

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

LOUISE CADE JORGE

**ANÁLISE DO AVANÇO DA GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA
NO ESPÍRITO SANTO**

VITÓRIA

2019

LOUISE CADE JORGE

**ANÁLISE DO AVANÇO DA GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA
NO ESPÍRITO SANTO**

Projeto de Graduação II apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientação: Prof. Maurice Barcellos da Costa.

VITÓRIA

2019

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de evolução nesta vida e todas as bênçãos recebidas. Sou grata aos meus pais por sempre me incentivarem e acreditarem que eu seria capaz de grandes realizações, em especial à minha mãe que batalhou e venceu comigo todos os obstáculos. Sou grata à minha família e ao Dobby por todo o apoio durante a realização deste trabalho.

Agradeço também aos amigos pelo carinho e energia positiva durante a jornada. Um abraço especial em Débora, Jheny e Lorena que se fizeram presentes em cada momento. Por último, quero agradecer à Universidade Federal do Espírito Santo e todo o seu corpo docente.

RESUMO

Tendo em vista a alta demanda global por energia, as mudanças climáticas e a escassez de recursos, há uma busca no sentido do desenvolvimento e implementação da geração de energia elétrica de fontes alternativas, com ênfase nas fontes renováveis de menores efeitos nocivos ao meio ambiente.

Uma fonte energética que vem se destacando é a energia solar, voltada à conversão em energia elétrica mediante sistemas fotovoltaicos. Tais sistemas estão em constante evolução tecnológica, aumentando sua eficiência e com custos de implantação cada vez menores, assim ganhando mercado no Brasil e no Espírito Santo.

O presente trabalho busca analisar a atual situação brasileira em relação a Energia Solar Fotovoltaica, o avanço deste mercado no Espírito Santo e ainda, apresentar as perspectivas da tecnologia fotovoltaica ao longo dos próximos anos para o estado.

Levando em consideração o período de janeiro de 2008 a outubro de 2019, tem-se que o Brasil possui 134.227 unidades consumidoras de Geração distribuída fotovoltaica, e uma potência instalada de 1.549.742,76 quilowatts (kW). Já o Espírito Santo, embora represente 2% das conexões brasileiras, obteve resultados expressivos para o ano 2019 com 1564 novas conexões, ultrapassando a quantidade acumulada no período de 2013 a 2018, com o total de 1301 unidades consumidoras.

Palavras-chaves: Energia solar Fotovoltaica, Espírito Santo, Geração distribuída.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação das estações do ano e do movimento da Terra em torno do Sol.....	6
Figura 2: Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual para todo o Brasil (medido em kWh/kWp.ano no perfil de cores).....	7
Figura 3: Corte transversal de uma célula fotovoltaica.....	9
Figura 4: Células de silício monocristalino e policristalino.....	10
Figura 5: Células de filmes finos.....	11
Figura 6: Parâmetros de potência máxima.....	13
Figura 7: Influência da intensidade luminosa e a temperatura das células.....	14
Figura 8: Diagrama de sistemas fotovoltaicos em função da carga utilizada.....	15
Figura 9: Sistema fotovoltaico em uma residência conectado à rede elétrica.....	16
Figura 10: Curvas de consumo e geração solar fotovoltaica.....	17
Figura 11: Sistema solar híbrido.....	18
Figura 12: Mapa da radiação solar direta e radiação solar no plano inclinado e a média anual diária no Estado do Espírito Santo.....	21
Figura 13: Matriz elétrica brasileira.....	23
Figura 14: Variação 2018/2017 de Geração Elétrica em GWh.....	24
Figura 15: Acompanhamento das medidas NDC x projeções PDE 2026.....	25
Figura 16: Média anual do total diário de irradiação solar global.....	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: População projetada para o Espírito Santo.....	20
Gráfico 2: Unidades consumidoras com geração distribuída fotovoltaica no Brasil no período de 2008 a outubro de 2019.....	27
Gráfico 3: Percentual de unidades consumidoras com geração distribuída fotovoltaica no Brasil por classe de consumo no período de 2008 a outubro de 2019.....	28
Gráfico 4: Unidades consumidoras com geração fotovoltaica por Estado brasileiro no período de 2008 a outubro de 2019.....	30
Gráfico 5: Potência instalada de geração fotovoltaica por Estado brasileiro no período de 2008 a outubro de 2019.....	30
Gráfico 6: Percentual de Instalações (a) e de Potência Instalada (b) por Estado.....	31
Gráfico 7: Quantidade anual de conexões com Geração distribuída fotovoltaica no Espírito Santo.....	33
Gráfico 8: Percentagem de instalações com Geração distribuída fotovoltaica por classes de consumo no Espírito Santo no período de 2013 a outubro de 2019.....	34
Gráfico 9: Comparativo da quantidade de conexões de geração distribuída fotovoltaica no Espírito Santo de 2013-2018 e 2019.....	35
Gráfico 10: Unidades consumidoras com Geração distribuída fotovoltaica por Cidade no Espírito Santo.....	38
Gráfico 11: Percentagem de conexões com Geração distribuída fotovoltaica por Cidade no Espírito Santo.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Geração distribuída fotovoltaica no Brasil no período de 2008 a outubro de 2019.....	26
Tabela 2: Geração distribuída fotovoltaica por classe de consumo no Brasil no período de 2008 a outubro de 2019.....	28
Tabela 3: Geração distribuída fotovoltaica por Estado brasileiro no período de 2008 a outubro de 2019.....	29
Tabela 4: Geração distribuída fotovoltaica no Espírito Santo no período de 2013 a outubro de 2019.....	33
Tabela 5: Conexões com Geração distribuída fotovoltaica por classes de consumo no Espírito Santo no período de 2013 a outubro de 2019.....	34
Tabela 6: Conexões com Geração distribuída fotovoltaica nas cidades do Espírito Santo no período de 2013 a outubro de 2019.....	36
Tabela 7: Conexões com Geração distribuída fotovoltaica nas cidades da Grande Vitória no período de 2013 a outubro de 2019.....	39

LISTA DE ABREVIATÓES

ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica.

ABSOLAR- Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica.

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente.

EPE- Empresa de Pesquisa Energética.

GD- Geração Distribuída.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

INCAPER- O Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural.

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

NDC- Nationally Determined Contribution (Contribuição Nacionalmente Determinada).

PDE 2026- Plano Decenal de Expansão de Energia 2026.

ProGD- Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVOS	5
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
3.1 RADIAÇÃO SOLAR	6
3.2 TECNOLOGIA SOLAR PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	8
3.3 COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO	12
3.3.1 Características elétricas dos módulos fotovoltaicos	12
3.4 APLICAÇÕES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	14
3.5 POLÍTICAS DE FOMENTO À GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL	18
3.6 O ESTADO DO ESPIRITO SANTO	19
3.6.1 A Radiação Solar no Estado do Espírito Santo	20
4. METODOLOGIA	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 ENERGIA SOLAR E A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL	23
5.2 DIAGNÓSTICO DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO ESPIRITO SANTO	31
5.3 PERSPECTIVAS DE CRESCIMENTO PARA O ESPÍRITO SANTO	40
6. CONCLUSÃO	42
7. REFERÊNCIAS	43

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é tida como uma fonte conveniente e abrangente de suprimento energético na contemporaneidade, sendo produzida a partir do potencial elétrico de dois pontos de um condutor. Os avanços tecnológicos em geração, transmissão e uso final de energia elétrica a tornam um recurso vital no desenvolvimento socioeconômico global.

De acordo com Svejkovsky (2006), energias renováveis, como a solar, a eólica, e os biocombustíveis, podem desempenhar um papel fundamental na criação de um futuro energético sustentável. Os benefícios são muitos e variados, incluindo um ambiente mais limpo. A geração de energia elétrica, muitas vezes através da queima de combustíveis fósseis, libera uma variedade de poluentes na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO₂), dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x), que podem alterar significativamente a qualidade do ar e contribuir para o aquecimento global. A energia renovável, por outro lado, pode ser uma solução por fazer uso de recursos não esgotáveis, das quais existem as que não emitem poluentes, chamadas de energias limpas.

O desenvolvimento de tecnologias para o aproveitamento da energia solar é considerado uma das muitas soluções para atender a uma crescente demanda mundial por energia. Nota-se um gradual interesse da população em tais sistemas para suas residências, estabelecimentos e operações agrícolas, viabilizando assim a produção de eletricidade por meio de um recurso limpo e renovável.

Sabe-se que os sistemas distribuídos de energia solar fotovoltaica representam uma nova concepção de produção energética que pode minimizar vários dos inconvenientes relacionados à construção de grandes empreendimentos de geração de energia elétrica pelo modelo da hidroeletricidade, tais quais: impactos ambientais, perdas energéticas em longos sistemas de transmissão, longos prazos de construção (ZILLES *et al.*, 2012).

No Brasil, a Resolução Normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica. Com a publicação de tal Resolução, o mercado brasileiro de Energia Solar Fotovoltaica iniciou sua notável ascensão.

Um fator adicional que tem contribuído para a expansão da utilização da energia solar é o alto preço cobrado nas contas de energia elétrica no Brasil. Constantemente, as concessionárias variam as tarifas energéticas para cobrir os custos financeiros, assim sendo, o valor é repassada ao consumidor final. Por isso, pequenos e grandes consumidores estão adotando outras fontes de energia elétrica distribuída mais acessíveis, com a finalidade de reduzir custos (VIVACQUIA, 2016).

Segundo a ASPE (2013), ao se comparar as regiões da Europa com as do Brasil, observa-se que no Brasil a média anual do total diário de irradiação solar global varia entre 3,8 e 6,5 kWh/m²/dia. Contudo, os países europeus possuem variações anuais entre 2,5 e 3,4 kWh/m²/dia na Alemanha, 2,5 e 4,5 kWh/m²/dia na França, 3,4 e 5,0 kWh/m²/dia na Espanha. Observa-se que são países com médias menores de irradiação anual, porém possuem grande aproveitamento dos recursos solares, alguns com projetos que contam com fortes incentivos governamentais.

No Brasil existem projetos, em curso ou em operação, para o aproveitamento da energia solar no Brasil, particularmente por meio de sistemas fotovoltaicos de geração de eletricidade. No ano de 2019, o país apresentou um crescimento substancial e animador no número de novas conexões em comparação aos anos anteriores.

Assim como a tendência nacional é de crescimento, o mercado de energia solar também avança no Espírito Santo. Apesar do Estado representar apenas 2% das instalações de geração distribuída fotovoltaica no Brasil, o ano de 2019 foi marcado por investimentos e recorde na quantidade de novas conexões em relação aos anos anteriores. Logo, vê-se um interesse do Espírito Santo em busca de um novo patamar em relação à geração de energia renovável.

Diante do exposto, esse trabalho foi realizado sob o intuito de se evidenciar e quantificar o desenvolvimento da geração de Energia Solar Fotovoltaica no Estado do Espírito Santo, utilizando como ferramentas metodológicas a revisão bibliográfica e análises dos dados disponíveis pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE).

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem o objetivo de analisar o avanço da geração de Energia Solar Fotovoltaica no estado do Espírito Santo.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Salientar o potencial solar no Brasil;
- ii. Realizar um diagnóstico da utilização de energia solar fotovoltaica no Espírito Santo;
- iii. Apresentar perspectivas do emprego da tecnologia solar fotovoltaica no Espírito Santo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 RADIAÇÃO SOLAR

Estima-se que o Sol fornece anualmente, para a atmosfera terrestre, $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia, correspondendo a 10 mil vezes o consumo energético mundial neste período. Tal fato indica que a radiação solar possui um enorme potencial de utilização por meio de sistemas de captação e conversão em forma de energia elétrica por exemplo (CRESESB, 2006).

Além das condições atmosféricas, como a nebulosidade, umidade relativa do ar, etc., a energia total incidente sobre a superfície terrestre, depende da latitude local e da hora do dia e dia do ano. Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente, seu movimento de rotação, e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol, movimento de translação, como ilustrado na Figura 1 (ANEEL, 2005).

Figura 1: Representação das estações do ano e do movimento da Terra em torno do Sol.



Fonte: MAGNOLI, D.; SCALZARETTO. R. Geografia, espaço, cultura e cidadania, 1998.

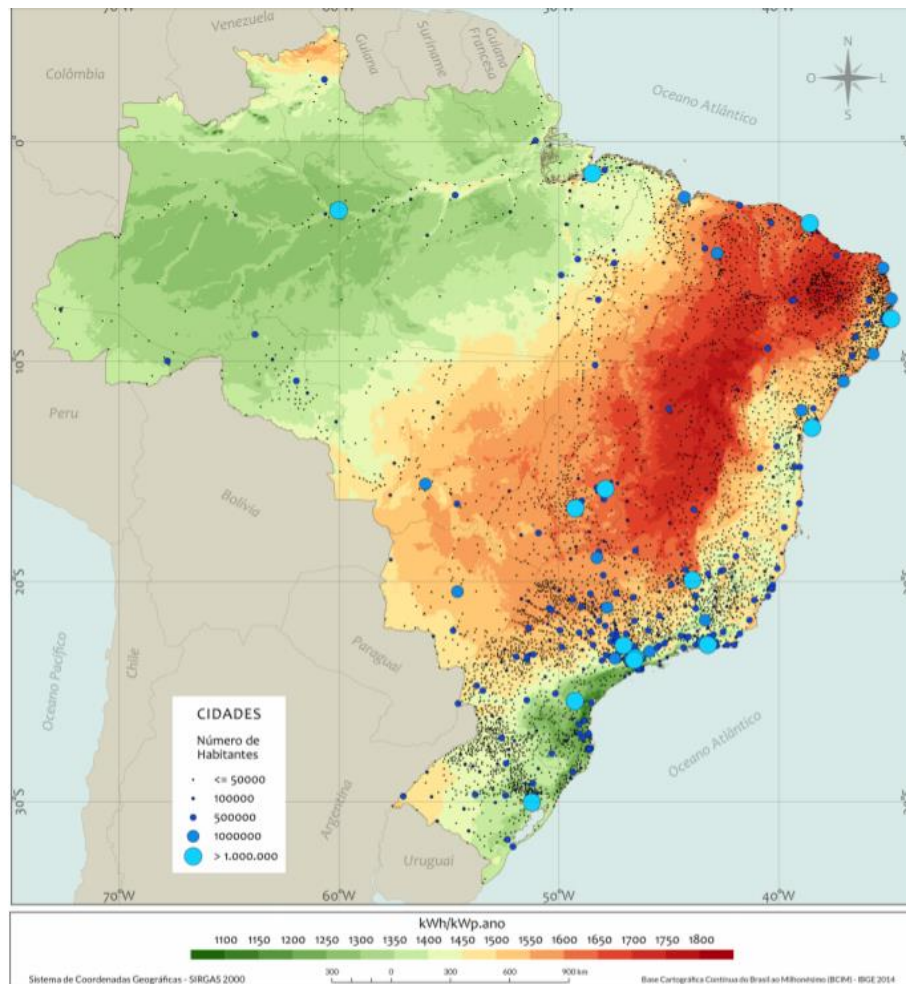
Devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera somente uma fração atinge a superfície terrestre. A fração que atinge o solo é constituída por uma componente direta e por uma componente difusa. Se a superfície receptora estiver inclinada com relação à horizontal, haverá uma terceira componente refletida pelo ambiente do entorno, sendo o coeficiente de reflexão destas superfícies denominado de “albedo” (CRESESB, 2006).

O território brasileiro está em parte localizado próximo da linha do Equador, de forma que não se observam grandes variações na duração solar do dia. Mas existe uma

parcela do território se concentra mais distante do Equador. De acordo com PEREIRA *et al.* (2017), no local menos ensolarado do Brasil, é possível gerar mais eletricidade solar do que no local mais ensolarado da Alemanha, por exemplo.

O mapa a seguir (figura 2) mostra a produtividade energética anual, medido em kWh de energia elétrica gerada por ano para cada kWp de potência fotovoltaica instalada em todo o território nacional. Inclui-se tanto para usinas de grande porte centralizadas e instaladas em solo, bem como a geração fotovoltaica distribuída integrada em telhados e coberturas de edificações. Admitiu-se uma taxa de desempenho médio anual de 80% para simplificar a análise e representa o desempenho de um gerador solar fotovoltaico bem projetado e instalado com equipamentos de boa qualidade e etiquetados pelo INMETRO.

Figura 2: Mapa do potencial de geração solar fotovoltaica em termos do rendimento energético anual para todo o Brasil (medido em kWh/kWp.ano no perfil de cores)



Fonte: PEREIRA *et al.* Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2017.

O mapa do potencial mostrado na Figura 2 revela uma ótima coincidência entre a concentração de municípios e população brasileira e a distribuição da disponibilidade de irradiação anual. Com a queda acentuada dos preços dos geradores solares fotovoltaicos nos últimos anos, sua adoção por todo o território brasileiro é crescente e atingiu crescimento exponencial a partir do final de 2016 (PEREIRA *et al.*, 2017).

A Região Nordeste apresenta os maiores valores de irradiação solar global, com a maior média e a menor variabilidade anual entre todas as regiões geográficas. Há, durante todo o ano, condições climáticas que conferem um regime estável de baixa nebulosidade e alta incidência de irradiação solar para essa região semiárida.

3.2 TECNOLOGIA SOLAR PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

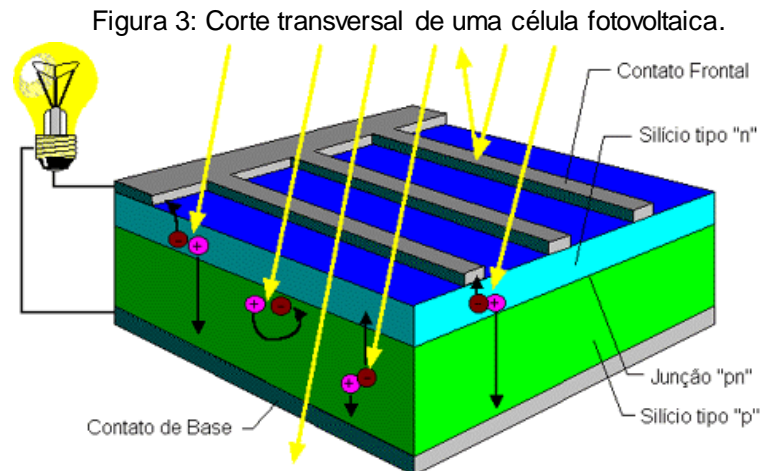
A conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Entre esses, destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico. O primeiro caracteriza-se pelo surgimento de uma diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. No segundo, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares (ANEEL, 2005).

Logo, entende-se por célula fotovoltaica um dispositivo especificamente desenvolvido para realizar a conversão direta de energia solar em elétrica, sendo esta conversão nomeada de efeito fotovoltaico. Segundo Vivacqua (2016), tal efeito foi primeiramente observado por Alexandre-Edmond Becquerel em 1839, no entanto foi na metade do século XX que as células de silício foram desenvolvidas em laboratórios.

O efeito fotovoltaico consiste no fato de uma célula, constituída de duas camadas de elementos semicondutores dopados, geralmente silício dopado negativamente (N) e positivamente (P), converter a radiação solar incidente em uma diferença de potencial nas extremidades da célula. Primeiramente, quando são unidas as duas camadas P e N, haverá um fluxo de elétrons em busca de preencher os furos e lacunas na camada P. À proporção que os elétrons (camada N) preenchem as lacunas da camada P, o fluxo tende a cessar (ASPE, 2013).

Quando a luz atinge a célula e é absorvida, os elétrons são liberados e percorrem trajetórias aleatórias. Os elétrons próximos à junção são impulsionados pelo campo naquela região sempre no sentido da camada P-N. Dessa forma, os elétrons poderão

percorrer outro caminho que estiver disponível de modo a preencher as lacunas criadas na camada P. Esse caminho disponível pode ser um condutor conectado às duas extremidades da célula (ASPE, 2013).



Fonte: CRESESB, 2006

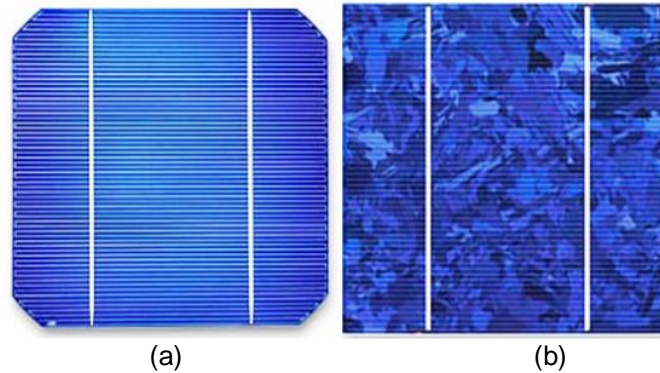
Com o avanço tecnológico surgiram três gerações de células fotovoltaicas de silício. A primeira geração é a das células de silício monocristalino e policristalino, sendo a forma mais utilizada nos sistemas de energia fotovoltaica. Já a segunda geração são as células de filmes finos. E existe ainda a terceira geração, com o concentrador fotovoltaico, que constitui-se em usar espelhos parabólicos para concentrar os raios solares em uma área menor (EPE, 2012).

O silício monocristalino possui uma estrutura homogênea em sua extensão, sendo de 99,99% de grau de pureza do silício. Logo, o custo para obtenção das células de silício monocristalino é maior do que a do silício policristalino, contudo tem-se maior eficiência na conversão. Já a fabricação de células policristalinas, apesar de semelhante as monocristalinas, dispõe de menor gasto de energia e menor rigor no controle do processo de fabricação (EPE, 2012).

De acordo com o Portal Solar (2019), a tecnologia monocristalina, apesar de antiga, possui a eficiência mais alta, tendo a eficiência dos painéis em 15 a 22%. E dado que estes painéis solares possuem uma eficiência maior, eles necessitam de menos espaço para gerar a mesma quantidade de energia elétrica que os demais. Os painéis solares de silício monocristalino (mono-Si) possuem uma cor uniforme, indicando silício de alta pureza e cantos arredondados como visto na figura 4a.

Já na tecnologia policristalina, os cristais de silício são fundidos em um bloco, desta forma preservando a formação de múltiplos cristais (figura 4b), com eficiência média do painel solar policristalino entre 14% a 20% (PORTAL SOLAR, 2019).

Figura 4: Células de silício monocristalino e policristalino.



(a) Silício monocristalino (b) silício policristalino

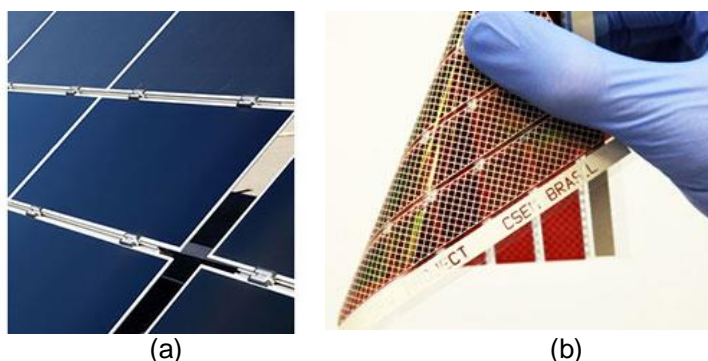
Fonte: MB Solar

Conforme o GTES (2014), de 2000 a 2011, as células de silício representam cerca de 80% do mercado, sendo em média 35% de placas policristalinas e 45% de monocristalinas. A garantia das placas fotovoltaicas varia de 3 a 5 anos contra defeito de fabricação, a garantia de funcionamento é de aproximadamente 25 anos, de acordo com cada fabricante, e a degradação da potência é a uma taxa de 0,5% a 1% ao ano.

Já as células de filmes finos (Figura 5) são produzidas por meio de um processo de depósito de camadas extremamente finas de material semicondutor. Os diferentes tipos painéis solares de filme fino podem ser categorizados por material fotovoltaico que é depositado sobre o substrato: Silício amorfo (a-Si); Telureto de cádmio (CdTe); Cobre, índio e gálio seleneto (CIS / CIGS); Havendo também as células solares fotovoltaicas orgânicas (OPV). Conforme a tecnologia de célula fotovoltaica de filme fino utilizada, os painéis possuem eficiências médias entre 7 a 13%, tendo algumas tecnologias chegando em 16% de eficiência (PORTAL SOLAR, 2019).

De acordo com a EPE (2012), as células de filmes finos são revestidas de proteção mecânica, como vidro ou plástico, e possuem um menor gasto de energia na fabricação, sendo uma tecnologia de baixo custo em comparação com as formas cristalinas do silício. Entretanto, a eficiência na conversão da energia também é menor.

Figura 5: Células de filmes finos.



(a) Painel solar de telureto de cádmio (CDTE) (b) Células fotovoltaicas orgânicas (OPV)

Fonte: Portal Solar, 2019

Segundo o Portal Solar, além da produção em massa ser simples em comparação com a tecnologia cristalina, sua aparência homogênea é esteticamente agradável e pode ser feito flexível, o que abre um leque amplo de aplicações.

Os painéis solares de filme fino ainda não são largamente utilizados nas instalações de sistemas fotovoltaicos residenciais, pois apesar do custo baixo, exigem um espaço extenso. Além disso, possuem menor eficiência por metro quadrado e tendem a degradar mais rapidamente do que os painéis mono e policristalinos (Portal Solar, 2019).

Ainda sim com o desenvolvimento de diferentes tecnologias de produção de painéis solares, profissionais estão começando a incorporar os painéis em brises, na substituição das telhas convencionais e no lugar das janelas dos prédios. A prática de incorporar o painel na construção é conhecido como Building Integrated PhotoVoltaics (BIPV) ou, em português, Sistemas Fotovoltaicos Integrados (Portal Solar, 2019).

Em consonância com o Portal Solar (2019), um BIPV consiste em células solares ou placas, que estão integradas na construção de elementos ou materiais como parte da estrutura do edifício. Dessa maneira, eles substituem um elemento de construção convencional, e não apenas geraram eletricidade, como podem fornecer funcionalidades adicionais para o edifício, como proteção contra os raios do sol, isolamento térmico, proteção contra a chuva, sombreamento parcial de áreas, entre outros. As principais tecnologias utilizadas são células fotovoltaicas de silício

cristalino, filme fino de silício amorfo e as células solares orgânicas (OPV), tecnologia recente mas vantajosa por ser de um material leve semi-transparente, que pode ser aplicado como revestimento em superfícies curvas e sobre o vidro para se substituir vidros de fachada de prédios.

3.3 COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

De acordo com GTES (2014), um sistema fotovoltaico possui componentes básicos, sendo estes agrupados em blocos. O bloco gerador, composto por módulos fotovoltaicos em diferentes associações, cabeamento elétrico e estrutura de suporte. O bloco de condicionamento de potência pode ter conversores, inversores, controladores de carga e outros dispositivos de proteção e controle. E o bloco de armazenamento, composto por armazenadores elétricos, como baterias.

Como mencionado acima, um módulo fotovoltaico é composto por células fotovoltaicas conectadas em arranjos para produzir tensão e correntes suficientes para utilização prática da energia.

Conforme a CRESESB (2006), o arranjo das células nos módulos pode ser feito conectando-as em série ou em paralelo. São utilizadas em geral 36, 60 ou 72 células fotovoltaicas interligadas para montar um painel fotovoltaico.

3.3.1 Características elétricas dos módulos fotovoltaicos

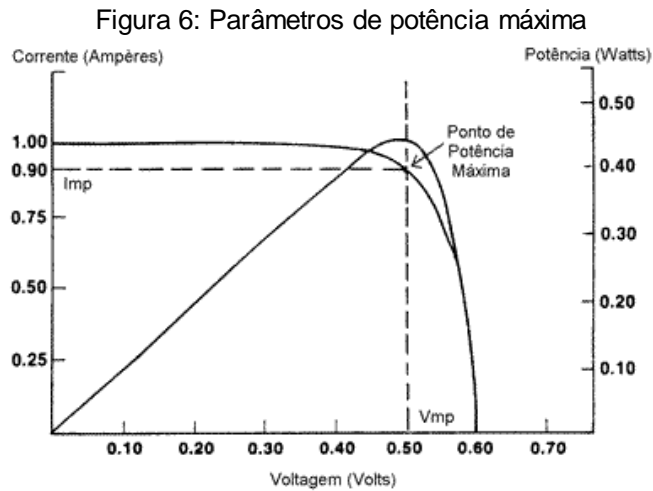
Um módulo é geralmente identificado pela potência elétrica de pico (W_p). Sua definição se dá nas condições padrão de ensaio, considerando irradiação solar de $1000W/m^2$, sendo esta a radiação recebida na superfície da Terra em dia claro, ao meio dia, e temperatura de $25^{\circ}C$ na célula (CRESESB, 2006).

Observa-se que os fatores que influenciam primordialmente nas características elétricas de um módulo são a Intensidade luminosa e a Temperatura das células.

Dois dos parâmetros que se relacionam ao módulo sob as condições de radiação e temperatura são a tensão de circuito aberto (V_{oc}) e a corrente de curto circuito (I_{sc}). A tensão observada com um voltímetro em um módulo desconectado é a tensão de circuito aberto. Já ao se conectar um amperímetro nos terminais desse módulo, mede-se sua corrente de curto circuito (GTES, 2014).

Segundo o GTES (2014), um dos ensaios mais completos para determinar as características elétricas de um módulo fotovoltaico é o traçado da curva representada

na figura 6. O módulo é submetido às condições-padrão de ensaio e uma fonte de tensão variável, registrando pares de dados de tensão e corrente, permitindo o traçado da curva, sendo o produto corrente-tensão representando a potência gerada para aquela condição de operação. É possível observar o ponto de máxima potência (P_{mp}) do módulo fotovoltaico na figura 6.

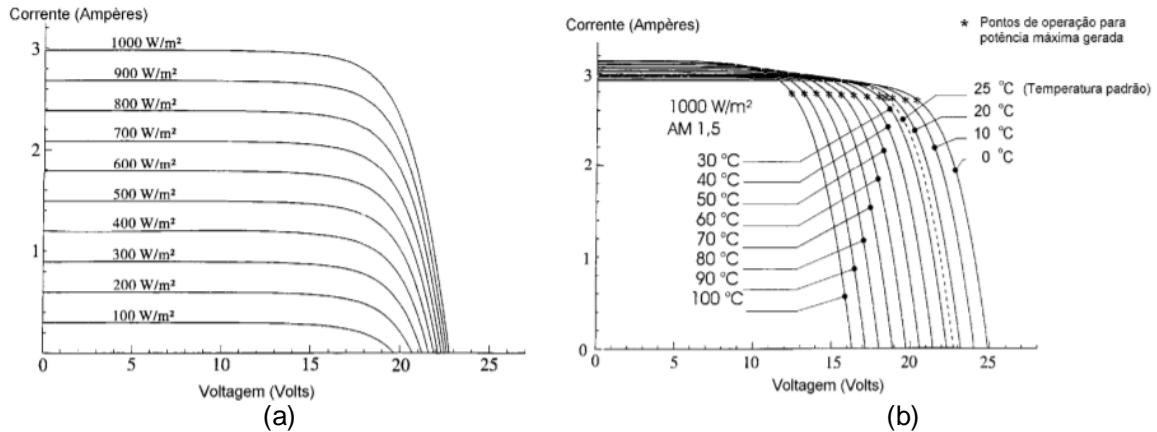


Fonte: CRESESB, 2006

O ponto de máxima potência corresponde então ao produto da tensão de máxima potência (V_{mp}) e a corrente de máxima potência (I_{mp}). Os parâmetros que especificam o módulo sob as condições de radiação e temperatura, são então os valores de P_{mp} , I_{mp} , V_{mp} , V_{oc} e I_{sc} (GTES, 2014).

A corrente gerada nos módulos aumenta linearmente com o aumento da Intensidade luminosa. Entretanto, o aumento da temperatura na célula leva a diminuição da eficiência do módulo, o que leva a abaixar os pontos de operação para potência máxima gerada, como pode ser observado na figura 7 (CRESESB, 2006).

Figura 7: Influência da intensidade luminosa e a temperatura das células



(a) Efeito causado pela variação de intensidade luminosa. (b) Efeito causado pela temperatura na célula.

Fonte: CRESESB, 2006

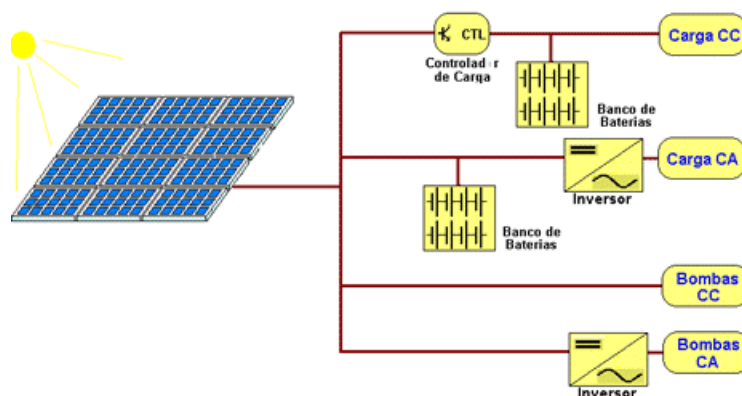
3.4 APLICAÇÕES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Um sistema fotovoltaico pode ser classificado em três categorias distintas: sistemas isolados, híbridos e conectados à rede.

Sistema isolado, ou Off Grid, é definido quando não se faz uso da energia pública para alimentar a rede interna de um estabelecimento e há necessidade de acumuladores. A energia gerada neste tipo de sistema é acumulada e totalmente consumida no próprio local (ZILLES *et al.*, 2012).

De acordo com CRESESB (2006), o armazenamento de energia pode ser feito através de baterias, quando se deseja utilizar aparelhos elétricos ou armazena-se na forma de energia gravitacional quando se bombeia água para tanques em sistemas de abastecimento. Alguns sistemas isolados não necessitam de armazenamento, o que é o caso da irrigação onde toda a água bombeada é diretamente consumida ou estocadas em reservatórios. Diferentes sistemas são representados em função da carga utilizada na figura 8 a seguir.

Figura 8: Diagrama de sistemas fotovoltaicos em função da carga utilizada.



Fonte: CRESESB, 2006

Para alimentação de equipamentos de corrente alternada (CA) é necessário um inversor. Este dispositivo geralmente incorpora um seguidor de ponto de máxima potência necessário para otimização da potência final produzida. E em sistemas que necessitam de armazenamento de energia em baterias, existe um dispositivo chamado controlador de carga, com a função principal de não permitir que haja danos na bateria por sobrecarga ou descarga profunda (CRESESB, 2006).

O sistema Off Grid é uma alternativa em locais distantes da rede elétrica, como o caso das propriedades rurais. A energia solar pode fornecer e ou suplementar muitos dos requisitos de energia de uma fazenda, como fornecer energia para sistemas de bombeamento de água, iluminação, sistemas de irrigação, pequenos motores, ventiladores de arejamento, carregamento de baterias e cercas elétricas, também pode ser usado para secar culturas, aquecer estufas ou refrigerar produtos (CHIKAIRE *et al*, 2010).

Já em Sistemas Interligados à Rede, segundo a Resolução Normativa da ANEEL nº 482/2012, toda a energia produzida é injetada diretamente na rede elétrica da concessionária, não necessitando do uso de armazenadores de energia.

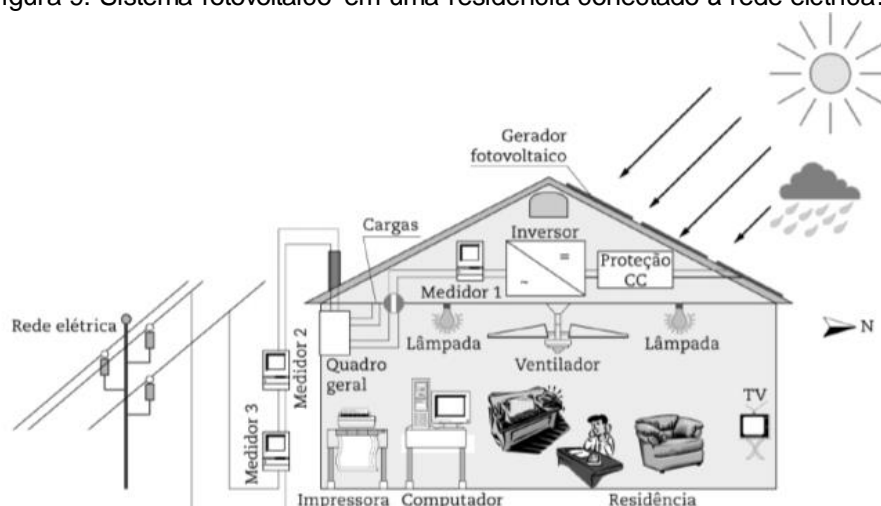
É importante atentar-se ao termo utilizado para fontes de energia elétrica conectada diretamente à rede de distribuição, chamada geração distribuída. A geração distribuída pode ser definida a partir do Artigo 14º do Decreto Lei nº 5.163/2004, atualizado pelo decreto 786/2017: “Considera-se geração distribuída toda produção de energia elétrica proveniente de agentes concessionários, permissionários ou autorizados (...) conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente de: hidrelétrico com capacidade instalada

superior a 30 MW; termelétrico, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a 75%.”

Isso significa que a geração distribuída pode ocorrer com diversas fontes de energia sustentáveis como a energia solar, eólica e provenientes de usinas hidroelétricas (PORTAL SOLAR, 2019).

Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, também chamados de sistemas On Grid, são constituídos por módulos fotovoltaicos e inversores, que realizam a conversão para conexão à rede elétrica, além de dispositivos de proteção e de medição da energia produzida. A radiação proveniente do Sol incide nos módulos solares, onde se dá início o efeito fotovoltaico e ocorrerá a geração da energia. Em seguida, a tensão contínua produzida chegará ao inversor, que fará a conversão CC-CA e disponibilizará a energia gerada tanto para o consumo residencial ou comercial quanto para a rede elétrica como observado na figura 9.

Figura 9: Sistema fotovoltaico em uma residência conectado à rede elétrica.



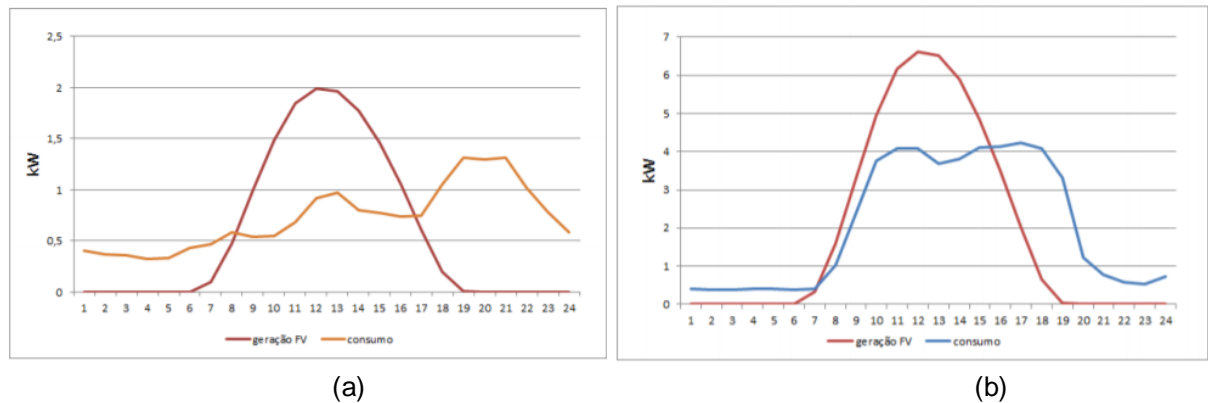
Fonte: ZILLES *et al*, 2012.

A rede elétrica fornece a energia necessária para o funcionamento da edificação quando o consumo elétrico é maior que a eletricidade produzida pelos módulos fotovoltaicos, fato que ocorre geralmente ao amanhecer, durante a noite e nos dias sem ou com baixa radiação solar. Contudo, quando o consumo de energia é baixo ou quando os módulos produzem eletricidade acima do que está sendo consumido pela edificação, o excesso de energia elétrica é injetado na rede de distribuição da concessionária (CÂMARA, 2011).

A figura 10 a seguir ilustra as curvas de carga típica de consumidores residenciais e comerciais e as respectivas curvas de geração ao longo de um dia típico. Tem-se que

no período de 18 horas às 5 horas não se tem radiação solar, dessa forma o consumidor utiliza a energia da concessionária. No outro período, a edificação consome a energia fotovoltaica que necessita e o restante da energia produzida é vendida à concessionária.

Figura 10: Curvas de consumo e geração solar fotovoltaica



(a) Consumo residencial x geração solar fotovoltaica. (b) Consumo comercial x geração solar fotovoltaica.

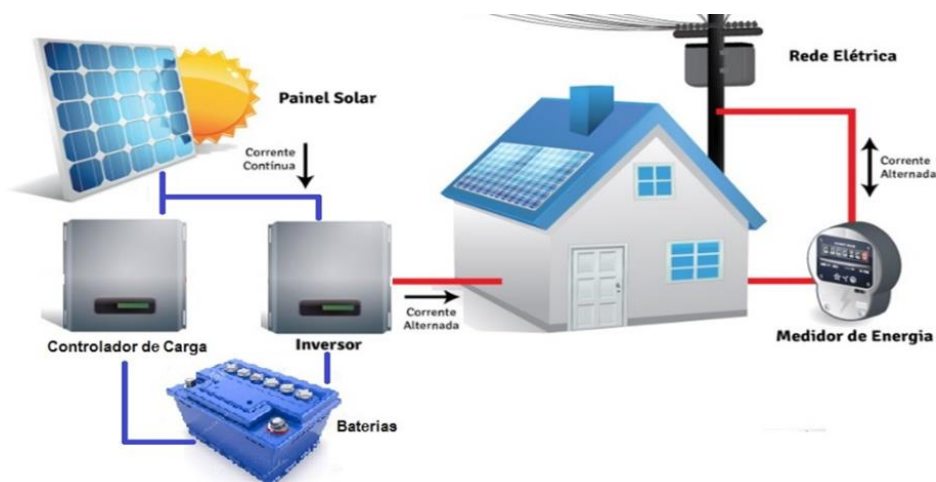
Fonte: ANEEL,2017

As diferentes curvas de cada tipo de consumo se justificam pelo consumidor comercial possuir maior grau de aderência ao horário de geração solar que o residencial (ANEEL, 2017).

Já sistemas híbridos são aqueles que utilizam mais de uma fonte primária de energia, dependendo da disponibilidade dos recursos, para gerar energia elétrica de forma coordenada, e permitindo que o mesmo opere com o mínimo de interrupções, o que garante uma boa qualidade no atendimento de cargas específicas (GTES, 2014).

Segundo o Portal Energia (2018), o termo híbrido era relacionado ao uso de duas fontes de energia, como o sol e vento, contudo recentemente adotou-se o termo energia solar híbrida para o uso de energia solar e armazenamento em baterias. Os sistemas solares híbridos permitem gerar energia da mesma forma que os demais sistemas, mas o excedente de energia produzida durante o dia não é injetado na rede diretamente. Antes é acumulada em baterias para ser consumida pelo cliente durante a noite ou noutras necessidades, como um backup para caso de falha de energia. Na figura 11 pode-se observar a representação de um sistema solar híbrido.

Figura 11: Sistema solar híbrido.



Fonte: www.alianca.fot.br/website/

De acordo com o Portal Energia (2018), recorrer a um sistema solar de autoconsumo híbrido permite que haja uma independência energética. Mas possui um maior custo de investimento quando comparado com o sistema on Grid, devido ao custo das baterias.

3.5 POLÍTICAS DE FOMENTO À GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL

O PROINFRA, criado através da Lei nº 10.438, de 26/02/2002, foi uma das primeiras políticas relacionadas a geração distribuída, e visava diferenciar os valores pagos às fontes de geração distribuída, em relação a geração de fontes mais competitivas. Em 2004, o decreto de nº 5.163 mostrou as características da geração distribuída para as distribuidoras, fazendo com que esse tipo de geração se tornasse uma opção para diminuição de riscos de investimentos (BAJAY *et al.*, 2006).

Já a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 tornou-se um marco na definição dos pilares da geração distribuída dentro do setor elétrico, já que estabelecia as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica e outras definições. No geral, abordou-se sistema de créditos compensáveis, tarifas e regulamentação de incentivos.

No ano de 2015, ocorreu a revisão da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 e a criação da Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015. De acordo com o normativo,

considera-se microgeração para geradores de até 75 kW e minigeração entre 75 kW e 5 MW. Também foi implementada a possibilidade de geração distribuída em condomínios e permitiu-se que diferentes consumidores se unam em consórcios ou cooperativas para utilizar uma mini ou microgeração de forma comum.

Em dezembro de 2015, ocorreu o lançamento do Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD) com o intuito de estimular o crescimento da geração distribuída no Brasil. Os objetivos do programa constituem-se em ampliar a geração distribuída com fontes renováveis em: residências, instalações industriais, instalações comerciais, escolas técnicas, universidades federais, hospitais e edifícios públicos. Os benefícios do programa abrangem consumidores, o meio ambiente e o setor elétrico brasileiro (MME, 2015).

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2015), o potencial cumulativo previsto para o ProGD até 2030 é de um investimento de R\$ 100 bilhões, adesão de 2,7 milhões de unidades consumidoras e geração de 48 milhões de MWh (equivalente à metade de Itaipu em um ano). As ações propostas para atingir estes objetivos são: a criação e expansão de linhas de crédito e financiamento de projetos de sistemas de GD, incentivo à indústria de componentes e equipamentos, com foco no desenvolvimento produtivo, tecnológico e inovação; fomento à capacitação e formação de recursos humanos para atuar na área de GD (estima-se a criação de até 30 postos a cada 1 MW instalado) e atração de investimentos nacionais e internacionais e de tecnologias competitivas para energias renováveis.

Destaca-se ainda a adesão de Estados da federação ao Convênio ICMS 16/2015 do Conselho Nacional de Políticas Fazendária (CONFAZ), que isenta o pagamento de tributo estadual sobre o excedente de energia elétrica, que chegou a 21 estados no segundo semestre de 2016 (MME, 2016).

3.6 O ESTADO DO ESPIRITO SANTO

De acordo com o IBGE (2017), o Espírito Santo possui uma área de 46.074,444 km², possui 78 municípios e situa-se na região Sudeste, fazendo fronteira com o oceano Atlântico a leste, com a Bahia ao norte, com Minas Gerais a oeste e noroeste e com o estado do Rio de Janeiro ao sul.

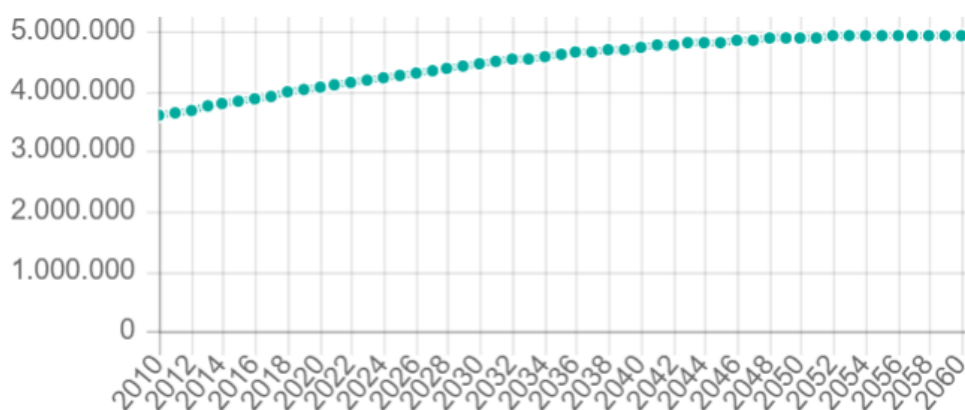
Conforme o Governo do Estado, o território compreende duas regiões naturais distintas: o litoral, que se estende por 400 km, e o planalto. Ao longo da costa Atlântica encontra-se uma faixa de planície, representando 40% da área total do Estado, e ao passo que adentra-se para o interior, o planalto dá origem a uma região serrana, com altitudes superiores a 1.000 metros.

O regime pluviométrico é tipicamente sazonal, apresentando dois períodos distintos: um com grande volume de chuva e outro com decréscimo acentuado de pluviosidade (ASPE, 2013).

Segundo o IBGE, no Censo de 2010 a população no Estado era de 3.514.952 pessoas, sendo a densidade demográfica de 76,25 hab/km². A população estimada para 2019 é de 4.018.650 pessoas.

Ainda segundo o IBGE, a população total do Espírito Santo residindo em zonas urbanas era de 2.931.472 de habitantes, o que corresponde a 83,4% da população do estado, já o total de pessoas residindo nas zonas rurais do ES era de 583 480 habitantes, sendo então 16,6% do total do estado.

Gráfico 1: População projetada para o Espírito Santo.



Fonte: IBGE, 2019

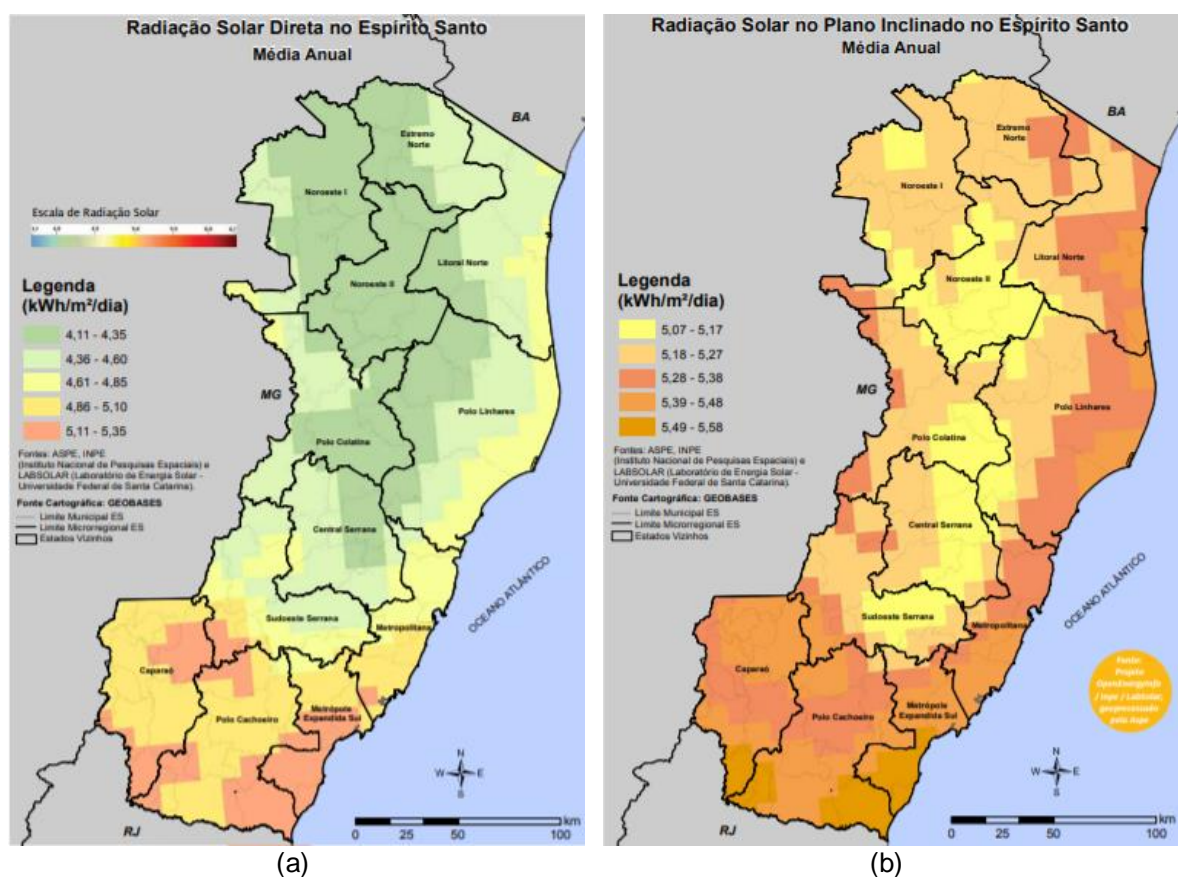
3.6.1 A Radiação Solar no Estado do Espírito Santo

Apesar da pequena extensão territorial, o Espírito Santo possui uma grande diversidade climática, que pode variar de “clima quente e seco” a “clima frio e chuvoso”. A variabilidade das chuvas no Estado está condicionada, em parte, às suas características geográficas, uma vez que possui áreas montanhosas, principalmente

em sua parte central e sul, contrastando com regiões planas ao longo do litoral e no norte do Estado (ULIANA *et al.*, 2010).

Para um maior aproveitamento da radiação global, ela pode ser captada e medida no plano inclinado. O mapa a seguir apresenta a radiação solar direta (figura 12a) e no plano inclinado (figura 12b) e a média anual diária no Estado do Espírito Santo.

Figura 12: Mapa da radiação solar direta e radiação solar no plano inclinado e a média anual diária no Estado do Espírito Santo.



Fonte: Projeto OpenEnergyInfo / Inpe / LabSolar, geoprocessado pela Aspe

Observa-se que o Estado possui boa irradiação solar por sua localização tropical e que a variação da radiação incidente no plano inclinado para o Espírito Santo está entre 5,07 e 5,58 kWh/m²/dia (ASPE, 2013).

4. METODOLOGIA

Para a elaboração do presente trabalho, foi efetuada uma pesquisa descritiva, visando à identificação, registro e análise dos dados que se relacionam com o objeto de estudo.

Quanto à abordagem, a pesquisa se caracteriza como sendo uma pesquisa quantitativa, já que se vale de linguagem matemática para apresentar o crescimento da geração de energia solar fotovoltaica ao longo dos anos. Utilizaram-se gráficos como forma de representar a evolução e a atual situação da Geração distribuída no Brasil e no Espírito Santo.

A pesquisa foi desenvolvida por meio de pesquisa bibliográfica a partir do levantamento de referências teóricas como o Ministério de Minas e Energia (MME, 2015; MME, 2016), Portal Solar (2019), Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB, 2006) e a Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo (ASPE, 2013).

Em seguida, dirigiu-se para o levantamento de dados disponíveis no dashboard interativo de dados de geração distribuída compilados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e uso de informações técnicas disponibilizadas pela Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE).

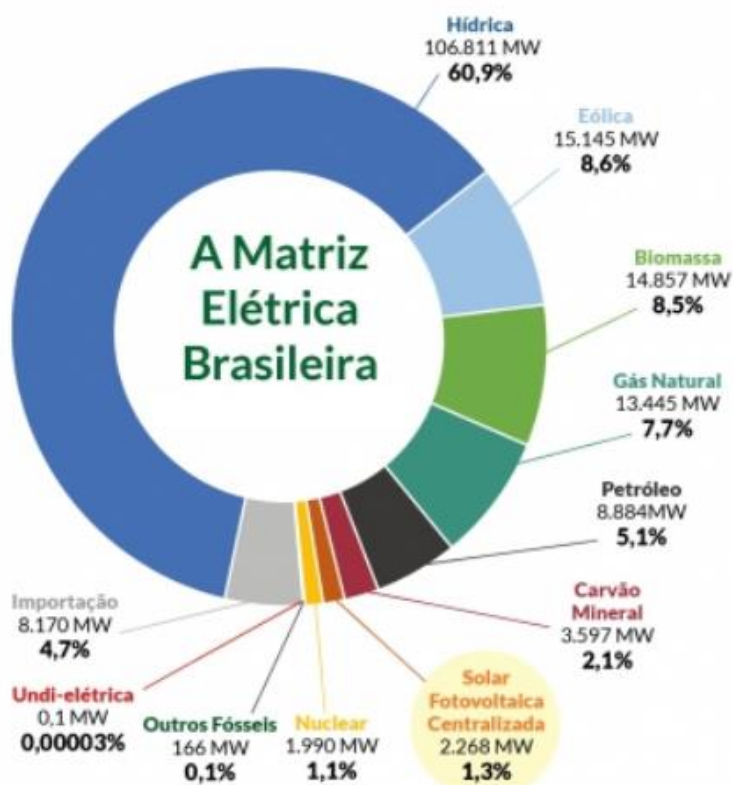
Para o tratamento dos dados se fez uso do software Microsoft Office Excel. Na busca junto aos dados coletados, houve a identificação dos municípios no Espírito Santo com instalações de painéis fotovoltaicos, com o objetivo de quantificar o desenvolvimento da geração de Energia Solar Fotovoltaica no Estado.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ENERGIA SOLAR E A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL

Segundo mapeamento da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2019), a fonte solar fotovoltaica, baseada na conversão direta da radiação solar em energia elétrica de forma renovável, limpa e cada vez mais competitiva, atingiu um total de 2.268 MW de potência instalada operacional no ano de 2019, o equivalente a 1,3% da matriz elétrica do Brasil (figura 13). Dessa forma, passou a ocupar a posição de 7ª maior fonte do Brasil, ultrapassando a nuclear, com 1.990 MW (1,1%) provenientes das usinas localizadas no Rio de Janeiro.

Figura 13: Matriz elétrica brasileira



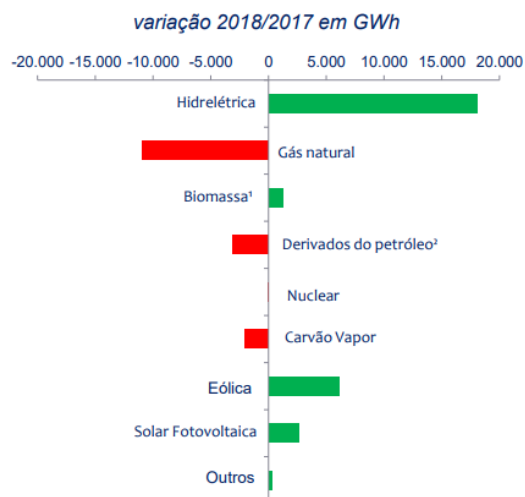
Fonte: ABSOLAR, 2019

A transição energética a nível global vem alterando a forma de gerar e consumir energia, trazendo mudanças no setor elétrico e implicações políticas, econômicas e sociais nos países. Ainda que a matriz elétrica brasileira seja considerada predominantemente renovável, devido à base hidrelétrica, a ampliação da capacidade de geração se dá com a contribuição de outras fontes alternativas, em especial, da

energia solar fotovoltaica. Na figura 14, é possível observar um crescimento nas fontes limpas de geração elétrica, como a de biomassa, eólica e solar fotovoltaica, esta com aumento de 316,1% entre 2018 e 2017.

Figura 14: Variação 2018/2017 de Geração Elétrica¹ em GWh

Fonte	2017	2018	Δ 18/17
Hidrelétrica	370.906	388.971	4,9%
Gás Natural	65.593	54.622	-16,7%
Biomassa ²	51.023	52.267	2,4%
Derivados do Petróleo ³	12.458	9.293	-25,4%
Nuclear	15.739	15.674	-0,4%
Carvão Vapor	16.257	14.204	-12,6%
Eólica	42.373	48.475	14,4%
Solar Fotovoltaica	832	3.461	316,1%
Outras ⁴	14.146	14.429	2,0%
Geração Total	589.327	601.396	2,0%



¹ Inclui geração distribuída

² Inclui lenha, bagaço de cana, biodiesel e lixívia

³ Inclui óleo diesel e óleo combustível

⁴ Inclui outras fontes primárias, gás de coqueria e outras secundárias

Fonte: EPE, 2019

A Geração distribuída contribui em diversas esferas para a melhoria da matriz elétrica brasileira. Na esfera técnica, tem-se a redução na demanda de energia elétrica e o aumento da segurança energética. Na socioeconômica, a geração de empregos e o aquecimento da economia com novos modelos de negócio. Já na esfera ambiental, tem-se, entre os benefícios, a redução de emissões de gases de efeito estufa e a redução do uso da água na geração de energia elétrica, o que minimiza custos com escassez hídrica na mediada em que se contribui para a preservação de reservatórios e segurança hídrica.

Em 2015, na COP-21, foi lavrado o Acordo de Paris, envolvendo compromissos de redução de emissões de gases de efeito estufa por parte dos países desenvolvidos e em desenvolvimento para o período pós 2020. Os termos dos compromissos de cada país foram registrados na forma de Intended Nationally Determined Contributions (INDCs).

Posteriormente à assinatura do acordo, as INDC passam a ser denominadas Nationally Determined Contributions (NDCs). Em sua NDC, o Brasil propôs redução de 37% de suas emissões em 2025 (para todo o conjunto da economia), tendo como

base as emissões de 2005. Especificamente no setor de energia, o texto da NDC brasileira apresenta contribuições indicativas para 2030 que incluem o aumento da participação das fontes renováveis na matriz energética e ganhos de eficiência (MME/EPE, 2017).

De acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 (PDE 2026), o país está em consonância, ao cumprimento das metas assumidas (figura 15), com destaque para a previsão de superação das mesmas no que tange a composição da Matriz Energética, em especial quanto à participação de fontes renováveis (exclusive hídrica), para a qual se projeta uma participação de 35%, participação de bioenergia (produtos da cana e biodiesel) estimada em 20% e participação total de energia renovável de 49%.

Figura 15: Acompanhamento das medidas NDC x projeções PDE 2026.

INDICADORES		NDC	PDE 2026
		Ano de Referência 2025	
Eficiência energética	Eletricidade	8%	4%
Energia elétrica	Participação de eólica, solar e biomassa, incluindo GD e autoprodução	23%	23%
	Participação da hidroeletricidade na geração centralizada	71%	71%
Matriz energética	Participação de fontes renováveis, com exceção da hídrica	23 a 28%	35%
	Participação de bioenergia	18%	20%
	Participação total de fontes renováveis	45%	49%

Fonte: MME/EPE, 2017

Conforme o Plano Decenal de Expansão de Energia 2026, de modo a suprir o crescimento da demanda por energéticos e ao mesmo tempo manter o caráter renovável da matriz brasileira, são esperados investimentos da ordem de R\$ 1,4 trilhões no período 2017–2026. Desse montante, destaca-se a expansão esperada de 11,8 GW para a fonte eólica e de 7 GW para a fonte solar-fotovoltaica (MME/EPE, 2017).

Para o Presidente do Conselho de Administração da ABSOLAR, Ronaldo Koloszuk, a energia solar fotovoltaica agrega inúmeros benefícios para o progresso do Brasil. “A fonte contribui para a redução de gastos com energia elétrica, atração de novos investimentos privados, geração de empregos locais de qualidade, redução de

impactos ao meio ambiente, redução de perdas elétricas na rede nacional, postergação de investimentos em transmissão e distribuição e alívio do sistema elétrico em horários de alta demanda diurna, como nos meses de verão” (ABSOLAR, 2019).

A ANEEL possui um sistema para registro das unidades consumidoras com geração distribuída no Brasil. As informações estão disponibilizadas na aba de Informações técnicas no site da ANEEL, em que há a seção de Geração Distribuída. Do qual tem-se acesso aos relatórios sobre o assunto em questão. Para este trabalho, selecionou-se a seção de Informações compiladas e mapa, que apresenta dashboard interativo do PowerBI. Para exportar os dados necessários, selecionou-se somente a geração por radiação solar, e a delimitação do período analisado de janeiro de 2008 até a data 31 de outubro de 2019.

Na tabela 1, tem-se a Geração distribuída fotovoltaica no Brasil no período de 2008 a outubro de 2019, com as informações decorrente da quantidade de conexões em cada ano, o número de unidades atendidas pelas conexões e a potência instalada em Quilowatt (kW).

Tabela 1: Geração distribuída fotovoltaica no Brasil no período de 2008 a outubro de 2019.

Ano	Quantidade anual de conexões	Ucs Rec Créditos*	Potência Instalada (kW)
2008	1	2	25,00
2009	1	1	8,20
2010	2	2	71,00
2011	1	1	5,00
2012	7	8	469,86
2013	52	66	1393,76
2014	297	324	2517,44
2015	1449	1674	9728,79
2016	6749	7638	54162,57
2017	13948	16609	126949,54
2018	35246	45305	394675,26
2019**	76474	96692	959736,34
Total	134227	168322	1549742,76

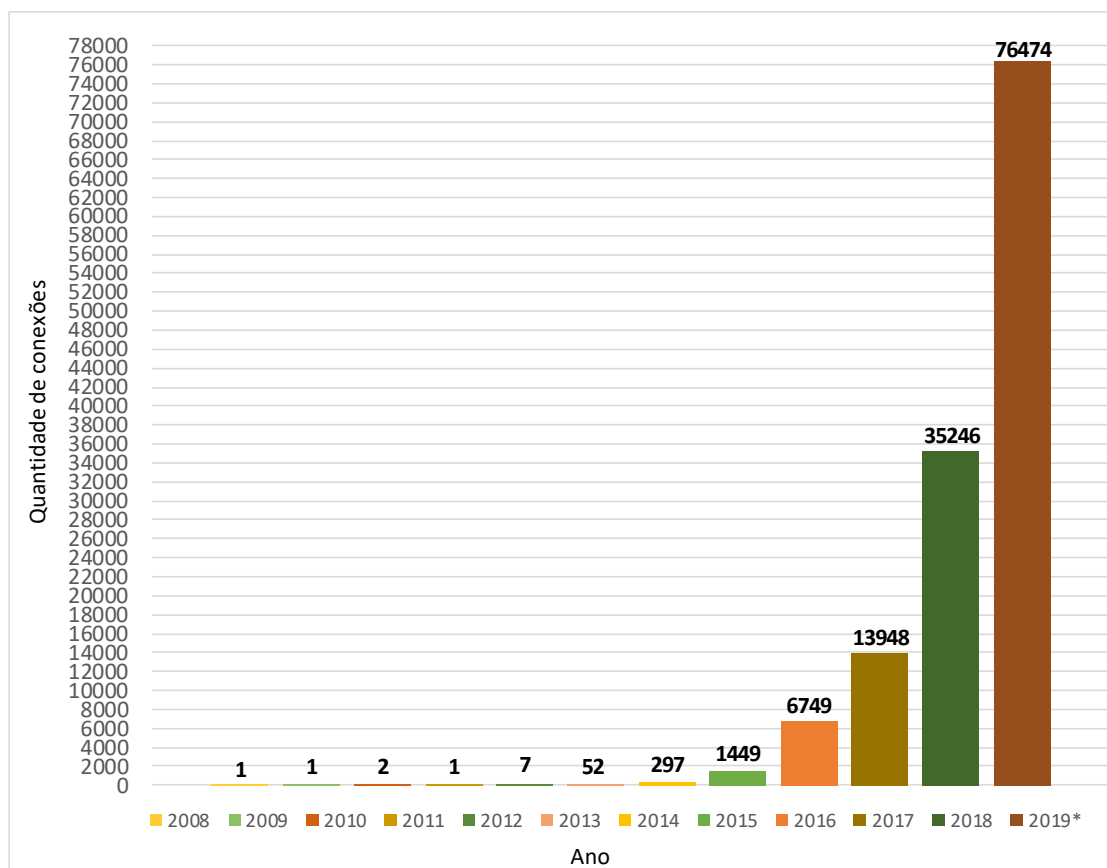
Ucs Rec Créditos*: Unidades consumidoras que recebem créditos

2019**: valor referente ao período de 1º de janeiro a 31 de outubro de 2019.

Fonte: ANEEL, 2019.

Consta no site da ANEEL que o total de conexões é de 134.227, com a potência instalada de 1.549.742,76 kW e 168.322 unidades consumidoras que recebem créditos. Para melhor avaliação do crescimento ao decorrer dos anos, elaborou-se o gráfico 2 a seguir.

Gráfico 2: Unidades consumidoras com geração distribuída fotovoltaica no Brasil no período de 2008 a outubro de 2019.



2019*: valor referente ao período de 1º de janeiro a 31 de outubro de 2019.

Fonte: Elaboração própria, com dados da ANEEL, 2019.

Pode-se observar que o ano 2019, apesar de ainda não concluído, atingiu o maior número do país com 76.474 novas conexões, ultrapassando a quantidade total de 57.753 unidades consumidoras do período de 2008 a 2018. Houve um crescimento de 216,97% da quantidade de conexões de 2019 em relação ao ano anterior.

Ademais, tais conexões podem ser divididas em classes de consumo, como visto na tabela 2 a seguir para o mesmo período de 2008 a outubro de 2019.

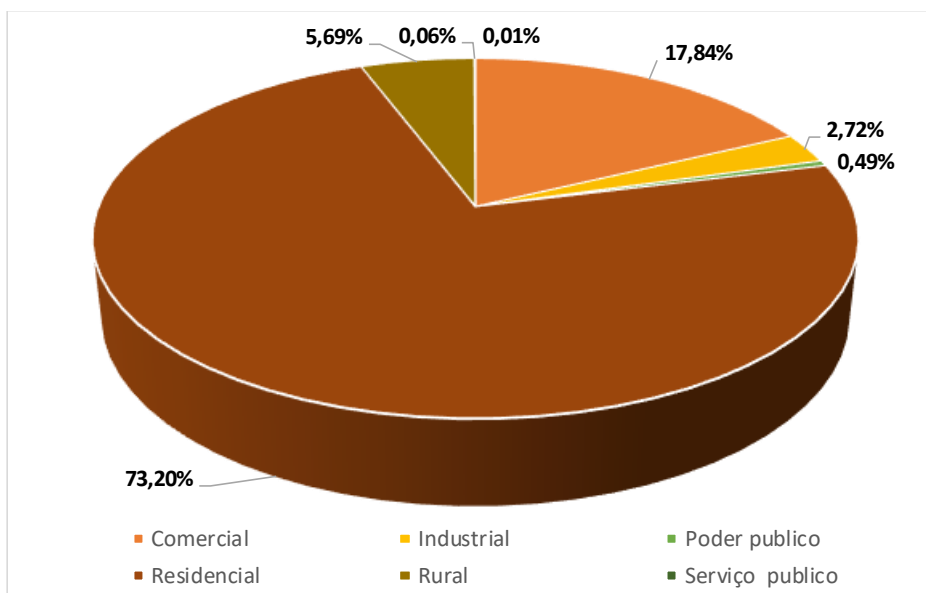
Tabela 2: Geração distribuída fotovoltaica por classe de consumo no Brasil no período de 2008 a outubro de 2019.

Classe de consumo	Quantidade de conexões	Potência Instalada (kW)
Comercial	23950	610902,50
Iluminação pública	8	178,50
Industrial	3651	138877,42
Poder público	654	24036,56
Residencial	98254	612084,95
Rural	7636	161411,22
Serviço público	74	2251,61
Total	134227	1549742,76

Fonte: ANEEL, 2019.

A partir dos dados acima, elaborou-se o gráfico 3 a seguir. Tem-se que a maior quantidade se deu na classe Residencial com 98.254 conexões, representando 73,20% do total. Em seguida, está a classe Comercial com 23.950 conexões.

Gráfico 3: Percentual de unidades consumidoras com geração distribuída fotovoltaica no Brasil por classe de consumo no período de 2008 a outubro de 2019.



Fonte: Elaboração própria, com dados da ANEEL, 2019.

Uma pesquisa feita entre maio e julho de 2019 pelo Centro Sebrae de Sustentabilidade, com mais de 3,1 mil micro e pequenos empreendedores, em parceria com a Absolar e Fundação Seade, mostrou que dos donos de empresas que adotaram o sistema, 83,9% reduziram os gastos com energia elétrica e mais da metade (60%) pretendem investir mais em energias renováveis, sendo que, desses, 47,5% na fonte solar fotovoltaica. A perspectiva de mercado se confirma quando

observamos que apenas 0,1% das microempresas (ME) e Empresas de Pequeno Porte (EPP) já instalou a geração distribuída solar fotovoltaica. Entre esses, 51% investiram recursos próprios na implantação. Dos usuários das placas solares, 79,4% ainda não receberam incentivo fiscal. Praticamente todos (96%) identificam resultados positivos do investimento (ASN, 2019).

Já em relação aos estados brasileiros, a tabela 3 abaixo expõe os dados de Geração distribuída fotovoltaica quanto ao número de unidades consumidoras e a potência instalada em cada estado, no período de 2008 a outubro de 2019.

Tabela 3: Geração distribuída fotovoltaica por Estado brasileiro no período de 2008 a outubro de 2019.

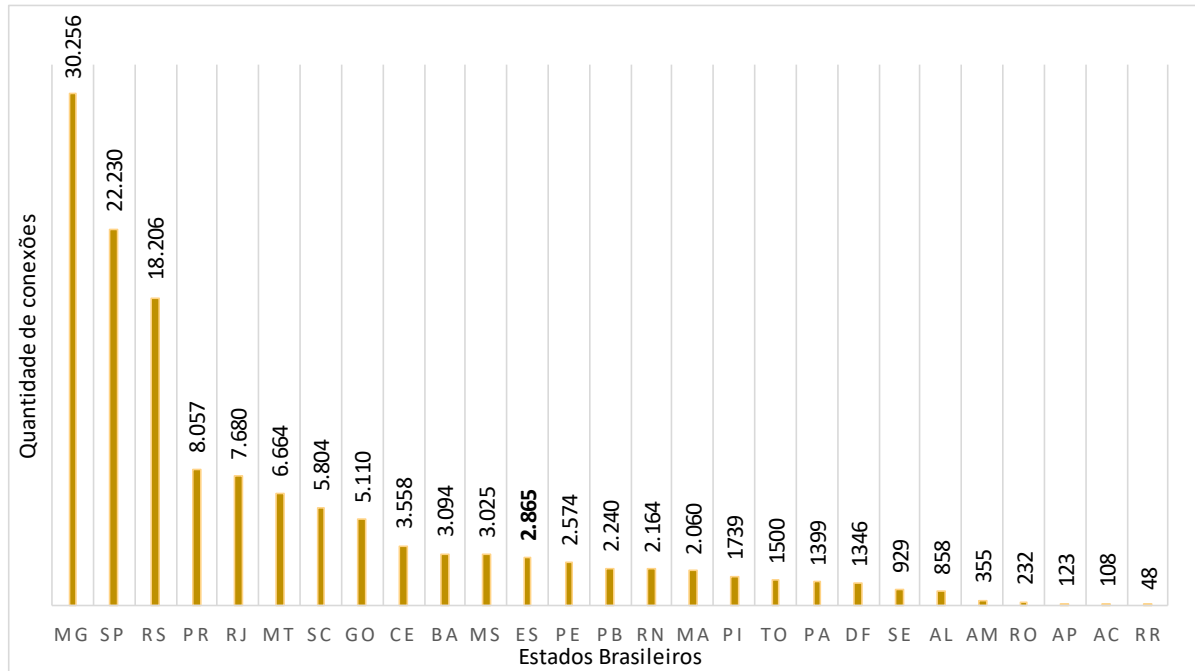
UF	Quantidade de conexões	Potência Instalada (kW)
AC	108	1499,03
AL	858	10394,63
AM	355	4323,94
AP	123	2156,27
BA	3.094	32385,85
CE	3.558	56150,66
DF	1346	19427,23
ES	2.865	29458,83
GO	5.110	62641,98
MA	2.060	25040,28
MG	30.256	308803,3
MS	3.025	33064,18
MT	6.664	111217,4
PA	1399	13997,09
PB	2.240	30373,11
PE	2.574	39101,78
PI	1739	23775,86
PR	8.057	163282,2
RJ	7.680	61954,07
RN	2.164	31954,35
RO	232	3100,56
RR	48	871,39
RS	18.206	218548,6
SC	5.804	56704,96
SE	929	10210,17
SP	22.230	182681,4
TO	1500	16561,33

Fonte: ANEEL, 2019

A partir das informações dispostas na tabela 3, pode-se gerar os gráficos 4 e 5 a seguir. Observa-se no gráfico 4 que o ranking é liderado por Minas Gerais com o total

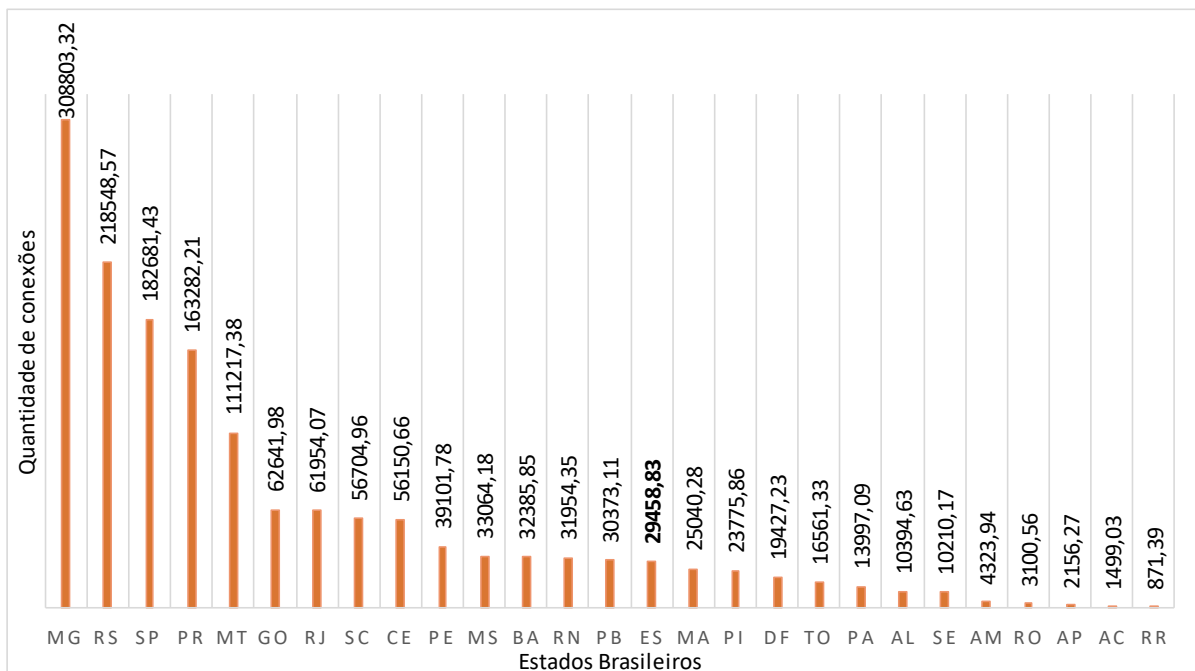
de 30256 conexões e o Espírito Santo encontra-se em 12ª posição referente aos Estados do Brasil no número de unidades consumidoras.

Gráfico 4: Unidades consumidoras com geração fotovoltaica por Estado brasileiro no período de 2008 a outubro de 2019.



Fonte: Elaboração própria, com dados da ANEEL, 2019.

Gráfico 5: Potência instalada de geração fotovoltaica por Estado brasileiro no período de 2008 a outubro de 2019.

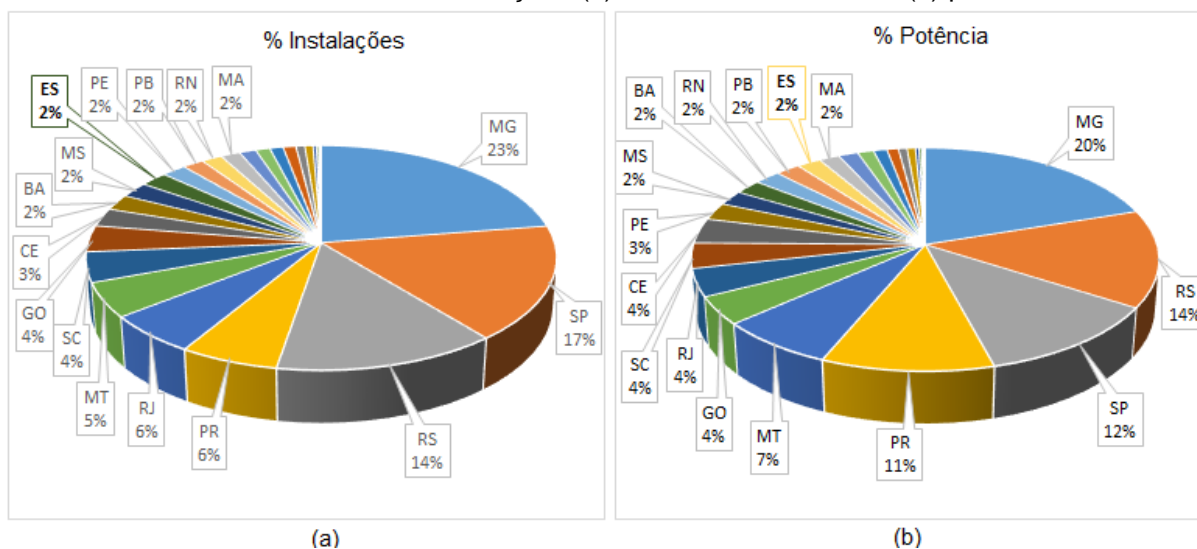


Fonte: Elaboração própria, com dados da ANEEL, 2019.

Verifica-se que ambos os gráficos são liderados por Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo. E que em relação a potência instalada, o Espírito Santo encontra-se em 15ª posição (gráfico 5).

Em relação a quantidade percentual de instalações e potência Instalada por Estado brasileiro tem-se o gráfico 6 a seguir:

Gráfico 6: Percentual de Instalações (a) e de Potência Instalada (b) por Estado



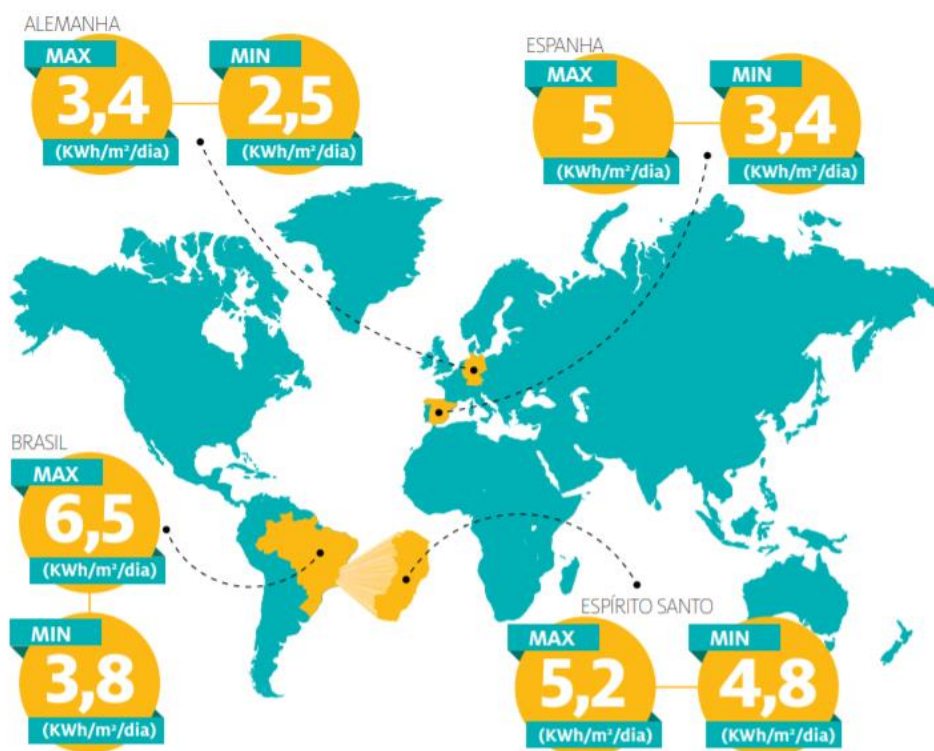
Fonte: Elaboração própria, com dados da ANEEL, 2019.

Tem-se que o Estado de Minas Gerais é responsável por 23% das instalações de Geração distribuída fotovoltaica, e por 20% da potência instalada (kW). Já o Espírito Santo representa apenas 2% em ambos.

5.2 DIAGNÓSTICO DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO ESPIRITO SANTO

De acordo com a ASPE (2013), observa-se que no Brasil a média anual do total diário de irradiação solar global varia entre 3,8 e 6,5 kWh/m²/dia. Já os países europeus possuem variações anuais entre 2,5 e 3,4 kWh/m²/dia na Alemanha, 2,5 e 4,5 kWh/m²/dia na França, 3,4 e 5,0 kWh/m²/dia na Espanha. Valores que o Espírito Santo também ultrapassa com a média anual de irradiação solar variando entre 4,8 e 5,2 kWh/m²/dia.

Figura 16: Média anual do total diário de irradiação solar global.



Fonte: ASPE, 2013

Apesar de ainda não existir um grande aproveitamento dos recursos solares como nos países acima, o mercado de energia solar está avançando no Espírito Santo acompanhando a tendência nacional. Embora ocupe a 12ª posição no ranking nacional em número de unidades consumidoras e a 15ª posição no ranking de potência instalada, em outubro de 2019 o Espírito Santo já ultrapassou os anos precedentes.

A partir do levantamento de dados realizado por meio do dashboard interativo disponibilizado no site da ANEEL, com a utilização dos filtros para o estado do Espírito Santo (tabela 4), pode-se encontrar a quantidade anual de novas conexões no estado em que a fonte de geração foi a radiação solar (gráfico 7). As primeiras foram no ano de 2013, com somente 2 conexões, sendo estas uma na classe de consumo residencial e uma no Poder Público.

Tabela 4: Geração distribuída fotovoltaica no Espírito Santo no período de 2013 a outubro de 2019.

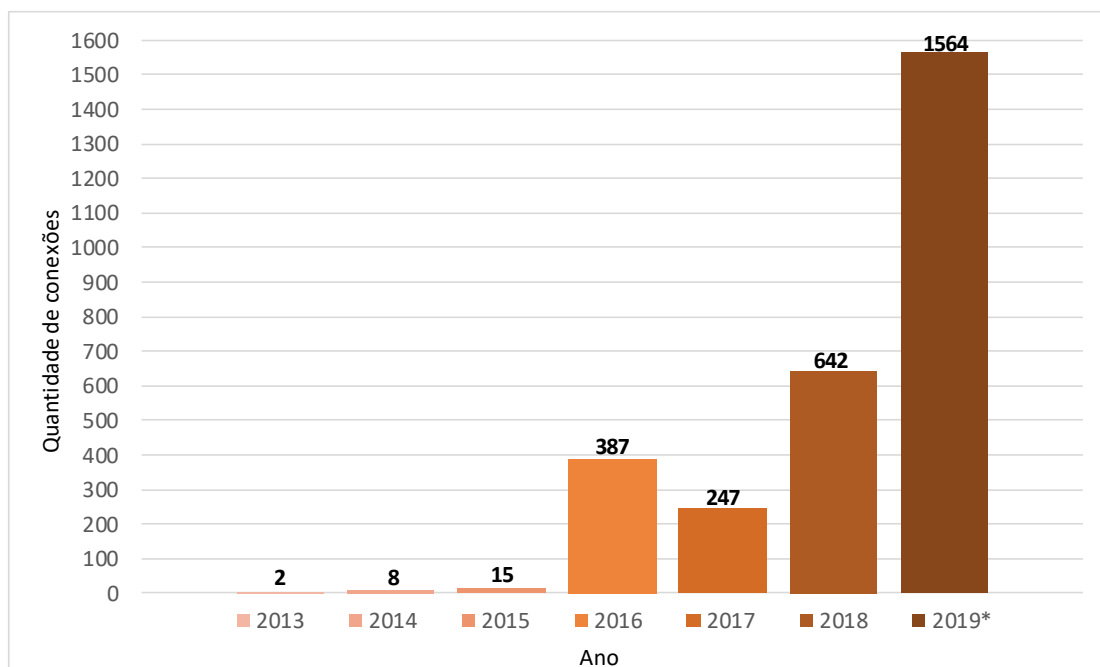
Ano	Quantidade anual de conexões	Ucs Rec Créditos*	Potência Instalada (kW)
2013	2	2	4,40
2014	8	10	45,81
2015	15	21	72,10
2016	387	426	1064,08
2017	247	327	1642,73
2018	642	878	6817,37
2019**	1564	2059	19812,34
Total	2865	3723	29458,83

Ucs Rec Créditos*: Unidades consumidoras que recebem créditos
 2019**: valor referente ao período de 1º de janeiro a 31 de outubro de 2019

Fonte: ANEEL, 2019

Foi no ano de 2016 que o mercado da energia fotovoltaica teve seu substancial avanço no Estado, com 387 novas conexões. Em 2017 observou-se uma pequena queda na quantidade anual, com 247 gerações. Entretanto em 2018 observa-se um salto para 642 conexões, e levando em consideração que de janeiro a outubro de 2019 já houve 1564 novas instalações, uma taxa de crescimento de 144% referente a 2018. Além disso, o ano 2019 com 1564 conexões ultrapassou o total acumulado do período de 2013 a 2018, este com a quantidade de 1301 unidades consumidoras.

Gráfico 7: Quantidade anual de conexões com Geração distribuída fotovoltaica no Espírito Santo



2019*: valor referente ao período de 1º de janeiro a 31 de outubro de 2019.

Fonte: Elaboração própria, com dados da ANEEL, 2019.

Dentro do período analisado, ou seja, de 2013 a outubro de 2019, foram ao todo 2865 conexões de geração fotovoltaica no Estado do Espírito Santo. Dividindo-se em classes de consumo, o maior número de conexões foi residencial, sendo a quantidade de 2127, o que refere-se a 74,24% do total para o Estado, porcentagem próxima a nacional de 73,20% das conexões no Brasil. Em seguida tem-se 441 na classe comercial, representando 15,39% das instalações do Espírito Santo. Nas demais classes, verificou-se 115 conexões industriais, 25 no Poder Público e 156 no meio rural (tabela 5). E apesar de a classe residencial possuir maior número de conexões, a maior potência instalada está no setor comercial.

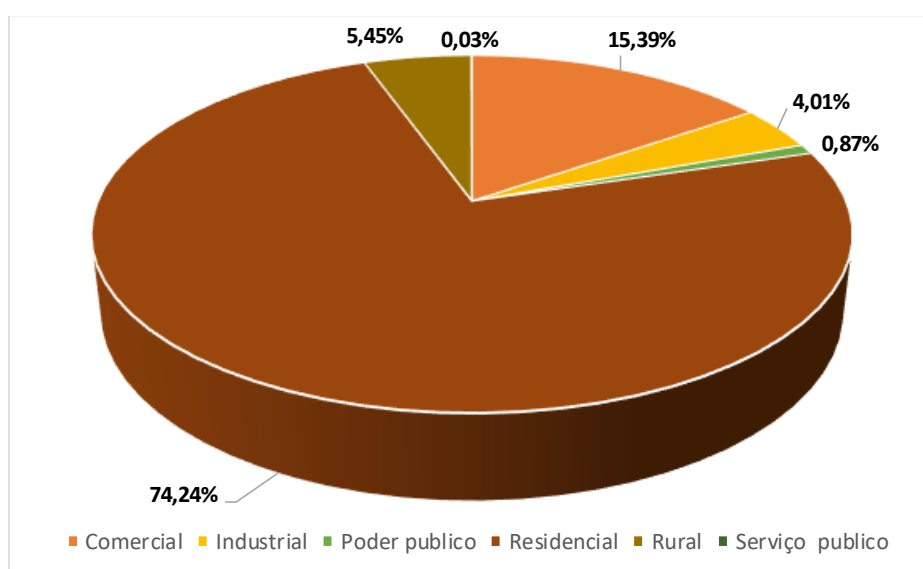
Tabela 5: Conexões com Geração distribuída fotovoltaica por classes de consumo no Espírito Santo no período de 2013 a outubro de 2019.

Classe de consumo	Quantidade de conexões	Potência Instalada (kW)
Comercial	441	13002,51
Industrial	115	3949,11
Poder público	25	453,65
Residencial	2127	10464,65
Rural	156	1574,71
Serviço público	1	14,20
Total	2865	29458,83

Fonte: ANEEL, 2019

Desenvolveu-se o gráfico 8 a partir das informações acima para facilitar a observação.

Gráfico 8: Percentagem de instalações com Geração distribuída fotovoltaica por classes de consumo no Espírito Santo no período de 2013 a outubro de 2019.

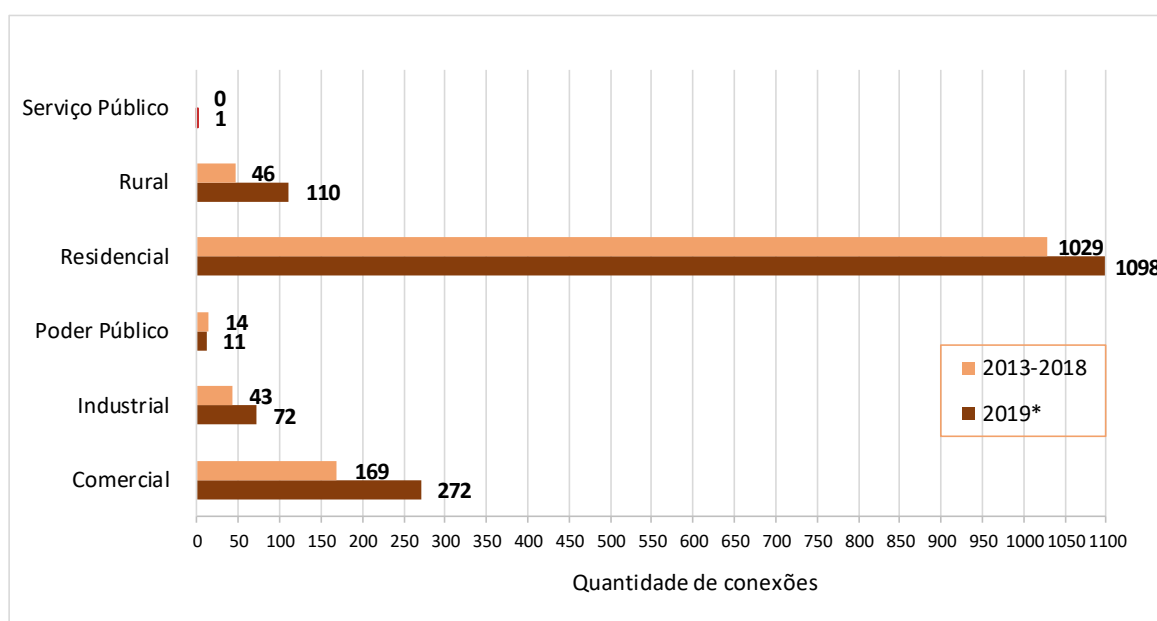


Fonte: Elaboração própria, com dados da ANEEL, 2019.

Observa-se que as classes residenciais e comerciais são detentoras de aproximadamente 90% de todo o mercado no Espírito Santo.

Para análise focada no crescimento nas classe de consumo em 2019 no Espírito Santo, selecionou-se os dados no site da ANEEL, e observou-se que o total de conexões de 2013 a 2018 já foi ultrapassado de janeiro a outubro de 2019 em cinco das seis classes de consumo, como pode ser visto no gráfico 9.

Gráfico 9: Comparativo da quantidade de conexões de geração distribuída fotovoltaica no Espírito Santo de 2013-2018 e 2019.



2019*: valor referente ao período de 1º de janeiro a 31 de outubro de 2019.

Fonte: Elaboração própria, com dados da ANEEL, 2019.

Em comparação a quantidade de conexões até o ano de 2018, tem-se que a taxa de crescimento dentre as classes no ano de 2019 foram de 61% na classe comercial, 67% na industrial, 7% na residencial, 140% na rural.

Segundo o Portal Solar (2019), alguns fatores podem ser apontados para este aumento significativo no número de instalações. Um deles é a maior oferta de linhas de financiamentos em energia solar por bancos públicos e privados. Mas acredita-se que a queda de 12% nos custos dos kits de energia solar refletida no primeiro semestre de 2019, combinado com o alto preço da energia no Brasil é o que mais têm

contribuído para que os consumidores optem pela energia solar em residências e estabelecimentos.

Por meio do site da ANEEL também foi possível analisar a Geração distribuída fotovoltaica nos municípios do Espírito Santo. Obtendo a tabela 6 a seguir, em ordem do município com maior número de instalações até o menor. Ademais encontra-se na tabela 6, a estimativa populacional para cada município do Estado no ano de 2019, disponibilizado pelo IBGE.

Tabela 6: Conexões com Geração distribuída fotovoltaica nas cidades do Espírito Santo no período de 2013 a outubro de 2019.

	Município	Instalações	População Estimada 2019	Porcentagem de instalações por pessoa
1	Colatina	449	122.499	0,37%
2	Serra	388	517.510	0,07%
3	Cachoeiro de Itapemirim	256	208.972	0,12%
4	Vitória	243	362.097	0,07%
5	Vila Velha	233	493.838	0,05%
6	São Mateus	122	130.611	0,09%
7	Linhares	112	173.555	0,06%
8	Cariacica	106	381.285	0,03%
9	Guarapari	80	124.859	0,06%
10	Aracruz	78	101.220	0,08%
11	Castelo	36	37.534	0,10%
12	Alegre	35	30.084	0,12%
13	Nova Venécia	34	50.110	0,07%
14	Barra de São Francisco	29	44.650	0,06%
15	Venda Nova do Imigrante	27	25.277	0,11%
16	Marataízes	26	38.499	0,07%
17	Viana	26	78.239	0,03%
18	Anchieta	25	29.263	0,09%
19	Domingos Martins	24	33.850	0,07%
20	Jaguaré	24	30.477	0,08%
21	João Neiva	23	16.668	0,14%
22	São Gabriel da Palha	22	37.947	0,06%
23	Marilândia	21	12.833	0,16%
24	Baixo Guandu	20	30.998	0,06%
25	Boa Esperança	19	15.037	0,13%
26	Pancas	19	23.184	0,08%
27	Rio Bananal	19	19.141	0,10%
28	Ibiraçu	18	12.479	0,14%
29	Afonso Cláudio	15	30.586	0,05%
30	Iconha	15	13.860	0,11%
31	Jerônimo Monteiro	15	12.192	0,12%
32	Vila Valério	15	14.080	0,11%
33	Guaçuí	14	30.867	0,05%
34	Itarana	13	10.555	0,12%
35	Vargem Alta	13	21.402	0,06%
36	Alfredo Chaves	12	14.601	0,08%
37	Mimoso do Sul	12	26.153	0,05%
38	Santa Maria de Jetibá	12	40.431	0,03%

39	Santa Teresa	12	23.590	0,05%
40	Itapemirim	11	34.348	0,03%
41	Rio Novo do Sul	11	11.622	0,09%
42	Atilio Vivacqua	10	11.936	0,08%
43	Laranja da Terra	10	10.947	0,09%
44	Piúma	10	21.711	0,05%
45	Lúna	9	29.161	0,03%
46	Marechal Floriano	9	16.694	0,05%
47	São Roque do Canaã	9	12.415	0,07%
48	Apiacá	8	7.567	0,11%
49	Dores do Rio Preto	8	6.749	0,12%
50	Montanha	8	18.833	0,04%
51	Muniz Freire	8	17.465	0,05%
52	Pedro Canário	8	26.184	0,03%
53	Conceição da Barra	7	31.063	0,02%
54	Muqui	7	15.449	0,05%
55	Pinheiros	7	27.047	0,03%
56	Fundão	6	21.509	0,03%
57	Irupi	6	13.377	0,04%
58	Bom Jesus do Norte	5	9.936	0,05%
59	Santa Leopoldina	5	12.224	0,04%
60	Águia Branca	4	11.019	0,04%
61	Ecoporanga	4	22.923	0,02%
62	Governador Lindenberg	4	12.709	0,03%
63	Mantenópolis	4	15.350	0,03%
64	Alto Rio Novo	3	7.836	0,04%
65	Ibitirama	3	8.889	0,03%
66	Vila Pavão	3	9.208	0,03%
67	Água Doce do Norte	2	9.642	0,02%
68	Divino de São Lourenço	2	4.304	0,05%
69	Itaguaçu	2	14.066	0,01%
70	Presidente Kennedy	2	11.574	0,02%
71	Sooretama	2	30.070	0,01%
72	Brejetuba	1	12.404	0,01%
73	Conceição do Castelo	1	12.723	0,01%
74	Ibatiba	1	26.082	0,00%
75	Mucuruci	1	5.524	0,02%
76	São Domingos do Norte	1	8.638	0,01%
77	São José do Calçado	1	10.556	0,01%
78	Ponto Belo	0	7.863	0,00%
Total		2865	4.018.650	0,07%

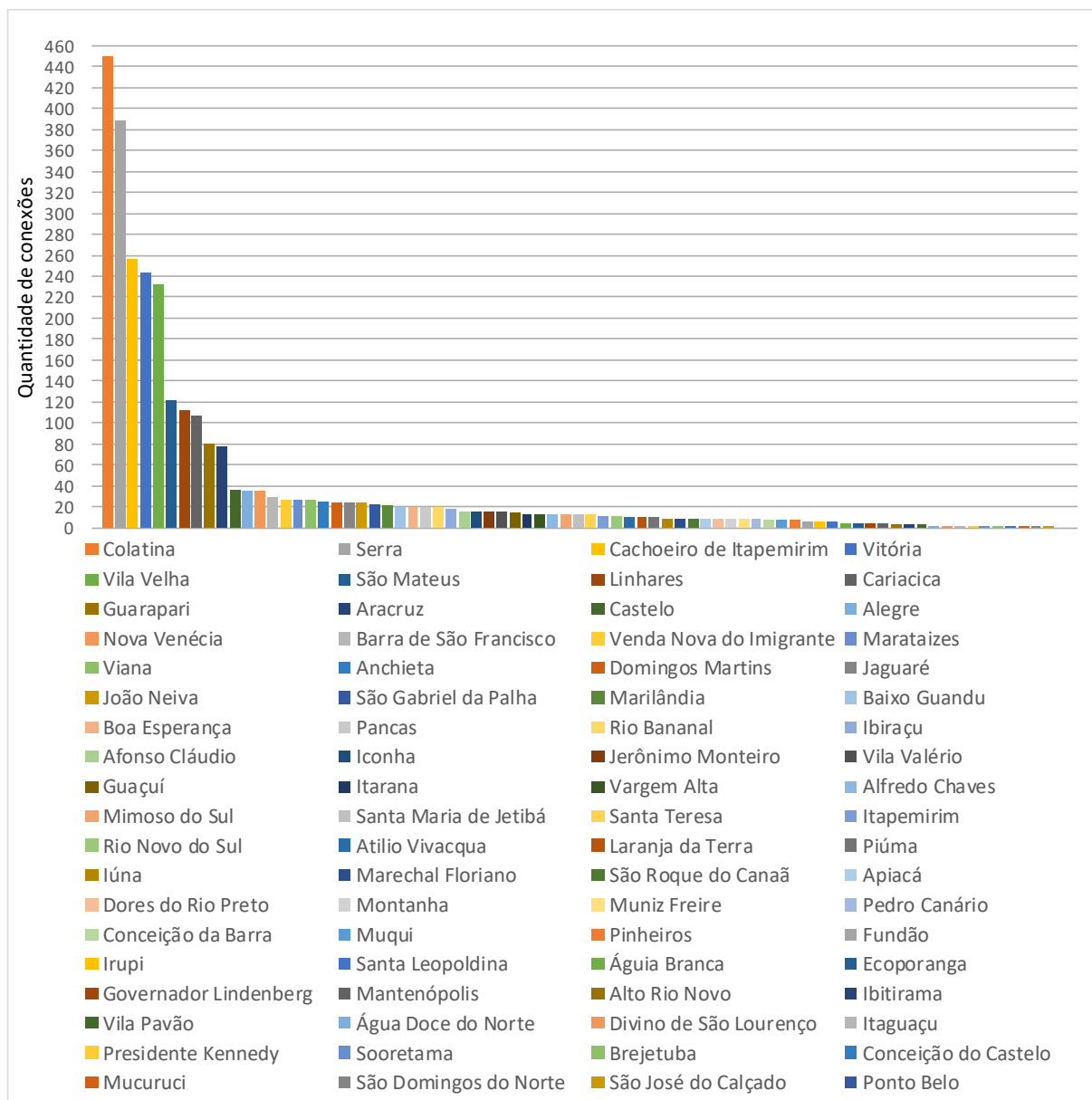
Fonte: Elaboração própria, com dados da ANEEL e IBGE, 2019

O Espírito Santo é composto por 78 municípios e apenas um deles não possui uma unidade consumidora fotovoltaica conectada à rede elétrica. E somente 16,67% dos municípios capixabas possuem mais de 30 instalações.

Conforme a tabela 6, Colatina destaca-se como o município do Estado com o maior número de instalações fotovoltaicas, possuindo 61 instalações mais que a segunda colocada, Serra, cidade mais populosa do Estado que possui uma população 4 vezes maior do que Colatina.

Apesar do fato, tem-se que as cidades mais populosas do Estado, possuindo mais de 100 mil habitantes, são as que compõem as dez primeiras colocações, vistas no gráfico 10.

Gráfico 10: Unidades consumidoras com Geração distribuída fotovoltaica por Cidade no Espírito Santo.

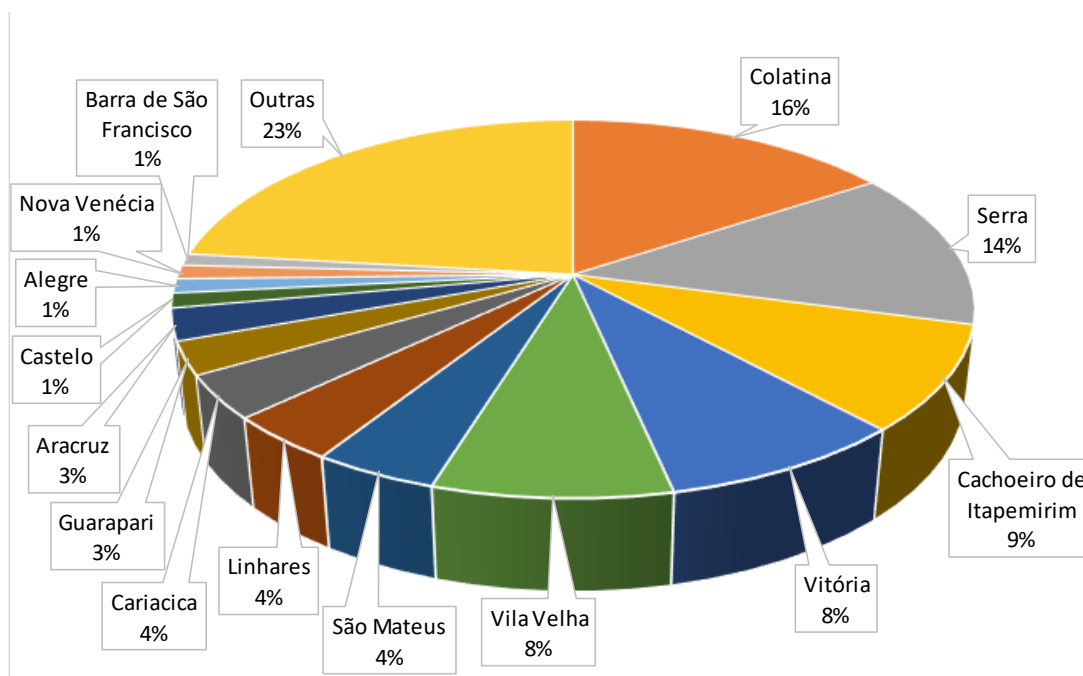


Fonte: Elaboração própria, com dados da ANEEL, 2019.

A partir do gráfico 11, observa-se o percentual de conexões com geração distribuída fotovoltaica nos municípios do Espírito Santo. A cidade de Colatina é responsável por

16% das unidades no estado. Seguida por Serra com 14%, Cachoeiro de Itapemirim com 9% e Vitória com 8% das conexões.

Gráfico 11: Percentagem de conexões com Geração distribuída fotovoltaica por Cidade no Espírito Santo.



Em relação à Grande Vitória, como é visto na tabela 7, a região é responsável por 37,76% das conexões com geração distribuída fotovoltaica do Espírito Santo.

Tabela 7: Conexões com Geração distribuída fotovoltaica nas cidades da Grande Vitória no período de 2013 a outubro de 2019.

Cidades	Quantidade	Percentagem
Vitória	243	8,48%
Vila Velha	233	8,13%
Serra	388	13,54%
Cariacica	106	3,70%
Viana	26	0,91%
Guarapari	80	2,79%
Fundão	6	0,21%
Total	1082	37,76%

Do mesmo modo que é interessante o avanço da energia fotovoltaica em residências e estabelecimentos comerciais, também é visto de forma positiva a chegada de diferentes empreendimentos e projetos de energia solar no Espírito Santo, como condomínios, fábricas e instituições de ensino.

5.3 PERSPECTIVAS DE CRESCIMENTO PARA O ESPÍRITO SANTO

Com os novos investimentos em energia solar fotovoltaica no Espírito Santo, as perspectivas de crescimento para tal fonte são promissoras. Já no início do ano de 2019, foi inaugurado no primeiro parque solar capixaba localizado em Linhares, no norte do Espírito Santo, o Condomínio Sun Invest. O investimento coloca o Estado em um novo patamar em relação à geração de energia renovável. O espaço, que será implantado em três etapas, possui uma área disponível de 50.000m², e utilizará cerca de 3.120 placas fotovoltaicas de 330 watts cada uma por etapa de implantação. Para cada etapa de 1,03 MWp, estima-se a produção 1687,6 MWh/ano a partir da energia solar, ou seja, capaz de suprir às necessidades de consumo de energia de quase 2.000 famílias evitando a emissão de quase 1,8 toneladas de CO₂ por ano na atmosfera. (ES BRASIL, 2019)

Em relação ao Poder público, o Governador do Espírito Santo, Renato Casagrande, assinou no dia 14 de outubro de 2019 durante o XI Fórum Capixaba de Energia, um decreto que institui a obrigatoriedade de que as novas edificações estaduais possuam estrutura para a instalação de energia solar. De acordo com Casagrande, a implementação de energia fotovoltaica em empreendimentos públicos ou em obras que têm convênio com o Estado, é um passo importante para frear a ação danosa do homem no planeta, além de aumentar a eficiência econômica dos equipamentos públicos (GAZETA ONLINE, 2019).

Além disso, segundo a reportagem da Gazeta Online (2019), o Governo Estadual pretende criar, possivelmente por meio de concessões, parques solares nas fazendas do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper). A proposta é que por meio dos parques solares, todos os prédios públicos sejam autossuficientes em energia.

Já na Universidade Federal do Espírito Santo, existe um projeto de extensão multidisciplinar chamado Solares, que possui como foco o estudo e a aplicação da energia solar. O Solares trilha um caminho rumo à inclusão da tecnologia, com o compromisso de aproximar a comunidade e Universidade desenvolvendo projetos como a construção do barco solar, a primeira estação solar em universidade no Espírito Santo, bem como o Projeto Girassol, este realizado por meio do Solares Social, atuando principalmente com crianças de escolas públicas. Sendo assim,

contribuiu para tornar o conhecimento sobre a energia solar e as suas aplicações acessíveis à população (Solares, 2019).

Ademais, no mês de novembro de 2019, o Solares lançou o aplicativo Solares On. Uma ferramenta que, baseando-se na conta de energia do usuário e a área disponível para instalação, fornece informações do valor médio a ser investido, tempo de retorno, quantidades de placas e inversores necessários no uso da energia solar para suprir esta demanda energética.

Também na Universidade Federal do Espírito Santo foram projetadas duas usinas solares fotovoltaicas que produzirão energia para os dois campi de Vitória, já a partir de novembro de 2019. A unidade instalada no campus de Goiabeiras terá potência de 4,2 mil kW e será a maior de minigeração (consumo próprio) do Estado e a terceira maior do país dentre as unidades de geração distribuída da matriz solar. Foram investidos R\$ 18 milhões no projeto, oriundos de recursos de emendas parlamentares. Com o pleno funcionamento, serão mais de 17 mil painéis que resultarão em uma economia de R\$ 3,6 milhões por ano aos cofres da instituição (A GAZETA, 2019);

Do mesmo modo há a expectativa de que os demais campi da Universidade, em São Mateus e Alegre, recebam painéis solares no futuro. Todavia, já serão beneficiados uma vez que a energia gerada nos Campi de Vitória que não for consumida imediatamente, poderá ser usada para os demais. As duas unidades (Goiabeiras e Maruípe) em funcionando com a potência total, gerarão eletricidade suficiente para alimentar mais de quatro mil residências, o equivalente a todo o centro da Capital (A GAZETA, 2019).

6. CONCLUSÃO

A Geração distribuída fotovoltaica ainda é baixa no Espírito Santo, sendo este encarregado de somente 2% das unidades consumidoras no Brasil. Percebe-se que as classes residenciais e comerciais são detentoras de aproximadamente 90% de todo o mercado no Espírito Santo. E as cidades mais avançadas em números são Colatina, Serra e Cachoeiro de Itapemirim. Estando a capital Vitória em 4ª colocação, tendo apenas 0,07% de instalações por pessoa. Logo, muito ainda pode ser feito para o aumento da utilização da energia solar no Espírito Santo.

Contudo, a queda nos custos dos kits de energia solar em 2019, combinado com o alto preço da energia no Brasil e a maior oferta de linhas de financiamentos em energia solar por bancos públicos e privados têm contribuído para que os consumidores optem pela energia solar. É notável o avanço em número no estado em 2019 em relação aos anos anteriores, uma taxa de crescimento de 144% referente a 2018, com 1564 novas instalações, frente às 1301 unidades pertencentes ao período de 2013 a 2018.

A tecnologia fotovoltaica possui grandes vantagens para crescer no mercado e estar presente na matriz elétrica do Estado. Tendo em vista as novas usinas solares do Espírito Santo, a de Linhares e as da Universidade Federal do Espírito Santo, espera-se um aumento substancial da potência instalada para 2020 com o pleno funcionamento das usinas.

O avanço da geração de energia fotovoltaica ajudará a diminuir a utilização de fontes poluidoras e tornará a utilização de energia mais sustentável. Além do mais a energia solar também é uma forma de descentralização energética, o que traz uma independência maior para os utilizadores dessa tecnologia, pois não necessitará em todos os momentos da energia que é fornecida pela concessionária.

7. REFERÊNCIAS

- ABSOLAR, Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Fonte solar fotovoltaica assume 7ª posição na Matriz Elétrica Brasileira e ultrapassa nucleares.** Março de 2019. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/fonte-solar-fotovoltaica-assume-7a-posicao-na-matriz-eletrica-brasileira-e-ultrapassa-nucleares.html>>
- A GAZETA. **Ufes investe R\$ 18 milhões e constrói 3ª maior usina solar do país.** 30 de outubro de 2019. Disponível em: <<https://www.agazeta.com.br/es/economia/ufes-investe-r-18-milhoes-e-constroio-3-maior-usina-solar-do-pais-1019>>
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.**
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 687 de 24 de novembro de 2015.**
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** 2. ed. – Brasília: ANEEL, 2005. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Informações compiladas e mapa.** Brasília: 2019. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZjM4NjM0OWYtN2IwZS00YjVlTlIIMjltN2E5MzBkN2ZlMzVklwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYjYtNDZlMm05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9>>
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Nota Técnica nº 0056/2017: Atualização das projeções de consumidores residenciais e comerciais com microgeração solar fotovoltaicos no horizonte 2017-2024.** 24 de maio de 2017.
- ASN, Agência Sebrae de Notícias. **Estudos do Sebrae indicam expectativa de crescimento para o setor de energia solar fotovoltaica.** 31 de outubro de 2019. Disponível em: <http://www.agenciasebrae.com.br/sites/asn/uf/NA/estudos-do-sebrae-indicam-expectativa-de-crescimento-para-o-setor-de-energia-solar-fotovoltaica,9c18324e0822e610VgnVCM1000004c00210_aRCRD>
- ASPE, Agência de Serviços Públicos de Energia do Estado do Espírito Santo. **A Energia Solar no Espírito Santo - Tecnologias, Aplicações e Oportunidades.** Vitória, ES, 2013. Disponível em: <<https://arsp.es.gov.br/Media/arsp/Energia/Estudos%20Energ%C3%A9ticos/2013/EnergiaSolarES.pdf>>.
- BAJAY, S. V.; LEITE, A. A. F.; CARVALHO, C. B.; DORILEO, I. L. **Perspectivas da geração distribuída de eletricidade nos estados de São Paulo, Bahia e Mato**

Grosso. In Proceedings of the 6. Encontro de Energia no Meio Rural, Campinas, São Paulo, 2006.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026.** Brasília: MME/EPE, 2017.

CÂMARA, C. F. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.** Universidade Federal de Lavras, UFLA, MG, 2011. Disponível em: <<https://www.solenerg.com.br/files/monografia-Carlos-Fernando-Camara.pdf>>

CHIKAIRE, J.; NNADI, F.N.; NWAKWASI, R.N.; ANYOHA, N.O.; AJA O.O.; ONOH, P.A.; NWACHUKWU C.A. **Solar Energy Applications for Agriculture.** Journal of Agricultural and Veterinary Sciences. V. 2, 2010. Disponível em: <<http://www.matchinggrants.org/global/pdf/doc122-89.pdf>>.

CRESESB, Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. Sérgio de Salvo Brito. **Energia Solar - Princípios e Aplicações.** 2006. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/>>.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2019.** Ano base 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-470/Relat%C3%B3rio%20S%C3%ADntese%20BEN%202019%20Ano%20Base%202018.pdf>>.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Nota Técnica EPE: Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira.** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.cogen.com.br/content/upload/1/documentos/Solar/Solar_COGEN/NT_EnergiaSolar_2012.pdf>.

ES BRASIL. **Inaugurado primeiro parque solar do Espírito Santo.** 26 de março de 2019. Disponível em: <<https://esbrasil.com.br/primeiro-parque-solar/>>.

GAZETA ONLINE. **ES vai obrigar novos prédios públicos a ter estrutura para energia solar.** Outubro de 2019. Disponível em: <https://www.gazetaonline.com.br/cbn_vitoria/reportagens/2019/10/es-vai-obrigar-novos-predios-publicos-a-ter-estrutura-para-energia-solar-1014200935.html>

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO. **Geografia.** Disponível em: <<https://www.es.gov.br/geografia>>.

GTES, Grupo de Trabalho de Energia Solar Fotovoltaica (CRESESB/CEPEL). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Rio de Janeiro, março de 2014.

Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/manual_de_engenharia_fv_2014.pdf>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama Espírito Santo**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/panorama>>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Coordenação de População e Indicadores Sociais**. 2019 Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-detalle-de-midia.html?view=mediaibge&catid=2103&id=3098>>

MAGNOLI, D.; SCALZARETTO, R. **Geografia, Espaço, Cultura e Cidadania**. São Paulo: Moderna, 1998. v. 1.

MME, Ministério de Minas e Energia, 2015. **Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica**. Disponível em: <<http://goo.gl/7QytWf>>.

MME, Ministério de Minas e Energia, 2016. **Geração distribuída: 21 UFs já aderiram a convênio que isenta ICMS**. Disponível em: <<http://goo.gl/FTzIBR>>.

PEREIRA, E.; MARTINS, F.; GONÇALVES, A.; COSTA, R.; LIMA, F.J.; RÜTHER, R.; ABREU, S.; TIEPOLO, G.; PEREIRA, S.; SOUZA, J. **Atlas Brasileiro de Energia Solar** - 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <http://ftp.cptec.inpe.br/labren/pub/livros/brazil_solar_atlas_R1.pdf>.

PORTAL ENERGIA, Energias Renováveis. **Vantagens e desvantagens dos sistemas solares híbridos**. Pedro Reis. Junho, 2018. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/vantagens-desvantagens-sistemas-solares-hibridos/>>

PORTAL SOLAR. **Painéis Solares Integrados à Construção – BIPV**. 2019 Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/paineis-solares-integrados-a-construcao---bipv.html>>

PORTAL SOLAR. **Tipos de Painel Solar Fotovoltaico**. 2019 Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>>

SILVA, J. L.; CAVALCANTE, M. M.; MACHADO, R.; SILVA, M. R.; DELGADO, D. B. **Análise do Avanço da Geração Distribuída no Brasil**. Instituto Federal da Bahia (IFBA). VII Congresso Brasileiro de Energia Solar, Gramado, abril de 2018. Disponível em: <<http://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens>>.

SOLARES. 2019. Disponível em: <<https://solaresufes.wordpress.com/>>

SVEJKOVSKY, C. **Renewable Energy Opportunities on the Farm**. A Publication of ATTRO-National Sustainable Agriculture Information Service, U.S.A, 2006. Disponível em: <www.attra.necat.org>.

ULIANA, E.M.; FERREIRA DA SILVA, J.G. e PIMASSONI, L.H.S. **Probabilidade De Ocorrência de Chuva no Estado do Espírito Santo**. XXXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Vitória-ES, 2010.

VIVACQUA, Daniel Nascimento. **Considerações sobre a fabricação nacional de módulos fotovoltaicos**. Dissertação – USP, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br>>.

ZILLES, R.; GARLHADO, M. A. B.; MACÊDO, W. N.; OLIVEIRA, S. H, F. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. São Paulo-SP: Oficina de Textos, 2012.