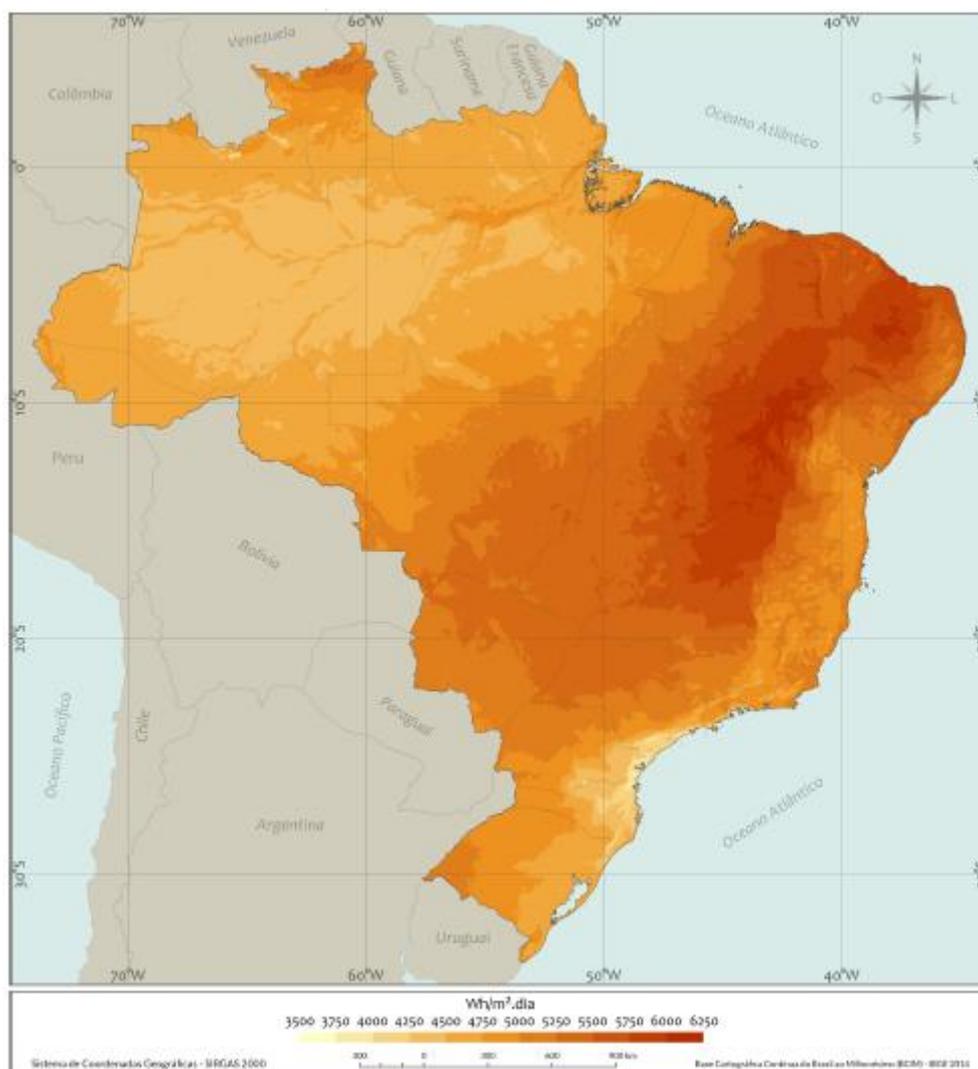
Deve-se também levar em consideração a latitude do local e as estações do ano devido aos movimentos de rotação da Terra e sua à trajetória ao redor do Sol (BRANDÃO, 2003).

O mesmo autor, complementa que existe uma variabilidade da intensidade de raios solares nas regiões e períodos do ano. Esta variação é menor em regiões próximas à linha do Equador e durante os equinócios.

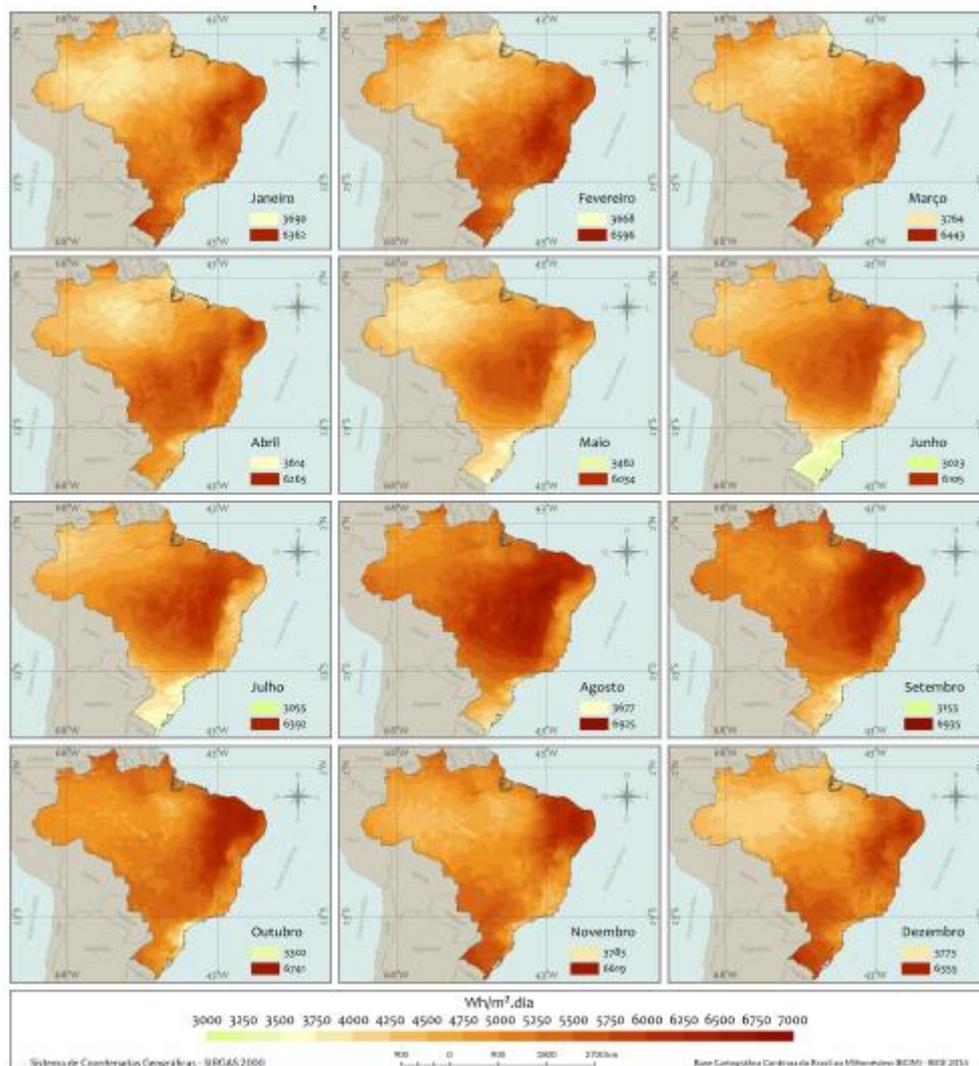
A maioria da população brasileira juntamente com as suas atividades socioeconômicas se concentram principalmente nas regiões sudeste e sul que estão mais distantes da linha do Equador. Mesmo assim, no Brasil as regiões com os menores índices de radiação apresentam ainda um grande potencial para o aproveitamento da energia solar fotovoltaica (ANNEL, 2003). Corroborando com isso a (ABSOLAR, 2017), reitera que o local menos ensolarado do Brasil, a região sul, seria possível gerar mais energia fotovoltaica do que na Alemanha que lidera a produção de energia fotovoltaica na Europa.

O Atlas Brasileiro de Energia Solar 2017, apresentou os mapas com os valores de irradiação global horizontal do Brasil com a Média anual e com as Médias mensais ao longo do ano apresentado na Figura 5.

Figura 4: Mapas de irradiação horizontal global Média anual e Media Mensal



Fonte: Adaptada de Nascimento 2017



Fonte: Adaptada de Nascimento 2017.

De acordo com Pereira (2017), ao longo de 17 anos de análise, notou-se um bom desempenho do modelo numérico de irradiação no Brasil, atingindo coeficientes de correlação ( $r$ ) na faixa de 0,81 a 0,98 (REQM) e raiz do erro quadrático médio entre os valores de 395 e 467 Wh/m<sup>2</sup>. A figura apresenta a frequência de ocorrência para cada intervalo, bem como seu desempenho geral ao longo do ano.

Pode-se notar um viés anual do modelo muito baixo para as médias regionais, que oscilou entre 4 Wh/m<sup>2</sup> para a região Sul do país e 30 Wh/m<sup>2</sup> para a região Norte (PEREIRA, 2017). O viés deve ser compreendido como o valor esperado para o desvio na estimativa de irradiação solar. Além disso, há uma probabilidade de se verificar um desvio mensal tanto abaixo quanto acima da média regional (PEREIRA, 2017).

## **2.5 A Influência da Meteorologia na Geração de Energia Fotovoltaica no Brasil**

As informações meteorológicas são importantes no planejamento da produção e geração de energia, sendo que para o caso da fotovoltaica o seu conhecimento é fundamental, uma vez que sua geração precisa da luz solar em abundância na superfície do local (LOHMANN et al, 2006).

Para a expansão e o desenvolvimento futuro da participação da energia solar fotovoltaica em todo mundo inclusive no Brasil, serão necessários o aprimoramento de métodos científicos e tecnológicos que busquem informações meteorológicas específicas para o controle e o planejamento de sistemas de energia, com base nas características e condições ambientais (LIMA, 2015).

Em todo mundo, principalmente na Europa, empresas altamente inovadoras de pequeno e médio porte, bem como, instituições de pesquisa vem abordando este campo de estudo e serviços (PEREIRA, 2017).

Segundo Lima (2015), este interesse acontece principalmente pelo fato das condições de tempo e clima estarem associado a disponibilidade e a variabilidade que implicam intrinsecamente no recurso energético solar. Além disso, o autor destaca que o resultado deste processo ocorre por conta das alterações de nebulosidade bem como nas concentrações dos gases e aerossóis provocadas por sistemas meteorológicos, que afetam os processos da radiação solar na atmosfera ao longo de seu percurso.

O relevo possui influência direta nas condições de clima e tempo de uma região. De acordo com (PEREIRA, 2018), pontos mais elevados geralmente são mais frios, como também são propícios a criarem condições favoráveis para a formação de nebulosidade por conta da condensação nas encostas.

Segundo Vianello e Alves (2013), o Brasil apresenta em sua grande maioria climas tropicais e subtropicais com médias, latitudes e altitudes elevadas como na região Sudeste e no semiárido do sertão nordestino.

Além disso, o território brasileiro possui extensão continental, abrangendo áreas de baixas e também de médias latitudes em seu território que experimenta diferentes padrões de precipitação segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017).

Para Kayano (2009), o Brasil possui regiões na qual as precipitações médias são bastante elevadas, como na região Amazônica, por outro lado, regiões com precipitação bastante reduzidas, como no semiárido nordestino.

As regiões Sul e Sudeste, segundo Pereira (2017), se caracterizam por apresentar uma transição entre os climas quentes das baixas latitudes bem como clima temperado das latitudes médias e subtropical. Por conta disso, o Brasil têm importante contribuição no regime de precipitação dos sistemas frontais bem como de fenômenos como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), conclui (LIMA, 2015).

Para Pereira (2017), parte da Região Sudeste, na porção mais ao sul, é afetada por vários fatores meteorológicos, porém com menor intensidade do que as observada em latitudes médias. Por outro lado à porção norte da região sudeste é basicamente influenciada por eventos como as ZCAS, sistemas frontais e atividade convectiva no final da primavera e no verão. Além disso, (PEREIRA, 2017), resalta que a região Sudeste do Brasil, por conta de fatores intrínseco, está associada com a ocorrência de granizo, algo importante para o setor de energia em razão dos potenciais danos aos painéis fotovoltaicos.

A Região Centro-Oeste, de acordo com (Pereira, 2017), de maneira semelhante à região Sudeste, é uma região de transição afetada também por episódios como as ZCAS, além de sofrerem forte influência da Alta da Bolívia na passagem de sistemas frontais. No verão a região acumula mais de 70% dos totais pluviométricos e possui inverno demasiadamente seco, inclusive no período que antecede e sucedem a esta estação.

De acordo com Meneghetti et al., (2009), o Nordeste brasileiro possui áreas com características distintas entre si, a porção sul sofre influência de sistemas pré-frontais, sistemas frontais semi-estacionários, convecção local e brisas de mar. Corroborando com isso (KAYANO, 2009), afirma que a faixa litorânea, que vai do Rio Grande do Norte ao sul da Bahia, possui como mecanismos principais a atividade de brisa com a máxima confluência dos alísios e agitações ondulatórios do leste. Por ventura, pode ser observado o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) na costa leste do Nordeste.

Na Região Norte Pereira (2017), resalta que a mesma, sofre influência quase que total de umidade disponível da Amazônia. Além do mais, possui uma extensa atividade convectiva ao longo de todo o ano, com destaque para os meses de novembro a março. A região também sofre influência da ZCIT, de sistemas frontais da Alta da Bolívia, através de linhas de instabilidade e de sistemas convectivos de mesoescala.

De acordo com Lima (2015), há uma significativa importância nas variações de radiação solar que chega à superfície por conta dos aerossóis atmosféricos, tanto provenientes da queima de biomassa quanto os produzidos nas grandes cidades. Desta forma estes constituem o segundo fator relevante de modulação da incidência da radiação solar, podendo causar forte atenuação, particularmente a componente direta.

## Capítulo 03: ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA DISTRIBUIDA

### 3.1 ASPECTOS POSITIVOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

#### 3.1.1 Aspectos Econômicos

Uma das principais vantagens econômicas da geração de energia solar fotovoltaica distribuída consiste na economia gerada na conta final de energia. Com o sistema de geração distribuída o consumidor economiza também os chamados adicionais, conhecidas como bandeiras tarifárias amarela ou vermelha. Segundo (NARUTO, 2017), esse adicionais tarifários são incrementos de custos de outras fontes de elétricas mais caras, como as provenientes das usinas térmicas.

Porém para a garantia final do retorno dos sistemas de geração distribuída, os valores de mercado dos equipamentos são de fundamental importância. Todavia, nos últimos anos os valores dos equipamentos de geração fotovoltaica diminuindo. Essa diminuição pode ser atribuída a adoção e aperfeiçoamento da tecnologia dos equipamentos fotovoltaicos e à economia de escala devido a uniformização dos sistemas fotovoltaicos em todo o mundo (WOGAN, 2013).

Nessa inserção, Naruto (2017), diz que esses fatores diminuem o custo da geração de energia fotovoltaica e ao mesmo tempo reduz o período de retorno econômico do investimento para a implementação da geração distribuída. Dentre as principais vantagens do sistema de geração distribuído tem-se:

- **Incentivos específicos da geração distribuída** - No Brasil, os incentivos para qualquer fonte de energia renovável distribuída são feitos através de regulamentações, incentivos fiscais, tributários e de isenções de alguns impostos bem como através do financiamento de bancos. Alguns dos incentivos foram consolidados, através de política pública voltadas para o setor, no (ProGD) Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica, lançado pelo governo federal em 2015.

Dentre alguns dos principais incentivos previstos pelo ProGD se destacam:

Isenção de ICMS – Regulamentada pelo Convênio ICMS nº 16/2015, do (Confaz) Conselho Nacional de Política Fazendária. Isenção de PIS/Cofins, ICMS, PIS/Pasep da energia injetada pelo consumidor na rede elétrica. Esse incentivo foi formalizado através da Lei no 13.169, de 6 de outubro de 2015.

Além disso, algumas linhas de crédito vêm sendo criadas especialmente para empresas e investidores que se interessarem na geração distribuída. O ProGD , prevê, por exemplo, que Bancos apoiem com recursos e taxas diferenciadas projetos de eficiência energética e de geração distribuída para fontes renováveis em escolas e hospitais públicos.

- **Área Ocupada** - outra vantagem do sistema de geração distribuída em relação ao sistema de geração centralizada. O sistema distribuído não necessita de grandes extensões de terra ou até mesmo de água para a geração de energia, diferente disto a geração distribuída pode ser produzida em perímetros urbanos em coberturas ou fachadas dos empreendimentos sem a necessidade de ocupação de uma área complementar.
- **Sistema de Compensação de Energia** - Outra vantagem do sistema de geração fotovoltaica distribuída consiste no Sistema de Compensação de Energia Elétrica também denominado *net metering*. Por meio desse sistema, o consumidor irá possuir um medidor de energia bidirecional que opera em ambos os sentidos podendo gerar créditos (MIRANDA, 2013).

No entanto, no Brasil, os créditos gerados provenientes da energia excedente injetada na rede distribuída só podem ser reaproveitados em faturas seguintes de energia da unidade geradora ou de outras unidades cadastradas com o mesmo CPF e pertencentes à mesma companhia, sem que ocorra a possibilidade de compensação monetária comuns em outros países, como: Alemanha, Estados Unidos, Canadá, e Japão.

- **Redução nos Custos de Geração, Transmissão e Distribuição** - A geração distribuída pode promover vantagens econômicas, se for levado em consideração à redução dos custos de geração, transmissão e distribuição de energia. Com a difusão dos sistemas conectados à rede conseqüentemente, há uma diminuição nos índices de demandas e consumo energético.

No Brasil, geralmente os investimentos da geração distribuída é realizado pelos próprios consumidores em sua grande maioria, e conseqüentemente a possível disseminação desse tipo de sistema pode contribuir para a diminuição de gastos públicos em obras relacionadas às construções de usinas de geração centralizada (BARRETO, 2018).

Além disso, a diminuição da demanda de energia pode contribuir para a redução dos períodos de pico provocando a diminuição dos custos de manutenção bem como de substituição dos equipamentos e das linhas de transmissão que sofrem congestionamento durante esse intervalo de tempo (MIRANDA, 2013). Outro fator correlato a isso é a redução dos custos de transmissão da energia pelo fato da geração distribuída ser localizada na unidade de consumo (NACIMENTO, 2017).

### 3.1.2 Aspectos Sociais

- **Minimização dos impactos no entorno** - Uma das principais vantagens da geração de energia solar fotovoltaica distribuída segundo alguns pesquisadores está relacionada aos impactos ambientais que são praticamente nulos em relação à geração centralizada, principalmente se for levado em consideração outras fontes de energia (PEREIRA, 2017).

No Brasil, por exemplo, diz Santos et al., (2017) que as hidrelétricas sofrem constantemente pressões dos setores socioambientais devido aos impactos provocados por ela, como o alagamento de áreas. Outro aspecto importante é que por conta da escassez de água nos reservatórios em virtude das chuvas intermitentes, o governo passa a adotar a dependência de outras fontes para a geração de energia, geralmente as térmicas que utilizam combustível fóssil. Diante

do exposto, a geração distribuída causa menos impactos ao meio ambiente do que as usinas de geração de energia centralizada.

- **Geração de Emprego** - O crescimento da geração de energia solar distribuída impulsiona a abertura de pequenas empresas especializadas na montagem, manutenção ou limpeza de módulos fotovoltaicos, possibilitando desta forma o surgimento de novos postos de trabalho. De acordo com a REN 21, (2016), em 2015, houve uma redução no crescimento socioeconômico mundial em relação aos anos anteriores, no entanto o número de postos de trabalho continuou a aumentar e um dos principais setores desse aumento foi o da geração distribuída.
- **Alcance da Energia em Áreas remotas**, - A geração de energia solar distribuída contribui para levar energia elétrica para lugares longínquos ou isolados, localizados em regiões distantes dos pontos de distribuição, favorecendo o acesso da energia a lugares que antes não havia disponibilidade. .

### 3.1.3 Aspectos Técnicos

**Redução do Fornecimento de Energia na Rede durante os Picos de Carga da tarde** - A geração de energia distribuída pode ser uma forte aliada por ter a vantagem de minimizar a demanda elétrica em virtude de seu fornecimento de energia para o consumidor.

**Diminuição das Perdas no Sistema Elétrico** - outro fator positivo da geração de energia distribuída é a diminuição das perdas no sistema elétrico. Como a energia é gerada próxima aos pontos de consumo, não há a necessidade de grandes linhas de transmissão.

- **Microrredes** - opera em pequena escala e permite controle e monitoramento implementados de forma descentralizada do sistema elétrico, podendo fornecer uma energia mais confiável, resiliente e estável.

## 3.2 ASPECTOS NEGATIVOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

### 3.2.1 Aspectos Econômicos

- **Custos de Distribuição** – O sistema de geração distribuída tem como uma de suas desvantagens os custos elevados, essa modalidade de geração ainda é considerada cara apesar da queda gradativa ao longo dos anos.

Segundo Berger e Iniewski (2015), por conta dos atrasos das atualizações das normas e resoluções das agências que regulam o sistema de geração distribuída, as empresas distribuidoras não conseguiram acompanhar a expansão devido à falta de infraestrutura e orçamento para conciliar o sistema de distribuição aos requisitos de qualidade, controle e proteção.

**Custos da Rede Inteligente** - apesar dos estudos e do avanço na pesquisa das redes elétricas inteligentes a mesma ainda tem um custo elevado mesmo andando em paralelo com a expansão da energia distribuída em todo o mundo, para que a tecnologia avance principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil, é necessário subsídios e incentivos do governo (BARRETO, 2018). Nos Estados Unidos foram necessários investimentos em forma de subsídio de aproximadamente 4,5 bilhões de dólares para empresas de distribuição de energia, empresas de telecomunicações, empresas de tecnologia da informação e fornecedores de equipamentos (RIVERA et al., 2013).

### 3.2.2 Aspectos Técnicos

- **Alteração dos Procedimentos de Rede** - o principal objetivo de um sistema elétrico e de seus agentes que compõem é disponibilizar a energia de forma suficiente, mas principalmente com qualidade. Para que isso ocorra é preciso flexibilidade das operadoras de rede no acesso a demanda de energia oriunda das usinas, para garantir ao consumidor o balanço necessário da energia produzida.

Mas com a inserção da geração distribuída na rede, ocorre uma desestabilização por conta da não operacionalidade das operadoras, ou seja, elas não conseguem controlar a flexibilidade do sistema para o fornecimento de acordo com a demanda podendo assim comprometer a qualidade, estabilidade e confiabilidade esperada. (NETO, 2016)

Essas alterações ocorridas na rede precisam ser avaliadas com cuidado para manter o sistema elétrico protegido de segmentos que não sejam oriundos ou controlados por um órgão centralizado. Estudos apontam que com a velocidade do sistema de geração distribuído o atual sistema elétrico pode ser comprometido por não está preparado para essa nova modalidade de geração inserida na rede.

Além do mais, na resolução normativa 482/2012, da ANEEL que estabelece o Sistema de Compensação de Energia para a geração distribuída, determina que as distribuidoras de energia não podem negar aos consumidores acesso a rede de distribuição. Nesse aspecto as adequações da rede elétrica para a inserção de carga da geração distribuída devem ficar sob-responsabilidade das distribuidoras de energia que devem produzir soluções apropriadas sem prejudicar o fornecimento de energia aos consumidores.

- **Fluxo de Potência Reverso** - de acordo com Neto (2016), o sistema elétrico convencional como um todo foi projetado e implantado para operar de forma unidirecional proveniente das usinas passando pelo sistema de transmissão, subestações até aos centros de consumo. Na extensão desse complexo sistema elétrico a um conjunto de proteções coordenado, dimensionado e redundante para garantir a segurança elétrica da rede e ao mesmo tempo assegurar a estabilidade e a confiabilidade do sistema no fornecimento de energia.

Porém, com a interligação de outros sistemas de geração de energia próximo aos pontos de consumo pode acarretar fluxos de potência em direções contrárias, principalmente devido a expansão do sistema de distribuição podendo inferir na sua funcionalidade colocando em riscos os equipamentos conectados à rede bem como os atendimentos nos próprios centros consumidores (PALUDO, 2014)

Segundo Neto (2016), existem equipamentos de proteção no mercado projetados para operarem de forma bidirecional. Porém, devido a grande expansão do sistema de geração de energia distribuída não a um alinhamento com o desenvolvimento e preparação da rede de energia para esse tipo de topologia.

- **Ilhamento** - Esse fenômeno ocorre quando parte de um sistema elétrico de energia, que por algum problema técnico deveria está desenergizado e recebe cargas do sistema de geração distribuído. Essa situação pode causar algumas consequências como: problemas relacionados ao religamento e à segurança de trabalhadores do sistema elétrico bem como aos consumidores a eles conectados (PALUDO (2014).

## **Capítulo 04: ASPECTOS POSITIVOS E NEGATIVOS DA GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA CENTRALIZADA**

### **4.1 ASPECTOS POSITIVOS DA GERAÇÃO CENTRALIZADA**

#### **4.1.1 Incentivos**

Em todo o mundo a uma grande mobilização pela busca de fontes de energias alternativas e dentre essas alternativas a energia solar fotovoltaica vem entusiasmando alguns países, que através de incentivos buscam promover o desenvolvimento desta tecnologia.

No Brasil, de acordo com Nascimento (2017), o País busca se destacar no setor de energia solar, e para isso, nos últimos anos vários incentivos governamentais foram criados. Os principais estímulos para investimento em energia solar fotovoltaica centralizada bem como para outras fontes estão listada a seguir conforme (SILVA, 2015) p.8:

- a) **Descontos na Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD) para empreendimentos cuja potência injetada nos sistemas de transmissão e distribuição seja menor ou igual a 30.000 kW: - Descontos de, no mínimo 50%, incidindo na produção e no consumo da energia.**
- b) **Convênio nº 101, de 1997, do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ): isenta do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) as operações que envolvem vários equipamentos destinados à geração de energia elétrica por células fotovoltaicas e por empreendimentos eólicos; não abrange, no entanto, alguns equipamentos utilizados pela geração solar, como inversores e medidores;**
- c) **Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (REIDI): instituído pela Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007, suspende, por cinco anos após a habilitação do projeto, a contribuição para o PIS/PASEP e Cofins, no caso de venda ou de importação de máquinas, aparelhos, instrumentos e equipamentos novos, de materiais de construção e de serviços utilizados e destinados a obras de infraestrutura, entre as quais as do setor de energia;**

**d) Condições Diferenciadas de Financiamento:**

- 1. BNDES: financiamento para o setor de energia elétrica com taxas de juros abaixo das praticadas pelo mercado (TJLP). Para a fonte solar, o BNDES financia até 80% de alguns itens, contra 70% para as demais fontes de energia renováveis;**
  - 2. Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC): vinculado ao Ministério de Meio Ambiente (MMA), o Fundo visa assegurar recursos para apoio a projetos ou estudos e financiamento de empreendimentos que visem à mitigação da mudança do clima e à adaptação à mudança do clima;**
- e) Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D): fonte de recursos para projetos realizados pelas empresas do setor elétrico e aprovados pela ANEEL relacionados com desenvolvimento da geração de energia solar fotovoltaica no Brasil;**
- f) Leilões de compra de energia elétrica com produto específico para fonte solar.**

#### **4.1.2 Geração híbrida**

Nos últimos anos a geração de energia centralizada vem se destacando quando ela é transformada em sistema híbrido, ou seja a tecnologia permite a utilização de mais de uma fonte, como por exemplo, módulos fotovoltaicos com turbinas eólicas, ou conectados a termoelétricas bem com a hidroelétricas (CRUZ, 2015).

Segundo Lima et al., (2017), um sistema híbrido baseado em fontes renováveis oferece melhores opções em questões de custos, confiança e eficiência. Para (DE SOUZA, 2015), no sistema híbrido de energia hídrico/fotovoltaico, um sistema acaba compensando o outro, esse fenômeno é observado em regiões em que parte dos reservatórios das hidrelétricas baixam de volume por conta da estiagem, mas contam a radiação solar com predisposição para geração de energia fotovoltaica.

Dessa forma, a capacidade de um sistema híbrido de energia depende intrinsecamente das condições atmosférica, bem como da análise das características meteorológicas de cada local (SINHA, 2015).

### **4.1.3 Energia fotovoltaica flutuante**

Segundo Strangueto, (2016), as usinas solares centralizadas ganharam outra possibilidade de geração de energia fotovoltaica através de Matrizes solares flutuantes que são sistemas fotovoltaicos em superfície de reservatórios de água potável, canais de irrigação, lagos e lagoas de remediação ou rejeito.

Ao instalar painéis solares sobre a água, os painéis são naturalmente resfriado, resultando assim em um melhor desempenho na produção de energia fotovoltaica. Já o ambiente mais frio reduz o estresse no sistema, prolongando a sua vida útil afirma (LOPES et al., 2016). As usinas flutuantes além de gerarem energia, fornecem outros benefícios, como a geração de sombras na água que pode reduzir a evaporação do corpo d'água, ressalta (LOPES et al., 2016).

### **4.1.4 As usinas podem ser úteis em horários de pico**

Outro ponto positivo dos parques solares centralizados é o grande potencial de produção de energia, se diferenciando dos sistemas fotovoltaicos de geração distribuída, pois elas fornecem energia elétrica com alta potência para fins de distribuição e não para o autoconsumo (PORTAL SOLAR, 2016).

Assim, Knob (2015), destaca que as usinas poderiam ser uma forte aliada na geração de energia em horários de grande demanda, como no horário vespertino devido ao uso de aparelhos de ar condicionados. Dessa forma, a energia proveniente de usinas solares seria preponderante, pois é o horário em que o sol está em grande abundância (KNOB, 2015).

## **4.2 ASPECTOS NEGATIVOS DA GERAÇÃO CENTRALIZADA**

### **4.2.1 Custo elevado**

Segundo Rosa (2016), por muito tempo, gestores do sistema elétrico brasileiro persistiram na tese da fonte solar ser cara e economicamente inviável quando se compara com a geração hidroelétrica.

Os preços bem como a viabilidade de uma fonte elétrica dependem principalmente de implementações de políticas públicas, além de incentivos, de crédito com juros baixos, impostos reduzidos dentre outras, mas principalmente vontade política.

Segundo Rosa (2016) a realização de leilões para a contratação de usina solares bem como outras fontes de geração elétrica não são suficiente, sendo necessários preços mais competitivos para atraírem investidores que possam garantir a viabilidade das instalações.

#### **4.2.2 Fatores ambientais**

De acordo com Filho et al., (2015), durante a construção e operação da usina solar fotovoltaica ocorre alterações no habitat natural de algumas espécies, isso devido a degradação da área provocada pela terraplanagem, retirada de cobertura vegetal além de outros fatores. Corroborando com isso (REIS et al., 2014), destaca os ruídos e vibrações provocadas durante a instalação e transporte de equipamentos.

A energia solar fotovoltaica centralizada provoca também impacto visual característico do local, além de ofuscamento provocado por possível reflexão da luz solar que incide sobre as placas. (FILHO, 2018) destaca também interferência local como: geração de emprego, aumento temporário da densidade demográfica no local, aumento da especulação imobiliária, aumento de fluxo de veículos e aumento de resíduos sólidos e líquidos oriundos das movimentações do canteiro de obras e das atividades construtivas.

#### **4.2.3 Fatores Físicos**

São vários os fatores físicos que interferem na geração de energia solar fotovoltaica, como por exemplo no inverno, que apresenta dias mais curtos. (GAIO E CAMPOS, 2017) destacam que quanto mais tempo um módulo fotovoltaico ficar exposto ao sol, maior é o seu potencial de geração de energia.

Outro fator que prejudica a eficiência dos sistemas fotovoltaicos são as sujeiras típicas do outono e o sombreamento provocado pelo acúmulo de folhas que caem e são levadas pelos ventos aos painéis solares. De acordo com (GAIO E CAMPOS, 2017), uma única folha em cima de um módulo pode afetar não apenas o painel, mas todo o sistema, uma vez que

quando as células são bloqueadas pela sombra, não geraram correntes elétricas, passando o sistema a funcionar com uma carga limitada de corrente das demais células. Caso o problema persista por muito tempo, as células sombreadas poderão queimar afetando assim a geração de energia de todo o módulo (GAIO e CAMPOS, 2017).

Além do mais, o acúmulo de sujeira nos painéis contribui para a queda na produção de energia solar fotovoltaica. Dessa forma, é necessária uma maior frequência na manutenção e limpeza dos módulos, para se evitar o acúmulo de poeira, fuligem e outras sujeiras como fezes de pássaros.

De acordo com Gaio e Campos (2017), o acúmulo de poeira pode levar a uma queda de até 15% na produção de energia. Indo ao encontro disso, (TONINI et al., 2013) resalta que se os módulos forem instalados em locais propícios a altos índices de poluição atmosférica é necessária uma regularidade maior na limpeza, pois o acúmulo de sujeira pode se tornar significativo podendo afetar demasiadamente a geração de energia fotovoltaica. Assim, em uma usina centralizada de energia solar fotovoltaica os custos e as consequências acabam sendo maiores devido ao grande número de módulos instalados.

Segundo Tonini et al., (2013) a chuva auxilia bastante na limpeza dos painéis, porém em algumas regiões cujo o período de estiagem são maiores o recomendável seria a limpeza de pelo menos duas vezes ao ano.

Para Pereira (2017), apesar da chuva ser uma aliada na limpeza dos painéis solares, ela também afeta a geração de energia, isso devido à nebulosidade que provoca a diminuição dos níveis de irradiação. Dados do (INPE, 2018), mostra que a região nordeste possui números de precipitação relativamente baixos.

#### **4.2.4 Inclinação e Orientação dos Painéis**

O desempenho da geração de energia solar fotovoltaica está também ligada à posição dos painéis, qualquer inclinação fora do ângulo pode afetar a produção (VITTI e ALVARES, 2006). De acordo com (BLASZCZAK, 2017), a posição que proporciona uma maior produção de energia é a incidência direta da radiação solar no painel, porém essa condição raramente é seguida na prática, pois o sol se movimenta durante todo o dia e durante todo o ano.

Ainda, Souza (2016), destaca que existem outros fatores que podem prejudicar o desempenho dos módulos fotovoltaicos como: falhas na instalação e fatores ambientais e físicos como, ventos fortes, tempestades em geral e altas temperatura. Porém, esses aspectos negativos são mais significativos em usinas centralizadas.

#### **4.2.5 Temperatura**

Outro fator que interfere no rendimento de uma usina fotovoltaica é a temperatura. Para (SILVA, 2016), a própria geração de energia na placa aumenta a temperatura, dessa forma elas sempre terão uma temperatura maior que a do ambiente. O problema de acordo com (MATTOS, 2016) está no fato da potência de geração dos módulos diminuir com o aumento das temperaturas das células.

Alguns fatores influenciam na temperatura dos módulos fotovoltaicos, como a temperatura ambiente e o tipo de estrutura de fixação. Por exemplo, quanto maior a temperatura ambiente, maior será a temperatura das células das placas solares e menor o rendimento, na região nordeste e centro-oeste as temperaturas são das mais altas do País ao contrário disso a região sul tem as mais baixas. Por outro lado a irradiação é maior no nordeste e no centro-oeste do que na região sul, fazendo com o que um fator compense o outro (PEREIRA, 2017).

Complementando isso, Cantor (2016) resalta que quando os módulos fotovoltaicos são tecnicamente instalados de forma adequada, aumenta-se o potencial de geração fotovoltaica, neste caso os módulos devem ser fixados em estruturas mais elevadas do solo, pois assim, eles tendem a serem mais refrigerados por conta da fluidez do ar e da passagem de ventos, e isso pode contribuir para um melhor desempenho na geração de energia nas usinas centralizadas.

#### **4.2.6 Perda de Eficiência dos Módulos**

Os sistemas fotovoltaicos ao longo dos anos perdem eficiência na geração de energia. De acordo com (CANTOR, 2016), as células no primeiro ano de operação têm uma perda de 1% à 2% em sua eficiência e nos demais anos de 0,5% a 0,8%. Grande parte dos

fabricantes de módulos solares dispõem de garantia superior a 90% de eficiência ao longo de uma década.

Assim, Feijóo (2017), ressalta que esse fato não deve se negligenciado, pois se for desconsiderado, o cálculo do retorno de investimento para a implantação de um sistema solar fotovoltaico seria diferente do esperado, principalmente para os empreendimentos de usinas centralizadas que utilizam uma grande quantidade de módulos solares.

#### **4.2.7 Perdas no Inversor**

Outra característica negativa da energia fotovoltaica são as perdas no inversor. A energia fotovoltaica que os módulos geram não é completamente utilizada, pois parte será perdida no inversor. Uma parte da energia que entra no dispositivo acaba sendo utilizada para o funcionamento de seus componentes internos, enquanto outra parte acaba se perdendo durante os processos de conversão de potência (ARAUJO et al, 2016).

Isso acontece na geração distribuída, porém na geração centralizada ocorre de forma mais acentuada devido a complexidade do sistema. Assim, ao longo do dia e do ano, o rendimento do módulo fotovoltaico varia em função da geração de potência do arranjo, que por sua vez tem influência e variabilidade por conta da irradiância e temperatura ambiente (FEIJÓO, 2017).

É importante resaltar a relação entre a potência máxima de entrada do inversor e a potência efetiva do arranjo fotovoltaico. Por exemplo, se o inversor for muito subdimensionado em relação ao arranjo fotovoltaico, quando a irradiância solar for máxima, ele acaba não aproveitando todo o potencial do painel solar (FEIJÓO, 2017).

Por outro lado, se o inversor estiver também muito superdimensionado em relação ao arranjo solar fotovoltaico, mesmo que ele tenha a capacidade de absorver e converter a energia gerada pelo painel o mesmo não apresentará o seu rendimento máximo (ARAUJO et al, 2016).

#### **4.2.8 Perda nas Linhas de Transmissão**

Outro fator de perda de energia solar fotovoltaica no sistema centralizado ocorre durante a transmissão. O sistema elétrico de potência é dividido basicamente em geração, transmissão e distribuição. As distribuidoras recebem a energia dos agentes supridores como as transmissoras, geradores ou outras distribuidoras, que repassam a energia aos consumidores finais (ANNEL, 2016).

A energia medida pelas distribuidoras nas unidades de consumo acaba sempre sendo inferior à energia recebida dos agentes supridores. Essa disparidade é denominada perda de energia, e é separada conforme sua origem que pode ser na perda na rede básica ou perdas de rede de distribuição.

Na energia solar fotovoltaica a perdas na rede básica ou transmissão é bem comum, pois são aquelas que ocorrem entre a geração de energia nas usinas até os sistemas de distribuição.

## **Capítulo 5: DISCUSSÃO DOS MODELOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA VS CENTRALIZADA**

Com base nos resultados descritivos das pesquisas apresentadas nos capítulos anteriores, nesse capítulo busca-se contribuir com as discussões para adequação dos modelos de geração solar fotovoltaica no caso do Brasil. Para isso, foram reunidos os pontos mais relevantes de cada um dos modelos distribuído e centralizado, as experiências de outros países, bem como o panorama atual do Brasil no que se refere a geração de energia fotovoltaica.

Com as discussões sobre os impactos que as fontes elétricas produzem no meio ambiente, alternativas sustentáveis como a energia eólica, biomassa, solar fotovoltaica dentre outras vem sendo adotada como opção por alguns países na tentativa de diminuir os efeitos ambientais.

Assim, conhecer as experiências internacionais sobre sistemas fotovoltaicos contribui para o debate que o Brasil precisa adotar para o desenvolvimento desta fonte. No cenário internacional a tecnologia fotovoltaica deslançou após o acidente nuclear de Fukushima no Japão, onde países, como a Alemanha, colocaram em prática um programa de desativação das instalações nucleares substituindo as por fontes alternativas, dentre elas a solar fotovoltaica.

Seguindo o exemplo da Alemanha outros países adotaram o sistema solar fotovoltaico através da construção de plantas solares centralizadas, com destaque para a China, Estados Unidos, Alemanha, Japão e Índia, além de outros mercados internacionais.

Nesse escopo, torna se necessário destacar que na geração de energia solar fotovoltaica em nível internacional foi identificada com um maior predomínio da geração fotovoltaica centralizada, com grandes usinas em operação, sendo as maiores localizadas nos Estados Unidos e na China.

Todavia, foi identificado que a geração de energia através do sistema distribuído vem sendo desenvolvido em alguns países, uma vez que fatores como preços e regulamentações ainda são os principais motivos do baixo crescimento. No quadro 1 encontram-se alguns cenários da geração distribuída no mundo.

Quadro 1: Cenário da geração de energia solar fotovoltaica distribuída em alguns países

<b>Países</b>	<b>Cenário</b>
<b>Estados Unidos</b>	Os Estados Unidos atualmente é destaque no mundo na geração fotovoltaica distribuída, dentre os fatores que vem contribuindo para isso estão às flexibilizações das leis, o interesse do setor empresarial e as políticas internas de cada estado (EPA, 2017).
<b>China</b>	O governo Chinês, adotou recentemente medidas para o desenvolvimento do sistema de geração fotovoltaica distribuída, através de novas regulamentações e modelos de negócio que estão sendo implementados pela Comissão Nacional de Desenvolvimento e Reforma (NDRC) e a National Energy Administration (NEA) (DUPUY e XUAN, 2018).
<b>Alemanha</b>	Os Alemães ainda continuam a liderar na Europa a geração fotovoltaica distribuída, sendo que o país foi um dos primeiros no mundo a investir nesta tecnologia e os avanços obtidos foram graças às políticas implementadas pelo governo que garantiram aos consumidores o acesso as fontes renováveis através de preços mais acessíveis a população (ARANTEGUI & JAGER-WALDAU, 2017).
<b>Reino Unido</b>	O Reino Unido anunciou em 2017 um grande projeto popular de energia solar fotovoltaica distribuída para os próximos anos. O projeto é voltado para a população de menor renda e prevê instalações de cerca de 800 mil painéis solares em moradias sociais da Inglaterra e Países de Gales (BUZATTO, 2017).
<b>Austrália</b>	Os australianos ultimamente vêm demonstrando interesse na geração fotovoltaica distribuída e recentemente foi divulgado que o país instalou mais de 150 mil sistemas de pequeno porte (Australian Renewable Energy Agency, 2018).

Fonte: autoria própria

Observa-se que o desenvolvimento do sistema distribuído de energia solar fotovoltaico no mundo não deve necessariamente substituir o centralizado, mas sim aproveitar ao máximo a irradiação do sol para a geração de energia.

Ao longo dessa pesquisa foram encontrados vários pesquisadores com visões distintas sobre o sistema solar fotovoltaico centralizado e distribuído. Alguns defendem e outros criticam, assim para acompanhar melhor este debate, foram elaborados dois quadros resumos com os aspectos positivos e negativos desses dois sistemas.

No quadro 2 foram reunidos os aspectos do sistema centralizado, onde alguns autores estabelecem os motivos pelos quais esse modelo de geração possui pontos positivos e negativos.

**Quadro 2:** Aspectos positivos e negativos do sistema solar fotovoltaico centralizado

<b>Sistema de geração Centralizada</b>	
<b>Aspectos positivos</b>	<b>Aspectos negativos</b>
As usinas fotovoltaicas fornecem energia em alta tensão. O desenvolvimento deste sistema poderia contribuir para o fornecimento da energia em horários de grande demanda, como no período vespertino. (KNOB, Et al, 2015).	As usinas fotovoltaicas possuem um custo muito alto apesar dos avanços da tecnologia e dos incentivos governamentais. A realização de leilões para a contratação de novas usina não são suficiente (ROSA, 2016).
Dentre as tecnologias renováveis a solar fotovoltaica, apesar dos custos, é uma das que mais geram postos de trabalho nas mais variadas áreas, dentre eles: engenheiros, ambientalistas, eletricitas, motoristas e outras (MAIA, 2018).	A construção de novas usinas, acarreta alguns problemas no local das obras, dentre eles aumento temporário da densidade demográfica, aumento da especulação imobiliária e aumento de fluxo de veículos (FILHO, 2018).
Os equipamentos utilizados nas usinas fotovoltaicas possuem uma capacidade de até 97% de chance de serem reciclados, alguns itens mecânicos podem ser removidos e reaproveitados (ROBINSON, 2016).	Alguns impactos ambientais são gerados durante a extração, fabricação e montagem das placas que tem como um dos principais componentes o silício. Durante a montagens de placas são usados materiais contaminantes como chumbo, prata e alumínio (FILHO et al, 2015).
Em todo o mundo a maioria das usinas de energia solar fotovoltaica são construídas sobre o solo, e grande parte fixa, mas elas também podem possuir sistemas que podem acompanhar o movimento do sol. Os chamados seguidores solares ou “trackers” que contribuem para aumentar a produção de energia fornecida pelo sol (PORTAL SOLAR, 2016).	Com os sistemas “trackes” aumentam-se os custos de operação e manutenção das usinas, pois a geração de energia solar fotovoltaica está ligada à posição dos painéis, qualquer inclinação fora do ângulo pode afetar a produção (VITTI e ALVARES, 2006).
A geração de energia centralizada pode ser transformada em sistema híbrido. permitindo a utilização de mais de uma fonte (CRUZ, 2015).	Fatores físicos podem interferir na geração de energia solar fotovoltaica: ventos, tempestades, nuvens, chuvas de granizo, poeiras e sujeiras em geral. (GAIO & CAMPOS, 2017).
O sistema centralizado de Energia fotovoltaica pode ser instalado sobre as águas em: rios, lagos ou até mesmo no mar (LOPES et al, 2016).	A instabilidade decorrente dos movimentos da água pode influenciar negativamente na eficiência da geração de energia fotovoltaico (BORBA et al., 2018).

Usinas solares fotovoltaicas centralizadas podem ser instaladas em regiões de menor impacto ao meio ambiente, como em regiões desérticas. Atualmente as maiores usinas fotovoltaicas do mundo são instaladas em desertos, como as usinas dos Estados Unidos e da China (GUIMARÃES, 2018).	É preciso ressaltar que nos desertos são registradas as maiores temperaturas do mundo, influenciando dessa forma no desempenho do sistema fotovoltaico, pois quanto mais alta for a temperatura ambiente, maior será a temperatura das células das placas solares e menor será o rendimento (PEREIRA, 2017).
Os módulos fotovoltaicos possuem uma vida útil de 25 anos, podendo variar para mais a depender da garantia da fabricante. Com os avanços na tecnologia algumas fabricas garantem 90% da potência até a metade da garantia e 80% até os 25 anos (GUIMARÃES, 2018).	Os sistemas fotovoltaicos ao longo dos anos perdem eficiência na geração de energia fotovoltaica e, erroneamente, alguns autores afirmam que os sistemas de geração fotovoltaica operam na mesma potência de instalação (CANTOR, 2016).
Usinas fotovoltaicas podem utilizar linhas de transmissão de outras usinas de geração de energia, desde que estejam próximas. contribuído assim com a diminuição de impactos ao meio ambiente (CRUZ, 2015).	Ocorre perda de energia nas linhas de transmissão, que são projetadas para transportar energia das usinas às distribuidoras até aos consumidores finais (ANEEL, 2016).

Fonte: autoria própria

No quadro 3, são apresentados os aspectos positivos e negativos do sistema de geração fotovoltaica distribuída, levando-se em conta aspectos econômicos, sociais e ambientais desse sistema.

Quadro 3: Aspectos positivos e negativos do sistema solar fotovoltaico distribuído

<b>Distribuído</b>	
<b>Aspectos positivos</b>	<b>Aspectos negativos</b>
Sistema de compensação de energia - o consumidor passa a gerar sua própria energia podendo acumular créditos que poderão ser abatidos em faturas seguintes de energia (MIRANDA, 2013).	No Brasil, atualmente, no sistema de compensação de energia - os créditos só são validados desde que as unidades cadastradas sejam de mesmo titular da conta e de mesma distribuidora (ANEEL, 2018).
Redução nos Custos de Geração, Transmissão e Distribuição: Esse sistema pode contribuir para a redução de gastos públicos em obras relacionadas às construções de usinas, manutenções, substituições de equipamentos e das linhas de transmissão (BARRETO, 2018).	Custos do sistema: o sistema de geração distribuída fotovoltaica ainda é considerado caro, dentre os motivos estão os atrasos das regulamentações, custos de implementação e gastos adicionais em pesquisas dentre outros (BERGER e INIEWSKI, 2015).

Através do sistema off-grid, a energia solar fotovoltaica pode chegar a áreas remotas, distantes dos perímetros urbanos ou das linhas de transmissão de energia (MAIA, 2018).	No sistema off-grid é necessário o uso de baterias para o armazenamento dos excedentes de energia que poderão ser usados quando os equipamentos não estiverem operando, porém a vida útil de uma bateria varia de 4 a 5 anos (GUIMARÃES, 2018).
Redução do Fornecimento de Energia na Rede durante os Picos de Carga: com a geração distribuída, o consumidor contribui para minimizar a demanda elétrica usando a própria geração (NARUTO, 2018).	A inserção da energia distribuído na rede pode provocar problemas de alteração dos procedimentos (NETO, 2016)
A geração distribuída não necessita de grandes extensões de terra ou de água para a geração de energia, podendo ser produzida em perímetros urbanos em coberturas ou fachadas dos empreendimentos (PEREIRA, 2017).	O sistema de geração solar fotovoltaica distribuída têm como impactos os perigos associados às instalações, a remoção e a manutenção de sistemas, além da geração de resíduos e riscos de incêndio (OTTINGER, 1994).
Diminuição das Perdas no Sistema Elétrico - como a energia é gerada próxima aos pontos de consumo, não há a necessidade de grandes linhas de transmissão que são as principais causadoras de perdas elétricas (MANÇO, 2017).	Fluxo de Potência Reverso - o sistema elétrico foi projetado para operar de forma unidirecional, no entanto com a geração distribuída interligada a rede, pode acarretar fluxo de potencia em direções contrarias comprometendo a funcionalidade (PALUDO, 2014).
As Smart grid - são sistemas inteligentes de controle da rede que podem fornecer energia de forma estável e robusta, através dos sistemas de comunicação que são capazes de aumentar a previsibilidade e a flexibilizarem dos parâmetros de controle de geração (PEREIRA, 2017).	Apesar dos estudos e dos avanços na pesquisa das “smart grid”, os preços desta tecnologia ainda são elevados e o seu desenvolvimento depende de subsídios e incentivos do governo e da iniciativa privada para o aprimoramento da tecnologia (BARRETO, 2018).
As Microrredes - operam em pequenas escalas auxiliando no monitoramento de sistema de geração distribuídas off-grid podendo fornecer uma energia mais confiável, resiliente e estável (NARUTO, 2017).	O Ilhamento ocorre no sistema on-grid quando o sistema elétrico principal que por ventura deveria está desenergizado por algum problema técnico recebe tensão do sistema de geração distribuído (SGUAÇABIA, 2015).

Fonte: autoria própria

A análise dos quadros 2 e 3 mostra aspectos peculiares dos sistemas de geração centralizada e distribuída. Do ponto de vista econômico por exemplo a geração fotovoltaica distribuída apresenta algumas vantagens para os consumidores, que a geração centralizada não oferece, como a economia gerada nas contas de energia, isso devido ao sistema de compensação, que apresenta algumas restrições para a validação dos créditos.

Em relação aos custos ambas os sistemas são dispendiosos tanto para quem deseja possuir um sistema particular, quanto para o governo que busca através da abertura leilões diminuir os gastos na construção das usinas geradoras.

A área ocupada na geração distribuída fotovoltaica é outra vantagem desse sistema que diferente do centralizado que demanda uma área maior para a implantação de usinas. Além disso, no sistema centralizado há perdas muito grande de energia devido aos processos de transmissão da mesma, que diferente do sistema distribuído à geração é no local, podendo contribuir dessa forma para a inserção de mais energia na rede elétrica.

Contudo a inserção de energia distribuída na rede pode gerar problemas como o fluxo de potência reverso, que ocorre quando a energia que deveria ser unidirecional acaba sendo injetada em direções contrárias.

Por outro lado, ressalta se que as usinas centralizadas possuem a vantagem de produzirem energia com grande potência além de poderem ser instaladas concomitantemente com outras usinas de fontes distintas, através do sistema híbrido aproveitando parte da área que já esta sendo utilizada bem como as linhas de transmissão.

Outro fator positivo do desenvolvimento da energia solar fotovoltaica centralizada e distribuída é a geração de empregos tanto na construção de usina, como também na fixação de módulos nos telhados ou fachadas de residências e indústrias, bem como também, na fabricação, instalação, manutenção ou limpeza dos módulos que necessitam de mão de obra qualificada, contribuindo assim com a geração de novos postos de trabalhos nas áreas em que estão em operação.

A geração fotovoltaica centralizada e distribuída tem também a vantagem de contribuírem com o fornecimento de energia em momentos de grande demanda elétrica principalmente no período vespertino devido a utilização de mais aparelhos para refrigeração.

Outros fatores importantes da geração solar fotovoltaica são os ambientais. Dentre as fontes de energias renováveis, ela é uma das que mais se destacam por se apresentar como o sistema que menos agride o meio ambiente. Além disso, 97% dos equipamentos fotovoltaicas possuem capacidade de serem reciclados. Na geração distribuída os impactos mais acentuados são a produção de resíduos dentre eles baterias que são típicas do sistema off-grid. Por outro lado, a geração centralizada fotovoltaica pode apresentar impactos mais severos ao meio ambiente como:

- Degradação ou modificação da paisagem – durante a construção de uma usina solar fotovoltaica é comum ocorrem alterações na paisagem, isso por conta das ações

provocadas principalmente por máquinas e equipamentos. Essas alterações variam de lugar para lugar e, em alguns casos, podem ser tão severas que são necessárias medidas de controle, monitoramento e mitigação (BARBOSA et al, 2015).

- Riscos de contaminação do solo – durante a construção dos empreendimentos, principalmente no caso de usinas fotovoltaicas, ocorre à geração de resíduos sólidos, sendo que as empresas responsáveis pela obra têm o dever de removê-las e dar a destinação ao local adequado. No entanto há outros riscos de contaminação do solo, isso devido à armazenagem e manuseio de alguns produtos químicos, como graxas e óleos, além de materiais de limpeza. Dessa forma, o vazamento ou armazenamento inadequado e ineficiente pode provocar a contaminação do solo por essas matérias (JANUZZI et al, 2009).
- Modificação dos ecossistemas no local – com a construção de vias de acesso no entorno das obras das usinas fotovoltaicas, ocorre alterações da dinâmica ambiental da área, devido a intensificação da mobilidade de sedimentos arenosos provocadas pelas ações dos ventos e das chuvas sobre o solo descampado, podendo provocar processos erosivos e de assoreamento (BARBOSA et al, 2015).
- Afugentamento da fauna local – com o processo de retirada da vegetação e também do destocamento para limpeza no complexo de obras, podem ocorrer à fuga ou o afugentamento de animais para outras áreas. Outro fator que pode ocorrer é a destruição de locais de abrigos naturais da fauna local, podendo ocorrer por conta disso, até mesmo a eliminação de grupos inteiros da microfauna devido a remoção da vegetação e pelo revolvimento das camadas superficiais do solo (BARBOSA et al, 2015).

Diante dos argumentos exposto, denota se que a geração fotovoltaica centralizada se apresenta de forma relativamente desfavorável para o meio ambiente devido às consequências provocadas durante a suas instalações, sendo que o sistema o modelo distribuído provoca menos impactos por ser instalado próximo ou no local de consumo. Dessa forma, destaca-se que os impactos provocados pela geração de energia solar fotovoltaica são pouco discutidos, principalmente no Brasil.

Em relação aos aspectos técnicos, ambos as formas de geração possuem problemas como a perda de eficiência dos módulos fotovoltaicos ao longo dos anos. No caso específico da geração centralizada existe a perda de energia através das linhas de transmissão e na geração distribuída, as alterações dos procedimentos de rede devido ao fluxo de potência reverso e o IlhamentoO Brasil se apresenta como um país de matriz elétrica forte e consolidada, com expectativa de expansão nos próximos anos, por isso,

torna-se necessário cuidados para garantir o crescimento a demanda por eletricidade sem comprometer o abastecimento e a qualidade do sistema atual.

No país a geração solar fotovoltaica representava até o final do ano de 2018 o equivalente a 0,83% da matriz elétrica nacional e com projeções de crescimento para os próximos anos, tanto na geração centralizada quanto na geração distribuída.

Dentre os aspectos positivos referenciados no quadro 2, sobre a geração centralizada, há características relevantes para o desenvolvimento deste sistema no Brasil. Como, o aproveitamento da energia fotovoltaica produzida em alta tensão pelas usinas centralizadas para o fornecimento da energia em horários de grande demanda como o início da tarde.

Outra característica positiva para o País é a capacidade de criação de novos postos de trabalhos frutos da construção de usinas centralizadas. Além disso, o sistema de geração fotovoltaica centralizado pode ser integrado a outros sistemas de geração de energia através da forma híbrida, bem como esse sistema também pode ser flutuantes ou seja instalados sobre a água, o que no Brasil é relevante por ser um país com grandes lagos em hidroelétricas.

Já no quadro 3, há alguns aspectos positivos da geração fotovoltaica distribuída com características positivas para o Brasil, como o sistema de compensação que permite os consumidores gerarem sua própria energia e se beneficiarem dos excedentes através de créditos.

Geralmente no Brasil, se utiliza grandes faixas de terra para a produção de energia elétrica, já esse sistema não necessita de áreas extensas por ser produzida próximo ao ponto de consumo evitando determinados impactos ao meio ambiente.

No Brasil, há ainda a possibilidade da geração distribuída levar energia elétrica a lugares sem acesso, localizados em áreas remotos ou distantes dos pontos de distribuição através do sistema off-grid.

Outro aspecto importante na área da geração de energia fotovoltaica são os fatores climatológicos. O bom desempenho da geração de energia solar depende de vários fatores dentre eles os físicos, pois o clima pode interferir de maneira direta e indireta no desempenho dos módulos, sejam as altas temperaturas, nuvens ou chuvas.

O Brasil é um país de contrastes regionais e cada lugar tem características e aspectos distintos entre si, com regiões mais chuvosas e temperadas, outras mais secas e quentes. Dessa forma foi construído o quadro 4 a partir das referências de várias pesquisas

com o objetivo de apresentar os aspectos climatológicos regionais e a sua influência no desempenho de geração de energia.

Quadro 4: A influência climatológicas das regiões brasileiras na geração de energia solar fotovoltaica

<b>Regiões</b>	<b>Aspectos</b>
Nordeste	A Região Nordeste apresenta climas equatorial, tropical e tropical semiárido. É também uma das regiões que recebe maior radiação solar do Brasil, possuindo temperaturas ao longo do ano entre 20° e 28° C, com um índice de precipitação anual de 300 a 2000 mm, que dura poucos meses dando vazão a longos períodos de estiagem, sendo considerada a região mais seca do país. Porém é também uma das mais quentes e, dessa forma, a eficiências dos módulos fotovoltaicos para a geração de energia solar podem ser afetadas apesar do potencial de radiação (MATTOS, 2018).
Norte	A região Norte apresenta um clima equatorial, com temperaturas anuais entre 24° e 26° C, a precipitação anual de chuva varia de 2000 a 3000 mm. A região apresenta o clima mais úmido do País em virtude da floresta Amazônica. Apesar desses fatores recebe radiação solar com potencial para geração de energia fotovoltaica, mas em virtude da grande quantidade de chuvas a eficiências dos módulos podem ser afetados. (PEREIRA, 2017).
Centro-oeste	A região Centro-oeste de acordo com dados climatológicos é de clima quente, com lugares de temperaturas semelhantes à da região nordeste. Durante o verão a região acumula até 70% dos totais pluviométricos, com inverno demasiadamente seco. Para a EPE a região é propícia para a geração de energia solar fotovoltaica graças a combinação de vários fatores dentre eles os climatológicos.
Sudeste	A região sudeste se caracteriza por apresentar transição de clima quente de baixas latitudes com clima temperado das medias latitudes subtropical, com fatores intrínsecos associados à formação de granizo. No verão ocorre acúmulo de até 70% dos totais pluviométricos com inverno demasiadamente seco. Alguns desses fatores podem interferir negativamente no desempenho de módulos fotovoltaicos como concentração de nuvens e chuvas de granizo (PEREIRA, 2017).
Sul	O clima na região Sul é de influência subtropical, tropical e temperado, as estações do ano são bastante diferenciadas e a temperatura media anual varia entre 16° e 22° C. Esses fatores podem interferir positivamente no aumento da eficiência dos módulos de geração de energia solar fotovoltaica devido as temperaturas amenas (LIMA, 2015). No entanto, é a região com menor incidência média de radiação devido a sua latitude.

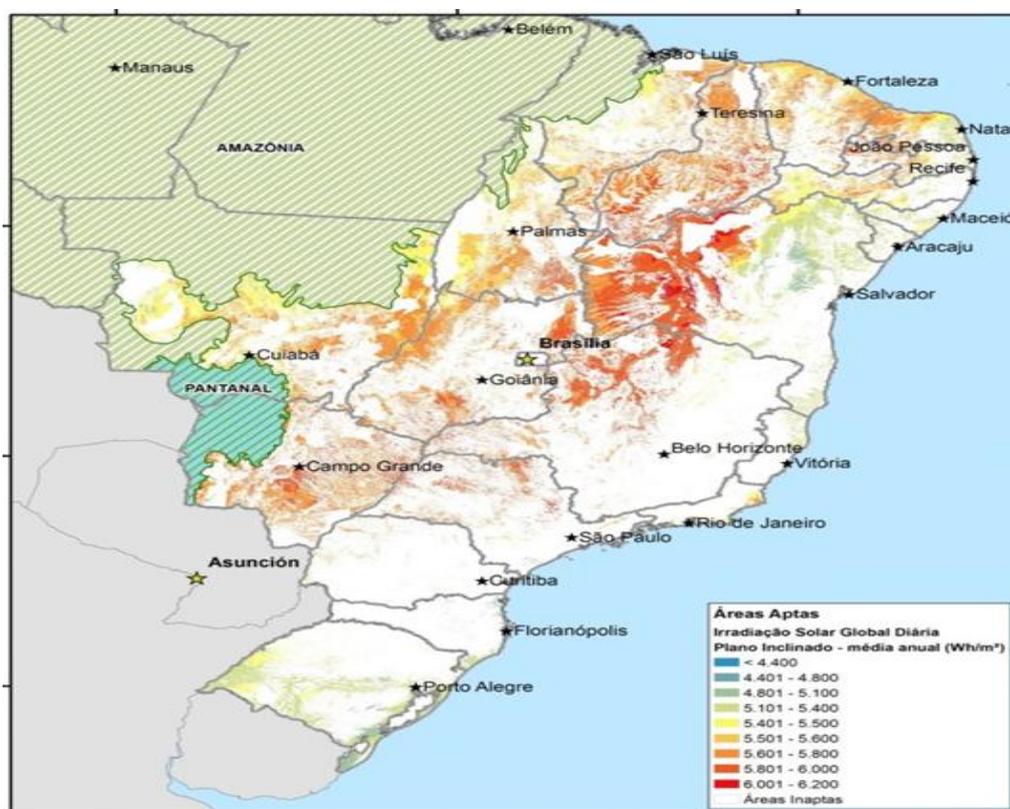
Fonte: autoria própria

De acordo com os dados do quadro 4, todas as regiões do Brasil possuem potencial para a geração de energia solar fotovoltaica, porém algumas regiões com características melhores do que outras. Recentemente a EPE divulgou um estudo sobre o potencial brasileiro para a geração de energia solar fotovoltaica centralizada.

Nesta pesquisa, foram excluídas as áreas sob proteção: áreas de Mata Atlântica com vegetação nativa conforme a Lei nº 11.428/2006, biomas do Pantanal e da Amazônia, unidades de conservação, terras indígenas, comunidades quilombolas além de áreas com limitações urbanas e de hidrografia.

Segundo (Konzen, 2016) das áreas aptas ilustradas na Figura 5 foram descontados cerca de 20% do total, devido às restrições impostas pelo código florestal, no caso as áreas de reserva legal (RL) e as áreas de preservação permanente (APP). Dessa forma, foram excluídas as áreas protegidas quantificando o potencial somente de áreas antropizadas, ou seja, áreas que já houve intervenção humana. Assim em termos numéricos a potência fotovoltaica foi estimada em um fator de 70 MWp/km<sup>2</sup>.

Figura 5: Mapa do Potencial Brasileiro de Geração Fotovoltaica Centralizada



Fonte: konzen, 2016

De acordo com a ilustração da Figura 5, as partes com tonalidade mais avermelhadas são propícias às instalações de usinas centralizadas para a geração de energia solar fotovoltaica, como, a parte leste e oeste da região nordeste, além de parte da região centro-oeste bem como um trecho do oeste da região sudeste. Mas os melhores resultados são identificados no oeste do estado da Bahia, norte de Minas, leste de Goiás e todo o estado do Piauí. Além disso, é preciso resaltar que parte dessas áreas são antropizadas e de baixa densidade demográfica contribuindo dessa forma para instalações de usinas fotovoltaicas.

As áreas formadas pelo leste da Bahia, leste da região sudeste e região sul do país que são identificadas por tonalidades mais claras são propícias a geração de energia solar fotovoltaica distribuída, pois apesar de receberem menor quantidade de radiação solar, estão em áreas mais densamente habitadas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi possível através da reunião do levantamento bibliográfico de vários trabalhos da literatura a identificação de aspectos, características e pontos importantes da geração de energia solar fotovoltaica distribuída e centralizada levando-se em consideração as características do Brasil.

O resultado da pesquisa apontou que o mercado de energia fotovoltaica vem se expandindo em diversas partes do mundo, inclusive em países cujo potencial de radiação solar não é tão grande quanto o do Brasil. O crescimento fotovoltaico na China e em alguns lugares da Europa é devido dentre outros aos estímulos governamentais para o uso das fontes de energias renováveis.

No Brasil, o mercado fotovoltaico ainda é insipiente, tanto da geração centralizada bem como distribuída, sendo que o país recentemente atingiu seu primeiro GW como resultado dos leilões que deram origem as novas usinas fotovoltaicas e das resoluções para a geração fotovoltaica distribuída.

Outro aspecto salientado nesta pesquisa foi à influência da climatologia na geração de energia solar fotovoltaica no Brasil. Na região nordeste, por exemplo, se concentra os maiores índices de radiação e temperatura do país, sendo a radiação um ponto positivo e as altas temperaturas ponto negativo, pois quanto maior a temperatura menor o rendimento do módulo solar.

Enquanto isso, a região sul apresenta os menores índices de radiação com clima mais ameno, no entanto, apesar da radiação ser menor do que a da região nordeste as temperaturas amenas contribuir para um melhor desempenho da geração de energia solar fotovoltaica.

Nesta pesquisa ficou claro que o Brasil tem potencial para o desenvolvimento da energia solar fotovoltaica, mas é preciso resaltar que tanto a geração distribuída quanto à geração centralizada apresentaram vantagens e desvantagens. De forma mais acentuada a geração distribuída apresentou como um dos suas principais desvantagens os custos para a implantação do sistema, que apesar dos avanços da tecnologia para a modernização dos equipamentos e das novas resoluções, ainda continua caro e inacessível a grande parte da população, outros pontos desfavoráveis são os aspectos técnicos como, às alterações dos procedimentos de rede, fluxo de potência reverso além do fenômeno de ilhamento.

Na geração centralizada as desvantagens mais contundentes foram os impactos ambientais, principalmente na construção de usinas fotovoltaicas, a degradação da paisagem, os riscos de contaminação do solo e de água além do afugentamento de animais.

Por outro lado, ambas as formas de geração apresentam vantagens. A geração distribuída permite que o consumidor consiga descontos na fatura mensal de energia através do sistema de compensação e os impactos ao meio ambiente são menores, pois não há a necessidade de grandes faixas de terra. Na geração centralizada as vantagens mais consistentes são o grande potencial de produção de energia e a geração ou instalação de forma híbrida.

Além disso, o Brasil apresenta contrastes regionais importantes para o desenvolvimento da geração solar fotovoltaica distribuída e centralizada. Parte das regiões Nordeste e Centro-oeste apresentam áreas antropizadas com características viáveis para a implantação de usinas centralizadas, que poderiam atender a grandes centros urbanos através da adequação ou construção de novas linhas de transmissão.

Por outro lado, as regiões Sudeste e Sul apresentam características propícias para a geração distribuída, nestas regiões estão localizadas as maiores concentrações populacionais do país e, por consequência, maiores demandas de energia elétrica, além de outros fatores, devido ao grande número de indústrias e empresas. Já na região Norte, grande parte de sua área é de proteção ambiental e concentram os menores índices populacionais do Brasil e grandes áreas desérticas, sendo dessa forma a geração distribuída a melhor opção para a região.

Através desta pesquisa, pode-se concluir que apesar das vantagens e desvantagens de ambas as formas de geração de energia solar fotovoltaica, o Brasil tem grande potencial de crescimento, mas é preciso políticas governamentais mais eficazes, tanto para o desenvolvimento da geração distribuída, que necessita de novas e modernas regulamentações e estímulos através de linhas de créditos para os consumidores que são os investidores desta modalidade de geração, bem como a geração centralizada, que necessita de novos leilões, financiamentos e subsídios para as empresas operarem novas construções de usinas centralizadas.

Por fim, os desafios e as perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil dependem ainda de vários fatores e através do resultado dessa compilação de dados, novas discussões poderão ser geradas permitindo a melhor compreensão da geração distribuída e centralizada com o intuito de garantir a expansão da geração de energia solar fotovoltaica no Brasil da melhor forma possível.

## REFERÊNCIAS

BRASIL.; LEI N o 10.762, DE 11 DE NOVEMBRO DE 2003

<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/lei200310762.pdf>. Acesso em maio de 2018.

\_\_\_\_\_. Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA.

Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/2002/L10438.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/2002/L10438.htm). Acesso em maio de 2018.

ABRADEE, 2017. **Leilão de Energia**. Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/leiloes-de-energia>.

Acesso em maio de 2018.

AGÊNCIA CANAL ENERGIA. **Governo prorroga prazo de conclusão do Luz para Todos para 2010**. Disponível em: <http://www.canalenergia.com.br>. Acesso em maio 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA.; **Energia Solar 3.**; ANEEL.; 2003.; Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia\\_solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-energia_solar(3).pdf).

Acesso em: junho de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA.; **Nota Técnica n° 0056/2017-SRD/ANEEL.**; ANEEL.; 2018.; Disponível em:

[http://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+T%C3%A9cnica\\_0056\\_PROJE%C3%87%C3%95ES+GD+2017/38cad9ae-71f6-8788-0429-d097409a0ba9](http://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+T%C3%A9cnica_0056_PROJE%C3%87%C3%95ES+GD+2017/38cad9ae-71f6-8788-0429-d097409a0ba9).; Acesso em maio de 2018.

ALVES, S. **A geometria do Globo Terrestre**. Programa de Iniciação Científica OBMEP. No. 6. 2009. Disponível em:

<http://www.unoeste.br/site/enepe/2012/suplementos/area/Exactarum/Exatas%20e%20da%20Terra/Matem%C3%A1tica/O%20%20%C3%82NGULO%20DE%20ELEVA%C3%87%C3%83O%20DO%20SOL%20E%20A%20ENERGIA%20SOLAR.pdf>. Acesso em maio de 2018.

ALVES, S. **A geometria do Globo Terrestre**. Programa de Iniciação Científica OBMEP. No. 6. 2009. Disponível em:

<http://www.unoeste.br/site/enepe/2012/suplementos/area/Exactarum/Exatas%20e%20da%20Terra/Matem%C3%A1tica/O%20%20%C3%82NGULO%20DE%20ELEVA%C3%87%C3%83O%20DO%20SOL%20E%20A%20ENERGIA%20SOLAR.pdf>. Acesso em maio de 2018.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, **Espaço do Consumidor – Perdas de Energia.**; 2016.; Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=801&idPerfil=4>.; Acesso em Julho de 2018.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, **Resolução Normativa N° 482, de 17 de abril de 2012**. Disponível em:

<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> Acesso em julho de 2018

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Capacidade de Geração no Brasil. BIG - Banco de Informações de Geração.** 2018. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em novembro de 2018.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA.; **Perdas de Energia.**, 2015. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/metodologia-distribuicao/-/asset\\_publisher/e2INtBH4EC4e/content/perdas/654800](http://www.aneel.gov.br/metodologia-distribuicao/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/perdas/654800).; Acesso em julho de 2018.

ANEEL.; **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 337, DE 11 DE NOVEMBRO DE 2008.**; AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA.; 2008.; Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2008337.pdf>.; acesso em: março de 2018.

ANEEL.; **Resolução Normativa Nº 482, de 17 de Abril de 2012.**; AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA.; 2012,. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>.; acesso em: maio de 2018.

ANNEE, Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil** / Agência Nacional de Energia Elétrica. 3. ed. – Brasília : Aneel, 2008. 236 p. : il. ISBN: 978-85-87491-10-7.; Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>. Acesso em julho de 2018.

ANNEE.; **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2015.**.. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA.; 2015.; Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso: maio de 2018.

ARANTEGUI, Roberto Local.; JAGER-WALDAU, Arnulf.; **Photovoltaics and wind status in the European Union after the Paris Agreement.** Science Direct.; 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136403211731002X>. Acesso em julho de 2018.

ARAÚJO, Ana Júlia Nunes de, RANK, Narah Iuata, BUENO, Talita Bezerra De Araujo.; **Análise dos Fatores de Perdas nos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica em Curitiba.**; UTFPR.; 2016. Disponível em: [https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2015\\_2\\_27/2015\\_2\\_27\\_final.pdf](https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2015_2_27/2015_2_27_final.pdf). Acesso em maio de 2018.

ARAÚJO, Victor de Senna.; **Sistemática dos Leilões de Energia.**; UFRJ.; Rio de Janeiro.; 2007. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000361.pdf>.; Acesso em abril de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.; **Brasil Ultrapassa 1,5 Gw De Energia Solar Fotovoltaica E Abastece Mais De 633 Mil Residências.**; ABSOLAR.; 2018.; Disponível em: <http://absolar.org.br/noticia/noticiasexternas/brasilultrapassa15gwdeenergiasolar-fotovoltaica-e-abastece-mais-de-633-mil-residencias.html>.; Acesso em: junho de 2018.

Australian Government. **Australian Renewable Energy Agency.** 2018. Disponível em: <https://arena.gov.au/>. Acesso e, Junho de 2018.

BADEA, Nicolae.; **Design for Micro-Combined Cooling, Heating and Power Systems: Stirling Engines and Renewable Power Systems.**; ISSN 1865-3529.; ISBN 978-1-4471-6253-7.; Londn, 2015. Disponível em: <https://www.springer.com/gb/book/9781447162537>.; Acesso em julho de 2018.

BANDEIRA, F. P. M. **O aproveitamento da energia solar no Brasil – situação e perspectivas.**; Brasília.; Câmara dos Deputados. 2012. Disponível em: [http://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/estudos-e-notas-tecnicas/areas-da-conle/tema16/2012\\_1261.pdf](http://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/estudos-e-notas-tecnicas/areas-da-conle/tema16/2012_1261.pdf). Acesso: em janeiro de 2018.

BARBOSA, W. P. F., Et al., 2015.. **Expansão da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Impactos Ambientais e Políticas Públicas.**; R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.628-642, dez. 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/318218793\\_EXPANSAO\\_DA\\_ENERGIA\\_SOLAR\\_FOTOVOLTAICA\\_NO\\_BRASIL\\_IMPACTOS\\_AMBIENTAIS\\_E\\_POLITICAS\\_PUBLICAS](https://www.researchgate.net/publication/318218793_EXPANSAO_DA_ENERGIA_SOLAR_FOTOVOLTAICA_NO_BRASIL_IMPACTOS_AMBIENTAIS_E_POLITICAS_PUBLICAS). Acesso em outubro de 2018.

BARRETTO, Eduardo Pacheco Bueno Muniz Smart Grid: **Eficiência Energética e a Geração Distribuída a Partir das Redes Inteligentes** – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024546.pdf>. acesso em julho de 2018.

BEIGELMAN, Bruno Boaventura.; **A Energia Solar Fotovoltaica e a Aplicação na Usina Solar de Tauá.**; Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2013; Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007228.pdf>.; Acesso em novembro de 2018.

BEN - Balanço Energético Nacional - **Relatório Síntese ano base 2015. 2016.** Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/S%20c3%adntese%20do%20Relat%c3%b3rio%20Final\\_2016\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%20c3%adntese%20do%20Relat%c3%b3rio%20Final_2016_Web.pdf) . Acesso em junho de 2018.

BERGER, L. T. e INIEWSKI, K. Smart Grid: **Aplicações, Comunicação e Segurança.** 1 ed - Rio de Janeiro: LTC, 2015.

BLASZCZAK, Vinícius, **Análise de Eficiência de Painel Fotovoltaico com Sistema Tracker Seguidor Solar.**; UFFS.; Erechim.; 2017 Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/1695/1/BLASZCZAK.pdf>. Acesso em junho de 2018.

BNDES, **Desenvolvimento tecnológico e isenção da energia solar no Brasil.** Revista do BNDES 40, dezembro 2013. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2431/1/RB%2040%20Desenvolvimento%20tecnol%C3%B3gico\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2431/1/RB%2040%20Desenvolvimento%20tecnol%C3%B3gico_P.pdf). Acesso em junho de 2018.

**BNDES. BNDES Aprimora Metodologia de Credenciamento de Equipamentos para Energia Solar Fotovoltaica.**; Banco Nacional do Desenvolvimento Social.; 2017.; Disponível em;  
<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-aprimora-metodologia-de-credenciamento-de-equipamentos-para-energia-solar-fotovoltaica.>; Acesso em maio de 2018.

BORBA, Ricardo Augusto.; NOVAK, Luis Henrique.; **Sistemas Fotovoltaicos Flutuantes: Aspectos Positivos E Desafios.**; VII Congresso Brasileiro de Energia Solar – Gramado.; 2018. Disponível em:  
<http://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/download/151/151.>; Acesso em Janeiro de 2019.

BORGES, Teddy Henrique.; **Panorama da Geração Distribuída de Energia Elétrica no Brasil: Avanços e Desafios.**; IPOG.; Goiânia-GO.; 2017

BORTOLOTO, Valter A.; Et al.; **Geração De Energia Solar On-Grid E Off Grid.**; FATEC-Botucatu-SP.; 2017. Disponível em:  
<mhttp://www.fatecbt.edu.br/ocs/index.php/VIJTC/VIJTC/paper/viewFile/1069/1234>. Acesso em julho de 2018.

BRAGA, Renata Pereira. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações.** Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001103.pdf>>. Acesso em 25 de abril de 2017.

BRANDÃO, Rafael Silva.; **Acesso ao Sol e à Luz Natural: Avaliação do impacto de novas edificações no desempenho térmico, luminoso e energético do seu entorno.**; USP.; 2004. Disponível em:  
[http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0225/Acesso\\_ao\\_Sol/Me\\_Brandao\\_2004.pdf](http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0225/Acesso_ao_Sol/Me_Brandao_2004.pdf).; acesso em: junho de 2018.

British Business Energy.; **World Solar PV Energy Potential.**; Maps 2016. Disponível em: <https://britishbusinessenergy.co.uk/world-solar-map/>. Acesso em maio de 2018.

BUZATTO, Victor Hugo.; **800 mil moradias sociais do Reino Unido receberão painéis solares.**; Sun Volt.; 2017.; Disponível em: <http://www.sunvoltenergiasolar.com.br/800-mil-moradias-sociais-do-reino-unido-receberao-paineis-solares-gratuitos/>.; Acesso em outubro de 2018.

CALDAS, Helder Henri Silva e.; MOISÉS, Antonio Luis Silva. **Geração Fotovoltaica Distribuída: Estudo de Caso para Consumidores Residenciais de Salvador – Ba.**; Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.5, p. 164-180, 2016. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/download/45270/pdf>. Acesso em julho de 2018.

CANTOR, Guillermo Andrés Rodríguez.; **Influência dos Fatores Climáticos no Desempenho de Módulos Fotovoltaicos em Regiões de Clima Tropical.**; UFPB.; 2016. Disponível em:  
[http://www.cear.ufpb.br/arquivos/ppger/documentos/versao\\_final\\_Guillermo.pdf](http://www.cear.ufpb.br/arquivos/ppger/documentos/versao_final_Guillermo.pdf). Acesso em junho de 2018.

CCEE. **Ambiente Livre e Ambiente Regulado**. Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.; 2015. Disponível em: [https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/como-participar/ambiente-livreambiente-regulado?\\_afLoop=38694758341884&\\_adf.ctrlstate=c6753e116\\_1](https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/como-participar/ambiente-livreambiente-regulado?_afLoop=38694758341884&_adf.ctrlstate=c6753e116_1). Acesso em junho de 2018.

CCEE. **Segundo leilão para o ano de 2018 bate recorde de inscritos**: Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.; 929 usinas, 35.067 MW. 2018. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-80/20131024\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-80/20131024_1.pdf). Acesso em março de 2018.

CCEE. **Tipos de Leilões.**; Câmara de Comercialização de Energia Elétrica.; 2013. Disponível em: [https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/o](https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o). Acesso em junho de 2018.

CETESB. **PROCLIMA – Programa Estadual de Mudanças Climáticas de São Paulo**. 2017. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/2017/06/06/india-comeca-a-abandonar-carvao-e-aposta-em-energia-renovavel/>. Acesso em junho de 2018.

COMETTA, Emilio. **Energia Solar: utilização e empregos práticos**. Tradução: Norberto de Paula Lima. São Paulo: Hemus Livraria Editora Limitada, 1978. Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2013/MEQ13015.pdf>. Acesso em maio de 2018.

COUTURE, Toby D. Et al.; **A Policymaker’s Guide to Feed-in Tariff Policy Design.**; U.S. Department of State. 2010. Disponível em: <https://www.nrel.gov/docs/fy10osti/44849.pdf>. Acesso em outubro de 2018.

CRUZ, Daniel Tavares. **Micro e minigeração eólica e solar no Brasil: propostas para desenvolvimento do setor**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: [http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-04082015-153708/publico/Dissertacao\\_Daniel\\_Cruz.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-04082015-153708/publico/Dissertacao_Daniel_Cruz.pdf). Acesso em julho de 2018.

DE SOUZA, Enio Pereira et al. **Avaliação da sustentabilidade na geração híbrida solar e eólica**. Revista ESPACIOS| Vol. 36 (Nº 15) Año 2015, 2015. Disponível em <http://www.revistaespacios.com/a15v36n15/15361512.html>. Acesso em julho de 2018

DECRETO Nº 9.019, DE 30 DE MARÇO DE 2017.; **Presidência da República Casa Civil**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/decreto/D9019.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9019.htm).; Acesso em junho de 2018.

DESHMUKH, M. K.; DESHMUKH, S. S. **Modeling of hybrid renewable energy systems**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 12, n. 1, p. 235-249, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032106001134>.; Acesso em agosto de 2018.

DUPUY, Max e XUAN, Wang.; **China takes steps to stimulate distributed renewable energy generation.**; *The Best Thinkers on Energy*. 2018. Disponível em: <https://energypost.eu/china-takes-steps-to-stimulate-distributed-renewable-energy-generation/>. Acesso em outubro de 2018.

ELETROBRÁS. **Programa Luz para Todos**. Disponível em: <  
<http://www.eletrobras.gov.br/elb/portal/data/Pages/LUMIS32AB99AAPTBRIE.htm>>.  
Acesso em maio de 2018.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro, maio/2012. Disponível em:  
<http://www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/eletrobras/estudos/epe27.pdf>. Acesso em: janeiro de 2018.

Engie.; **Você sabe como o Clima afeta a energia solar no Brasil**. Blog Engie Solar.; 2018. Disponível em: <https://minhaenergiasolar.com.br/como-clima-afeta-a-energia-solar-no-brasil/>; acesso em agosto de 2018.

EPA, United States Environmental Protection Agency.; **Distributed Generation of Electricity and its Environmental Impacts**.; 2017. Disponível em:  
<https://www.epa.gov/energy/distributed-generation-electricity-and-its-environmental-impacts>.; acesso em outubro de 2018.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética.; **Balço energético Nacional**. 2017. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2017.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf). Acesso em março de 2018.

EPE. **Portaria nº 226/2013**.; Empresa de Pesquisa Energética.; Disponível em:  
<http://www.epe.gov.br/pt/paginanaoencontrada?requestUrl=http://www.epe.gov.br/leiloes/Documents/Leil%C3%B5es%202013/Portaria%20>. Acesso em abril de 2018.

EPE. **Portaria nº 236/2014**. Empresa de Pesquisa Energética. Disponível em:  
<http://www.epe.gov.br/leiloes/Documents/Leil%C3%B5es%202014/PORTARIA%20MME%20236%20RESERVA.pdf>. Acesso em abril de 2018.

FEIJÓO, Guilherme Coelho.; Fatores que Influenciam a Geração de Energia Solar Parte 1 e 2.; **MEDIUM, 2017. Disponível em:** <https://medium.com/@guilhermefejoo>. Acesso em junho de 2018.

FILHO, Wilson Pereira Barbosa.; e Et, Al.; **Expansão da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Impactos Ambientais e Políticas Públicas**.; R. gest. sust. ambient., Florianópolis, n. esp, p.628-642, dez. 2015. Disponível em:  
[http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao\\_ambiental/article/view/3467/2519](http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/3467/2519). Acesso em agosto de 2018.

FLANAGAN, P.; CUNHA, A. M. U. S.; **Trade Guide on Renewable Energy in Brazil**.; Agency for International Development (USAID). 2002. Disponível em:  
[http://s3.amazonaws.com/zanran\\_storage/www.winrock.org/ContentPages/18904417.pdf](http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.winrock.org/ContentPages/18904417.pdf). Acesso em março de 2018.

FRAIDENRAICH, N. **Antecedentes Históricos da Ciência Solar no Brasil. A Tecnologia Solar Fotovoltaica**. Grupo de Pesquisas em Fontes Alternativas de Energia. FAE. UFPE. 2005. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/snesf/palestras/18-05-2005/NAUN.pdf>. Acesso em março de 2018.

GAIO, João Nicolau & CAMPOS, Kleverton Moisés Apolinário de.; **Determinação do Tempo Ótimo para Limpeza de Painéis Fotovoltaicos para Obtenção da Melhor Produtividade - Estudo de Caso Dos Sfvr'S Implantados na Utfpr.**; UTPR, Curitiba, 2017. Disponível em:

[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9261/1/CT\\_COELE\\_2017\\_1\\_15.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9261/1/CT_COELE_2017_1_15.pdf). Acesso em agosto de 2018.

Getty Imagens, **Energia Solar.**; Disponível em: <https://www.gettyimages.pt/ilustra%C3%A7%C3%B5es/energia-solar?sort=mostpopular&mediatype=illustration&phrase=energia%20solar>. Acesso em Dezembro de 2018.

GHOTH, Júlio Augusto.; **Usina de Geração Fotovoltaica.**; UFRGS.; Porto Alegre, 2013,. Disponível em:

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96209/000915411.pdf?sequence=1>. Acesso em julho de 2018.

GUIMARÃES, Gabriel.; **Kit de energia solar: Qual a vida útil dos equipamentos.** Solarvolt 2018. Disponível em: <https://solarvoltenergia.com.br/blog/kit-de-energia-solar-vida-util/>.; acesso em dezembro de 2018.

GUIMARÃES, Gabriel.; **Usinas Solares: Conheça as 7 Maiores do Mundo.**; Solarvolt 2018. Disponível em: <https://solarvoltenergia.com.br/blog/maiores-usinas-solares-do-mundo/> .; Acesso em janeiro de 2019.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, **Distributed Generation in Liberalised Electricity Markets.** OECD/IEA. Paris, France, 2002. Disponível em: <http://library.umac.mo/ebooks/b13623175.pdf>. Acesso em agosto de 2018.

IEA, **SNAPSHOT OF GLOBAL PHOTOVOLTAIC MARKETS.**; International Energy Agency (IEA) Report IEA PVPS T1-31:2017 2016. Disponível em: [http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS\\_-\\_A\\_Snapshot\\_of\\_Global\\_PV\\_-\\_1992-2016\\_\\_1\\_.pdf](http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2016__1_.pdf). Acesso em fevereiro de 2018.

IEA, **SNAPSHOT OF GLOBAL PHOTOVOLTAIC MARKETS.**; International Energy Agency (IEA) Report IEA PVPS T1-26:2015. 2014. Disponível em: [http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/technical/PVPS\\_report\\_-\\_A\\_Snapshot\\_of\\_Global\\_PV\\_-\\_1992-2014.pdf](http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/technical/PVPS_report_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2014.pdf). Acesso em fevereiro de 2018.

IEA, **SNAPSHOT OF GLOBAL PHOTOVOLTAIC MARKETS.**; International Energy Agency (IEA) Report IEA PVPS T1-29:2016. Disponível em: [http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/PICS/IEA-PVPS\\_-\\_A\\_Snapshot\\_of\\_Global\\_PV\\_-\\_1992-2015\\_-\\_Final\\_2\\_02.pdf](http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/PICS/IEA-PVPS_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2015_-_Final_2_02.pdf). Acesso em fevereiro de 2018.

IEA, **SNAPSHOT OF GLOBAL PHOTOVOLTAIC MARKETS.**; International Energy Agency (IEA) Report IEA PVPS T1-31:2017/ 2018. Disponível em: [http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS\\_-\\_A\\_Snapshot\\_of\\_Global\\_PV\\_-\\_1992-2017.pdf](http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA-PVPS_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2017.pdf)Acesso em Fevereiro de 2018.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. 2016. Instituto Nacional de Meteorologia do Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php>.; Acesso em maio de 2018.

INPE - **Atlas Brasileiro de Energia Solar ganha nova edição após dez anos.**; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Informativo 2017. Disponível em: <http://www.inpe.br/informativo/08/nota03>. Acesso em novembro de 2018.  
INSTALO SOLAR: As maiores usinas fotovoltaicas do Brasil. Blog. 2018.; Disponível em: <https://www.instalosolar.com.br/blog-instalo-solar/as-maiores-usinas-fotovoltaicas-do-brasil>.; Acesso em novembro de 2018.

JANUZZI, G. DE M.; VARELLA, F. K. DE O. M.; GOMES, R. D. M. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede: Relatório final**. Campinas, 2009. Disponível em: Acesso em 18 mai 2016. Disponível em: [http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/RELATORIO\\_PROJETO\\_2\\_FINAL.pdf](http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/RELATORIO_PROJETO_2_FINAL.pdf) . Acesso em agosto de 2018.

KAUNDA, Salim.; Et al.; **PMRC Energy Series: Promoting Energy Investment Through Cost Reflective Tariffs.**; Policy Brief.; 2014. Disponível em: [https://www.academia.edu/9365189/UNDERSTANDING\\_ELECTRICITY\\_TARIFFS](https://www.academia.edu/9365189/UNDERSTANDING_ELECTRICITY_TARIFFS).; Acesso em outubro de 2018.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. **Clima da Região Nordeste do Brasil**. Tempo e clima no brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, cap. 14, p. 213- 233. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000130&pid=S0102-7786201400020000800017&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000130&pid=S0102-7786201400020000800017&lng=pt).; acesso em: junho de 2018.

KNOB, Paulo J.; RIELLA, Humberto G & KNOB, Daniel.; **Energia Solar Fotovoltaica Auxiliando Na Redução Dos Picos Anuais De Demanda**. 10º AGRENER, USP.; 2015. Disponível em: <http://www.iee.usp.br/agrener2015/sites/default/files/tematica2/902.pdf>. Acesso em julho de 2018.

KONZEN, Gabriel.; **O mapa da mina da geração fotovoltaica centralizada.**; COSOL, 2016. Disponível em: <https://www.cosol.com.br/blog/o-mapa-da-mina-da-gerao-fotovoltaica-centralizada>.; acesso em novembro de 2018.

LIMA, Adilson Augusto ; GIACAGLIA, Giorgio Eugenio Oscare. **Sistema Híbrido de Energia com Aplicação de Módulos Fotovoltaicos em Operações do Setor de Telecomunicações que Dependem de Energia Ininterrupta.**; CICTE, At Taubaté, SP, Brazil, Volume: 1. 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/319700085\\_SISTEMA\\_HIBRIDO\\_DE\\_ENERGIA\\_COM\\_APLICACAO\\_DE\\_MODULOS\\_FOTOVOLTAICOS\\_EM\\_OPERACOES\\_DO\\_SETOR\\_DE\\_TELECOMUNICACOES\\_QUE\\_DEPENDEM\\_DE\\_ENERGIA\\_ININTERRUPTA](https://www.researchgate.net/publication/319700085_SISTEMA_HIBRIDO_DE_ENERGIA_COM_APLICACAO_DE_MODULOS_FOTOVOLTAICOS_EM_OPERACOES_DO_SETOR_DE_TELECOMUNICACOES_QUE_DEPENDEM_DE_ENERGIA_ININTERRUPTA). Acesso em julho de 2018.

LIMA, Francisco José Lopes de.; **Previsão de Irradiação Solar no Nordeste do Brasil Empregando o Modelo Wrf Ajustado por Redes Neurais Artificiais (RNAs).**; São José dos Campos, INPE, 2015.; disponível em: [http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/teses/Tese2015\\_Francisco\\_Lima.pdf](http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/teses/Tese2015_Francisco_Lima.pdf).; acesso em: maio de 2018.

LOHMANN, S.; SCHILLINGS, C.; MAYER, B.; MEYER, R. **Long-term Variability of Solar Direct and Global Radiation Derived from ISCCP data and Comparison with Reanalysis data**. Solar Energy., v.80, n.11, p.1390-1401, 2006.; Disponível em: <https://elib.dlr.de/19952/1/lohmann.pdf>. Acesso em maio de 2018.

LOPES, Matheus Martins & JUNIOR, Paulo Antonio de Souza **SISTEMAS FOTOVOLTAICOS FLUTUANTES: análise do tema e estudo de caso para o lago da UNIFEI.**; XCBP Gramado-RS.; 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/311451799\\_SISTEMAS\\_FOTOVOLTAICOS\\_FLUTUANTES\\_analise\\_do\\_tema\\_e\\_estudo\\_de\\_caso\\_para\\_o\\_lago\\_da\\_UNIFEI](https://www.researchgate.net/publication/311451799_SISTEMAS_FOTOVOLTAICOS_FLUTUANTES_analise_do_tema_e_estudo_de_caso_para_o_lago_da_UNIFEI). acesso em agosto de 2018.

LOPES, Matheus Martins & JUNIOR, Paulo Antonio de Souza **SISTEMAS FOTOVOLTAICOS FLUTUANTES: Análise do Tema e Estudo de Caso para o Lago da UNIFEI.**; XCBP Gramado-RS.; 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/311451799\\_SISTEMAS\\_FOTOVOLTAICOS\\_FLUTUANTES\\_analise\\_do\\_tema\\_e\\_estudo\\_de\\_caso\\_para\\_o\\_lago\\_da\\_UNIFEI](https://www.researchgate.net/publication/311451799_SISTEMAS_FOTOVOLTAICOS_FLUTUANTES_analise_do_tema_e_estudo_de_caso_para_o_lago_da_UNIFEI). Acesso em julho de 2018.

LOPES, Yona , FERNANDES Natalia Castro & MUCHALUAT-SAADE Débora Christina.; **Geração Distribuída de Energia: Desafios e Perspectivas em Redes de Comunicação.**; UFES.; 2015. Disponível em: <http://sbrc2015.ufes.br/wp-content/uploads/Ch2.pdf>. Acesso em junho de 2018.

MAIA, Rian Sardinha.; **Energia Solar: O desenvolvimento de um novo mercado.**; Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2018. 18, 71 p.: il.; 29,7 cm. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024980.pdf>. Acesso em abril de 2018.

MANÇO, José Roberto Xavier.; **A geração distribuída e as tarifas do setor elétrico brasileiro.**; PUC-RJ.; 2017. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876412/Especializa%C3%A7%C3%A3o+JOS%C3%89+ROBERTO+XAVIER+MAN%C3%87O+2017.pdf/1d5891b3-c02f-0cde-9664-08415bafb54e>. Acesso em julho de 2018.

MATTOS, Gustavo Marques.; **Estudo de Rendimento e Temperatura de Painéis Fotovoltaicos com Uso de Técnica de Concentração Solar.** – Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2016. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10017182.pdf>. Acesso em maio de 2018.

MENEGHETTI, G. T.; FERREIRA, N. J. **Variabilidade Sazonal e Interanual da Precipitação no Nordeste Brasileiro.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1685-1689. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. (INPE-15939-PRE/10549). Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.19.34/doc/1685-1689.pdf>. Acesso em maio de 2018.

Ministério de Minas e Energia (MME). **Energia Solar no Brasil e Mundo – ano de referencia 2016**. Brasília: MME, 2017. Disponível em:

<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/17++Energia+Solar++Brasil+e+Mundo++ano+ref.+2015+%28PDF%29/4b03ff2d14524476907dd9301226d26c;jsessionid=41E8065CA95D1FABA7C8B26BB66878C9.srv154>. Acesso em: janeiro de 2018.

MIRANDA, Raul Figueiredo Carvalho.; **Análise da Inserção de Geração Distribuída de Energia Solar Fotovoltaica no Setor Residencial Brasileiro** – Rio de Janeiro:

UFRJ/COPPE, 2013.; Disponível em:

<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/miranda.pdf>. Acesso em julho de 2018.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional 2016**: Ano base 2015 / Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em:

[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2016.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf). Acesso em março de 2018.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Demanda de Energia 2050. Nota Técnica DEA 13/15**. Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2016. Disponível em:

<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-227/topico-202/DEA%2013-15%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>. Acesso em Março de 2018.

MME. **Leilões de Energia**.; Ministério de Minas e Energia.; 2017. Disponível em:

[http://www.mme.gov.br/programas/leiloes\\_de\\_energia/menu/inicio.html](http://www.mme.gov.br/programas/leiloes_de_energia/menu/inicio.html). Acesso em março de 2018.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Relatório Sumário Executivo das Atividades Desenvolvidas pelo Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM)**. Período de jun 2003 – dez 2004. Janeiro 2005.

MONTALVÃO, Edmundo & FARIA, Ivan Dutra.; **Energia Sustentável para Todos**.; Boletim do Legislativo N° 16, DE 2012.; Senado Federal. Disponível em:<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/242648/Boletim2012.16.pdf?sequence=1>. Acesso em Julho de 2018.

NACIMENTO, Rodrigo Limp.; **Energia Solar no Brasil: Situação e Perspectivas**.;

Estudo Técnico.; Câmara dos Deputados.; 2017. Disponível

em:[http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32259/energia\\_solar\\_limp.pdf?sequence=1](http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32259/energia_solar_limp.pdf?sequence=1). acesso em: maio de 2018.

NARUTO, Denise Tiekoi.; **Vantagens e Desvantagens da Geração Distribuída e Estudo de Caso de um Sistema Solar Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica** – Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2017. Disponível em:

<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10020290.pdf>. Acesso julho de 2018.

NDC. Contribuição do Brasil às Nações Unidas - **Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC)**. 2016. Disponível em:

[http://www.itamaraty.gov.br/images/ed\\_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf](http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf) Acesso em março de 2018.

NETO, Argemiro de Oliveira.; **Análise de Impactos da Geração Distribuída Fotovoltaica - Estudo de caso: Embaixada da Itália, Brasília DF/** Argemiro de Oliveira Neto. – Brasília, DF, 2016. Disponível em: [https://fga.unb.br/articles/0001/6709/TCC-Argemiro\\_VF.pdf](https://fga.unb.br/articles/0001/6709/TCC-Argemiro_VF.pdf). Acesso em julho de 2018.

NETO, Manuel Rangel Borges; CARVALHO, Paulo Cesar Marques de.; Energia solar fotovoltaica no semi-árido: estudo de caso sobre a atuação do prodeem em Petrolina-PE.; An. 6. Enc. Energ. Meio Rural .; Scielo 2006. Disponível em: [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100054&script=sci\\_arttext](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022006000100054&script=sci_arttext). Acesso em maio de 2018.

OLIVEIRA, Thalles Rodrigues de.; **Geração De Energia X Impacto Ambiental.;** UEMG.; Minas Gerais.; 2011. Disponível em: [http://www.waltenomartins.com.br/tcc\\_2011\\_Thalles.pdf](http://www.waltenomartins.com.br/tcc_2011_Thalles.pdf). Acesso em Julho de 2018.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico - **Sistema de Transmissão Horizonte – 2015.** 2015. Disponível em: [http://www.ons.org.br/conheca\\_sistema/mapas\\_sin.aspx](http://www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx). Acesso em maio de 2018.

PALUDO, J. **Avaliação dos impactos de elevados níveis de penetração da geração fotovoltaica no desempenho de sistemas de distribuição de energia elétrica em regime permanente.** USP - São Carlos.; 2014. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18154/tde-23042014-153815/publico/DissertPaludoJulianaAramizuCorrig.pdf>. Acesso em junho de 2018.

PEREIRA, Enio Bueno.; Et al.; **Atlas brasileiro de energia solar.;** 2. Ed. – São José dos Campos: INPE, 2017.; 88p.: Il.(E\_BOOK).; ISBN 978-85-17-00089-8. Disponível em: [http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas\\_Brasileiro\\_Energia\\_Solar\\_2a\\_Edicao.pdf](http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf). Acesso em maio de 2018.

PORTAL SOLAR.; **O que é uma Usina Solar.;** 2016. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/usina-solar.html>. Acesso em julho de 2018.

PROJETO DE LEI FEDERAL Nº 1.563. **Dispõe sobre fontes renováveis de energia, com o objetivo de promover a universalização, a geração distribuída e a racionalização energética,** e altera a Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, para modificar o Proinfa e aumentar a participação de fontes alternativas na matriz energética nacional. S/D, 2007. Disponível em: [http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop\\_mostrarintegra?codteor=481976](http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=481976). Acesso em maio de 2018.

REIS, D. d. C., UTURBEY, W., CARDOSO, S. N. & LOPES, B. M., 2014. **Análise técnico-jurídica dos impactos ambientais presentes no processo de fabricação de painéis fotovoltaicos.** 1º Congresso Brasileiro de Energia Solar, 03 04 Disponível em: [http://www.abens.org.br/downloads/Anais-V-CBENS/lista\\_area\\_11.htm](http://www.abens.org.br/downloads/Anais-V-CBENS/lista_area_11.htm). acesso em julho de 2018.

RELLA, Ricardo.; **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil.;** 2017.; Revista de Iniciação Científica, Criciúma, v. 15, n. 1, 2017 | ISSN 1678-7706.; Disponível em:

<http://periodicos.unesc.net/iniciacaocientifica/article/download/2937/3530>.; Acesso em fevereiro de 2018.

REN 21.; **Rede de Políticas Energéticas Renováveis Para O Século XXI CENTURY**, Relatório de Status Global da Renewables 2016. ISBN 978-3-9818107-0-7. Paris, França, 2016. Disponível em: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/05/GSR\\_2016\\_Full\\_Report\\_lowres.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/05/GSR_2016_Full_Report_lowres.pdf). Acesso em maio de 2018.

RIBEIRO, Alan Emanuel Duailibe, **Análise da Influência da Localização, Área e Forma de Sítios no Potencial de Geração de Energia Elétrica de Pequena Escala no Brasil: Um Método para as Fontes Solar e Eólica**, Tese. COPPE; UFRJ 2015. Disponível em: [http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/alan\\_ribeiro.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/alan_ribeiro.pdf). Acesso em junho de 2018.

RIMA, **Relatório de Impacto Ambiental da Usina Fotovoltaica Massapê**. 2014. Disponível em: [http://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/2012/01/rima\\_massape\\_final.pdf](http://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/2012/01/rima_massape_final.pdf). Acesso em julho de 2018.

RIVERA, Ricardo.; ESPOSITO Alexandre Siciliano.; TEIXEIRA Ingrid.; **Redes elétricas inteligentes (smart grid): oportunidade para adensamento produtivo e tecnológico local.**; BNDS 2013. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2927/1/RB%2040%20Redes%20el%C3%A9tricas%20inteligentes\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2927/1/RB%2040%20Redes%20el%C3%A9tricas%20inteligentes_P.pdf). Acesso em agosto de 2018.

Robinson, Bem.; **Funding the Risks of New Solar PV Technology and Recycling.**; Renewable Energy World.; 2016.; Disponível em: <https://www.renewableenergyworld.com/articles/2016/03/funding-the-risks-of-new-solar-pv-technology-and-recycling.html>.; Acesso em dezembro 2018.

ROSA, Antonio Robson Oliveira da & GASPARIN Fabiano Perin.; **Panorama da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil.**; Revista Brasileira de Energia Solar Ano 7 Volume VII Número 2 Dezembro de 2016. Disponível em: <https://rbens.emnuvens.com.br/rbens/article/view/157>. Acesso em maio de 2018.

SANTOS, Erick Silva dos.; CUNHA, Alan Cavalcanti da.; CUNHA Helenilza Ferreira Albuquerque.; **Usina Hidrelétrica Na Amazônia E Impactos Socioeconômicos Sobre Os Pescadores Do Município De Ferreira Gomes-Amapá.**; Revista Ambiente & Sociedade n São Paulo v. XX, n. 4 n p. 197-214 n out.-dez. 2017.; Disponível em: [http://www.scielo.br/pdf/asoc/v20n4/pt\\_1809-4422-asoc-20-04-00191.pdf](http://www.scielo.br/pdf/asoc/v20n4/pt_1809-4422-asoc-20-04-00191.pdf).; Acesso em agosto de 2018.

SEN, Z. **Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques**. London: Springer London, 2008. Disponível em: <https://www.springer.com/gb/book/9781848001336>. Acesso em abril de 2018.

SGUAÇABIA, Robson Roberto.; **Avaliação do Impacto da Geração Distribuída Sobre o Sistema de Proteção de Sobrecorrente de uma Rede de Distribuição Operando em Ilhamento Internacional.**; USP, 2015. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18154/tde-25052015-114845/publico/Robson.pdf>. Acesso em maio de 2018.

SILVA, Jarlan Soares da, **Análise da Influência da Temperatura na Geração de Energia Utilizando Painéis Fotovoltaicos Monocristalinos E Policristalinos.**; UFP.; 2016. Disponível em:

<http://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/1534/1/An%C3%A1lise%20da%20influ%C3%Aancia%20da%20temperatura%20na%20gera%C3%A7%C3%A3o%20de%20energia%20utilizando%20pain%C3%A9is%20fotovoltaicos%20monocristalinos%20e%20policristalinos.pdf>. Acesso em julho de 2018.

SILVA, R. M. **Energia Solar: dos incentivos aos desafios.** Texto para discussão nº 166. Brasília. Senado Federal, 2015. Disponível em:

<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>. Acesso em junho de 2018.

SINHA, Sunanda; CHANDEL, S. S. **Review of recent trends in optimization techniques for solar photovoltaic–wind based hybrid energy systems.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 50, p. 755-769, 2015. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/journal/renewable-and-sustainable-energy-reviews>. Acesso em junho de 2018.

SOUZA Amaury de & ARISTONE Flavio.; **Estudo da Eficiência Energética de Células Fotovoltaicas em Função da Radiação Solar no Centro-Oeste Brasileiro.**; v. 2, n. 7. Revista de Geografia e Interdisciplinar 2016,. Disponível em:

<http://www.periodicoeletronicos.ufma.br/index.php/interespaco/article/view/7368>. Acesso em junho de 2018.

STRANGUETO, Karina Maretti.; **Estimativa do Potencial Brasileiro de Produção de Energia Elétrica através de Sistemas Fotovoltaicos Flutuantes em Reservatórios de Hidroelétricas.**; UNICAMP.; Campinas-SP.; 2016. Disponível em:

[http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/304920/1/Strangueto\\_KarinaMaretti\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/304920/1/Strangueto_KarinaMaretti_D.pdf). Acesso em abril de 2018.

SULYOK, Csaba.; **Tenho uma Fazenda, Quero Instalar Minha Usina Solar.**; CoSol. 2018.; disponível em: <https://suporte.cosol.com.br/hc/pt-br/articles/228623767--Tenho-uma-fazenda-quer-o-instalar-minha-usina-solar->. Acesso em dezembro de 2018.

Terra & Sol.; **On-grid e Off-grid: Qual a diferença entre as categorias do sistema fotovoltaico?**. Blog.; 2018. Disponível em:

<https://www.terraesolenergia.com.br/blog/categorias-do-sistema-fotovoltaico/>. Acesso em novembro de 2018.

TIEPOLO, Gerson Máximo.; **Estudo do potencial de geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede no estado do Paraná.**; 2015.

Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/275828862/download>. Acesso em março de 2018.

TOLEDO, F. et al., **Desvendando as Redes Elétricas Inteligentes: Smart Grid Handbook**, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em:

<http://www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/eletrobras/estudos/rivera1.pdf>. Acesso em agosto de 2018.

TONINI, Bruna. Et al.; **Influência da Poluição Atmosférica Sobre o Desempenho de Módulos Fotovoltaicos em Vitória, Es.**; Revista Científica Faesa v. 9, n. 1, | 2013. Disponível em: [https://www.faesa.br/revistas/2013/2013\\_artigo2.pdf](https://www.faesa.br/revistas/2013/2013_artigo2.pdf). Acesso em Julho de 2018.

VARELLA, Fabiana Karla de Oliveira.; Et al; Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Incentivos Regulatórios.; **Revista Brasileira de Energia**, v. 14, n . 1, pp. 9-22., 2011. Disponível em: [https://new.sbpe.org.br/wpcontent/themes/sbpe/img/artigos\\_pdf/v14n01/v14n01a1.pdf](https://new.sbpe.org.br/wpcontent/themes/sbpe/img/artigos_pdf/v14n01/v14n01a1.pdf).; Acesso em dezembro de 2017.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações 2ª Edição**. Viçosa:UFV, 2013. ISBN: 9788572694322.  
VICHI, Flavio Maron & MANSOR, Maria Teresa Castilho.; Energia, meio ambiente e economia: o Brasil no contexto mundial.; **Quím. Nova**, v..32 n. 3 São Paulo 2009 SciElo. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422009000300019](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000300019). Acesso em junho de 2018.

VITTI, Diego Christofolletti & ALVARES, **Leandro Miranda.**; **Avaliação da Eficiência de Sistemas Fotovoltaicos.**; UnB.; 2006. Disponível em: [http://www.gsep.ene.unb.br/producao/marco/PFinal\\_Leandro\\_Diego.pdf](http://www.gsep.ene.unb.br/producao/marco/PFinal_Leandro_Diego.pdf). Acesso em junho de 2018.

WOGAN, D., **Manufacturing Scale, not Cheap Labor, driving China's Solar PV Price Advantage**. Scientific American, 2013. Disponível em: <https://blogs.scientificamerican.com/plugged-in/manufacturing-scale-not-cheap-labor-driving-chinae28099s-solar-pv>. Acesso em maio de 2018.