

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

ESTUDO SOBRE A ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

ANDREY DIAS FERREIRA



Andrey Dias Ferreira

ESTUDO SOBRE A ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Leal Teixeira

Montes Claros
Instituto de Ciências Agrárias - UFMG
2022

FOLHA DE APROVAÇÃO

31/01/2022 10:49

SEI/UFMG - 1192442 - Ata de defesa de Monografia/TCC



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COLEGIADO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA / TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

Aos vinte e seis dias do mês de janeiro de 2022, às 10h 00min, o estudante Andrey Dias Ferreira, matrícula 2015057891, defendeu o Trabalho intitulado "Estudo sobre a energia fotovoltaica no Brasil" tendo obtido a média (85) oitenta e cinco.

Participaram da banca examinadora os abaixo indicados, que, por nada mais terem a declarar; assinam eletronicamente a presente ata.

Nota: 85 (oitenta e cinco)

Orientador(a): Gustavo Leal Teixeira

Nota: 85 (oitenta e cinco)

Examinador(a): Rodolpho César dos Reis Tinini

Nota: 85 (oitenta e cinco)

Examinador(a): Júlia Ferreira da Silva



Documento assinado eletronicamente por Gustavo Leal Teixeira, Professor do Magistério Superior, em 26/01/2022, às 14:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Rodolpho Cesar dos Reis Tinini, Professor do Magistério Superior, em 26/01/2022, às 17:56, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Julia Ferreira da Silva, Subcoordenador(a), em 27/01/2022, às 10:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 1192442 e o código CRC 51E91A8C.

Este documento deve ser editado apenas pelo Orientador e deve ser assinado eletronicamente por todos os membros da banca.

Dedico este trabalho a todos que me ajudaram a tornar
esse sonho em realidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar pelo caminho correto em busca desse objetivo tão nobre, e por nunca me deixar desistir

A minha família por estar sempre presente e fazer o possível para tornar esta jornada um pouco mais suave.

Aos professores que me auxiliaram e deram a direção para essa conquista.

Aos meus amigos, em especial Bruna, Artur e Tardelli pelas demonstrações de tolerância e amor incondicional.

E a todas as pessoas que ajudaram a tornar esse sonho em realidade.

RESUMO

O setor de energias alternativas, incluindo a energia fotovoltaica, vem registrando aumentos significativos de demanda, especialmente no Brasil. Preocupações com as taxas de emissão de gases tóxicos na atmosfera pela queima de combustíveis fósseis, estimulam países de todos os continentes a investir na obtenção de energias renováveis. O presente trabalho teve como objetivo estudar a energia fotovoltaica como fonte de energia elétrica, tendo como alvo o Brasil, considerando o passado, presente e futuro da tecnologia. O trabalho foi desenvolvido através de pesquisa exploratória, reunindo informações encontrados em artigos, livros, teses, dissertações e documentos. Os resultados da pesquisa demonstraram o potencial do Brasil, revelando potencial energético e demanda crescente por energia elétrica, e que a energia fotovoltaica tem o necessário para suprir as demandas, além de potencial do desenvolvimento social, como geração de empregos diretos e indiretos, além de benefícios ambientais pela baixa quantidade de impactos causados pela atividade. As pesquisas também demonstraram as dificuldades enfrentadas pelo setor como: a falta de incentivo, dificuldade em relação às licenças legais, baixo investimento em pesquisas no âmbito nacional e a falta de mão de obra qualificada. A energia fotovoltaica tem grande potencial para contribuir como desenvolvimento do país, contribuindo para aspectos econômicos, ambientais e sociais, entretanto para que esse desenvolvimento ocorra, é necessário criar maneiras para contornar as dificuldades encontradas no setor.

Palavras-chave: Fontes renováveis. Matriz energética. Impactos Ambientais. Módulos Fotovoltaicos. Energia Solar. Sustentabilidade

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Aumento da potência instalada da energia fotovoltaica no mundo	14
Figura 2 - Maiores produtores de módulos fotovoltaicos.....	16
Figura 3 - Geração distribuída de energia elétrica.....	17
Figura 4 - Matriz Energética brasileira no ano de 2020	19
Figura 5 - As outras sete maiores fontes de energia renováveis no país	19
Figura 6 - Evolução da instalação da energia Solar Fotovoltaica no Brasil, entre 2012 e 2021	20
Figura 7 - Cenário da matriz elétrica brasileira	20
Figura 8 - Mapa de Potencial Fotovoltaico Brasileiro.....	22
Figura 9 - Estrutura de semicondutores, elementos responsáveis pelo efeito fotovoltaico	23
Figura 10 - Dopagem do Silício com Fósforo	24
Figura 11 - Dopagem do Silício com Boro.....	25
Figura 12 – Adição de átomos de fósforo e boro (junção PN), formando o Efeito Fotovoltaico	25
Figura 13 - Placa de Silício Monocristalino	27
Figura 14 - Placa de Silício Policristalino	27
Figura 15 - Placa de Silício Amorfo	28
Figura 16 – Tipo de sistema fotovoltaico - Sistema Integrado.....	29
Figura 17 – Tipo de sistema fotovoltaico - Sistema Isolado	30
Figura 18 – Tipo de sistema fotovoltaico - Sistema Híbrido	31
Figura 19 - Número de empregos gerados por fonte de energias renováveis no ano de 2019	37
Figura 20 - Gráfico de queda de empregos no setor fotovoltaico em 2020.....	38
Figura 21 - Número de empregos gerados por fonte de energias renováveis no Brasil 2019.....	38

Figura 22 - Modelo de irrigação alimentada por energia solar.....	40
Figura 23 - Etapas do procedimento para obtenção do licenciamento ambiental no Brasil:	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABSolar	- Agência Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ANEEL	- Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	- Balanço Energético Nacional
BNDES	- Banco Nacional de Desenvolvimento Social
CA	- Corrente alternada
CC	- Corrente Contínua
CCEE	- Câmara de Comercialização do Setor Elétrico
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CO ₂	- Gás carbônico
CRESCESB	- Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
EPE	- Empresa de Pesquisa Energética
FITs	- Tarifas Feed In
GW	- <i>Gigawatts</i>
IEA-PVPS	- International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Program
IRENA	- International Renewable Energy Agency
PRODEM	- Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios
V	- Volts
W	- Watt

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Histórico da Energia Solar Fotovoltaica	13
2.1.1	Geração distribuída de energia elétrica	16
2.2	Evolução da Energia Fotovoltaica no Brasil	17
2.2.1	A Matriz Fotovoltaica no Brasil	18
2.3	Funcionamento da Energia Fotovoltaica e os principais equipamentos do Sistema Fotovoltaico	21
2.3.1	Efeito Fotovoltaico	23
2.3.2	Tipos de células fotovoltaicas	25
2.3.2.1	Células de primeira geração ou cristalinas	26
2.3.2.2	Células de segunda geração ou filmes finos	28
2.3.2.3	Células de terceira geração ou multi-junção	28
2.3.2.4	Tecnologias Emergentes	29
2.3.3	Tipos de Sistemas Fotovoltaicos	29
2.3.4	Principais componentes do sistema fotovoltaico	31
2.4	Impactos Ambientais da Energia Fotovoltaica	33
2.5	Sustentabilidade no setor da Energia Fotovoltaica	35
2.5.1	Geração de empregos a partir da energia fotovoltaica	37
2.5.2	Redução da poluição do ar e da emissão de gases do efeito estufa	38
2.5.3	Energia Fotovoltaica na Agricultura	39
2.6	Obstáculos para o crescimento da energia fotovoltaica no Brasil	40
2.6.1	Energia Fotovoltaica e as Políticas Públicas	40
2.6.2	Licenciamento Ambiental da energia fotovoltaica	42
2.6.3	Dificuldades no Setor Fotovoltaico	43
3	METODOLOGIA	45
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45

5 CONCLUSÃO	46
REFERENCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

Durante o início da civilização humana, os recursos da natureza foram utilizados indiscriminadamente para suprir suas necessidades energéticas, sem preocupações com os efeitos que essas práticas causariam ao meio ambiente (LANA, 2015). A matriz elétrica mundial é predominantemente de origem fóssil, como petróleo e carvão mineral, entretanto existem preocupações constantes em relação aos impactos ambientais causados por esses combustíveis (CALIJURI; CUNHA, 2013).

Todavia mesmo que exista a inquietação a respeito da natureza, existe também a necessidade de se gerar cada vez mais energia para suprir as necessidades da população, criando um conflito de interesses entre produção abundante de energia elétrica e sustentabilidade (CARVALHO, 2008). Nesse contexto, as energias renováveis são capazes de suprir as necessidades energéticas humanas, permitir o desenvolvimento e ao mesmo tempo diminuir os impactos causados pela geração de energia (LAMARCA JUNIOR, 2012). A energia fotovoltaica se destaca no cenário entre as renováveis, uma vez que utiliza a luz solar para gerar energia elétrica, utilizando um recurso que é muito disponível e produzindo poucos impactos negativos em relação às fontes convencionais (SOUZA LUIZ, 2017).

O cenário da energia fotovoltaica ainda se encontra em evolução e seu desenvolvimento depende do avanço da tecnologia e do interesse mundial em relação ao seu futuro (FADIGAS, 2012). O Brasil é um país que possui riqueza de recursos naturais e grande disponibilidade humana, o que o torna propício para investimento em energias renováveis, incluindo a energia fotovoltaica. No entanto existem algumas dificuldades e entraves que impedem a inserção dessa fonte de energia como protagonista no país, o deixando ultrapassado nessa questão (RELLA, 2017).

Com o objetivo de estudar a energia fotovoltaica (EF) como fonte alternativa para a geração de energia elétrica, esse trabalho se dispõe a analisar o setor no Brasil, levando em conta tendências mundiais sobre o assunto e considerando seu aspecto histórico e matriz energética do país, além de descrever o funcionamento e as principais tecnologias empregadas na obtenção da energia fotovoltaica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico da Energia Solar Fotovoltaica

A primeira observação do efeito fotovoltaico ocorreu em 1839, quando Edmond Becquerel observou, através de experimento, uma pequena diferença potencial de placas metálicas que foram mergulhadas em eletrólito (VALLÊRA; BRITO, 2006).

Em 1877, dois inventores americanos W.G Adams e R.E Day, desenvolveram o primeiro dispositivo produtor de eletricidade através da luz. Apesar da baixa eficiência de conversão, em torno de 0,5%, o engenheiro alemão Werner Siemens, no final do século XIX, utilizou a tecnologia em máquinas fotográficas.

Entretanto, avanços na eficiência destes sistemas fotovoltaicos iniciais apenas foram possíveis após descobertas científicas, ocorridas na primeira metade do século XX. A explicação do efeito fotoelétrico por Albert Einstein e a descoberta dos transistores em 1947, por Shockley, Bardeen e Brattain, entre outros avanços no ramo da física, foram indispensáveis para aumentar a eficiência do sistema (VALLÊRA; BRITO, 2006).

A energia fotovoltaica, inicialmente desempenhou papel importante no setor espacial onde, a partir de 1958, foi utilizada em programas espaciais. Essa foi sua principal utilização até a década de 70. O emprego terrestre foi impulsionado a partir da crise mundial de energia em 1973/1974 (FADIGAS, 2012).

Inicialmente os EUA lideraram o desenvolvimento das tecnologias. Em 1997 o Japão se tornou o principal produtor, por motivos de problemas com o fornecimento advindo de outras fontes. Entre 2005 e 2014 a Alemanha se tornou a maior produtora. Desde 2015 até os dias atuais a China, com investimentos massivos, passou a dominar a geração de energia fotovoltaica no mundo (COUTINHO, 2019). A Tabela 1 apresenta os países com maior instalação de energia fotovoltaica anual e acumulada.

Tabela 1 - Países com maior instalação anual total de energia fotovoltaica, em 2019

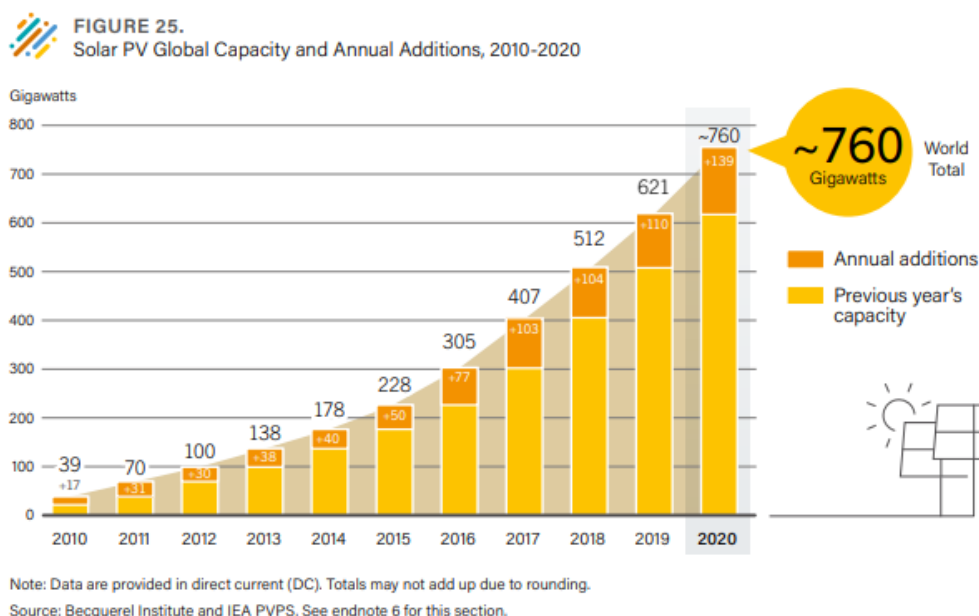
Top 10 Países com maior instalação anual e total em 2019					
Capacidade Anual Instalada			Capacidade Acumulada		
1	China	30,1 GW	1	China	205,2 GW
2	USA	13,2 GW	2	USA	75,7 GW
3	Japan	7,0 GW	3	Japan	63,1 GW
4	Austrália	4,7 GW	4	Germany	49,0 GW
5	Spain	4,7 GW	5	Italy	20,8 GW
6	Germany	3,8 GW	6	Austrália	16,3 GW
7	Korea	3,1 GW	7	Korea	11,2 GW
8	Netherlands	2,3 GW	8	France	9,9 GW
9	Mexico	1,9 GW	9	Spain	9,9 GW
10	Turkey	1,3 GW	10	Turkey	8,5 GW

Fonte: Editado de IEA-PVPS, 2020

A demanda por energia fotovoltaica cresce a cada ano, em 2018 se tornou a tecnologia de geração de energia que mais cresce no mundo e em 2020 chegou a um total de 760 GW gerados em todo o mundo (IEA-PVPS, 2020).

O crescimento exponencial é demonstrado na Figura 1, em que, de 2010 a 2020 houve um aumento de 39 GW para 760 GW, representando um crescimento de 19,4 vezes (REN21, 2020).

Figura 1 - Aumento da potência instalada da energia fotovoltaica no mundo

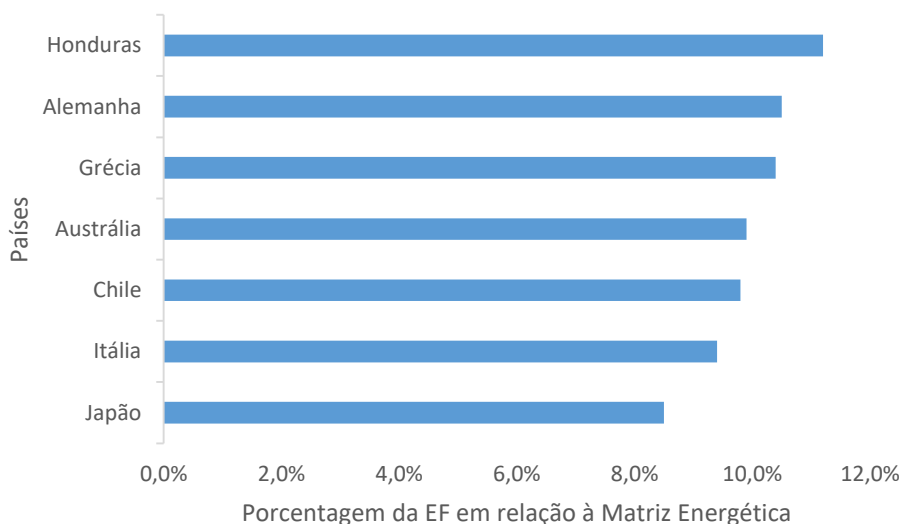


Fonte: REN21, 2020

O aumento da participação da energia fotovoltaica em relação à geração de energia global também é significativo. Partiu de 0,9 % para 2,8 % nos últimos 5 anos. O

país com maior participação de sistemas fotovoltaicos em relação ao total de eletricidade produzida é Honduras com (11,2 %), seguido de Alemanha (10,5 %), Grécia (10,4 %), Austrália (9,9 %) e Chile (9,8 %) (IEA-PVPS, 2020). O gráfico 1 demonstra a porcentagem da energia fotovoltaica em relação a matriz energética de cada país.


Gráfico 1 - Porcentagem de participação dos países em relação a Energia Fotovoltaica



Fonte: Adaptado de IEA-PVPS, 2020

Segundo Coutinho (2019) o local de fabricação dos módulos fotovoltaicos mudou no decorrer da última década, saindo dos EUA, Europa e Japão e indo para a China, onde se encontra as maiores empresas e indústrias, influenciado pelos investimentos do governo chinês, o que gerou avanço do setor. A figura 2 lista as principais empresas produtoras de módulos fotovoltaicos e o crescimento nos últimos anos.

Figura 2 - Maiores produtores de módulos fotovoltaicos

Global solar photovoltaic module shipments ranking, 2019 

2019 ranking	Solar PV manufacturer	Change vs 2018	2018 shipments	2019 shipments	% Growth
1	Jinko Solar Holding Co., Ltd.	-	11.4	14.2	25%
2	JA Solar Holdings Co Ltd	-	8.8	10.3	17%
3	Trina Solar Limited	-	8.1	9.7	20%
4	LONGi Solar Technology Co Ltd	-	7.2	9.0	25%
5	Canadian Solar Inc	-	7.1	8.5	20%
6	Hanwha Q CELLS Co., Ltd.	-	5.5	7.3	33%
7	Risen Energy Co., Ltd.	-	4.8	7.0	46%
8	First Solar Inc.	+3	2.7	5.5	104%
9	GCL System Integration Technology Co., Ltd.	-1	4.1	4.8	17%
10	Shunfeng Photovoltaic International Limited	-1	3.3	4.0	21%

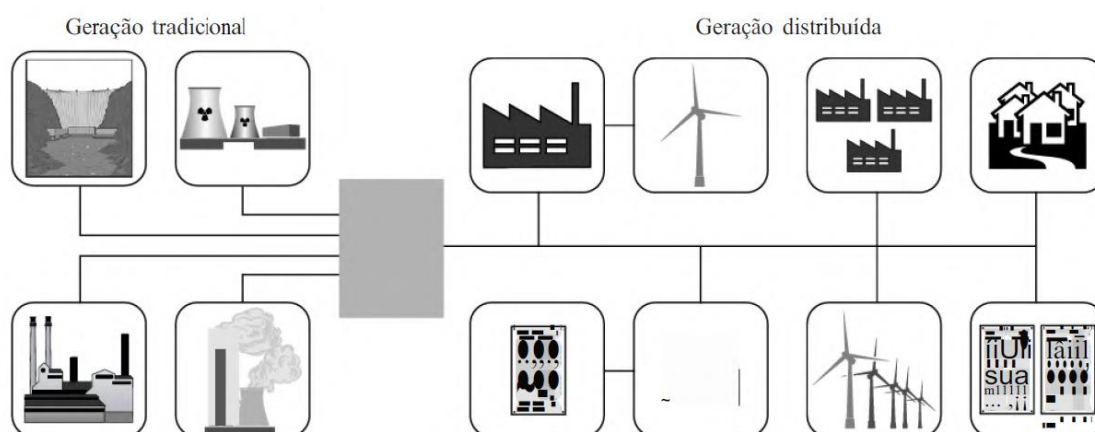
Note: The preliminary results are based on the initial assessment of the shipments and are subject to change later

Fonte: Global Data, 2019.

2.1.1 Geração distribuída de energia elétrica

Segundo Villava; Gazoli (2012) A geração distribuída de energia elétrica consiste na geração de energia de forma descentralizada, em que a geração e o consumo estão localizados no mesmo local, diferindo-se do modelo tradicional de geração centralizada. Esse tipo de geração elétrica vem crescendo em todo o mundo, com destaque para aquelas com base em fontes alternativas, entre elas a energia fotovoltaica, como demonstrado na Figura 3.

Figura 3 - Geração distribuída de energia elétrica



Fonte: Villalva; Gazoli, 2012

Os geradores podem ser instalados em residências, prédios comerciais e públicos funcionando como micro usinas geradoras de energia elétrica. As pequenas usinas de distribuição são conectadas à rede de distribuição de baixa tensão, fornecendo energia elétrica para o consumo local. No Brasil, as micro usinas conectadas à rede de distribuição pública geram créditos de energia nos períodos onde a produção é maior que o consumo.

2.2 Evolução da Energia Fotovoltaica no Brasil

O Brasil, apesar de possuir faixa territorial extensa e grande potencial para energias renováveis, não explora o potencial dessa área. A produção de energia fotovoltaica no país representou no ano de 2020 apenas 4,2 % da matriz energética nacional (EPE, 2021). Segundo Camargo (2015), o território brasileiro apresenta índices de irradiação solar maiores que a média mundial, sendo superiores a países que lideram esse tipo de geração.

Os primeiros estudos sobre energia fotovoltaica no Brasil começaram em 1950, mas foram intensificados a partir de 1970, período em que várias outras tecnologias foram concebidas (COUTINHO, 2019). Programas como o de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM) criado em 1994 e o Programa Luz para Todos, criado em 2003, propiciaram avanços da instalação de sistemas fotovoltaicos principalmente em localidades afastadas que não dispunham de acesso à rede elétrica (TOLMASQUIM, 2016).

A energia centralizada iniciou-se em 2014 quando houve o Leilão de Energia. Essa é a principal forma de contratação de energia que são realizadas pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), por delegação da ANEEL. Nela foi assegurada a geração de 890 MW, fator que aumentou o número de novas usinas e indica um crescimento de oferta desse tipo de energia posteriormente (COUTINHO, 2019).

Em relação à geração distribuída, a Chamada de Projeto de Pesquisa e desenvolvimento Estratégico 013/2011, que foi um programa de incentivo para o avanço da geração de conhecimento tecnológico do setor elétrico da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), estimulou o crescimento dos avanços nessa área (COUTINHO, 2019). Segundo dados da ANEEL, no Brasil existem 101.698 sistemas on-grid, totalizando 1.087 MW de capacidade instalada. A classe comercial representa 42 % desse montante, a residencial 36 % e a rural apenas 10 % (COUTINHO, 2019).

Segundo Ramos et al, (2018) o Brasil ainda se encontra em fases iniciais em relação a produção de módulos fotovoltaicos. Por ainda não possuir tecnologias para produção de algumas partes constituintes dos módulos, atua como montadora, tendo os principais materiais importados. Porém há previsões para aumento de empresas no setor, devido a investimentos e financiamentos previstos para os próximos anos pelo BNDES.

2.2.1 A Matriz Fotovoltaica no Brasil

Matriz energética é o conjunto de fontes de energia presentes em determinada localidade, demonstra as demandas, a captação, distribuição e utilização dos setores residenciais, industriais e comerciais (MAIO, 2014). Segundo dados do Balanço Energético Nacional - BEN, o Brasil tem consumo energético médio obtido através de fontes renováveis, maior que a média mundial. No país 48,4 % de toda energia interna é gerada através de energias renováveis (EPE, 2020). A figura 4 apresenta as fontes de energia utilizadas no país.

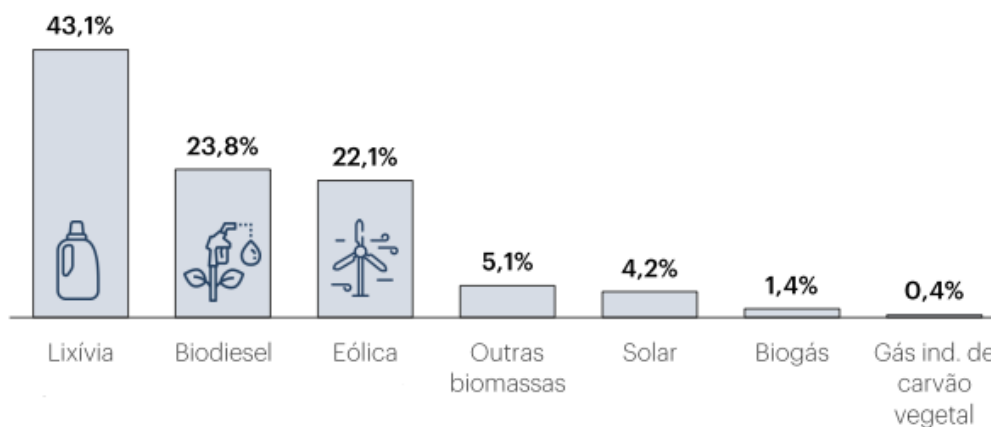
Figura 4 - Matriz Energética brasileira no ano de 2020



Fonte: EPE, 2021

A Figura 5 apresenta as outras maiores fontes de energia renovável do país.

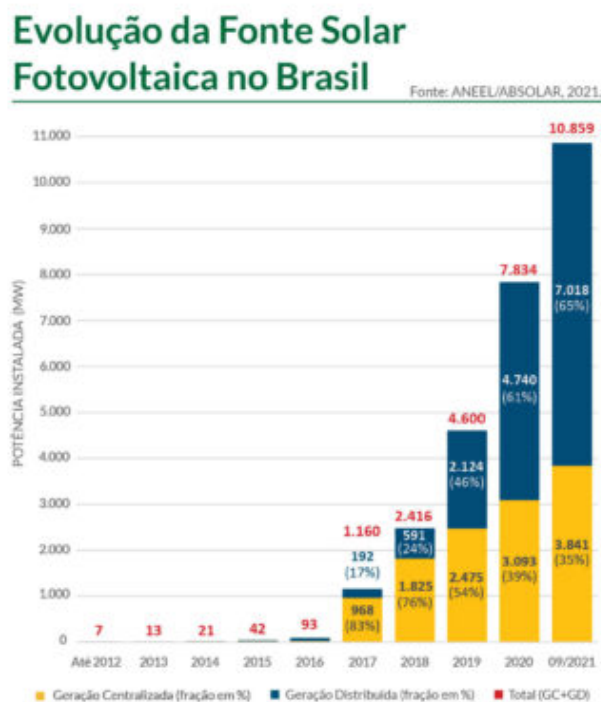
Figura 5 - As outras sete maiores fontes de energia renováveis no país



Fonte: EPE, 2021

Até o ano de 2012 o Brasil contava com menos de 1 GW (gigawatts) de capacidade instalada, e em 2021 contava com 11 GWs. Na Figura 6 é demonstrado esse crescimento de 2012 a 2021 (ABSOLAR, 2021).

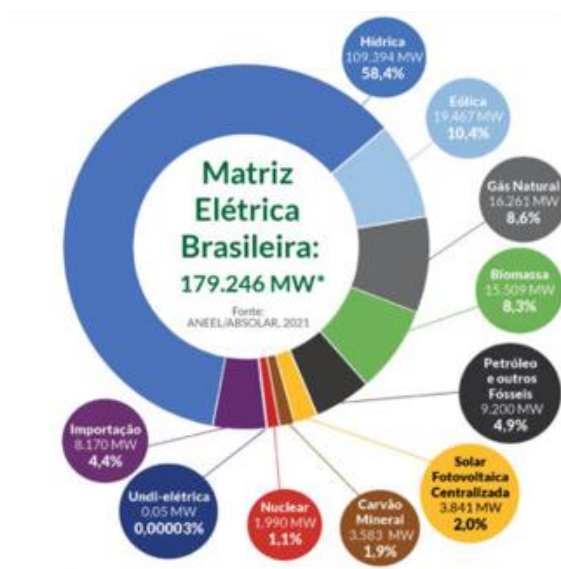
Figura 6 - Evolução da instalação da energia Solar Fotovoltaica no Brasil, entre 2012 e 2021



Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2021

A Figura 7 apresenta o cenário da matriz elétrica brasileira, com suas principais fontes.

Figura 7 - Cenário da matriz elétrica brasileira



Fonte: ABSOLAR, 2021

Pereira (2019), considera que o país tem um grande potencial para geração de energia fotovoltaica a ser explorado, principalmente a região conhecida como Cinturão Solar, área que abrange a região nordeste, o pantanal e parte de Minas Gerais, locais onde ocorrem os maiores índices de irradiação solar.

2.3 Funcionamento da Energia Fotovoltaica e os principais equipamentos do Sistema Fotovoltaico

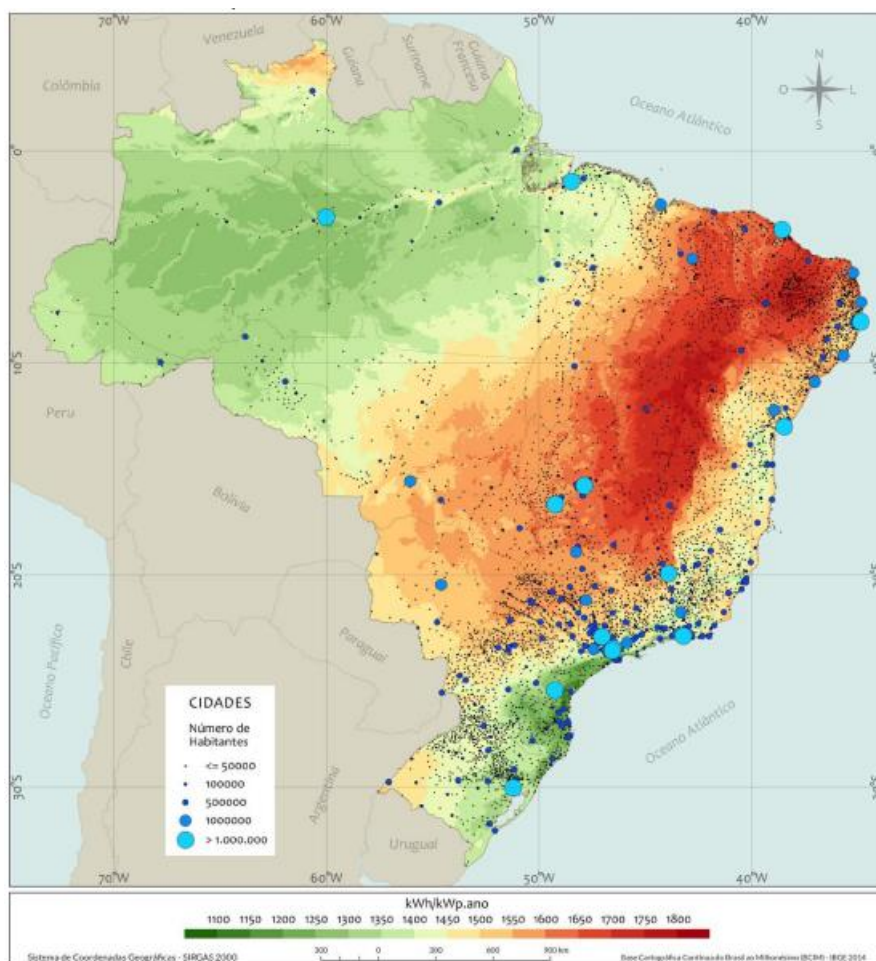
Segundo Barros (2011), o sol fornece energia em forma de radiação, energia essa que equivale a milhões de vezes a demanda global de energia da terra. A energia fotovoltaica utiliza células para converter a energia solar em eletricidade, utilizando o efeito fotovoltaico (IMHOFF,2007). Esse efeito é resultado da diferença potencial causada pela absorção da luz solar através de um semicondutor, que está contido nessa célula (SEVERINO E OLIVEIRA, 2010).

A energia fotovoltaica depende primordialmente da intensidade da radiação solar nos locais onde estão instaladas as células (BARROS, 2011). A Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2008) descreve a energia fotovoltaica como a conversão da energia de irradiação solar em energia elétrica de forma direta, através de um material semicondutor, que quando estimulado pela radiação, permite o fluxo eletrônico de partículas.

A Energia Fotovoltaica é adequada para todo o território brasileiro, necessita de um local com bastante incidência de luz para a instalação das placas e essas podem ser facilmente instaladas em grandes centros urbanos, seja em paredes, fachadas ou telhados de prédios e residências (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Na Figura 8 está exemplificada a capacidade de geração de energia fotovoltaica baseada na irradiação solar, indicando as áreas com maior exposição solar.

Figura 8 - Mapa de Potencial Fotovoltaico Brasileiro



Fonte: ANEEL, 2007

Segundo Martins *et al* (2017) o conhecimento da irradiação solar é muito importante para o planejamento e dimensionamento do sistema, possibilita o maior aproveitamento da irradiação solar, aumentando a eficiência do sistema. Para Dantas (2020) ainda existem fatores que influenciam diretamente na eficiência de conversão da energia solar em energia fotovoltaica. São eles:

- Eficiência da conversão das placas fotovoltaicas;
- Temperatura de operação do sistema;
- Sombreamento;
- Descasamento entre módulos do mesmo modelo;
- Dissipação de radiação;
- Sujeira nos painéis;

- Perdas ômicas;
- Eficiência dos inversores de frequência.

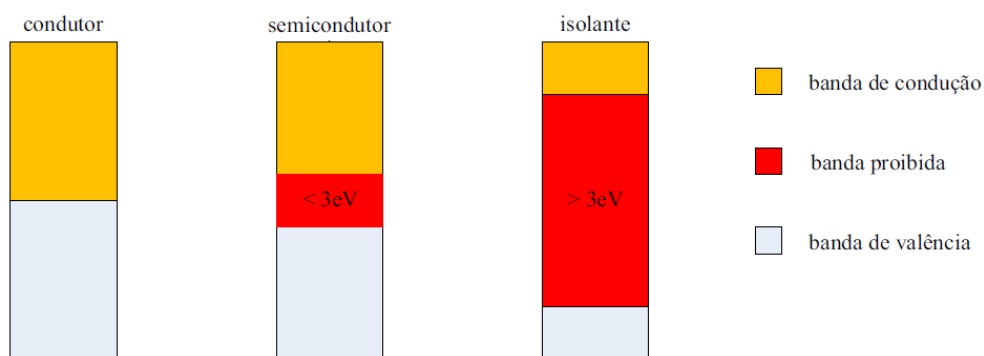
Barros (2011) indica os critérios e características analisados para determinar a região onde existe viabilidade para a instalação de painéis fotovoltaicos. As principais características são:

- Avaliação do potencial energético solar incidente sobre o painel fotovoltaico (horas de radiação solar por dia).
- Avaliação do ângulo azimutal da superfície e o ângulo de inclinação da superfície da instalação dos painéis.
- Avaliação do sombreamento do sistema fotovoltaico.

2.3.1 Efeito Fotovoltaico

Os elementos responsáveis pelo efeito fotovoltaico são conhecidos como semicondutores, caracterizados por serem mais eficazes que os isolantes e menos que os condutores em relação à transmissão de energia. Há faixas de valências nesses materiais, onde não existem elétrons e faixas onde elétrons estão ausentes, conhecidas como faixa de condução, e entre essas duas faixas existe uma faixa denominada hiato elétrico. Essa configuração define o material semicondutor, diferenciando de materiais isolantes e condutores. Os materiais semicondutores têm faixa proibida menor que os isolantes, propiciando que fótons estimulem elétrons da faixa de valência para a zona de condução (COSTA et al, 2006). A estrutura dos materiais semicondutores está descrita na Figura 9.

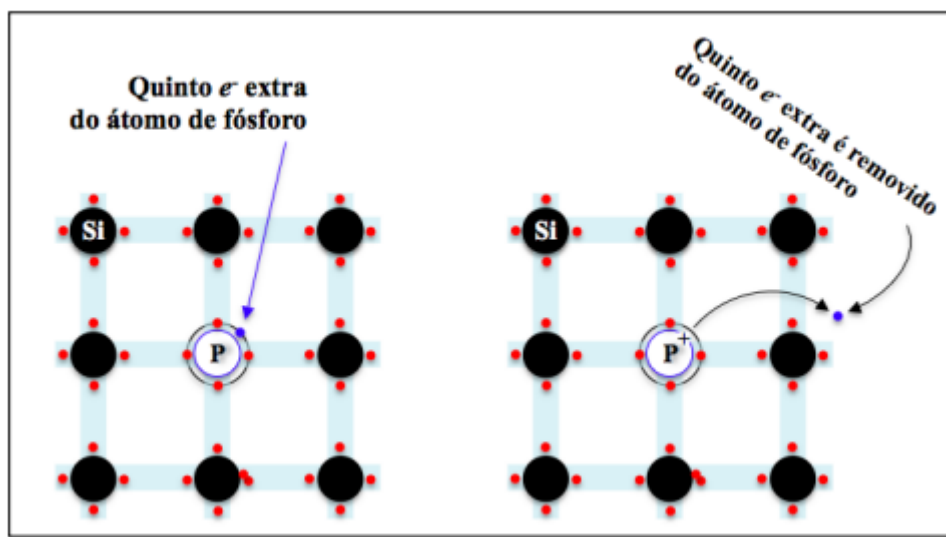
Figura 9 - Estrutura de semicondutores, elementos responsáveis pelo efeito fotovoltaico



Fonte: Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos, 2014

Segundo Koner (1993), o semiconductor mais utilizado em elementos fotovoltaicos é o Silício (Si), seus átomos se organizam formando uma rede cristalina. Para que haja o efeito fotovoltaico é necessário o acréscimo de um elemento dopante, que geralmente é o Fósforo (P), esse elemento apresenta átomos com cinco elétrons que substituem o átomo central da cadeia cristalina de silício, restando um elétron livre que é o responsável por mover a energia para o campo de condução, como mostrado na Figura 10.

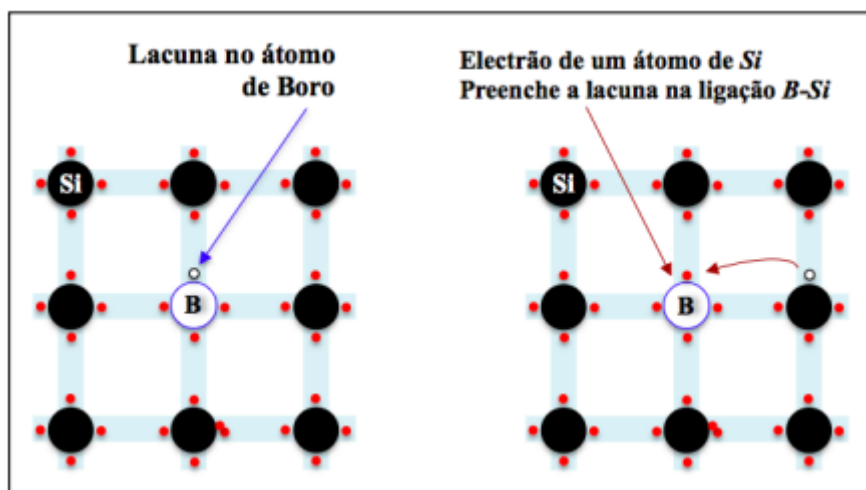
Figura 10 - Dopagem do Silício com Fósforo



Fonte: Carneiro, 2010

O Boro é outra opção de elemento dopante. Conhecido como dopante aceitador de elétrons, difere do fósforo por formar uma carência de elétrons conhecido como lacuna, formando um material com características inversas ao obtido com a junção do silício com fósforo (VILELA, 2001). Como mostrado na Figura 11.

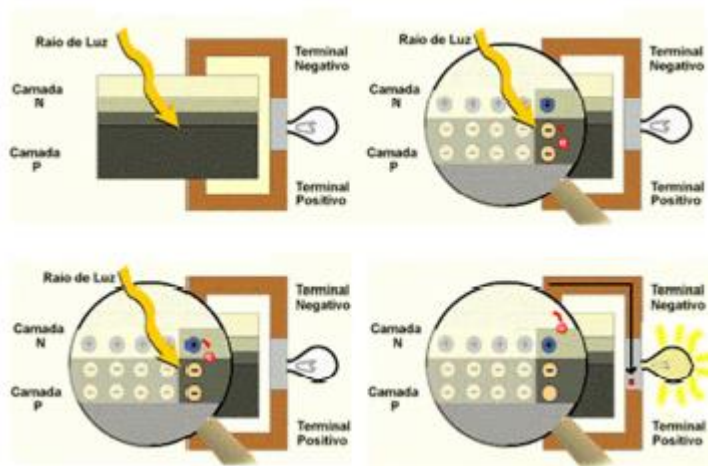
Figura 11 - Dopagem do Silício com Boro



Fonte: Carneiro, 2010

Quando há a adição de átomos de fósforo de um lado e boro do outro, temos a chamada junção PN, onde acontece o fluxo de elétrons da face P para a N, em que a face N fica positiva e a P negativa eletricamente, gerando o campo elétrico, (VILELA, 2001). A Figura 12 demonstra o efeito fotovoltaico através da junção PN.

Figura 12 – Adição de átomos de fósforo e boro (junção PN), formando o Efeito Fotovoltaico



Fonte: CRESESB, 2008

2.3.2 Tipos de células fotovoltaicas

A célula fotovoltaica é a responsável pela conversão da energia solar em energia elétrica, existindo diferentes tipos de células fotovoltaicas que diferem em relação aos materiais e tecnologias utilizadas (CRESESB, 2008).

Segundo Altener (2004) as principais tecnologias aplicadas na produção de células e módulos fotovoltaicos são classificadas em três gerações. A primeira geração é dividida em duas cadeias produtivas: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si), que representam mais de 85 % do mercado, por ser considerada uma tecnologia consolidada e confiável, e por possuir a melhor eficiência comercialmente disponível.

2.3.2.1 Células de primeira geração ou cristalinas

São fabricadas através de wafers de um semicondutor, utilizando silício (Si) ou arsenato de gálio (GaAs) e podem ser mono ou policristalinos. As células de silício representam 85% do mercado, sua fabricação é a mesma utilizada na fabricação de dispositivos eletrônicos. As células monocristalinas (m-Si) alcançam eficiência de até 25% e as de policristalinas (p-Si) cerca de 15%, no entanto células policristalinas são mais baratas. No caso, as células monocristalinas produzidas com arsenato de gálio (GaAs) apresentam eficiência mais alta entre todas (30%), mas apresenta preço elevado, tendo sua utilização muito específica, como por exemplo em satélites artificiais) (DE CARVALHO, 2014).

Segundo Pinho et al, (2008) apesar de ao longo do tempo vários materiais semicondutores serem utilizados, os mais utilizados atualmente são as de silício, havendo variações de acordo com a estrutura molecular, são elas:

a) Células de Silício Monocristalino

As células desse tipo são as mais utilizadas. Por se tratar de célula com o processo básico, porém com várias etapas de produção e pureza que varia entre 98 % e 99 %, é a que apresenta melhor custo-benefício, por ser também a mais eficiente (PINHO et al, 2008). A Figura 13 demonstra a célula de primeira geração de silício monocristalino.

Figura 13 - Placa de Silício Monocristalino



**Silício monocristalino
(mono-Si)**

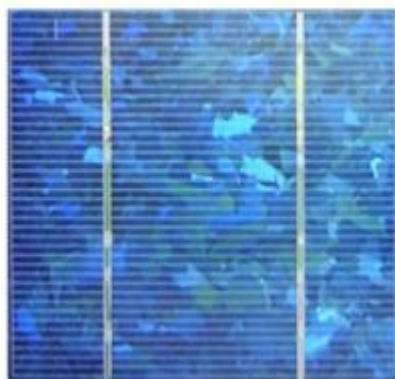
- **Rendimento: 18%**
- **Custo Elevado**
- **Vida Útil: 20-40 anos**

Fonte: Montezano, 2010

b) Células de Silício Policristalino

As células desse tipo são as mais utilizadas. Por se tratar de célula com o processo básico, porém com várias etapas de produção e pureza que varia entre 98% e 99%, é a que apresenta melhor custo-benefício, por ser também a mais eficiente (PINHO et al, 2008). A célula de silício policristalino está representada na Figura 14.

Figura 14 - Placa de Silício Policristalino



**Silício policristalino
(poly-Si)**

- **Rendimento: 16%**
- **Menor Custo de fabricação comparado a célula de silício monocristalino**
- **Vida Útil: 20-40 anos**

Fonte: Montezano, 2010

c) Células de Silício Amorfo

Esse tipo de célula é apontada como a tecnologia mais promissora para sistemas de baixo custo por se tratar da tecnologia de menor custo de fabricação, possibilidade de produção de células de grande dimensão. Entretanto sua baixa eficiência de conversão e o desgaste acelerado que diminui a eficiência ao longo de sua vida útil são seus principais contras (MACÊDO, 2006). A célula de silício amorfo está representada na Figura 15.

Figura 15 - Placa de Silício Amorfo



Silício amorfo

(a-Si)

- Rendimento: 8%
- Menor Custo
- Vida Útil: 15-25 anos

Fonte: Montezano, 2010

2.3.2.2 Células de segunda geração ou filmes finos

São fabricadas a partir de filmes finos de materiais semicondutores, apresentam vantagem pelo custo de fabricação mais baixo em relação às células de primeira geração, uma vez que não necessita de processos de produção sofisticados e materiais ultra puros para sua confecção. Entretanto esse tipo de célula apresenta menor eficiência, em torno de 10 % e vida útil mais baixa) (CARVALHO, 2014).

2.3.2.3 Células de terceira geração ou multi-junção

São células feitas a partir de várias junções de materiais semicondutores, a eficiência maior se dá pelo fato de que cada material produz corrente elétrica a partir de comprimento de onda de luz diferente. A eficiência desse tipo de célula é alta, em torno de 30 % entretanto, o custo de fabricação é muito alto (DE CARVALHO, 2014).

2.3.2.4 Tecnologias Emergentes

Além das tecnologias citadas, existem técnicas alternativas, em que pesquisadores buscam menores custos associados a maiores eficiências do sistema, com destaque para células poliméricas e orgânicas, células de ponto quântico (QDSC) e fotoelétricas sensibilizadas por corante (DSSC) (CARVALHO, 2014).

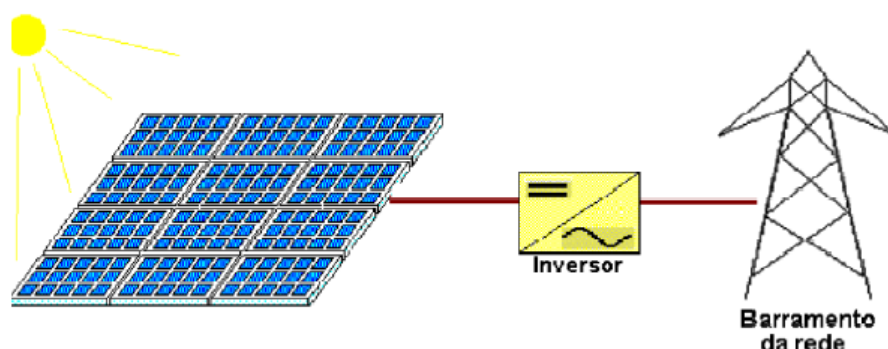
2.3.3 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Existem três tipos de sistemas fotovoltaicos, o sistema isolado, também conhecido como (OFF-GRID) ou autônomos, os sistemas integrados à rede (ON-GRID), e os sistemas híbridos (FREITAS, 2008).

2.3.3.1 Sistemas Integrados

Compostos por painéis com módulos fotovoltaicos que convertem a energia solar em energia elétrica de corrente contínua, inversores que fazem a conversão de corrente contínua para corrente alternada e um medidor de energia que garante que a energia tenha frequência e tensão compatível com a rede elétrica (BARTOLOTO, 2017).

Figura 16 – Tipo de sistema fotovoltaico - Sistema Integrado



Fonte: Freitas, 2008

Vantagens do sistema Integrado:

- Não necessita de controladores de carga;
- Energia não consumida se transforma em crédito de energia;
- Créditos podem ser utilizados em outras residências do mesmo proprietário.

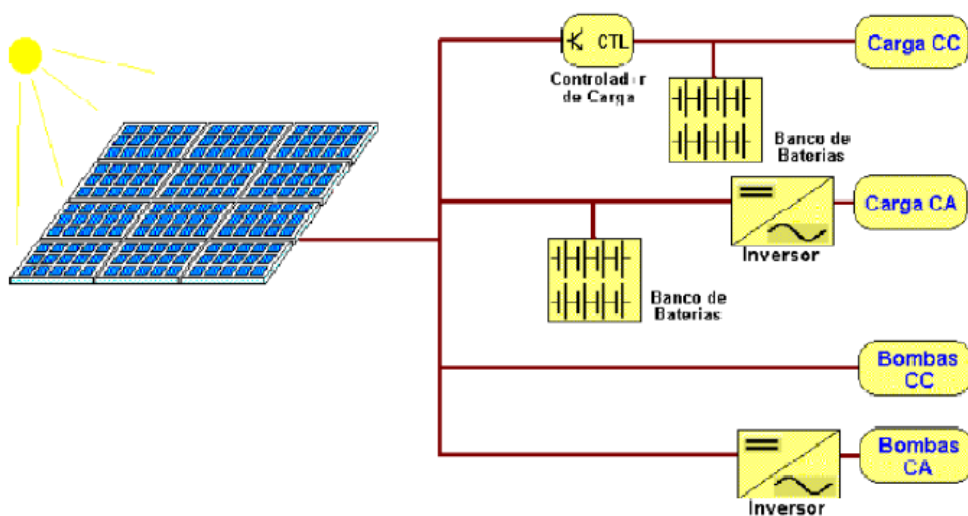
Desvantagens do sistema Integrado:

- Necessidade de acesso a rede de distribuição;
- Não é possível armazenar energia;
- Necessidade de pagar conta de energia quando consumo for maior que a produção e não houver créditos disponíveis.

2.3.3.2 Sistemas Isolados

Sistema OFF-GRID se caracteriza por ser desconectado da rede elétrica. Utiliza um banco de baterias para armazenar a energia. Geralmente são construídos no próprio local onde a energia é consumida, uma boa opção para áreas onde não existe acesso à rede elétrica. É composto pelos módulos fotovoltaicos, banco de baterias, controladores e inversores de carga (BARTOLOTO, 2017).

Figura 17 – Tipo de sistema fotovoltaico - Sistema Isolado



Fonte: Freitas, 2008

2.3.3.3 Sistemas Híbridos

São utilizados associados à outros tipos de energia, como por exemplo a energia eólica ou gerador à diesel, os dispositivos utilizados nesse tipo de sistema é exatamente igual ao sistema integrado, nesse caso é necessário um sistema de gestão de controle de energia uma vez que utiliza-se energia proveniente de diferentes fontes (FREITAS, 2008).

Figura 18 – Tipo de sistema fotovoltaico - Sistema Híbrido



Fonte: Freitas, 2008

2.3.4 Principais componentes do sistema fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico é composto por vários componentes, entre eles painéis, estruturas metálicas, conversores, fusíveis, disjuntores, diodos bypass, cabos elétricos proteções contra descargas elétricas e sobretenções, caixas de conexões, além de baterias (RUTHER, 2004). A seguir são apresentados os componentes básicos do sistema fotovoltaico.

- a) Equipamentos de um sistema conectado à rede
 - Módulos:

Os módulos utilizados em sistemas fotovoltaicos conectados à rede apenas pelo seu tamanho e pela potência fornecida, geralmente utiliza módulos com 60 células em série com tensões de saída de 37 V e potências de pico entre 230 W e 245 W (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

- Inversores

Os inversores são os equipamentos responsáveis por fazerem a injeção da energia produzida pelos módulos na rede elétrica, existem diversos tipos, desde inversores centrais utilizados em usinas de energia solar até microinversores utilizados em sistemas residenciais (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

- Dispositivos de proteção

São dispositivos utilizados para proteger os módulos e os cabos contra correntes reversas e sobrecargas. São eles: caixas de *strings* e quadros de proteção de corrente contínua (CC) e alternada (CA) (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

- Medidores

São os equipamento responsáveis pelo monitoramento de produção de energia do sistema fotovoltaico (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

b) Equipamentos de um sistema isolado

- Módulos

Os módulos fotovoltaicos utilizados em sistemas isolados diferem dos utilizados em sistemas conectados pelo tamanho e tensão utilizados, existem módulos fabricados exclusivamente para esses sistemas. Os módulos indicados para esse sistema são os de 36 células que operam entre potências de pico entre 130W e 140W (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

- Baterias

Nos sistemas autônomos, nem sempre a geração coincide com o consumo, e pelo fato de não estar conectado à rede, há a necessidade de uma fonte de energia constante que possa garantir o fornecimento de energia em momentos em que a radiação solar esteja baixa ou mesmo inexistente, como à noite. As baterias também servem como estabilizadores de tensão, uma vez que a tensão de saída pode variar ao longo do dia e as baterias funcionam como intermediário entre os módulos e as demais partes do sistema (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

- Controladores de carga

O controlador de carga é o dispositivo responsável por fazer a conexão entre o painel e a bateria, evitando a sobrecarga ou a descarga excessiva nas baterias. Ele age fazendo o gerenciamento das baterias, desconectando o painel do sistema quando as baterias estão totalmente carregadas e interrompendo o sistema quando a energia no sistema se encontra em nível crítico de carga, aumentando a vida útil das baterias (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

- Inversor

O inversor é o equipamento responsável por converter a eletricidade de tensão de corrente contínua (CC) em tensão de corrente alternada (CA). É necessário pois a maior parte dos eletrodomésticos e equipamentos utilizados nas residências trabalha com tensão alternada fornecida pela rede elétrica (tensão de 127 V ou 220 V), e a energia obtida pela energia fotovoltaica e armazenada nas baterias é do tipo corrente contínua (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

2.4 Impactos Ambientais da Energia Fotovoltaica

A Energia Fotovoltaica está em acordo com o conceito da defesa do meio ambiente previsto na Constituição Federal de 1988. Encontra-se em concordância com seu artigo 225, *caput*, ao se dispor a reduzir os impactos ambientais, garantindo a preservação do meio ambiente

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

De acordo com a legislação ambiental brasileira, existem regulações que precisam ser feitas para a realização de atividades que geram impactos ambientais onde órgãos como o Ministério do Meio Ambiente, Secretarias Estaduais de Meio Ambiente e demais órgãos estaduais. De acordo com a Resolução Nº 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), impacto ambiental é caracterizado como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – a biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e V – a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

Segundo Tolmasquim (2004), o sistema fotovoltaico apresenta os seguintes impactos negativos:

- Impactos associados ao transporte, fabricação, instalação, operação e manutenção.
- Impactos visuais;
- Emissão de resíduos tóxicos durante o processo de transformação da matéria prima em componentes utilizados no sistema;
- Materiais que geram resíduos tóxicos nos módulos fotovoltaicos (arsênio, cádmio e gálio), e em outros componentes como ácido sulfúrico de bateria;
- Necessidade de reciclagem das peças como baterias e outros equipamentos elétricos e eletrônicos.

Segundo Lagrimante (2018), os empreendimentos que utilizam energia fotovoltaica têm impactos exclusivamente relacionados à localização, gerando impactos Físicos-climáticos no local de implantação:

Impactos sobre o meio físico:

Em uma usina solar fotovoltaica há diversos impactos no meio físico local, pois há modificações paisagísticas e muita movimentação de recursos humanos, maquinário, equipamentos e materiais que não compõem o meio onde o empreendimento será alocado, assim acontecendo alteração e/ou degradação da paisagem. Outro ponto a ser citado seria a geração de resíduos sólidos e riscos de contaminação do solo, como baterias, óleos e outros. Geração de poeiras/gases e alterações na qualidade do ar pela circulação de veículos e o manuseio de máquinas e equipamentos na área do canteiro (LAGRIMANTE, 2018, p.168).

Impactos sobre o meio biótico:

A construção de uma usina pode provocar impactos consideráveis nos ecossistemas locais, modificando os ciclos de desenvolvimento da fauna e da flora, tanto durante a fase de construção quanto durante a permanência do empreendimento. Os impactos mais expressivos no meio biótico estão descritos a seguir: perda de cobertura vegetal, alteração da dinâmica dos ecossistemas locais, afugentamento e fuga da fauna local (LAGRIMANTE, 2018, p.169).

Impactos sobre o meio socioeconômico:

Principais impactos sobre o meio socioeconômico: Os impactos mais expressivos no meio socioeconômico são: Geração de emprego e renda, crescimento da economia local e aumento da arrecadação tributária, aumento do fluxo de veículos, consumo de materiais (LAGRIMANTE, 2018, p.169).

De acordo com Scherer (2015), a energia fotovoltaica é extremamente ecológica, entretanto, apesar de diversas vantagens, nenhum empreendimento apresenta risco zero, todavia os impactos positivos se sobrepõem aos negativos. O fato de a energia solar ser renovável e gratuita, além de não apresentar qualquer tipo de poluição ou gases do efeito estufa em seu processo de geração são impactos positivos.

Os equipamentos responsáveis pela captação não emitem sons, não interferindo acusticamente no meio, além de ser adaptáveis a necessidade do usuário, bastando apenas adicionar ou retirar os painéis em caso de necessidade de adequação. (SCHERER, 2015).

2.5 Sustentabilidade no setor da Energia Fotovoltaica.

Segundo Buarque (2004) o desenvolvimento sustentável permite que ocorra o desenvolvimento nas perspectivas sociais, econômicas e ambientais e, ao mesmo tempo, a preservação do meio ambiente. Essa prática possibilita, através do conhecimento da estimativa de recomposição dos recursos e desenvolvimento de mecanismos para estes fins, que o acesso a esses recursos esteja disponível a toda a sociedade.

O desenvolvimento sustentável aborda a gestão de todos os ambientes e, principalmente, das comunidades receptoras de recursos que têm como objetivo atender às necessidades econômicas, sociais e culturais, contribuindo de forma singular para a conservação dos recursos naturais e, por consequência, das atividades derivadas destes recursos (FARIAS, 2007, p.02).

De acordo com Barbieri et al (2010) a sociedade atual considera importante respeitar valores ligados ao desenvolvimento sustentável e respeito às políticas ambientais, movimentos estimulados através de movimentos sociais ambientais, pelo governo e mídia.

A “inovação sustentável” é introdução (produção, assimilação ou exploração) de produtos, processos produtivos, métodos de gestão ou negócios, novos ou significativamente melhorados para a organização e que traz benefícios econômicos, sociais e ambientais, comparados com alternativas pertinentes. Note que não se trata apenas de reduzir impactos negativos, mas de avançar em benefícios líquidos. A condição ressaltada, “comparação com alternativas pertinentes”, é essencial ao conceito de inovação sustentável, pois os benefícios esperados devem ser significativos ou não negligenciáveis nas três dimensões da sustentabilidade (BARBIERI et al, 2010, p. 151).

Para Romeiro (2012), o desenvolvimento sustentável surgiu nos anos 1970 com o nome de ecodesenvolvimento, aliando o desenvolvimento ao respeito aos limites ambientais. Para ser sustentável o desenvolvimento deve ser eficiente, socialmente incluyente e ecologicamente equilibrado. Com a percepção dos danos causados pela obtenção de energia através de fontes convencionais, o investimento em energias alternativas apresenta crescimento, sendo a energia fotovoltaica uma opção para a diminuição impactos ambientais (MOTA, 2018).

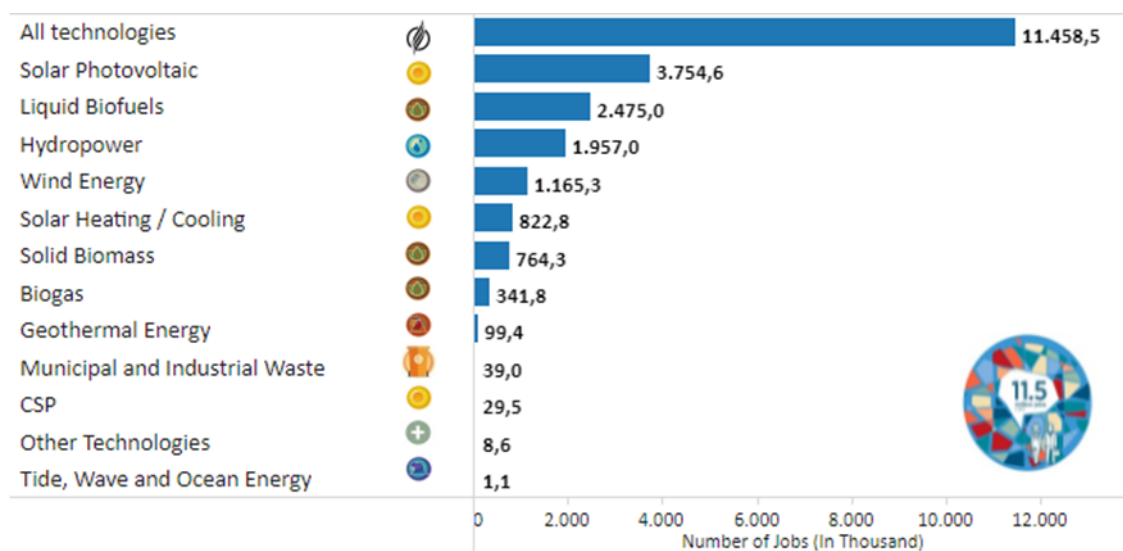
A utilização da energia fotovoltaica exerce influência em âmbitos diversos, entre eles o meio social, uma vez que através dessa fonte, propriedades rurais e

residências que se localizam em regiões distantes das redes de distribuição elétrica, tem a possibilidade de usufruir do acesso à energia elétrica (CRUZ, 2020).

2.5.1 Geração de empregos a partir da energia fotovoltaica

Segundo dados da International Renewable Energy Agency (IRENA, 2019), a energia solar fotovoltaica é a energia renovável que mais gera empregos no mundo. Até 2019 foi responsável pela geração de 3,7 milhões de empregos, cerca de 33 % dos 11,5 milhões de empregos gerados pela indústria de energias renováveis, como demonstra a Figura 19.

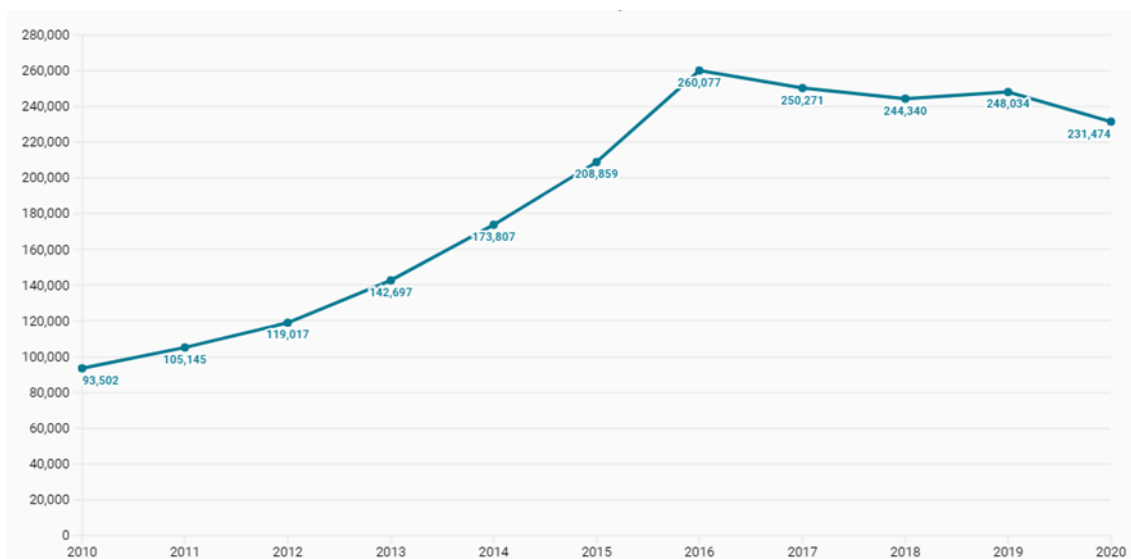
Figura 19 - Número de empregos gerados por fonte de energias renováveis no ano de 2019



Fonte (IRENA, 2019)

Apesar do crescente aumento do setor nos últimos anos, o Solar Energy Industries Association divulgou em seu relatório anual do ano de 2020, através do National Solar Jobs Census, que a indústria solar americana teve uma queda de 6,7 % em relação à 2019, totalizando 231.474 empregos, sendo a principal causa da redução atribuída à pandemia, como demonstra a Figura 20.

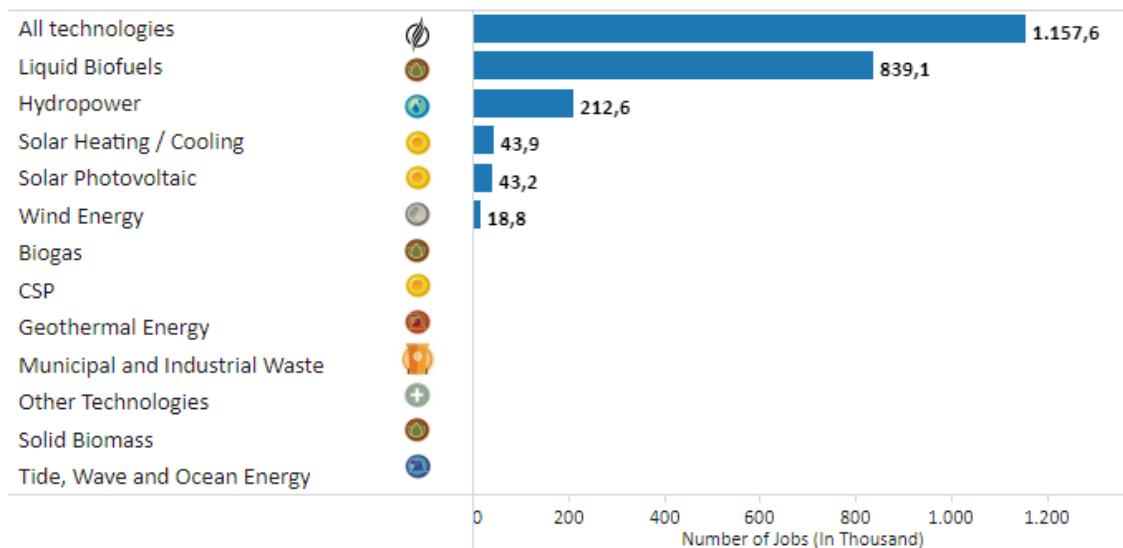
Figura 20 - Gráfico de queda de empregos no setor fotovoltaico em 2020.



FONTE: National Solar Jobs Census, 2020.

No Brasil, segundo a IRENA (2019), a Energia fotovoltaica emprega 43,2 mil pessoas e é a quarta fonte de energia que mais gera empregos no país de acordo com a Figura 21.

Figura 21 - Número de empregos gerados por fonte de energias renováveis no Brasil 2019.



Fonte: IRENA, 2019

2.5.2 Redução da poluição do ar e da emissão de gases do efeito estufa.

A emissão de total de CO₂ na energia fotovoltaica é muito menor do que em outras fontes de energia, como por exemplo a energia termelétrica, onde a diferença chega a ser 10 vezes maior. A energia fotovoltaica não gera queima de combustível, principal responsável pela poluição do ar, quando gera energia utiliza a irradiação solar como fonte. Todavia no processo de produção e instalação dos painéis há uma liberação de gases poluentes, mas que pode ser considerada ínfima em relação à outras fontes (NEVES, 2020).

2.5.3 Energia Fotovoltaica na Agricultura

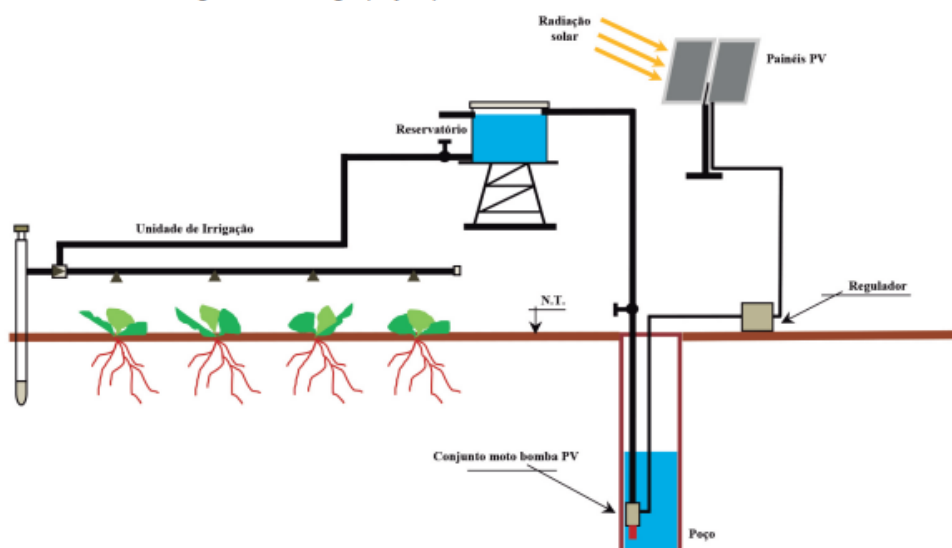
Segundo Turco, Rizazzatti e Pavani (2009), a irrigação é o principal responsável pelo consumo de energia elétrica no meio rural. Devido ao clima e a escassez hídrica na maior parte do país, aliado à falta de conhecimento técnico da maioria da população, há um desperdício significativo de água e recursos energéticos através desses processos.

Para Alvarenga (2014) o processo de automação da agricultura é um processo definitivo e permanente, onde as atividades serão realizadas automaticamente, apenas com supervisão do operador. No Brasil ainda existem regiões onde não existe disponibilidade de energia elétrica, fator que dificulta a mecanização de processos agrícolas. A utilização de energias não convencionais nessas regiões tem o intuito de possibilitar a adoção de práticas como a automação da irrigação, proporcionando otimização de processos (ALVARENGA, 2014).

No modelo proposto, a moto bomba, equipamento que fornece energia para que água chegue aos emissores com a pressão desejada, que frequentemente é alimentada por motor elétrico, seria substituída por bombas que sejam movidas por energia solar (GRAH et al., 2012).

Compõem o sistema conjunto moto bomba submersível: regulador de carga, poço tipo amazonas, reservatório superior de 5.000 litros, tubulação adutora, linhas de irrigação provida de aspersores e painéis solares, conforme mostrado na Figura 22 (ALVARENGA, 2014).

Figura 22 - Modelo de irrigação alimentada por energia solar



Fonte: Alvarenga (2014)

2.6 Obstáculos para o crescimento da energia fotovoltaica no Brasil

2.6.1 Energia Fotovoltaica e as Políticas Públicas

Segundo Belinovski (2013), políticas públicas são meios (programas, ações e atividades), em que o estado, de maneira direta ou indireta visa assegurar determinado direito de cidadania. No Brasil essas políticas têm o intuito de reduzir desigualdades sociais, aumentando a democratização e sociabilidade dos indivíduos.

Para Aquila *et al* (2017), é função dos governos incentivarem o mercado de energia renovável através de políticas de curto, médio e longo prazo, adotando estratégias para alavancar o mercado de energia renovável portanto as políticas públicas mais populares a serem utilizadas estão divididas em estratégias de curto prazo:

- Subsídios diretos;
- Cortes de impostos para projetos de energia renovável;
- Cobrança de impostos para uma determinada quantidade de emissões de CO₂.

E políticas de longo prazo:

- Tarifas Feed In (FITs);
- Leilões;
- Sistemas de cota.

Segundo Silva (2015) em relação às políticas públicas no Brasil, é possível destacar o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (Prodeem), criado em 1994, que teve o objetivo de levar a eletrificação a comunidades sem acesso à energia elétrica de rede pública através das fontes renováveis. A Resolução Normativa REN 482/2012 e a Resolução Normativa 687/2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que estabeleceu regras para o *net metering*, foram marcos para a geração distribuída nacional.

Segundo Camargo (2015) a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) expediu algumas legislações com o intuito de normalizar e assegurar regras e normas em relação à geração, aquisição e distribuições de energia. O Decreto nº 5.163/2004 determina que haja chamada pública para aquisição de energia proveniente de empreendimentos de geração distribuída, e a resolução ANEEL 481/2012 prevê descontos de 80% nas Tarifas de Uso dos Sistemas de Transmissão e Distribuição (TUST e TUSD), pelos primeiros 10 anos, em projetos fotovoltaicos de até 30 MW. Entretanto os descontos só são válidos aos projetos que entraram em operação até 2017, motivado pela Resolução ANEEL 482/2012 que estabeleceu novas regras para o consumidor e gerador de pequeno porte.

Um ponto importante é que a ANEEL não incluiu a energia fotovoltaica no Plano Nacional de Energia 2030, o que evidencia a falta de interesse e esperança nessa fonte de energia por parte do poder público brasileiro, cenário oposto aos consumidores que através de pesquisa de Echegaray (2013), demonstrou interesse e receptividade às fontes de energia limpas, em particular pela energia fotovoltaica (ELGAMAL *et al*, 2015).

Contextualizando ao nível global, países em todo mundo tem aumentado sua capacidade de geração de energia fotovoltaica. Países como: China, Japão, Alemanha e Estados Unidos que juntos somam 68% de toda capacidade mundial de geração, tem políticas de incentivo como redução de impostos e tarifas a quem utiliza energia fotovoltaica (MELIN; CAMIOTO, 2019).

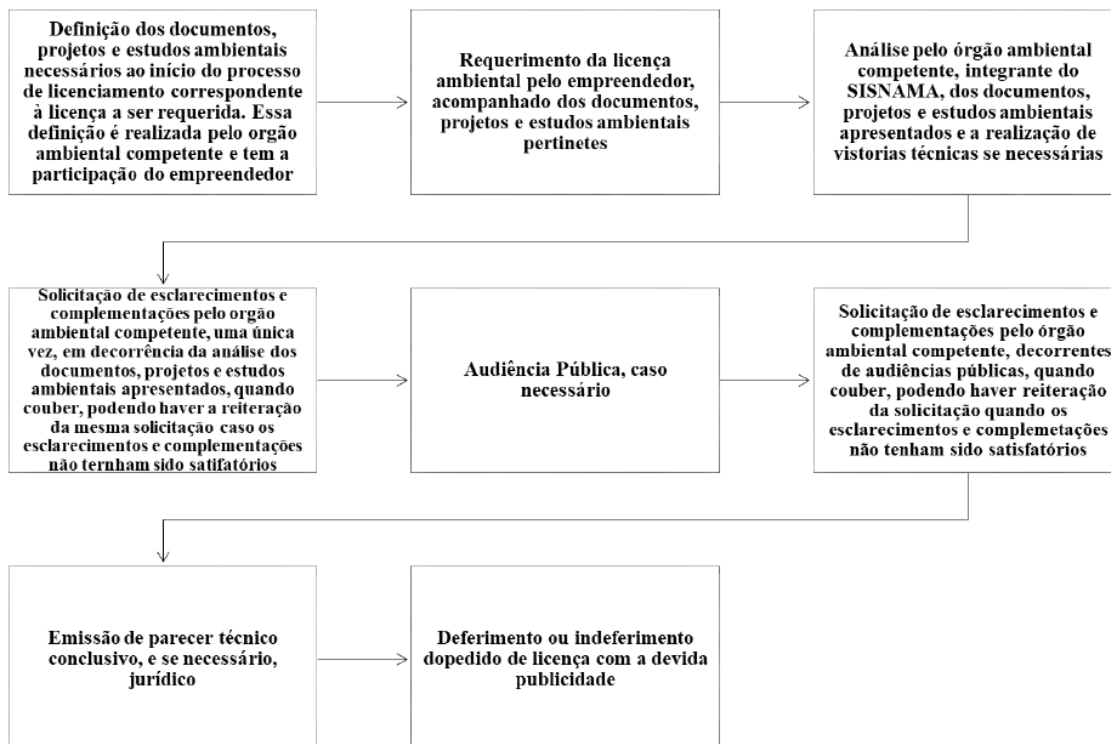
2.6.2 Licenciamento Ambiental da energia fotovoltaica

O Licenciamento Ambiental foi criado pela Lei Federal nº 6.938 de 31 de Agosto de 1981, com o objetivo de levar ao conhecimento das autoridades competentes, a natureza e condução das práticas do empreendimento, levando à ciência dos órgãos passíveis danos ambientais. Essa decisão influenciará o processo de decisão, permissão ou proibição do projeto (JÚNIOR, 2015,).

O Licenciamento Ambiental tem como objetivo regular as atividades e empreendimentos que utilizam os recursos naturais e que podem causar degradação ambiental no local onde se encontram instalados. É uma exigência legal a que estão sujeitos todos os empreendimentos ou atividades que empregam recursos naturais ou que possam causar algum tipo de poluição ou degradação ao meio ambiente (CTGAS-ER, 2016, p. 28).

A Resolução CONAMA nº 237 de 19 de Novembro de 1997 descreve as etapas do procedimento do licenciamento ambiental, de acordo com a Figura 23.

Figura 23 - Etapas do procedimento para obtenção do licenciamento ambiental no Brasil:



Fonte: Adaptada de CTGAS-ER, 2016.

Os principais motivos que tornam o pedido de licenciamento ambiental extenso e complexo segundo Faria (2011) são:

a baixa qualidade dos estudos ambientais elaborados para a obtenção das licenças; as dificuldades inerentes aos procedimentos de previsão de impactos; a visão cartorial do processo de licenciamento; as deficiências nos processos de comunicação com a sociedade; as falhas do modelo de realização de audiências públicas; os conflitos políticos internos aos órgãos do setor ambiental; a politização dos cargos gerenciais do setor público, com reflexos sobre a qualidade da gestão; a sobreposição de funções entre órgãos públicos; a baixa capacitação técnica para analisar, com a requerida qualidade, as informações prestadas nos relatórios preparados pelos empreendedores requerentes de licenças; o aumento da influência de argumentos subjetivos e ideológicos; a indefinição das competências legais de cada nível de governo (União, estados e municípios); a judicialização do processo decisório, motivada, principalmente, pelas ações do Ministério Público e pela fragilidade legal das resoluções do Conama que embasam a tomada de decisão no setor, abrindo espaço para contestações judiciais; e a exigência e imposição política de avaliação rápida de projetos prioritários (FARIA, 2011, p. 05-06).

Faria (2011) considera o processo de licenciamento ambiental laborioso e complexo, por exigir recursos e prazos impraticáveis à realidade jurídica do país. Além disso, atender tão somente à legislação ambiental não garante ao empreendedor o cumprimento de seu projeto, podendo estar sujeito a outros agentes reguladores (FARIA, 2011).

O controle e licenciamento da geração de energia advindas de fontes renováveis não é uniforme no território nacional, cada estado adota um padrão próprio, o que aumenta a burocracia e dificulta o desenvolvimento dos processos, o que dificulta o interesse de investidores interessados em desenvolver o setor (SILVA *et al*, 2011).

2.6.3 Dificuldades no Setor Fotovoltaico

O cenário político-econômico é, segundo Rella (2017), um dos principais fatores causadores da dificuldade de popularização da energia fotovoltaica no Brasil. Devido ao cenário de instabilidade política com diversas ações de controle de despesas públicas, fica de certa forma inviável para o governo adotar medidas com retorno de médio à longo prazo, inviabilizando o crescimento do setor.

Outro fator que gera grande dificuldade é a burocracia imposta pelas distribuidoras de energia, responsáveis pela administração do processo desde a análise do

projeto, até a conexão à rede elétrica. Demonstaram desinteresse em promover um negócio que futuramente pode afetar seus lucros (RELLA, 2017).

A produção de placas fotovoltaicas exige o desenvolvimento tecnológico da indústria eletrônica, fator que evidencia o domínio da produção das placas por países altamente desenvolvidos como China, Alemanha, Estados Unidos e Japão (RELLA, 2017).

O Brasil contém uma grande reserva de quartzo, material que dá origem ao silício através da sílica (SiO_2) contida na sua composição, representando 8 % da produção mundial de silício. Apesar disso, por não dispor de recursos tecnológicos para as etapas de beneficiamento, exporta esse material por um preço baixo para importar células fotovoltaicas por um preço muito maior (DAVIES, 2018).

A propagação da energia fotovoltaica se deu, principalmente, em seus primórdios, através de sistemas isolados, em comunidades distantes dos grandes polos, onde não havia presença de redes públicas de distribuição elétrica (MESQUITA, 2014).

Segundo Mesquita (2014) para que haja sustentabilidade nesse tipo de sistema, que é descentralizado, é necessário que sejam atendidos certos parâmetros para que o sistema possa cumprir seu papel, são eles.

- Falta de manutenção e peças de reposição e equipamentos: na maioria dos casos a manutenção do sistema é feita pelo usuário que, na maioria das vezes, não tem conhecimento sobre o funcionamento do sistema, o mal uso gera redução da vida útil dos componentes, como as baterias, pois o usuário precisa ter conhecimento sobre seu funcionamento para não causar desgaste excessivo na peça.
- Formação precária dos usuários: Falta de conhecimento técnico do usuário, que necessita apresentar conhecimento básico sobre manutenção do sistema, para garantir o bom funcionamento do mesmo.
- Dificuldade em aceitar a nova tecnologia; dificuldade de aquisição de peças e desconhecimento da tecnologia, geram desconfiança e descrédito da população.
- Monitoramento e Avaliação

Lahimer (2013) identifica que muitos programas de eletrificação rural não obtiveram sucesso por falta de profissionais qualificados para instalação e manutenção do sistema e dificuldade de aquisição de peças.

3 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido mediante pesquisa exploratória, reunindo informações encontradas em artigos, livros, teses, dissertações e documentos relacionados à energia fotovoltaica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constata-se que a energia fotovoltaica, assim como todas as fontes de energia alternativas, apresenta obstáculos para sua ascensão no país. O Brasil, apesar de apresentar potencial energético, falha no incentivo à pesquisa e aperfeiçoamento de tecnologias, dificultando o acesso à informação e à criação de novas tecnologias.

A falta de conhecimento na área influencia nos diversos setores da sociedade, inclusive na agricultura, onde atividades como a irrigação dependem de energia, e as fontes alternativas podem suprir essas necessidades, sendo viáveis para diminuir custos a produtores que residem longe das redes de distribuição de energias convencionais.

A falta de mão de obra especializada também é uma barreira, uma vez que esse tipo de energia necessita de manutenção constante, além do preço dos equipamentos que precisam ser trocados para o bom funcionamento do sistema.

Em relação às políticas públicas, observa-se a criação de incentivos que se tornaram mais presentes a partir dos anos 2000 e impulsionaram o crescimento do setor, no entanto, os resultados ainda tímidos evidenciam a dificuldade na gestão dessas políticas, além de dificuldades burocráticas relacionadas ao licenciamento ambiental.

Em contrapartida, identifica-se como benefícios da utilização de energia fotovoltaica, a viabilidade econômica e a geração de empregos. O setor de energia fotovoltaica gera empregos diretos e indiretos a partir da mineração e beneficiamento do silício, passando por montagem das placas, módulos, projetos, instalação, manutenção e descarte.

Apesar dos impactos ambientais no processo de instalação e até mesmo no uso da energia fotovoltaica, isso não impede a existência da sustentabilidade no processo no uso dessa fonte. Os impactos ambientais positivos se sobrepõem aos impactos negativos, justificando a atividade, sendo avaliados por profissionais qualificados e permitindo o licenciamento ambiental da atividade.

Entende-se que a energia fotovoltaica é considerada uma das mais sustentáveis, principalmente em relação à emissão de gases de efeito estufa e poluição visual, sendo uma premissa que os módulos de energia fotovoltaica podem ser adaptados em ambientes como telhados e coberturas, não necessitando de ambientes específicos para a instalação.

O Brasil possui índices de radiação solares extremamente favoráveis à implantação de energia fotovoltaica, que são determinados por informações como irradiação solar e tempo de irradiação diária, justificando o potencial fotovoltaico que o território brasileiro detém.

5 CONCLUSÃO

O Presente estudo permitiu concluir que a energia fotovoltaica, considerada como uma das fontes alternativas de energia mais promissoras tanto em âmbito nacional, quanto em mundial, representa uma alternativa viável para substituir fontes convencionais e contribuir para o crescimento econômico, possibilitando a redução de impactos ambientais e desigualdades sociais, principalmente aquelas causadas pela falta de energia elétrica. Há ainda expectativa para crescimento da oferta de empregos no setor da energia fotovoltaica, tanto nos processos de fabricação dos equipamentos quanto na instalação e manutenção dos sistemas.

Em contrapartida, os obstáculos apresentados para a expansão da energia fotovoltaica geram receio a possíveis investidores, uma vez que os custos iniciais são elevados e há necessidade de tecnologias e manutenção constante. O apoio à pesquisa no setor nacional e desenvolvimento da indústria também é um empecilho, uma vez que a importação de equipamentos torna muito mais cara a aplicação da tecnologia.

Soma-se a esse cenário a falta de profissionais qualificados e a dificuldade econômica do governo em ampliar mais as políticas públicas direcionadas a esse setor. O grande problema para a expansão das fontes de energia está ligado à falta de eficiência da gestão e à falta de mão de obra qualificada.

REFERENCIAS

ABSOLAR–Agência Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo**. 2021. Disponível em:

<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 15 out. 2021.

AGUILAR, Renato Soares de; OLIVEIRA, Lidiane Cristovam de Souza; ARCANJO, Grazielle Louise Ferreira. **Energia renovável: os ganhos e os impactos sociais, ambientais e econômicos nas indústrias brasileiras**. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, v. 32, 2012.

ALTENER, Programa. Projecto GREENPRO, “**Energia Fotovoltaica–Manual sobre Tecnologia, projecto e instalação**”, Instituto Superior Técnico, 2004. Disponível em: [https://books.google.com/books?hl=ptBR&lr=&id=vfa5wYy2drMC&oi=fnd&pg=PR12&dq=Altener+\(2004\)+&ots=3rA-feSZT5&sig=EtmvbgIyBwkgL0t2pKOfFE_ay8](https://books.google.com/books?hl=ptBR&lr=&id=vfa5wYy2drMC&oi=fnd&pg=PR12&dq=Altener+(2004)+&ots=3rA-feSZT5&sig=EtmvbgIyBwkgL0t2pKOfFE_ay8). Acesso em: 22 out. 2021

ALVARENGA, Alexandre Calheiros; FERREIRA, Vitor Hugo; FORTES, Márcio Zamboti. **Energia solar fotovoltaica: uma aplicação na irrigação da agricultura familiar**. Sinergia, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 311-318, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/MarcioFortes/publication/272789350_Energia_Solar_Fotovoltaica_Uma_Aplicacao_na_Irigacao_da_Agricultura_Familiar/links/54ee23a60cf2e28308642c7d/Energia-Solar-Fotovoltaica-Uma-Aplicacao-na-Irigacao-da-Agricultura-Familiar.pdf. Acesso em: 26 nov. 2021.

AQUILA, G. et al. **An overview of incentive policies for the expansion of renewable energy generation in electricity power systems and the Brazilian experience**. Renewable and Sustainable Energy Reviews. v. 70, p. 1090-1098, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116310759>. Acesso em: 01 dez. 2021

BARBIERI, J. C.; VASCONCELOS, I. F. G. de; ANDREASSI, T.; VASCONCELOS, F. C. de. **Inovação e Sustentabilidade: Novos Modelos e Proposições**. RAE-Revista de Administração de Empresas, v. 50, n. 2, p.146-154, abr-jun, 2010. Disponível em: <https://rae.fgv.br/rae/vol50-num2-2010/inovacao-sustentabilidade-novos-modelos-proposicoes>. Acesso em: 11 nov. 2021.

BARROS, Hugo Albuquerque. **Anteprojeto de um sistema fotovoltaico de 12KWp conectado à rede**. UFRJ, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10003952.pdf>. Acesso em 18 out. 2021.

BELINOVSKI, A. C. **Política de Assistência Social: Avanços e Possibilidades no Centro de Referência Especializado de Assistência Social (CREAS) do Município de Telêmaco Borba/PR**. Monografia (Especialização em Gestão Pública Municipal)

Departamento Acadêmico de Gestão e Economia, Universidade Tecnológica federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em:

<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/21566>. Acesso em: 01 dez. 2021

BORTOLOTO, Valter A. et al. **Geração de Energia Solar On Grid e Off Grid**. In: VI JORNACITEC-Jornada Científica e Tecnológica. 2017. Disponível em:

<http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIJTC/VIJTC/paper/view/1069>. Acesso em: 01 nov. 2021

BRASIL. ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ED. Brasília – DF, 2008. 243 p. Disponível em

https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2008_AtlasEnergiaEletricaBrasil3ed/297ceb2e-16b7-514d-5f19-16cef60679fb. Acesso em: 20 out. 2021.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Promulgada em 05 de outubro de 1988. In: Vade Mecum. 19ª ed. São Paulo: Saraiva, 2015. Energética e Elétrica. Disponível em: <https://www.epe.gov.br> . Acesso em: 02 nov. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental**.

Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=95508>. Acesso em: 02 nov. 2021.

BUARQUE, S.C. **Construindo o desenvolvimento local sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 180 p. Disponível em: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/8794>. Acesso em: 10 nov. 2021.

CALIJURI, M. do C.; CUNHA, D. G. F. **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 789 p. Disponível em:

https://repositorio.usp.br/single.php?id=002472254&locale=en_US. Acesso em: 12 dez. 2021.

CAMARGO, F. **Desafios e Oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil: recomendações para políticas públicas**. WWF-Brasil. Brasília, 2015.

Disponível em:

https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/15_6_2015_wwf_energ_solar_final_web_3.pdf. Acesso em: 25 set. 2021.

CARNEIRO, Joaquim AO. **Módulos fotovoltaicos: características e associações**.

2010. Disponível em <http://repositorium.uminho.pt/handle/1822/16961>. Acesso 22 out. 2021.

CARVALHO, André Luiz Costa de. **Metodologia para análise, caracterização e simulação de células fotovoltaicas**. 2014. Disponível em:

<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-9RTH9Y>. Acesso em: 22 out. 2021.

CARVALHO, Joaquim Francisco de. **Combustíveis fósseis e insustentabilidade. Ciência e cultura**, v. 60, n. 3, p. 30-33, 2008. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252008000300011&script=sci_arttext Acesso em: 12 dez. 2021.

COSTA, Raycam Evaristo de Oliveira et al. **O uso de placas fotovoltaicas: uma revisão bibliográfica**. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5962>. Acesso em: 21 out. 2021.

COUTINHO, Fernando Jubran. **Uso de energia fotovoltaica em edificação– Vantagens e desvantagens em relação a energia elétrica convencional**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10029432.pdf>. Acesso: em 21 set. 2021.

CRESESB (Brasil). **Potencial Solar: SunData. 2018**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acesso em: 22 out. 2021.

CRUZ, Tamires Priscila Rocha et al. **Análise socioambiental e legislativa dos impactos da energia solar fotovoltaica no Brasil**. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 8, p. 63495-63511, 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/15880>. Acesso em 15 out. 2021.

DANTAS, Stefano Giacomazzi. **Oportunidades e desafios da geração solar fotovoltaica no semiárido do Brasil**. 2020. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/9680>. Acesso 20 out. 2021.

ELGAMAL, G.; DEMAJOROVIC, Jacques; AUGUSTO, Eryka Eugênia Fernandes. Os desafios da implementação da energia fotovoltaica no Brasil: uma análise dos modelos nos principais mercados mundiais. XVII Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 2015.

EPE. Empresa Energética Nacional. **Balanco Energético Nacional 2021**. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2021>. Acesso em: 25 set. 2021.

FADIGAS, E. A. F. A. **Energia solar fotovoltaica: fundamentos, conversão e viabilidade técnico-econômica**. Grupo de Energia Escola Politécnica Universidade de São Paulo, p. 32, 2012. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4649643/mod_resource/content/1/Apostila_solar.pdf. Acesso em: 21 set. 2021.

FARIAS, L. das.G.Q. **O desafio da sustentabilidade nas áreas costeiras do sul da Bahia**. Revista Urutágua – revista acadêmica multidisciplinar, Maringá, n. 12. p. 1-10, abr-jul. 2007. Disponível em: <http://www.urutagua.uem.br/012/12farias.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2021. Acesso em: 11 nov. 2021.

FREITAS, Susana Sofia Alves. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos**. 2008. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e de Gestão. Disponível em: <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/2098>. Acesso em: 01 nov. 2021

GRAH, V.F.; BOTREL, T.A.; PONCIANO, I.M.; DAMASCENO, A.P.A.B.; SALVADOR, C.A.; ALVES, D.G. **Solução Alternativa para Bombeamento de Água e Automação da Irrigação sem o uso de Energia Elétrica**. Irriga, 2012, p.309-323. Disponível em: <https://actaarborea.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/455>. Acesso em: 27 nov. 2021

IEA-PVPS – International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Program. **Trends 2020 in photovoltaic applications**. 2020. Disponível em: https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/04/IEA_PVPS_Snapshot_2020.pdf. Acesso em: 22 set. 2021.

IMHOFF, Johninon et al. **Desenvolvimento de conversores estáticos para sistemas fotovoltaicos autônomos**. 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/8608>. Acesso em: 20 set. 2021.

IRENA. Renewable Energy Topic. **Renewable Energy Employment by Country**. 2020 Disponível em: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Benefits/Renewable-Energy-Employment-by-Country>. Acesso em: 22 de nov. 2021.

KONER, P. K. **A review on the diversity of photovoltaic water pumping systems**. RERIC International energy journal, v. 15, n. 2, 1993. Disponível em: <http://www.ericjournal.ait.ac.th/index.php/eric/article/download/1524/502>. Acesso em: 21 out. 2021.

LAGRIMANTE, Danilo Miranda et al. **Estudo da aplicação de energia fotovoltaica**. Revista Pesquisa e Ação, v. 4, n. 1, p. 162-170, 2018. Disponível em: <https://revistas.brazcubas.br/index.php/pesquisa/article/view/398>. Acesso em: 05 nov. 2021

LAMARCA JUNIOR, Mariano Rua et al. **Políticas públicas globais de incentivo ao uso da energia solar para geração de eletricidade**. 2012. Disponível em: <https://repositorio.pucsp.br/handle/handle/3447>. Acesso em: 20 set. 2021.

LANA, Luana Teixeira Costa et al. **Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica**. Engenharias On-line, v. 1, n. 2, p. 21-33, 2015. Disponível em: <http://revista.fumec.br/index.php/eol/article/view/3574>. Acesso em: 10 dez. 2021.

MACÊDO, Wilson Negrão. **Análise do fator de dimensionamento do inversor (FDI) aplicado a sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR)**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em:

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-29112006-153307/en.php>. Acesso em: 22 out. 2021.

MAIO, Thiago. **Fontes de energias renováveis na matriz energética brasileira: políticas públicas, legislação e instrumentos econômicos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Jurídicas, Programa de Pós-Graduação em Direito, Florianópolis, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/129541>. Acesso em: 14 out. 2021.

MARTINS, Fernando Ramos et al. **Atlas brasileiro de energia solar 2**. 2017. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>. Acesso em: 20 out. 2021.

MELIN, Monise Fernanda Maciel; DE CASTRO CAMIOTO, Flávia. **A Importância de Incentivos Governamentais para Aumentar o Uso da Energia Solar**. *Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, v. 14, n. 5, p. 89, 2019. Disponível em: <https://search.proquest.com/openview/cd6d6bfd60bc561b7b96fa1b0ebe83b3/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2034372>. Acesso em 11 jan. 2022

MONTEZANO, B. **As energias solar e eólica no Brasil**. Rio de Janeiro. 2010. DTE Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - Cepel CASA SOLAR | 2011. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/afermartins/casasolar2011>. Acesso em: 22 de out. 2021.

MOTA, Caio Barbosa; SANTOS JÚNIOR, Adeilson Barros Lemos dos. **Proposta de instalação de placas fotovoltaicas como alternativa de sustentabilidade**. *Semana de Pesquisa do Centro Universitário Tiradentes-SEMPESq-Alagoas*, n. 6, 2018. Disponível em: https://eventos.set.edu.br/al_sempesq/article/view/10903. Acesso em 12 nov. 2021

NATIONAL SOLAR JOBS CENSUS. **IREC's annual Solar Jobs Census is the authoritative account on solar jobs and the state of the workforce**. 2020. Disponível em: <https://www.seia.org/research-resources/national-solar-jobs-census-2020>. Acesso em 22 de nov. 2021.

NEVES, Guilherme Macedo das; SHAYANI, Rafael Amaral. **Precificação da emissão de gases de efeito estufa da energia solar fotovoltaica e da energia termelétrica a gás natural: estudo de caso na Universidade de Brasília**. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018. 2020. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1022>. Acesso em: 23 nov. 2021.

PEREIRA, Narlton Xavier. **Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil: geração distribuída vs geração centralizada**. 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/181288>. Acesso em: 16 out. 2021.

PINHO, João Tavares et al. **Sistemas híbridos-Soluções energéticas para a Amazônia**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, p. 396, 2008.

RAMOS, C. et. al. **Cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil. Brasília.** Sebrae, 2018. Disponível em:

<https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/estudo%20energia%20fotovoltaica%20-%20baixa.pdf>. Acesso em: 28 set. 2021.

REN21. Renewables 2019 Global Status Report. Paris, **REN21 Secretariat**, 2020.

Disponível em: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf. Acesso em: 22 set. 2021.

RELLA, Ricardo. **Energia fotovoltaica no brasil.** Revista de Iniciação Científica, v. 15, n. 1, p. 28-38, 2017. Disponível em:

<http://periodicos.unesc.net/iniciacaoocientifica/article/view/2937> Acesso em: 13 de dez. 2021

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. **Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica.** Estudos avançados, v. 26, p. 65-92, 2012. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ea/a/F9XDcdCSWRS9Xr7SpknNJPv/?format=html>. Acesso em: 11 nov. 2021.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil.** Editora UFSC, 2004. Disponível em:

<https://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2021.

SCHERER, Lara Almeida et al. Fonte **Alternativa de Energia: energia solar. XX Seminário Interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão.** Universidade de Cruz

Alta/RS, 2015. Disponível em: <https://home.unicruz.edu.br/seminario/anais/anais-2015/XX%20SEMIN%20C3%81RIO%20INTERINSTITUCIONAL%202015%20-%20ANAI/Graduacao/Graduacao%20-%20Resumo%20Expandido%20-%20Exatas,%20Agrarias%20e%20Ambientais/FONTE%20ALTERNATIVA%20DE%20ENERGIA%20ENERGIA%20SOLAR.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2021

SEVERINO, M.; OLIVEIRA, M. **Fontes e tecnologias de geração distribuída para atendimento a comunidades isoladas. Energia, Economia, Rotas Tecnológicas: textos selecionados,** Palmas, ano, v. 1, p. 265-322, 2010.

SILVA, Rutelly Marques da. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios.** 2015. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-paradiscussao/td166>. Acesso em: 19 mar. 2015.

SOUSA LUIZ, Beatriz; DA SILVA, Thamires Sigulo. **Energia Fotovoltaica: Um retrato da realidade brasileira.** Inovae-Journal of Engineering, Architecture and

Technology Innovation (ISSN 2357-7797), v. 5, n. 2, p. 26-40, 2017. Disponível em: <https://scholar.archive.org/work/eqaom7vx7vfhncw6vkljd7o6um/access/wayback/http://www.revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/viewFile/1670/1267>. Acesso em: 14 dez. 2021.

TOLMASQUIM, M. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. 1. ed. Rio de Janeiro: 2016 v. 53. Disponível em:
https://issuu.com/ecologicosecovida/docs/energia_renov__vel_-_online_16maio2.
Acesso em: 26 set. 2021.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Alternativas energéticas sustentáveis no Brasil**.
Relume Dumará, 2004.

TURCO, José EP; RIZZATTI, Gilcileia dos S.; PAVANI, Luiz C. **Custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, afetado pelo manejo da irrigação e sistemas de cultivo**. Engenharia Agrícola, v. 29, p. 311-320, 2009.
Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/eagri/a/jWR3fLxn54DxdTYNsCYFF4N/?lang=pt> .Acesso em:
25 nov. 2021.

VALLÊRA, Antônio M.; BRITO, Miguel Centeno. **Meio século de história fotovoltaica**. *Gazeta de Física*, v. 1, n. 2, p. 17, 2006. Disponível em:
<http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021.

VILELA, O. C. **Caracterização, simulação e dimensionamento de sistemas fotovoltaicos de abastecimento de água**. Recife, Brasil: Tese de Doutorado, Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco, 2001.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 1ª ed. Editora Érica, São Paulo, 2012. Acesso em: 20 out. 2021.