

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

ANDRE LUIZ MACIEL

**PANORAMA BRASILEIRO DOS EMPREENDIMENTOS MICRO E
MINI GERADORES FOTOVOLTAICOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2019

ANDRE LUIZ MACIEL

**PANORAMA BRASILEIRO DOS EMPREENDIMENTOS MICRO E
MINI GERADORES FOTOVOLTAICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: José Hilario Delcone Ferreira

CAMPO MOURÃO
2019



TERMO DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO INTITULADO
Panorama brasileiro dos empreendimentos micro e mini geradores fotovoltaicos.

DO DISCENTE

Andre Luiz Maciel

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no dia 06 de dezembro de 2019 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão. O(A) discente foi arguido(a) pela Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a comissão considerou o trabalho aprovado.

Prof. Marcelo Galeazzi Caxambu
Avaliador(a) 1 UTFPR

Prof. Jordana Dorcas dos Santos
Avaliador(a) 2 UTFPR

Prof. José Hilario Delconte Ferreira
Orientador(a) UTFPR

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada. À minha família, por sua capacidade de acreditar em mim e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que deram em alguns momentos, a esperança para seguir. Pai, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada. A minha irmã Ana, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas. Com você, as pausas entre um parágrafo e outro de produção melhora tudo o que tenho produzido na vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitário, mas que em todos os momentos é o maior mestre que alguém pode conhecer.

Agradeço a minha mãe, heroína que me deu apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

Ao meu pai que apesar de todas as dificuldades me fortaleceu e que para mim foi muito importante.

Agradeço a minha irmã, pela atenção e pelas risadas que durante toda a caminhada me mantiveram no caminho.

Agradeço a todos os professores por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e efetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado mas por terem me feito aprender. Em especial ao Prof. Dr. José Hilario Delconte Ferreira, pela oportunidade e apoio na elaboração deste trabalho.

Por fim, deixo meu agradecimento eterno a todas as pessoas que de uma alguma forma me ajudaram a acreditar em mim, porque sem elas, não teria sido possível.

Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota. (Madre Teresa de Calcuta).

RESUMO

Maciel, Andre Luiz. PANORAMA BRASILEIRO DOS EMPREENDIMENTOS MICRO E MINI GERADORES FOTOVOLTAICOS. 2019. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2019.

Para o desenvolvimento dos países a energia elétrica sempre foi um fator limitante. Atualmente, com o advento de grandes problemas ambientais, a geração de energia por fontes renováveis, torna-se cada vez mais intensa no cenário mundial. O Brasil possui uma geração de energia com bases hídricas, deixando de explorar grande potencial fotovoltaico. Com o intuito de fomentar a utilização de energia fotovoltaica no país, a Agência Nacional de Energia Elétrica coloca em vigor a Resolução 482/2012 que anos depois passa por uma retificação passando a vigorar a 687/2015. Estas trazem as definições sobre micro e minigeradoras fotovoltaicas. Desta forma esse trabalho vem com a intenção de quantificar quantos empreendimentos utilizam energia fotovoltaica conforme a resolução normativa nº687/2015, para isso foram utilizados os bancos de dados da ANEEL e com esses dados foram produzidos mapas temáticos. Com a elaboração dos mapas foi possível afirmar três principais dificuldades para a energia fotovoltaica não dominar o cenário nacional de energia elétrica, o cultural (i), o físico (ii) e a viabilidade econômica (iii).

Palavras-chave: Energia. Microgerador. Minigerador.

ABSTRACT

Maciel, Andre Luiz. Title in English. 2019. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2019.

For countries development the electric power has always been a limiting factor. Nowadays, with the advent of major environmental problems, the generation of energy from renewable sources is becoming increasingly intense on the world scene. Brazil has a hydro-based power genesis, failing to explore a large photovoltaic potential. In order to promote the use of photovoltaic energy in the country, the National Electricity Agency puts into vigor the Resolution 482/2012 and years later, it readjusts and begins to vigor the 687/2015. These are the definitions of micro and mini photovoltaic generators. Thus, this paper intends to quantify how many enterprises use photovoltaic energy according to the normative resolution nº687 / 2015, for that it was used the ANEEL databases and with this data, it was produced thematic maps. With the elaboration of the maps, it was possible to affirm three main difficulties for photovoltaic energy not to dominate the national scenario of electric energy, cultural (i), physical (ii) and economic viability (iii).

Keywords: Energy. Microgeneration. Minigeneration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz Elétrica Brasileira	11
Figura 2 – Distribuição de irradiação solar em horas na Alemanha e na Itália, países referência em geração fotovoltaicas.	13
Figura 3 – Distribuição de irradiação solar em horas no Brasil e na Espanha.	13
Figura 4 – Orientação da planta fotovoltaica no hemisfério sul	14
Figura 5 – Representação do sistema fotovoltaico isolado	15
Figura 6 – Representação do sistema fotovoltaico interligado à rede	17
Figura 7 – Fluxograma com a representação dos processos feitos.	18
Figura 8 – Imagem ilustrando o banco de dados da ANEEL.	19
Figura 9 – Fluxograma com o passo a passo para a pesquisa no banco de dados ANEEL.	19
Figura 10 – Total de potência instalada no ano de 2013.	20
Figura 11 – Unidades geradoras fotovoltaicas para o ano de 2013.	21
Figura 12 – Total de potência instalada no ano de 2015.	22
Figura 13 – Unidades geradoras fotovoltaicas para o ano de 2015.	22
Figura 14 – Total de potência instalada no ano de 2017.	23
Figura 15 – Unidades geradoras fotovoltaicas para o ano de 2017.	23
Figura 16 – Total de potência instalada no ano de 2019.	24
Figura 17 – Unidades geradoras fotovoltaicas para o ano de 2019.	24
Figura 18 – Aumento das Unidades Geradoras no decorrer dos anos.	25
Figura 19 – Aumento das Potências Instaladas no decorrer dos anos.	25
Figura 20 – Porcentagem de potencia que é utilizada em cada classe de geração no Brasil no ano de 2019.	26

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	9
1.1 Objetivo Geral	9
1.2 Objetivos Específicos	9
1.3 Justificativa	10
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Matriz Energética e Matriz Elétrica	11
2.2 Energia fotovoltaica	12
2.2.1 História	12
2.2.2 Panorama Brasileiro	12
2.2.3 Composição da Placa Fotovoltaicas	13
2.2.4 Instalação	14
2.2.5 Sistemas Fotovoltaicos	15
2.2.5.1 Sistemas Autônomos	15
2.2.5.2 Sistemas Interligados	16
2.3 Geração de energia elétrica: microgerador e minigerador	16
3 – METODOLOGIA	18
4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
5 – CONCLUSÃO	27
5.1 TRABALHOS FUTUROS	27
Referências	28

1 INTRODUÇÃO

O domínio sobre as fontes de energia no mundo tem sido um fator limitante para o desenvolvimento de um país. Este fator somado aos problemas ambientais, deixa o Brasil em uma situação muito favorável, tendo em vista que há grande disponibilidade de recursos naturais e renováveis (RELLA, 2017).

No contexto de geração distribuída, a fonte que mais tem se destacado é a energia fotovoltaica. Esta tem por característica principal a geração e o consumo em um mesmo lugar ou nas proximidades. Políticas energéticas e financiamentos para fomentar os empreendimentos energéticos estão sendo aplicados em países desenvolvidos (ABDALA, 2019)

No Brasil, a política energética criada foi a Resolução Normativa 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica, a qual veio com o objetivo de facilitar e padronizar as definições de micro e mini geradores (ANEEL, 2014). Posteriormente, esta resolução passou por uma reformulação e atualmente vigora a Resolução Normativa 687/2015.

Especialistas afirmam três fatores de grande impacto para a utilização de energia fotovoltaica. Estes são: (i) o fator teórico, que vem a ser a quantidade de irradiação que o local recebe, (ii) o fator técnico, que é fato de existir tecnologia para a utilização do potencial recebido pela área; e (iii) o fator econômico (PEREIRA, 2019a)

O Brasil, se comparado com os países referencia na geração fotovoltaica, recebe uma incidência solar 52% maior que a Alemanha, 27% maior que a Itália e 13% maior que a Espanha. É importante ressaltar também que somatória das gerações desses países é responsável por 54% de toda a geração fotovoltaica no mundo (TIEPOLO et al., 2014).

Considerando o exposto este trabalho tem como intenção de, quantificar os empreendimentos anteriores e posteriores à resolução de 2015, para obter uma análise precisa sobre o total de empreendimentos fotovoltaicos existentes no Brasil e poder afirmar se a resolução foi realmente eficaz em seu intuito primordial: a regulamentação e facilitação da utilização da energia fotovoltaica.

1.1 Objetivo Geral

Quantificar todos os empreendimentos que utilizam energia fotovoltaica conforme a resolução normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica nº687/2015.

1.2 Objetivos Específicos

- Levantar, no banco de dados da Agência Nacional de Energia Elétrica, o total da potência instalada no Brasil em, unidades geradoras, que utilizam geração de energia fotovoltaica;
- Mapear, classificando por região, o total de unidades geradoras, com a potência instalada, a quantidade de geradores e o total de créditos recebidos;

- Apresentar, conforme classificação, o total de potência instalada para diferentes classes de consumo por regiões.

1.3 Justificativa

No mundo existem diversas formas de geração de energia, porém a maioria das que são utilizadas atualmente, são provenientes de fontes fósseis ou não renováveis. Dentro dos desafios que a Organização das Nações Unidas (ONU), estão a erradicação da pobreza e o combate das mudanças climáticas, que estão intimamente ligadas. Tendo em vista que a geração de energia é a maior responsável pela emissão de gases poluentes, seguido por transporte e indústrias (PEREIRA, 2019a)

No questão de geração de energia, o Brasil tem a sua matriz energética baseada em fontes hídricas, as quais são responsáveis por mais de 65% de toda a energia gerada no país. Contudo as fontes não renováveis como petróleo e derivados, gás natural e carvão, somados, representam mais de 17% do total de energia gerada no país. Enquanto que a energia solar e eólica, juntas, representam, apenas 6,9%, mesmo com todo potencial fotovoltaico brasileiro (EPE, 2018).

Com o objetivo de fomentar a utilização de energia fotovoltaica no Brasil, em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica coloca em vigor a Resolução Normativa 482, que vinha regulamentar a utilização da energia fotovoltaica gera em unidades consumidoras, ou seja, regulamentar e facilitar a possibilidade do consumidor gerar a sua própria energia e vender o excedente.

No ano de 2015, a resolução 482/2012, passou por certas retificações e melhores definições sobre os micro e mini geradores e passa a valer a Resolução Normativa 687, esta traz atualizações sobre a 482/2012 e definições mais diretas sobre quais seriam os parâmetros que diferenciam uma micro geração de uma mine geração.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Matriz Energética e Matriz Elétrica

A princípio, as fontes de energia surgiram com a intenção de substituir a força animal ou humana, fator limitante para o desenvolvimento das sociedades. Os países que dominaram tais técnicas, desenvolveram-se com mais qualidade e velocidade, deixando os países resolutos para trás no processo de desenvolvimento (SIMABUKULO et al., 2016).

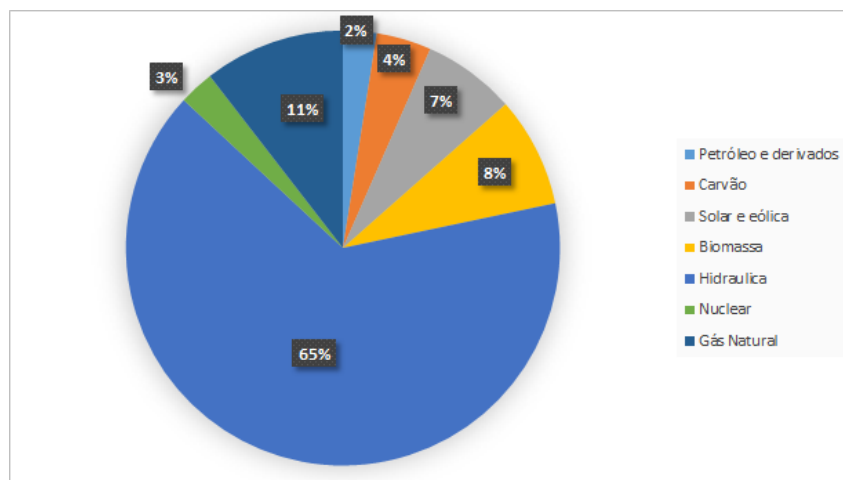
Atualmente, a energia serve não somente para substituir a força de animais, mas também para promover conforto às pessoas e maior produtividade com máquinas elétricas (QUEIROZ et al., 2017).

Energia pode ser entendida de várias formas porém, a única que pode ser considerada unanimidade, é que energia é trabalho. (SIMABUKULO et al., 2016). Também pode ser encontrada facilmente em nossa sociedade em forma de energia térmica dentro de nossos veículos e em nossos lares em forma de energia elétrica, além de outras formas: como mecânica, química e nuclear (QUEIROZ et al., 2017).

A possibilidade de transformar um fomento em energia, como por exemplo, lenha em fogo é considerada matriz energética, de modo que quando um fomento é utilizado para geração de energia elétrica é caracterizado como matriz elétrica (EPE, 2018).

A matriz elétrica brasileira é composta principalmente por fontes renováveis, nas quais a que se destaca é a hidroelétrica, representando 65,2% de toda a energia gerada no país (EPE, 2018), como representado na Figura 1.

Figura 1 – Matriz Elétrica Brasileira



Fonte: adaptado de EPE (2018)

2.2 Energia fotovoltaica

2.2.1 História

Os primeiros relatos do uso da energia fotovoltaica surgiram do ano de 1839, quando o físico e cientista francês Bequerel notou uma forte tensão expressa em forte luz que tinha como fonte um eletrodo metálico imerso em uma solução química (SOUZA; NETO, 2016).

A base dos painéis fotovoltaicos utilizados atualmente foi descoberta apenas em 1918, 79 anos após os primeiros indícios de estudos sobre o assunto. Com a curiosidade da comunidade científica, houveram mais estudos. Todavia, as primeiras placas apresentavam pouca eficiência (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

O desenvolvimento maior sobre energia fotovoltaica ocorreu entre as décadas de 70 e 90, ganhando força primeiramente em indústrias aeroespaciais. No presente com a grande discussão sobre fontes de energias renováveis, isto voltou a estar em alta na comunidade científica, que está desenvolvendo e fomentando pesquisas sobre energia fotovoltaica (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

A Terra recebe do sol 120000TW energia por ano, fazendo-se suficiente para suprir a energia necessária no planeta, deixando ainda um superavit de 10^4 (FERREIRA et al., 2016).

Atualmente o consumo de energia esta cada dia maior, sendo necessário cada vez mais diversificar a fonte geradora. Desta forma, as energias renováveis saem na frente, pois além de não gerarem gases, estão cada vez mais eficientes e no período entre 2003 e 2013 a energia fotovoltaica foi o segundo fomento que mais cresceu no mundo, ficando atrás, apenas da energia eólica (SILVA, 2015).

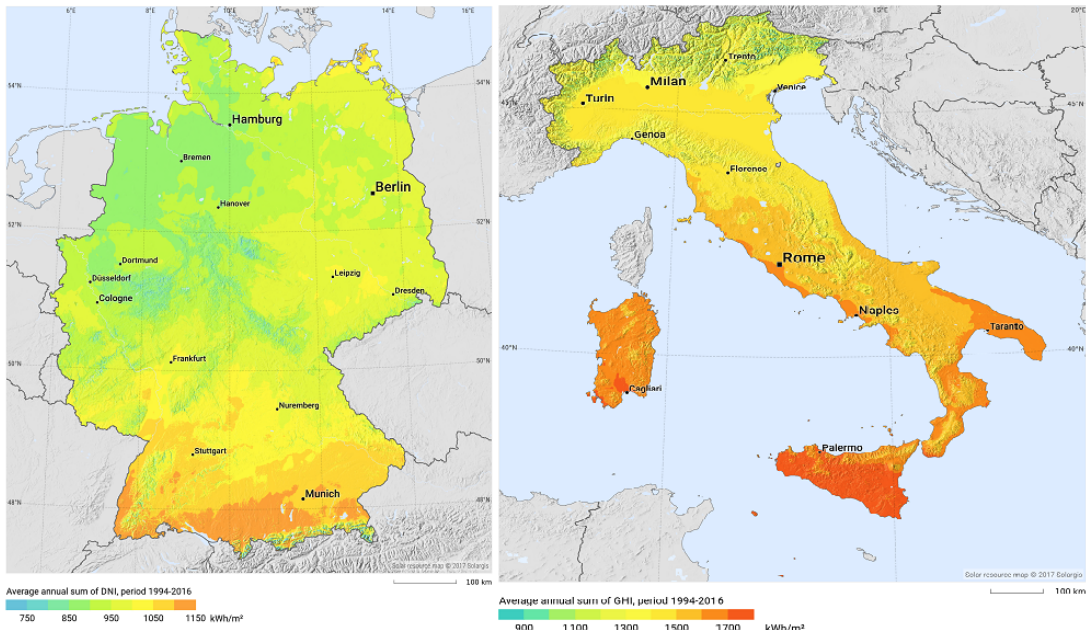
2.2.2 Panorama Brasileiro

O crescente aumento pela necessidade de energia elétrica fez com que em 2014, houvesse um leilão para a instalação de 889,6 MW em energia fotovoltaica (CASTRO et al., 2016).

Mesmo com esse investimento, o Brasil, ainda está com muito desse potencial fotovoltaico sem ser utilizado. Segundo Tiepolo et al. (2014), apenas o estado do Paraná tem potencial de instalação 52% maior que a Alemanha, 27% maior que a Itália e 13% maior que a Espanha, tendo em vista que esses são os países referência para a geração de energia fotovoltaica e, juntas, as potências instaladas dos três países representam 54% do total instalado no mundo.

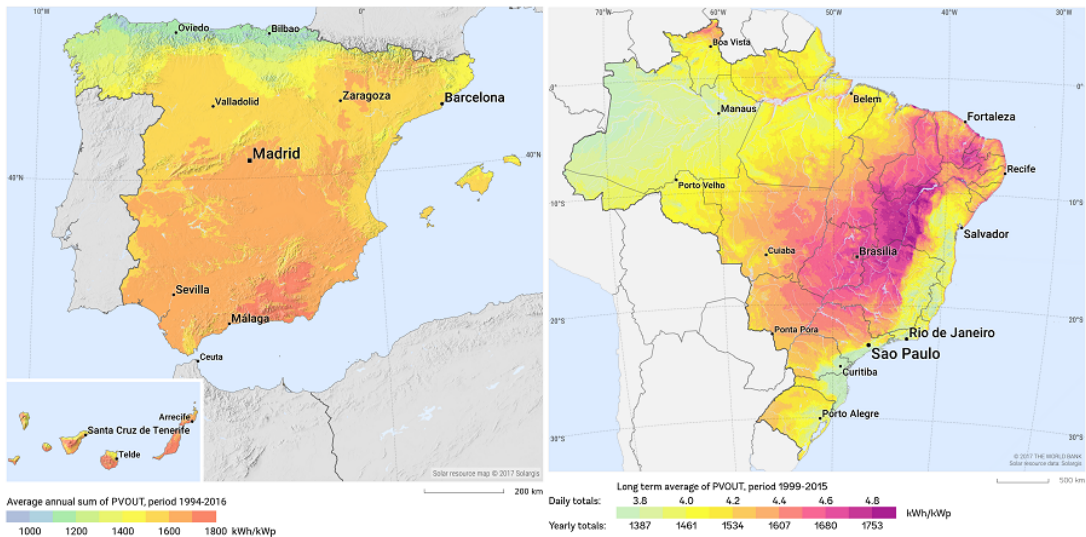
O potencial brasileiro em produzir energia fotovoltaica, fica ainda mais evidente quando comparamos os mapas de irradiação solar entre Brasil, Alemanha, Espanha e Itália (Figura 2 e 3).

Figura 2 – Distribuição de irradiação solar em horas na Alemanha e na Itália, países referência em geração fotovoltaicas.



Fonte: SOLARGIS (2019)

Figura 3 – Distribuição de irradiação solar em horas no Brasil e na Espanha.



Fonte: SOLARGIS (2019)

2.2.3 Composição da Placa Fotovoltaicas

As placas fotovoltaicas são, em sua maioria, compostas por sílica e com sua popularização e os estudos cada vez mais aprofundados sobre nanotecnologia, as placas estão tornando-se cada vez mais acessíveis (FERREIRA et al., 2016).

Dentre vários métodos de fabricação de células fotovoltaicas, destacam-se no mercado

os de módulos monocristalinos e policristalino, que são os feitos com sílica e representam 90% do mercado de módulos fotovoltaicos, segundo Suzuki e Rezende (2013).

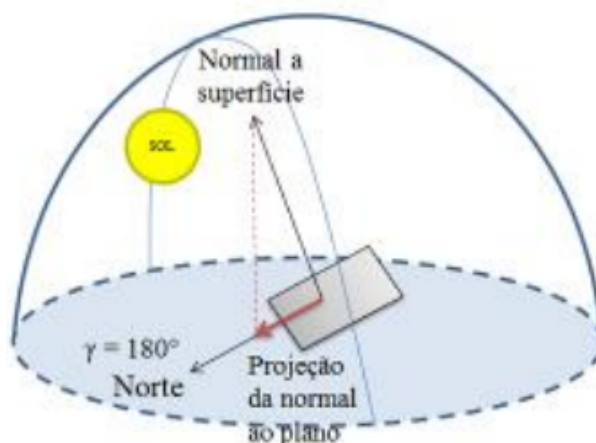
Os módulos monocristalinos são os mais eficientes. Normalmente com cores uniformes e mais escuras. Também são mais eficientes, variando entre 15% e 18%, porém a resistência é menor em relação aos policristalinos e apresenta um valor mais elevado para a produção (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Por outro lado, os módulos policristalinos apresentam menor eficiência em relação aos monocristalinos, essa eficiência fica entre 13% e 15% e apresenta cores mais heterogêneas tendendo ao azul. As duas possuem grande fragilidade e para aumentar a resistência mecânica devem ser montadas em módulos (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

2.2.4 Instalação

Para maior eficiência da planta fotovoltaica, deve-se respeitar uma série de variáveis como, por exemplo, o posicionamento da planta em relação ao Globo. No hemisfério sul, é comum as plantas ficarem posicionadas em direção para a Linha do Equador (PEREIRA, 2019b), essa orientação está expressa na Figura 4

Figura 4 – Orientação da planta fotovoltaica no hemisfério sul



Fonte: Júnior et al. (2018)

Quanto ao ângulo adotado entre as placas e o solo, esse deve ser próximo a latitude, potencializando, assim, a produção de energia e evitando sombreamento (JÚNIOR et al., 2018).

Nas áreas rurais, onde há disponibilidade de espaço físico não há tanta preocupação com sombreamento. Porém, em centros urbanos essa preocupação se torna mais notável, devido a construções, árvores e torres presentes nos centros urbanos (ALONSO, 2016).

Sombreamento é um fator que pode ser classificado como próximos que é o caso de árvores e postes, ou distantes, que seriam montanhas e prédios afastados da planta fotovoltaica. Os sombreamentos próximos são mais prejudiciais à geração, pois ao interromperem a geração

em algumas células, estas passam a absorver a potência enquanto que as restantes continuam a conduzir. Deste modo, ocorre um efeito chamado de *hotspot*, que é quando a corrente excede o limite de curto circuito da célula (PEREIRA, 2019b).

2.2.5 Sistemas Fotovoltaicos

Segundo Villalva e Gazoli (2012), os sistemas fotovoltaicos são basicamente divididos em dois tipos: (i) conectados a rede (*on-grid*); e (ii) não conectados a rede (*off-grid*).

2.2.5.1 Sistemas Autônomos

Sistemas autônomos são os sistemas não conectados a rede. Compostos pela célula ou módulo fotovoltaico, bateria, controlador de carga e dependendo da destinação final da energia gerada, é necessário também um inversor de frequência. (SOUZA; NETO, 2016).

Torna-se necessário a instalação de um inversor de frequência, pois a geração de um painel fotovoltaico é feito em corrente contínua e a maioria das utilizações para energia é feita em corrente alternada. A transformação de correntes é feita pelos inversores (VILLALVA; GAZOLI, 2012). O sistema está representado na Figura 5

Figura 5 – Representação do sistema fotovoltaico isolado



Fonte: Souza e Neto (2016)

Como a energia fotovoltaica depende do Sol para ser gerada, pode acontecer de no momento em que seja necessária, não exista ocorrência de radiação solar. Com o objetivo de tornar o fornecimento de energia mais uniforme, é necessário a instalação de baterias, as quais

podem ser instaladas em conjunto para obter maior tensão quando estiverem em série e para obter maiores correntes devem ser instaladas em paralelo (SUZUKI; REZENDE, 2013).

Estes sistemas, são de grande importância em locais onde a energia elétrica da rede não alcança, por exemplo, aldeias indígenas e propriedades rurais (SOUZA; NETO, 2016)

2.2.5.2 Sistemas Interligados

Sistemas que são ligados à rede elétrica são conhecidos como sistemas interligados. Esses podem ser de grande porte, como usinas de geração de energia, ou podem ser representados por micro e mini geradores instalados em qualquer unidade consumidora.

Segundo a Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2012), as categorias de geradores fotovoltaicos são:

- Microgerador com potência instalada até 75kW;
- Minigerador com potência entre 75KW e 5MW; e
- Usina de eletricidade com potência maior que 5MW.

Com a intenção de reduzir suas contas de energia elétrica e diminuir a dependência da energia da rede pública, donos de empresas e casas instalam minigeradores em seus telhados. Além da redução dos valores das contas de energia, os empresários notaram que o apelo ambiental da energia fotovoltaica tem atraído clientes (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

No Brasil, segundo Moreno e Hollanda (2015), existe um modelo padrão de instalação de sistemas interligados, o qual consiste em uma célula ou módulo gerador, um inversor de frequência e um medidor bidirecional, conforme a Figura 6.

O inversor de frequência tem a mesma finalidade para os sistemas interligados e para os sistemas autônomos. Já os medidores bidirecionais têm como função medir as entradas e saídas de energia da casa. Caso haja maior geração do que consumo, a energia sobressalente é direcionada à rede pública de energia, criando então um novo mercado de energia brasileiro (MORENO; HOLLANDA, 2015).

O mercado de energia elétrica para mini e microgeradores, foi regulamentado, a princípio, pela Resolução Normativa n482/2012, proposta pela ANEEL(ANEEL, 2014). No entanto, já houve uma alteração e atualmente a normativa que está em vigor, é a Resolução Normativa n687/2015 (MORENO; HOLLANDA, 2015).

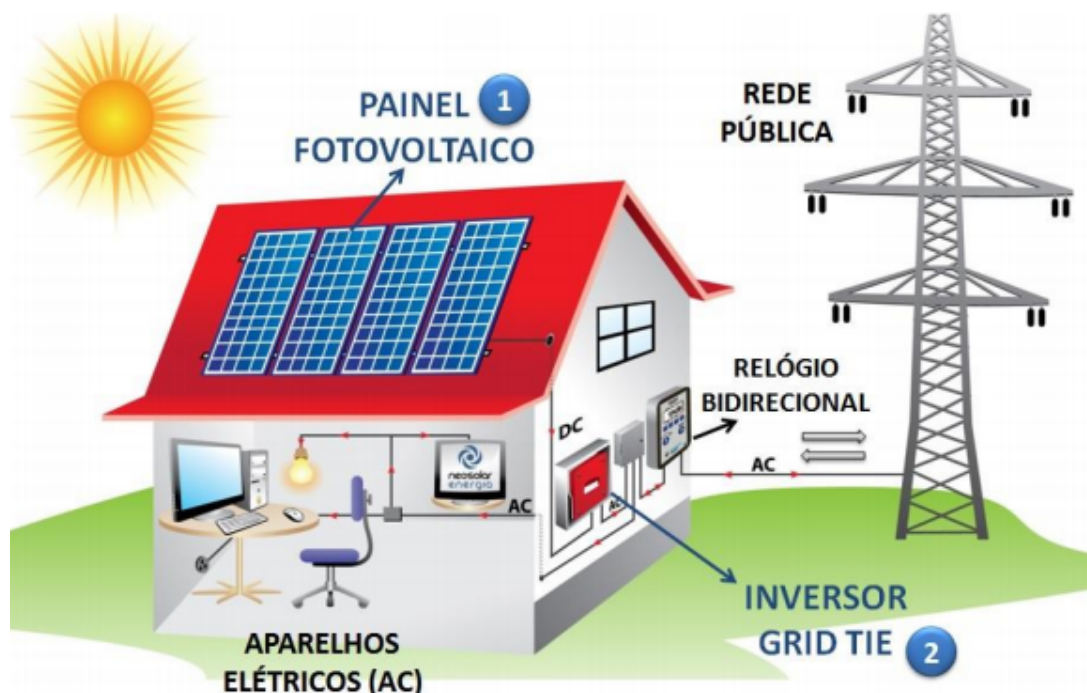
2.3 Geração de energia elétrica: microgerador e minigerador

O órgão regulamentador da geração e distribuição de energia elétrica no Brasil é a ANEEL (2015) e por meio da Resolução Normativa n687, de 24 de novembro de 2015, vem regular e definir o que são os micro e minigeradores.

Onde a Resolução Normativa traz que, para ser um microgerador deve obedecer aos seguintes parâmetros:

- Potência instalada menor ou igual a 75kw;

Figura 6 – Representação do sistema fotovoltaico interligado à rede



Fonte: Souza e Neto (2016)

- Tendo como fomento cogeração qualificada ou fontes renováveis; e
- Estar em uma unidade consumidora, conectada a rede elétrica

A Resolução Normativa apresenta também os parâmetros para ser considerado um minigerador:

- Potência instalada maior que 75kw e menor que 5kw, para geradores fotovoltaicos;
- Tendo como fomento cogeração qualificada ou fontes renováveis; e
- Estar em uma unidade consumidora, conectada a rede elétrica

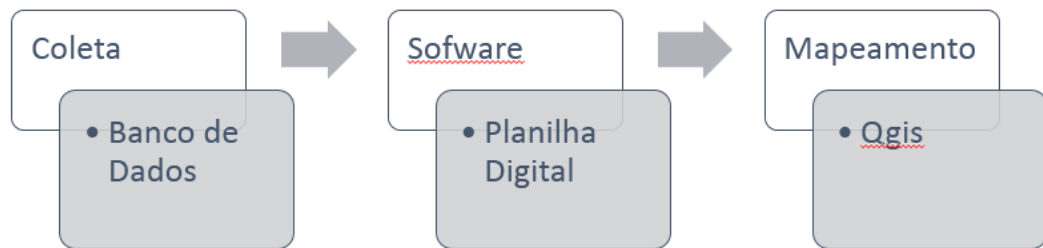
A Resolução nº687/2015, ainda dispõe sobre os critérios para a compensação de energia. Esses critérios ficam evidentes no artigo 7, que traz a definição de compensação de energia elétrica para micro e minigeradores, que resumidamente, trata-se dos valores referentes ao que foi consumido, deduzindo com o que foi injetado na rede. Caso haja valores sobressalentes referentes a meses anteriores, estes valores também entram na dedução

Fica previsto também na Resolução que qualquer manutenção necessária no sistema de geração, tanto micro quanto minigeração é de responsabilidade do proprietário do empreendimento, não havendo nenhum acréscimo no valor deduzido na compensação.

3 METODOLOGIA

A coleta de dados foi realizada no Banco de Dados da ANEEL(Figura8). Depois de coletados os dados, estes foram organizados em planilhas digitais, com o objetivo de otimizar o trabalho. Os dados foram passados para o software Qgis e então, foi feito o mapeamento de todo o país com os dados de unidades geradoras e potência instalada, referentes ao ano de 2008, primeiro ano de registro para energia fotovoltaica, o qual é o ano anterior a Resolução nº 482/12. Seguido por um mapa com dados referentes ao ano de 2013, 2015, 2017 e 2019. Foi utilizado um espaço de dois anos entre os mapas, devido a maior variação dos dados entre eles. Os processos foram representado de modo esquemático na Figura 7.

Figura 7 – Fluxograma com a representação dos processos feitos.



Fonte: Autoria Própria.

Para a comparação entre as regiões foi feito um gráfico de linhas mostrando o desenvolvimento na utilização de energia fotovoltaica, tanto na questão de unidades geradoras, quanto no potencial instalado.

No mesmo banco de dados, mas apenas para o ano de 2019, foi coletado dados referentes as classes de consumo, esses dados foram convertidos de modo a ficar expresso em porcentagens e então facilitar a criação de um gráfico de setores.

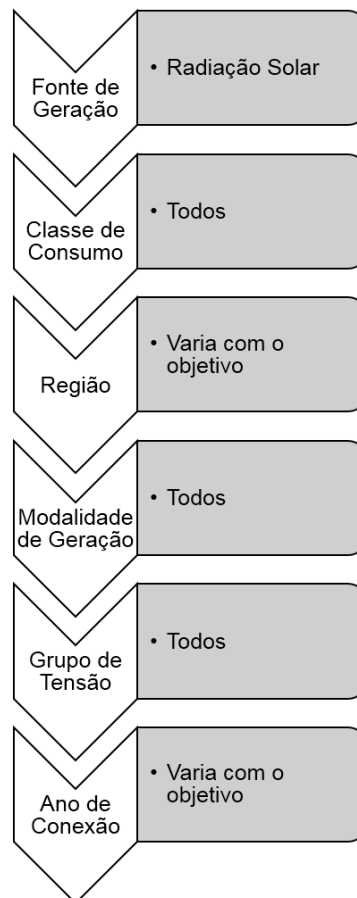
No fluxograma (Figura 9) a seguir estão ilustradas as opções que foram selecionadas para a coleta de dados do total de unidades geradoras e potencia instalada.

Figura 8 – Imagem ilustrando o banco de dados da ANEEL.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 9 – Fluxograma com o passo a passo para a pesquisa no banco de dados ANEEL.



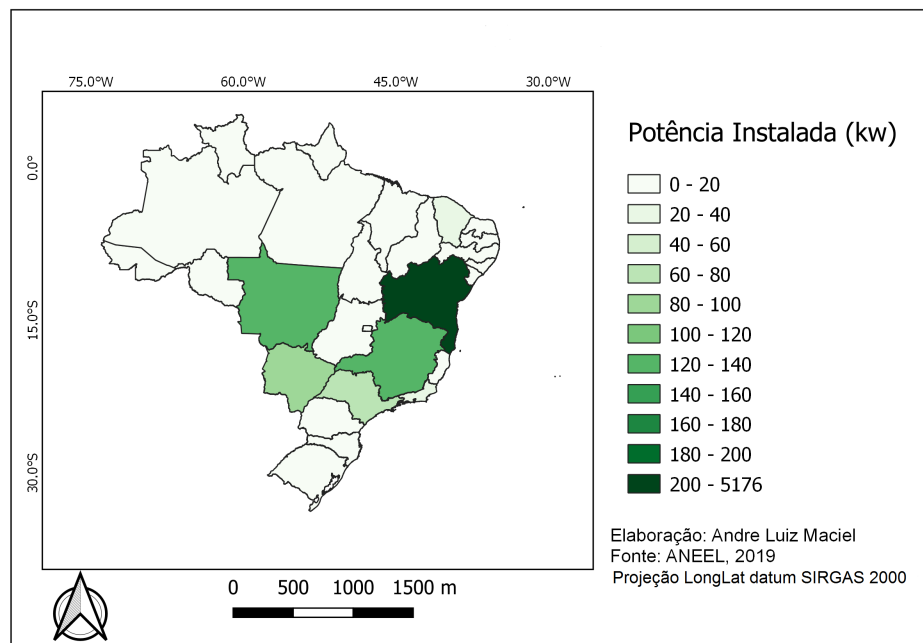
Fonte: Autoria Própria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram elaborados mapas referentes aos de 2013 (Figura 10 e 11), 2015 (Figura 12 e 13), 2017 (Figura 14 e 15) e 2019 (Figura 16 e 17), todos com dados do banco de dados da ANEEL.

O objetivo é comparar a geração entre os estados. No ano de 2008, o único estado que apresenta energia fotovoltaica conectada a rede foi o estado de São Paulo, com apenas um gerador, tendo geração de 0.5 kw, deste modo não é viável a comparação.

Figura 10 – Total de potência instalada no ano de 2013.



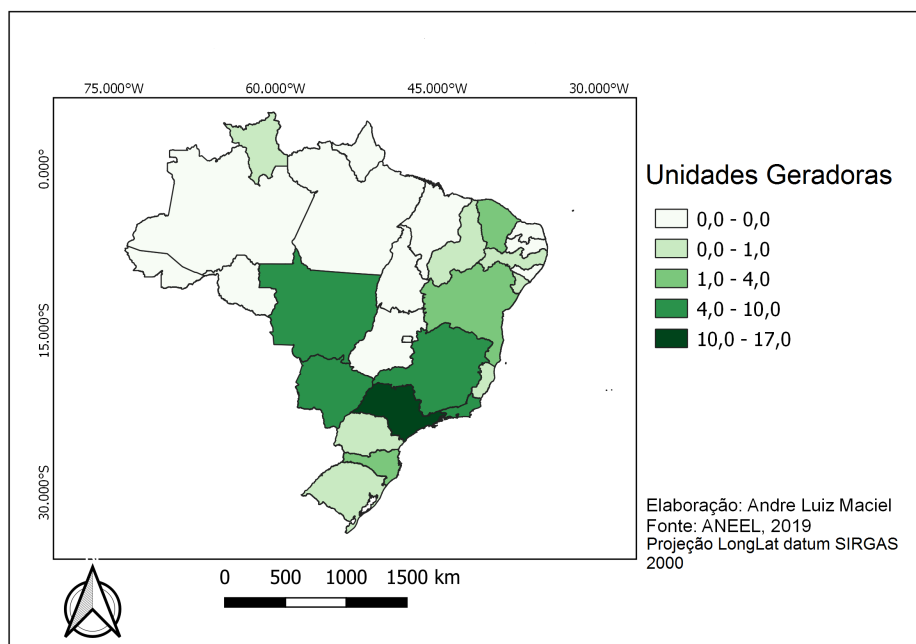
Fonte: Autoria Própria.

O ano de 2013 (Figura 10 e 11) foi o primeiro ano de em que o Banco de Dados, apresenta dados realmente significativos de utilização de energia fotovoltaica para todo o país, por essa razão é o primeiro ano representado no trabalho. Ainda nesse mapa, fica evidente que nem sempre a quantidade de unidade geradoras, é proporcional ao total de potencia instalada. Como no Estado da Bahia que fica entre os estados com menos unidades geradoras, porém esta entre os estados com mais geração.

No ano de 2015 (Figura 12 e 13), segundo os mapas, há uma equivalência entre as geração dos estados. Não obstante, a mesma falta de proporcionalidade entre as potencias e as unidades geradoras ainda acontecem.

No ano de 2017, há uma equivalência entre os mapas de unidades geradoras (Figura 15) e as potências instaladas (Figura 14). Os dois mapas trazem como soberanos os estados de Minas Gerais e Mato Grosso.

Figura 11 – Unidades geradoras fotovoltaicas para o ano de 2013.



Fonte: Autoria Própria.

O ano de 2019 fica marcado com a equivalência nas gerações entre os estados das Regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul (Figura 16). Quando nos referimos a unidades geradoras o Estado de Minas Gerais e por consequência a Região Sudeste se destacam ainda (Figura 17).

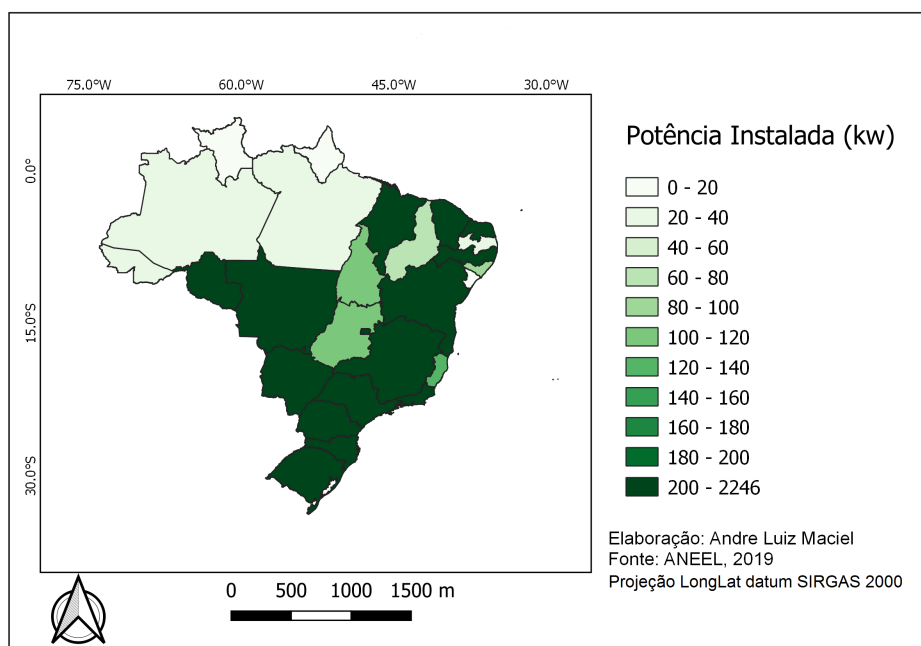
Comparando os mapas, pode-se afirmar que o estado de São Paulo foi pioneiro na utilização de energia fotovoltaica no Brasil, refletindo na utilização da energia fotovoltaica até os dias de hoje. Este fato somado a uma grande geração do Estado de Minas Gerais corroboram com a soberania da Região Sudeste na utilização desta tecnologia. Figuras 18 e 19.

Comparando a Figuras 3 com as Figuras 18 e 19, que trás o mapa de irradiação solar do Brasil, pode-se dizer que as regiões onde mais recebe irradiação solar, são exatamente as que menos fazem o uso de energia fotovoltaica.

Essas são as Regiões Norte e Nordeste, porém a região Norte sai prejudicada com relação a utilização de energia fotovoltaica, devido a presença da floresta amazônica. Em contrapartida a Região Nordeste, com o auxílio do governo, pode vir a torna-se um potencia na utilização de energia fotovoltaica.

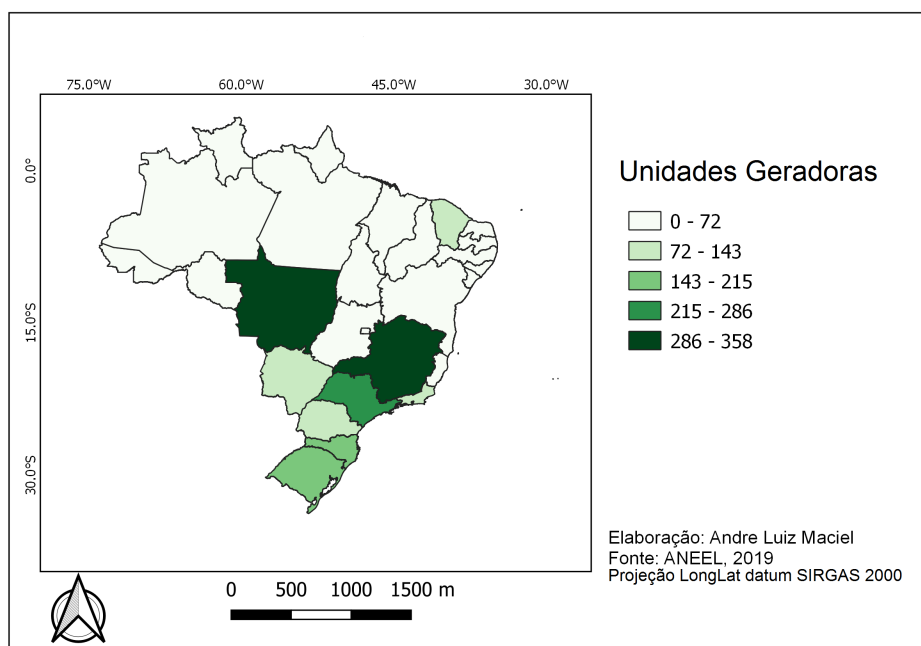
A Figura 20, deixa evidente que a maior utilização da energia fotovoltaica no Brasil, é em residências, sendo responsável por 74,75% de toda a energia fotovoltaica. A utilização deste modo de geração pelo poder público, ainda é pouco utilizada, isto deixa evidente o grande poder de crescimento que a energia fotovoltaica pode ter, se houver um maior investimento do poder público.

Figura 12 – Total de potência instalada no ano de 2015.



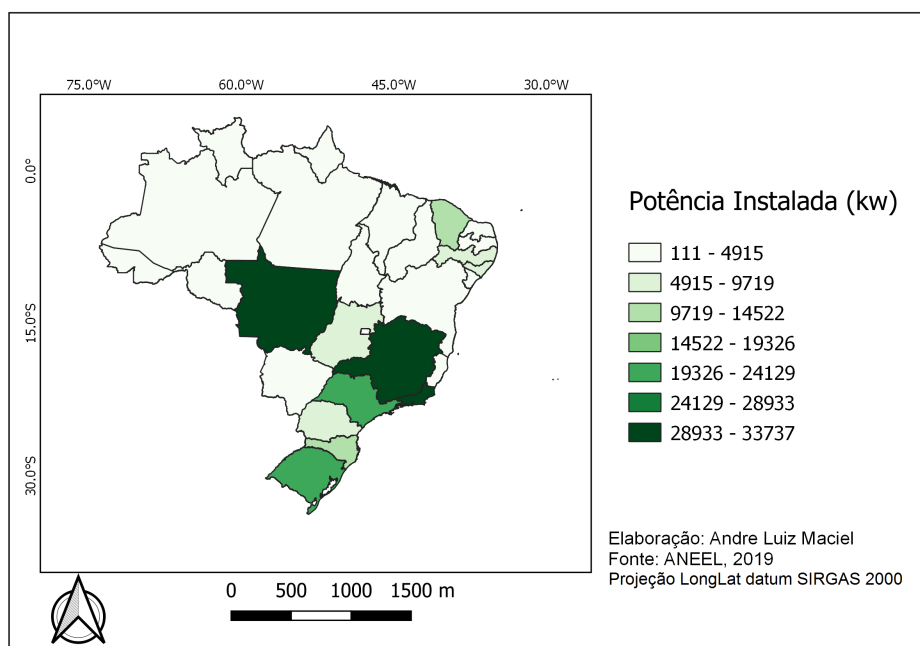
Fonte: Autoria Própria.

Figura 13 – Unidades geradoras fotovoltaicas para o ano de 2015.



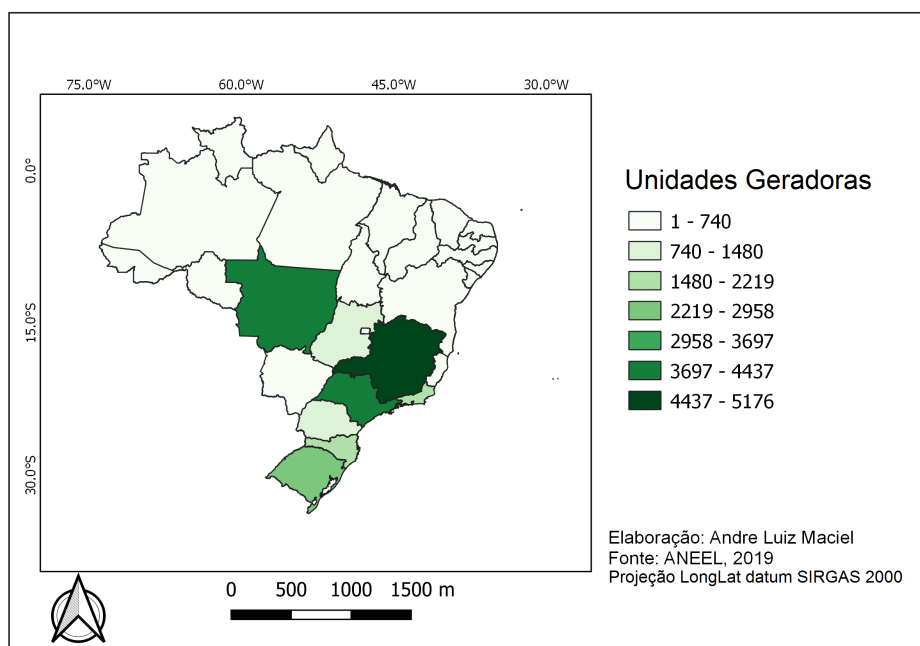
Fonte: Autoria Própria.

Figura 14 – Total de potência instalada no ano de 2017.



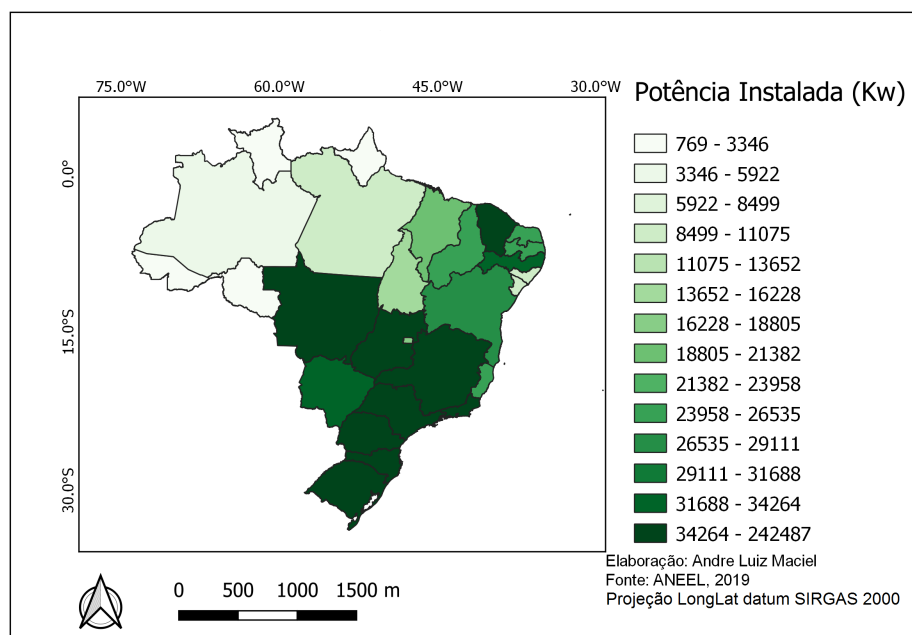
Fonte: Autoria Própria.

Figura 15 – Unidades geradoras fotovoltaicas para o ano de 2017.



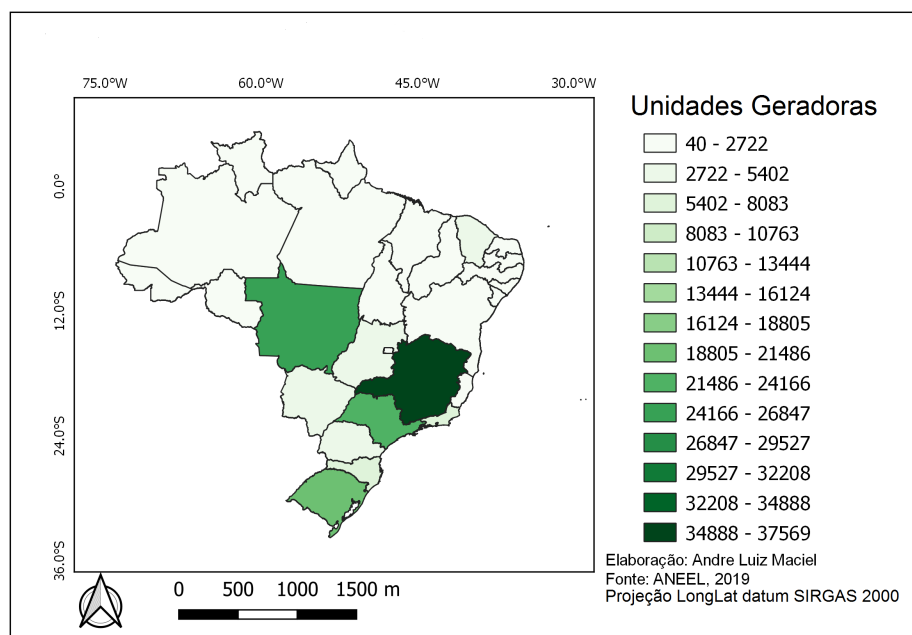
Fonte: Autoria Própria.

Figura 16 – Total de potência instalada no ano de 2019.



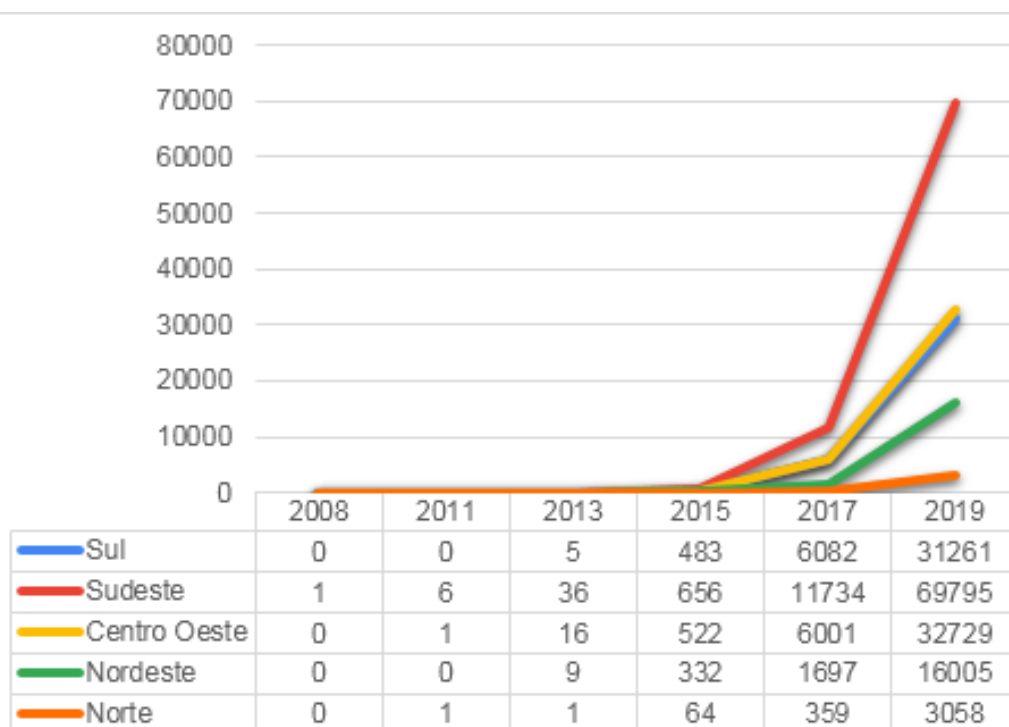
Fonte: Autoria Própria.

Figura 17 – Unidades geradoras fotovoltaicas para o ano de 2019.



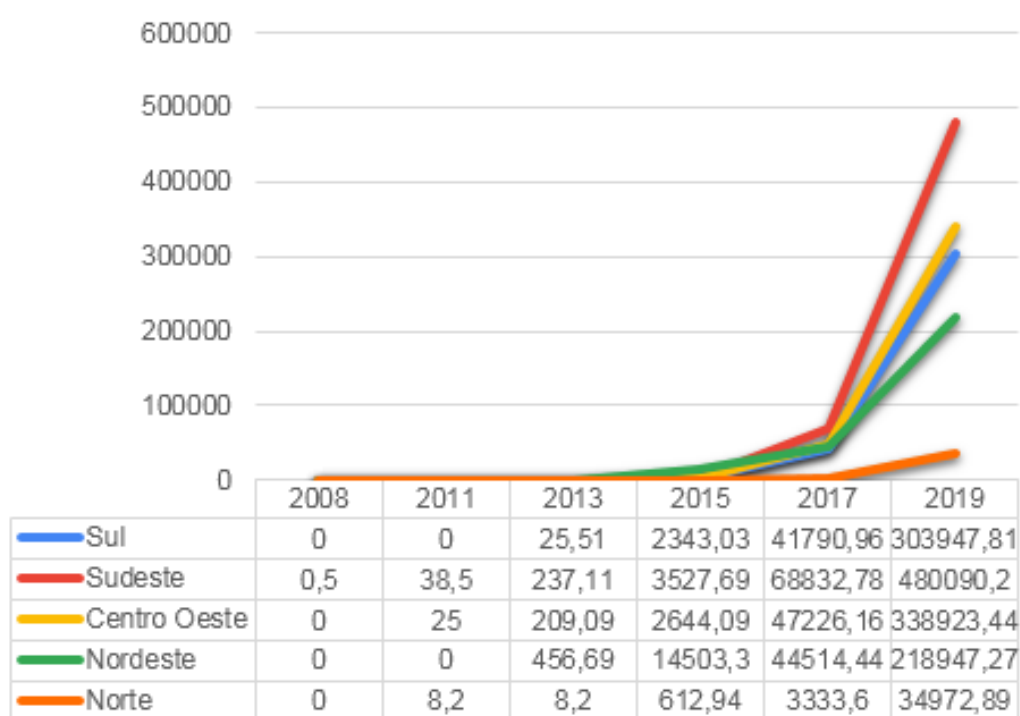
Fonte: Autoria Própria.

Figura 18 – Aumento das Unidades Geradoras no decorrer dos anos.



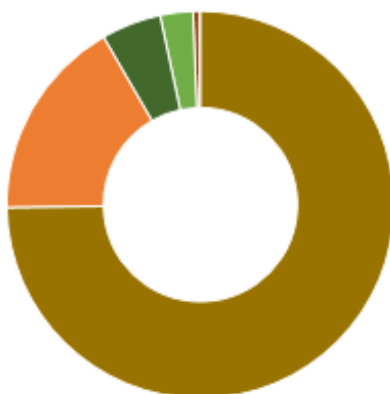
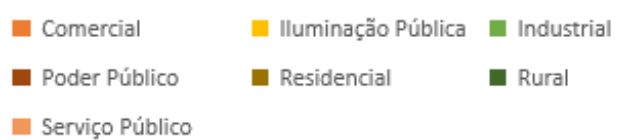
Fonte: Autoria Própria.

Figura 19 – Aumento das Potências Instaladas no decorrer dos anos.



Fonte: Autoria Própria.

Figura 20 – Porcentagem de potencia que é utilizada em cada classe de geração no Brasil no ano de 2019.



Fonte: Autoria Própria.

5 CONCLUSÃO

Partindo das discussões a respeito dos mapas elaborados, chegamos em três principais fatores que podem ser responsáveis pelo não domínio da energia fotovoltaica no cenário nacional.

O primeiro é o fator cultural, onde a maior parte do país é abastecido por energia de fonte hídrica, tendo de 1984 a 2003 a maior usina de geração de energia do mundo que é a usina de Itaipu. Fator muito evidente no Paraná, onde está localizada a Itaipu que se soma a mais duas Centrais Geradoras Hidroelétricas e outras inúmeras Pequenas Centrais Hidrelétrica (ANEEL, 2015).

O segundo fator, é o fator físico de modo que em alguns lugares do país a incidência solar é alta, porém não há locais apropriados para a sua alocação, como é o caso da região Norte do país, que tem grande incidência solar chegando a 1534 kwh/kwp, todavia o fato da floresta ocupar grande parte de sua área dificulta a instalação dos painéis.

Por fim, o terceiro fator é a inviabilidade econômica para a instalação de módulos fotovoltaicos, pois para a instalação de painéis fotovoltaicos em residências de porte médio, ainda é inviável. Tornando mais atrativo apenas para empresas que tem um consumo de energia maior e portanto terá um tempo de retorno maior.

O cenário brasileiro para a energia fotovoltaico no Brasil é favorável, pois conforme os mapas demonstram, em todos os anos houve um aumento na geração. Desta forma um futuro não tão longo poderemos estar despontando no cenário mundial de geração fotovoltaica.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Como possíveis trabalhos futuros, é sugerido a utilização de dados de geradores não interligados a rede e não apenas aos interligados a rede. Ainda é possível um estudo sobre os as reais circunstâncias que levam a Região Sudeste a uma potência na geração fotovoltaica.

Referências

- ABDALA, P. J. P. **Energia Solar e Eolica 2**. [S.l.: s.n.], 2019. v. 2. Citado na página 9.
- ALONSO, R. H. **Posicionamento eficiente de módulos fotovoltaicos em plantas solares no ambiente urbano**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2016. Citado na página 14.
- ANEEL. **Resolução Normativa nº687, de 24 de Novembro de 2015**. 2015. Acessado: 15 abr. 2019. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2019. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 27.
- ANEEL, C. T. Micro e minigeração distribuída. **Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Brasília, DF, Brasil: Centro de Documentação–Cedoc**, 2014. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 16.
- CASTRO, N. de et al. Brazil and the international electrical integration: Background, current status and perspectives. **Energy Procedia**, v. 106, p. 204 – 214, 2016. ISSN 1876-6102. Energy Economics Iberian Conference, EEIC 2016, 4-5 February 2016, Lisbon, Portugal. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610216316745>>. Citado na página 12.
- EPE, E. de P. E. Balanço energético nacional 2018: Ano base 2017; empresa de pesquisa energética. **Rio de Janeiro-RJ**, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 10 e 11.
- FERREIRA, M. et al. **Grandes áreas da nanociência e suas aplicações**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2016. v. 2. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 13.
- JÚNIOR, C. L. et al. Energia solar: metodologia para avaliação do local de instalação de sistema fotovoltaico fomentando a educação ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 13, n. 3, p. 233–244, 2018. Citado na página 14.
- MORENO, B.; HOLLANDA, L. Micro e minigeração no brasil: viabilidade econômica e entraves do setor. FGV Energia, 2015. Citado na página 16.
- PEREIRA, R. C. **Políticas públicas para expansão da energia fotovoltaica: Um estudo dos principais programas de incentivos da tecnologia no Brasil**. Tese (Doutorado), 2019a. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 10.
- PEREIRA, S. C. M. **Projeto de microgeração fotovoltaica conectada à rede de distribuição com análise econômico-financeiro para a comunidade do quilombo do Campinho da Independência em Paraty-RJ**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019b. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 15.
- QUEIROZ, H. et al. **Economia da Energia**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2017. Citado na página 11.
- RELLA, R. Energia fotovoltaica no brasil. **Revista de Iniciação Científica**, v. 15, n. 1, p. 28–38, 2017. Citado na página 9.
- SILVA, R. M. d. **Energia solar no Brasil: dos incentivos ao desafios**. Tese (Doutorado), 2015. Citado na página 12.

SIMABUKULO, L. A. N. et al. Energia, industrialização e modernidade—história social. v. 23, 2016. Citado na página 11.

SOLARGIS. **Solar resource maps and GIS data for 200 countries**. 2019. Acessado: 13 mai. 2019. Disponível em: <<https://solargis.com/maps-and-gis-data/overview>>. Acesso em: 13 mai. 2019. Citado na página 13.

SOUZA, J.; NETO, A. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações para o ensino médio**. Tese (Doutorado) — UFPA, Pará, 2016. Citado 4 vezes nas páginas 12, 15, 16 e 17.

SUZUKI, E. V.; REZENDE, F. D. **Estudo da utilização da geração fotovoltaica para auxiliar a suprir a demanda crescente de energia elétrica no Brasil**. Tese (Doutorado), 2013. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 16.

TIEPOLO, G. M. et al. Comparação entre o potencial de geração fotovoltaica no Estado do Paraná com Alemanha, Itália e Espanha. In: **V Congresso Brasileiro de Energia Solar—V CBENS, Recife**. [S.l.: s.n.], 2014. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 12.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. [S.l.: s.n.], 2012. Citado 4 vezes nas páginas 12, 14, 15 e 16.