



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
CURSO INTERDISCIPLINAR EM CIENCIA E TECNOLOGIA

MAYCON DOUGLAS NUNES FONSECA

**PANORAMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL
COM FOCO NO RIO GRANDE DE NORTE**

ANGICOS-RN

2021

MAYCON DOUGLAS NUNES FONSECA

**PANORAMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL
COM FOCO NO RIO GRANDE DE NORTE**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Rafael da Costa Ferreira

ANGICOS

2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F676p Fonseca, Maycon Douglas Nunes .
Panorama de geração de energia solar
fotovoltaica no Brasil com foco no Rio Grande do
Norte / Maycon Douglas Nunes Fonseca. - 2021.
49 f. : il.

Orientador: Rafael da Costa Ferreira .
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de , 2021.

1. Fotovoltaica. 2. Matriz elétrica. 3. Geração
centralizada. 4. Geração distribuída. 5. Energia
solar. I. , Rafael da Costa Ferreira, orient. II.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Biblioteca Campus Angicos
Bibliotecário: Helder Romero Maia Duarte
CRB: 15/673

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MAYCON DOUGLAS NUNES FONSECA

**PANORAMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA DO BRASIL
COM FOCO NO RIO GRANDE DE NORTE**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semiárido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em Ciência
e Tecnologia.

Defendida em: 20 / 11 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rafael da Costa Ferreira (UFERSA)
Presidente

Prof. Dr. Geomar Galdino da Silva (UFERSA)
Membro Examinador

Prof. Dr. Maristelio da Cruz Costa (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a deus por ter me escolhido e me capacitado para esta conquista, por muitas vezes eu duvidei de mim mesmo, mas quando eu menos esperava é que ele me surpreendia, quando eu perdia a fé de que conseguiria terminar esse trabalho, ele me acalmava me fazia entender que ele da tarefa que não possa cumprir.

Agradeço aos meus pais, Francisco Canindé da Fonseca e Elisangela Nunes de Melo Santos, que apesar de não estarem me incentivando com palavras, era dessa falta de palavras que surgiam minhas forças, sei que o apoio de vocês vinha de outras formas. Agradeço principalmente por acreditar que eu conseguiria, por mais que não demonstrassem isso, mas que pais não querem um bom futuro para o seu filho?! Obrigado por sempre me ajudar financeiramente com as despesas cujo as mesmas equivalem a uma parte dessa conquista.

Agradeço as minhas irmãs Byanca Priscilla Nunes da Fonseca e Gyselle Karen Nunes da Fonseca por me aguentarem quando eu estava estressado por conta das atividades desse curso, por me ajudarem no que podiam da forma delas, sempre que eu precisava.

Agradeço a meus amigos, em especial, Ana Caroline, Gleydson Rodrigues, Mateus Henrique, Sara Mariany e Italo Darlan e Juliana Emanuele, por sempre me apoiarem quando precisei e me mostrar que nem sempre minhas escolhas eram as certas. Agradeço também aos amigos que ganhei durante esse curso, “o Septeto”, Terezinha, Maylla, Graziela, João Lucas e Taina e Fabricio. Enfim, a todos aqueles que me apoiaram nessa escolha.

Agradeço as pessoas com quem morei em angicos, dentre elas amigos, pessoas que vieram a se tornar amizades que levarei pro resto da vida.

Agradeço Orientador por ter dedicado seu tempo a me ajudar, me enriquecendo com sua sabedoria, obrigado por ter me ajudado em mais essa conquista

Agradeço a Banca Examinadora por avaliar com seriedade meu trabalho.

RESUMO

Muitos autores quando falam sobre geração de energia solar fotovoltaica brasileira, apontam o Rio grande do Norte como grande potencial para geração dessa energia, e tais dados podem ser comprovados com os dados coletados por empresas como a Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR). Mediante a atual crise energéticas que o Brasil enfrenta os números da geração de energia solar fotovoltaica distribuída, ou seja, em propriedades próprias com sistemas ligados a rede, tem aumentado a cada mês. Com isso o referente trabalho tem por objetivo apresentar um panorama dessa geração de energia elétrica.

Palavras-chave: Fotovoltaica. Matriz Elétrica. Geração centralizada. Geração distribuída Energia solar.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Materiais usados na produção da placa solar.....	25
Figura 2	– Elétron se movendo eixando o espaço vazio.....	26
Figura 3	– Espaço vazio é preenchido por outro elétron.....	26
Figura 4	– Gerando a corrente elétrica.....	27
Figura 5	– Geração on-grid.....	28
Figura 6	– Geração off-grid.....	29
Figura 7	– Matriz energética Brasileira.....	31
Figura 8	– Matriz elétrica Brasileira.....	32
Figura 9	– Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil.....	34
Figura 10	– Ranking estadual de geração distribuída, novembro.....	37
Figura 11	– Ranking municipal de geração distribuída, novembro.....	37
Figura 12	– Ranking estadual de geração centralizada, novembro.....	38
Figura 13	– Mapa do potencial fotovoltaico Brasileiro.....	45
Figura 14	– Mapa de incidência solar do RN.....	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	–	Linha do tempo: Evolução dos painéis fotovoltaicos	18
----------	---	--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Mudanças na norma	41
Tabela 2	– Índices de geração anual do Brasil.....	51
Tabela 3	– Índices de geração anual do Rio Grande do Norte.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBAMA	Instituto brasileiro do Meio Ambiente
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
OPV	Painel solar de Células Fotovoltaicas Orgânicas
SIGS	Cobre, Índio, Gálio e Seleneto
HJT	Painel Solar Híbrido
TFPV	Células fotovoltaicas de Película Fina
GD	Geração Distribuída
GC	Geração Centralizada
CC	Corrente Contínua
CA	Corrente Alternada
ANELL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
MME	Ministério de Minas e Energia
ONS	Operados Nacionais dos Sistemas Elétricos
CO ₂	Dióxido de Carbono
ABRACEL	Associação Brasileira de comercializadores de Energia
IBOPE	Instituto Brasileiro de Opinião e Estatística
SCEE	Sistema de Compensação de Energia Elétrica
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
V	Volts
MW	Megawatts
kW	Kilowatt
MWp	Megawatt potência

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Histórico de energias renováveis.....	14
2.2	Radiação solar	15
2.3	Surgimento e evolução da energia fotovoltaica	16
2.4	Tipos de painéis solares.....	18
2.4.1	Painel solar fotovoltaico de silício monocristalino.....	19
2.4.2	Painel solar fotovoltaico de silício policristalino	19
2.4.3	Painel solar de silício amorfo (a-Si)	19
2.4.4	Painel solar de telureto de cádmio (CdTe).....	20
2.4.5	Painéis solares de cobre, índio, gálio e seleneto (CIS/CIGS)	20
2.4.6	Painel solar de células fotovoltaica orgânica (OPV)	20
2.4.7	Painel solar híbrido – HJT	21
2.4.8	Painel solar de filme fino	21
2.5	Construção do painel solar fotovoltaico.	22
2.6	Funcionamento dos painéis fotovoltaicos.	22
2.7	Processo de geração de eletricidade através do efeito fotovoltaico	23
2.8	Sistemas on-grid e off-grid	25
2.8.1	Sistema on-grid	25
2.8.2	Funcionamento do sistema on-grid	25
2.8.3	Sistemas Off-grid	26
2.8.4	Funcionamento do sistema off-grid	27
2.9	Matriz energética e elétrica brasileira.....	28
2.10	Energias renováveis no Brasil e Rio Grande do Norte.	30
2.11	Energia fotovoltaica no Brasil.....	31
2.11.1	Uso da energia solar fotovoltaica no Brasil.....	32
2.11.2	Geração de energia fotovoltaica centralizada e distribuída.	33
2.11.3	Situação da geração distribuída de energia solar fotovoltaica dos estados Brasileiro.	34
2.11.4	Vantagens/desvantagens e desafios para produção de energia solar fotovoltaica no Brasil.	36
2.12	Energia fotovoltaica no Rio Grande do Norte.	37
2.13	Potencial instalado em geração distribuída e centralizada.....	38

2.14	Consumo de Energia no Rio Grande do Norte.....	38
2.15	Legislação.....	39
2.15.1	Mudanças na legislação	40
2.16	Perspectivas	42
3	METODOLOGIA	44
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
	REFERÊNCIAS.....	47
	ANEXO A – INDICES DE GD E CG DO BRASIL E RIO GRANDE DO NORTE	50

1 INTRODUÇÃO

A busca por uma energia limpa, vem se tonando constante ao redor do mundo, mediante crises energéticas que podem ou não vir a surgir. É sabido que atualmente o Brasil está passando por uma crise energética hídrica decorrente de outra crise energética, que chega a ser considerada a pior em 90 anos, a escassez de chuvas, correlacionada a mudanças climáticas, tem baixado o nível dos reservatórios das usinas. Tal coisa vem a recair sobre a população consumidora de energia elétrica, devidos a baixa produção das hidrelétricas, se tornou necessário o uso de usinas termelétricas operando em sua maioria com gás natural, por possuir um custo de produção mais alto, o aumento das contas de energia disparou em todo o país, tal crise não poderia vir pior hora, justamente no momento que o país começa a se recuperar e reabrir a economia brasileira em um “pós pandemia”, que resulta em um aumento no consumo de energia, ou seja, piorando a situação.

No Rio Grande do Norte a busca por uma energia limpa tem aumentado cada vez mais, basta olhar os infográficos da Agência Nacional Energia Elétrica (ANEEL-2021) e Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR-2021). Essas empresas fazem um levantamento da produção de energia elétrica no Brasil e seus referidos estados. Segundo a ANEEL (2021), a Cosern registrou um consumo de 368.674,99 MWh (megawatt hora) isso apenas no mês 08/2021.

Mediante a falta de conhecimento da população, e muitas das vezes a falta de condições financeiras, surge a dificuldade em adquirir painéis solares, mesmo a população potiguar sabendo que dentre os estados brasileiros, o RN é o estado que apresenta mais vantagens para tal implantação. Em todo caso, segundo dados da ANEEL/ABSOLLAR (2021), o estado ocupa o 14º lugar no ranking de geração distribuída...

Com tudo, o referente trabalho, tem o objetivo de fazer um levantamento, panorama da geração de energia elétrica centralizada e distribuída, através do painel solar fotovoltaico, porém, as informações sobre tais ações são bem limitadas. Os levantamentos tratados aqui serão, em sua maioria com base nas informações de outras empresas.

No referido trabalho abordaremos temas, partindo da primeira geração de energia pelo homem, seguindo de suas descobertas e avanços, cujos os quais influenciaram na captação de

energia solar que conhecemos hoje em dia, também, com espaço aberto a alguns tipos dos painéis, os mais conhecidos para esse tipo de geração, daí em diante iniciando o foco de geração elétrica no Brasil, e mais a frente fazendo uma mostra de dados obtidos com relação a geração de energia solar fotovoltaica no RN centralizada e distribuída.

Considerando-se que o Brasil e o Rio Grande do Norte apresentam alto potencial para a exploração e utilização da energia solar a partir de sistemas fotovoltaicos e ainda pouca informação disponível na literatura, este trabalho tem como objetivo realizar um levantamento das principais informações à cerca da geração de energia elétrica centralizada e distribuída, a partir de painel solar fotovoltaico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico de energias renováveis

Quando falamos sobre fontes de energias renováveis, nos remetemos a uma energia que não tem fim, e é exatamente isso. Mas, para entendermos precisamos voltar aos períodos onde até então a única fonte de energia era a força do ser humano, por volta do ano 400 mil surgia o uso do fogo e a criação de utensílios para a caça e a pesca, logo mais adiante, por volta de 12 mil anos atrás, um feito que marcava o início da tração animal, a força dos ventos e quedas d'água com uso na produção agrícola e pecuária, a revolução agrícola. Na antiguidade a vela se tornou essencial para a colonização e comércio, fazendo uso da energia dos ventos. Mais à frente no período de 3 a.C. a 410 a.C. a lenha passa ser usada na construção de arcos e no forjamento de metais, segundo a escritora Souto (2018) em seu artigo sobre a evolução do uso da energia.

Mais a diante ainda sobre o artigo da mesma, fala que, até a revolução industrial acontecer, não houve mudanças na matriz energética mundial, em termos de fontes e padrão de uso. Com esses acontecimentos surgem novas formas de se produzir energia. Tal avanço foi notável entre os séculos XVIII e XIX, os avanços tecnológicos voltados para a exploração de recursos energéticos, principalmente na exploração de carvão mineral e outros combustíveis fósseis. A era do petróleo surge em meados do século XIX, quando o mesmo é encontrado durante uma escavação de um poço de água. O uso da gasolina como combustível começou após a invenção de motores de combustão. De lá pra cá a demanda energética só vem aumentando, em especial uma grande demanda por energia elétrica e os derivados do petróleo.

Mediante a crise do petróleo que aconteceu na década de 70, novos olhares começaram a surgir em direção a outras fontes de energias, com isso o Brasil passa a investir na produção do etanol derivados da cana-de-açúcar, o que marcava o avanço do Brasil no uso de fontes renováveis de energia quando comparado aos demais países.

Então, fontes renováveis de energia são as que tem sua matéria prima inesgotável, dentre elas estão: energia geotérmica, solar, hidráulica, eólica, carvão vegetal, lenha e os que derivam da cana de açúcar, como o álcool, vale salientar que a cana de açúcar, a lenha e o carvão vegetal

são considerados renováveis devido a sua capacidade de serem produzidos, com tudo existe uma limitação atemporal em sua produção.

O impacto ambiental causado pelo uso dessa energia se torna menor quando comparado ao uso de energias não-renováveis, pelo simples fato de que a queima dessa energia não efetua a produção de dióxido de carbono, com tudo ainda existe um impacto causado pelo uso das fontes renováveis de energia. Como exemplo disso temos a construção de uma hidrelétrica, onde espécies de animais terão que ser deslocadas de seu habitat natural para outro local, ou ainda, há também um deslocamento de comunidades que possam existir próximas ao rio. Apesar de contar com a ajuda do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) para fazer o resgate dessas espécies, muitos acabam morrendo no processo. A presença de uma hidrelétrica pode chegar a causar erosões no solo a encosta do lago e à barragem, o que vem a ampliar os danos a vegetação, visto que parte dessa vegetação ficara submersa, com isso o clima ao redor da barragem também será alterado.

Segundo o artigo publicado pela criadora de conteúdos e Ciências do Ensino Fundamental da Khan Academy Brasil, Souto (2018), com o título de a evolução do uso da energia ao longo da história, afirma que, dentro do contexto global, o Brasil permanece como um dos destaques na geração de energia de fontes renováveis, estando à frente de muitos países quando se trata da eficiência energética sustentável.

2.2 Radiação solar

Sabemos que o sol tem um papel mais que importante para a vida na terra, devidos a sua luz e calor. A energia solar é uma energia eletromagnética, que o sol injeta na superfície terrestre por meio da radiação na forma luminosa. Já a energia térmica, é correspondente a energia em forma de calor.

Radiação basicamente é a propagação de calor em uma determinada velocidade, ou seja, aquilo que irradia, irradia raios, cujos, vem de algum lugar, no nosso caso, o sol. No geral, é considerada como a propagação de partículas pelo espaço. Temos também a irradiação, cuja mesma, trata-se da propagação de energia, calor, sem que seja necessário meio material para que isso se concretize. Recapitulando, temos que radiação é a transmissão de determinada energia, e irradiação é a exposição a essa radiação.

“Denomina-se radiação, ou energia radiante, à energia que se propaga sem necessidade da presença de um meio material. O termo radiação é igualmente aplicado para designar o próprio processo de transferência desse tipo de energia”. (Varejão Silva, 2006, p.165).

A Irradiação proveniente do sol, que atinge a terra é capaz de atender ao consumo anual de energia no mundo inteiro, segundo informações obtidas pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética) (2021). Devido a esse fato, o sol vem se tornando a fonte renovável com mais investimentos no mundo.

Segundo as notas de aula publicada pela prof.^a Grimm (1999), cerca de 52% da energia solar que chega à atmosfera da terra atinge a superfície. A maior parte é irradiada novamente para a atmosfera, devido ao fato de que como a temperatura superficial da terra é bem menor que a do sol, a radiação terrestre tem comprimentos de ondas maiores que a radiação solar.

O sol emite radiação em praticamente todos os comprimentos de onda, embora 99,9% da energia vinda do sol se situe na faixa compreendida entre 0,15 e 4,0 μ de comprimento de onda, por isto mesmo conhecida como domínio da radiação solar. Dentro desse intervalo, cerca de 25% da radiação solar que atinge a superfície da terra está na faixa espectral do infravermelho, 44% na do visível e 4% na do ultravioleta (Lemon, 1965).

2.3 Surgimento e evolução da energia fotovoltaica

Partindo da afirmação de que todas as coisas que existem têm um começo, ou seja, criação/descoberta e posteriormente aprimoração/evolução, com a energia proveniente do sol não seria diferente. O ser humano faz uso da energia do sol desde meados do século VII a.C., visto que temos evidências de que materiais de vidro eram usados para focar a luz do sol e assim ascender fogueiras. Os romanos e gregos do século III a.C. utilizavam pedaços de vidros, chamados de espelhos queimadores em salas solares, que faziam a captação de energia solar passiva, ou seja, que não faz uso de diferentes tecnologias para captação da mesma. O contrário da que é feita nos dias de hoje, o que recebe o nome de captação ativa. Tempos depois entre meados dos séculos XVII XVIII, cientistas conseguiram fazer uso da energia solar como fonte para fornos portáteis que eram usados em longas viagens e também em barcos a vapor movidos pela energia do sol.

Em 1839 o efeito fotovoltaico na obtenção de energia é observado e descoberto pelo jovem físico francês Edmond Becquerel, onde um material era exposto a radiação eletromagnética, gerando voltagem ou corrente elétrica. Dando início a evolução da energia solar fotovoltaica.

Em 1883 foi criada por Charles Fritz a primeira célula fotovoltaica. Feita de selênio em uma base de ouro, a placa possuía apenas 1% de eficiência, visto que o selênio não é um bom condutor de eletricidade, por não ser um material resistente, não produzia energia útil, contudo esse foi um grande avanço na obtenção de energia solar.

Abaixo tem-se uma linha do tempo, que vem nos mostrar a evolução e fatores que influenciaram na criação da energia solar fotovoltaica ao redor segundos dados do site Portal Solar (2016).

Quadro 01: Linha do tempo: Evolução dos painéis fotovoltaicos.

Ano	Acontecimento
1839	Descoberta do efeito fotovoltaico. Deu-se a partir de uma pesquisa feita pelo físico francês chamado Alexandre Edmond Becquerel.
1883	Primeira célula fotovoltaica. O inventor nova-iorquino Charles Fritts, deu origem a primeira célula produzida por selênio revestido de ouro.
1905	Descoberta do efeito foto elétrico. Modernizada e aprimorada por Albert Einstein no referido ano. No entanto a descoberta foi feita pelo físico Heinrich Hertz em 1887.
1922	Einstein recebe o prêmio Nobel de física. Ele acreditava que o raio de não era apenas uma onda que percorria o espaço, e sim, uma forma de geração de energia. Através do seu trabalho sobre efeito fotoelétrico.
1930	Criada a teoria do efeito fotovoltaico. Instituída por Schottky, que mais adiante cria a primeira célula fotovoltaica de mono-silício prática.
1932	Descoberta do efeito fotovoltaico no seleneto de cádmio (CdSe) por Audobert e Stora.
1954	Processo de dopagem do silício. O químico Calvin Fuller, elaborou o referido processo, que veio a dar origem a era moderna da energia solar. Após compartilhar sua descoberta com o físico Gerald Pearson, melhorias foram desenvolvidas.

1954	Denominação da célula solar moderna. Com origem em 1839, e estudada durante anos, aplicações técnicas para desenvolvimento dessas células foram realizadas pelo cientista Russell Shoemaker Ohl.
1958	Utilização de painéis solares. Um painel de 1W foi adicionado ao satélite Vanguard I, que foi usado para alimentar o rádio de comunicação.
1976	Primeira célula de silício amorfo. Os eng. David Carlson e Christopher Wronski, dão origem a célula que conta com uma eficiência de 1,1%.
1992	Célula de filme fino. Desenvolvida pela universidade da Florida do sul, que contém uma eficiência de 15,89%.
1994	Célula solar supera 30% de eficiência em conversão. Criada pelo National Renewable Energy Laboratory (NREL), a célula concentra 180 sois de GaInP/GaAs (gás fosforeto de índio/arsenieto de gálio).
1999	A capacidade fotovoltaica instalada no mundo atinge 1.000 MW (megawatts).
2000	Sistemas começam a ser conectados à rede (on-grid). A partir da sua implementação a produção mundial passou a ser 4.200 MWp visando suprir a energia de rede elétrica convencional.
2006	Criada nova célula solar de poli silício com eficiência em conversão de 40%.
2011	Aumento de fabricas solares na china. Reduzindo custos de fabricação, com menos de US\$2.25 por watt a cada modulo produzido, aumentando assim as instalações ao redor do mundo.

Fonte: Portal solar, adaptada.

Especificamente no Brasil no ano de 2012 houve a regulamentação da RN 482 da ANEEL. Estabelece que as condições gerais para o acesso e mini e micro geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e os sistemas de compensação de energia elétrica serão validos. E no ano de 2015 a resolução normativa 687/2015 pela ANEEL. A ANEEL determinou que geradores com potência de até 75 kW seriam considerados com microgeração de energia, enquanto geradores superiores a 75kW e menor ou igual a 5MW são considerados minigeração.

2.4 Tipos de painéis solares

Atualmente existem vários tipos de painéis solares, que hoje em dia que nos ajudam a obtermos uma melhor eficiência, e quando pensamos sobre adquirir o bem para uso pessoal, existem uma infinidade de variáveis a serem levadas em conta com relação a essa compra, com

isso conhecer mais sobre cada tipo de painel ajudará na escolha, além de trazer bastante conhecimento. Através de dados obtidos através do site Portal Solar, apresentarei seus tipos.

2.4.1 Painel solar fotovoltaico de silício monocristalino

Sendo uma das tecnologias mais antigas até hoje continua com grande eficiência. Por possuir uma cor bem uniforme, o que indica alta pureza de silício em canto comumente arredondados são facilmente reconhecidos. Criados a partir de um único material, o cristal de silício ultra puro, cujo é fatiado em finas lâmina de silício que serão tratadas e logo transformadas em células fotovoltaicas. Cada uma dessas células tem seus cantos cortados para otimizar o espaço disponível no painel solar aproveitando assim uma melhor área do painel. Composto por uma matriz com células fotovoltaicas em formações série-paralelas. Segundo o site Portal Solar, atualmente eles possuem uma maior eficiência quando comparado as outras tecnologias comercialmente viáveis, baseando-se no fato de que sua eficiência está entre 15-22%. Quando comparados a painéis policristalinos eles são bem mais eficientes, já que tem um melhor funcionamento em condições de pouca luz. No ponto de vista financeiro, os painéis solares fotovoltaicos são mais caros quando comparado aos feitos de silício policristalino, o que se torna uma desvantagem.

2.4.2 Painel solar fotovoltaico de silício policristalino

Incluído no mercado em 1981, foram os primeiros a base de silício policristalino, também conhecidos como polisilício (P-Si) e silício multi-cristalino (mc-Si), como o mono e o poli cristalino são feitos de silício, o que os difere são as tecnologias utilizadas na fundição dos seus cristais. No policristalino seus cristais são fundidos em um bloco, assim preservando uma formação de múltiplos cristais, por isso o nome poli cristalino. Uma vez fundidos, serão cortados em blocos quadrados e em seguida fatiados, seu processo é bem semelhante aos processos dos monocristalinos, exceto pelo motivo de que suas células são relativamente menos eficientes. Sua eficiência media esta entorno de 14-20%. Em comparação ao monocristalino a quantidade residual de silício que é gerado durante o processo no corte das células é bem menor. A eficiência dos policristalinos é caracteristicamente entre 14-20% devido, em sua maior parte, a baixa pureza do polisilício.

2.4.3 Painel solar de silício amorfo (a-Si)

Devido a sua baixa produção de energia elétrica, as células solares baseadas em silício amorfo, até então só eram usadas para aplicações de pequena escala, como calculadoras. Porém, devidos a inovações recentes na área, permitiram que essa tecnologia fosse utilizada em larga escala. Fazendo uso da técnica de fabricação intitulada “empilhamento”, ou seja, onde várias camadas de células solares de silício amorfo podem ser combinadas, resultando em taxa mais altas de eficiência, geralmente em cerca de 6-9%. Esse empilhamento possui alto custo de produção.

2.4.4 Pannel solar de telureto de cádmio (CdTe)

Sendo a única tecnologia de película fina a superar os painéis convencionais de silício cristalino, possui custos mais baixos e eficiência variando entre 9-16%. Segundo informações publicadas no Portal Solar, a First Solar instalou mais de 5 GW (gigawatts) de painéis fotovoltaicos de filme fino com base na tecnologia de telureto de cádmio em todo o mundo. A referida empresa detém o recorde mundial de CdTe (cadmium telluride photovoltaics).

2.4.5 Painéis solares de cobre, índio, gálio e seleneto (CIS/CIGS)

Usado em células fotoelétricas, esse semicondutor possui em sua fórmula química, cobre (Cu), índio (In), gálio (Ga) e selênio (Se). Diferente das células de silício que são baseadas em uma união positivo-negativo do mesmo material, essas células são feitas a partir de camadas ultrafinas com diferentes semicondutores, cujo cada um com diferentes gaps de energia. Gap de energia é a quantidade que o elétron necessita para que seja efetuada a transição da característica isolante para a banda de condução de energia. Suas células solares possuem menos cádmio. Seu índice de eficiência para painéis solares CIGS variam de 10-12%. Já existem alguns sendo vendidos no Brasil com uma eficiência de 13%, assim afirma o portal solar.

2.4.6 Pannel solar de células fotovoltaica orgânica (OPV)

Célula solar orgânica é uma célula feita de polímeros que suam a eletrônica orgânica, ou seja, um ramo da eletrônica que lida com condutores orgânicos ou pequenas moléculas orgânicas na absorção de luz e geração de eletricidade através do efeito fotovoltaico.

Atualmente poucas empresas conseguiram levar a produção das mesmas em uma escala industrial. Esse tipo de células foi idealizado como uma tecnologia fotovoltaica flexível, possui baixo custo produzida através de processos de impressões, o processo utilizado para impressão de dessas células fotovoltaicas orgânicas em substrato leve, flexível e transparente é “roll to roll” ou “rolo-a-rolo”. Sua eficiência varia muito.

2.4.7 Painel solar híbrido – HJT

É um aparelho que permite a conversão da energia irradiada pelo sol, em energia elétrica e térmica, através da combinação de um modulo fotovoltaico e um painel solar térmico, com uma cogeração fotovoltaica, onde o calor que seria dissipado é recuperado, produzindo água quente, vapor e água gelada. Colocando de uma forma mais simples, o painel híbrido tem uma produção bem maior por m², além de funcionar excelentemente com temperaturas mais altas, desta forma, esta tecnologia é ideal para o nosso país.

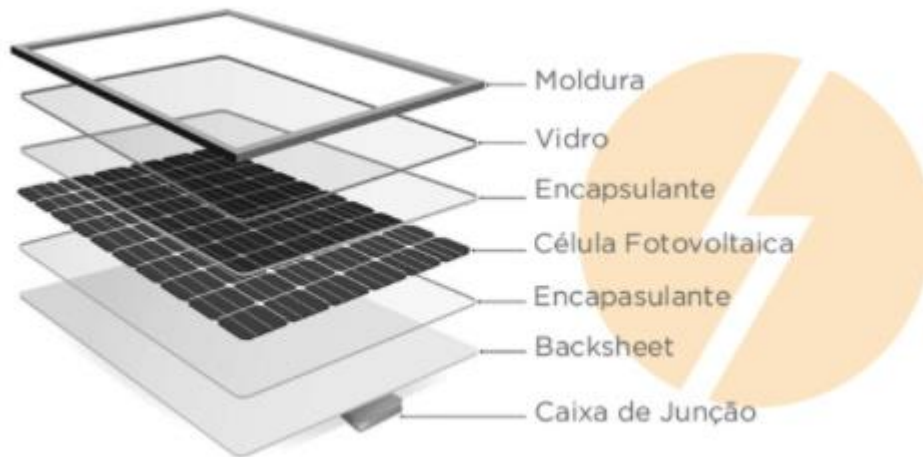
2.4.8 Painel solar de filme fino

Trata-se juntar camadas finas de um material fotovoltaico de sobre um substrato. Também conhecidos como células fotovoltaicas de película fina (TFPV). Pode ser caracterizado pelo tipo de material que colocado sobre seu substrato, sendo eles: silício amorfo (a-Si), telureto de cádmio (Cdte), Cobre, índio, gálio e seleneto (CIS/CIGS) e células solares orgânicas (OPV). Tudo depende da tecnologia usada, os painéis produzidos pelo método do filme fino têm eficiência variando entre 7-13%. Segundo dados do portal solar algumas tecnologias de painéis de filme fino estão chegando a 16% de eficiência, os tornando similares aos policristalinos. Uma das suas maiores vantagens são que altas temperaturas e sombreamento tem menos impactos no seu desempenho, além de ser bastante flexível. Por outro lado, eles tendem a degradar mais rapidamente do que painéis poli e monocristalinos.

2.5 Construção do painel solar fotovoltaico.

Abaixo na figura 1, observa-se a montagem da placa solar.

Figura 1: Materiais usados na produção da placa solar.



Fonte: Portal solar

As células são colocadas planas, em serie uma após a outra. Essa conexão é feita por uma faixa condutora extremamente fina, essa faixa envolve cada célula com o objetivo de ligá-las umas às outras formando um circuito. Em seguida as células fotovoltaicas são cobertas com uma lâmina de vidro temperado, que foi tratado com uma substancia antiaderente e antirreflexo, logo após é emoldurado com um quadro de alumínio. No verso da placa se localizam dois condutores provenientes de uma pequena caixa de junção. Esses cabos são usados para fazer uma ligação entre os painéis solares em conjunto, formando uma série de painéis. Esse conjunto então é conectado através de cabos de corrente continua ao inversor solar.

2.6 Funcionamento dos painéis fotovoltaicos.

Sem necessidade de muitos conhecimentos, sabe-se que a energia solar obtida através dos painéis, é gerada quando os raios solares o tocam, contudo existe uma explicação para tal efeito, que veremos a seguir.

Segundo informações do Portal Solar (2021), o painel solar é o principal equipamento para se gerar esse tipo de energia, cujo é composto por células fotovoltaicas que são fabricadas

partindo de materiais que são semicondutores, um bom exemplo é o silício que já foi comentado no decorrer desse trabalho, onde ele absorve a energia do sol pelo efeito fotovoltaico. No momento em que os fótons alcançam as células fotovoltaicas, ocasionando a separação de alguns elétrons dos átomos, os elétrons deslocam-se para a placa de silício que se encontra sem a presença de elétrons, criando assim, uma corrente elétrica que recebe o nome de energia solar fotovoltaica.

Essa geração da corrente elétrica, se dá quando os fótons colidem com o material da placa solar, provocando um deslocamento de elétrons.

Como visto, a placas solares fotovoltaicas tem a função de coletar os fótons da luz solar, onde, a sua colisão com os átomos de silício ou outro semicondutor do painel, irá gerar um deslocamento de elétrons, gerando a corrente elétrica, que recebe o nome de “efeito fotovoltaico”.

As células fotovoltaicas de silício são a parte mais importante de um painel solar, composto por átomos minúsculos que são carregados com elétrons.

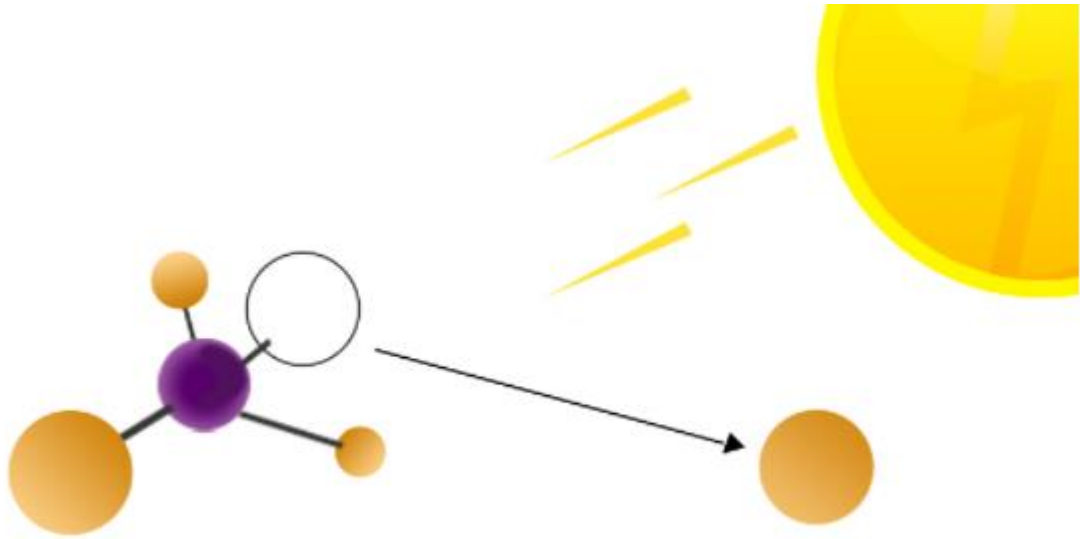
É possível obter-se cargas positivas e negativas. combinando o silício com o boro, teremos uma carga negativa e com o fósforo obteremos uma carga positiva. Combinando-os ocorrerá um aumento de elétrons positivos e uma queda nos elétrons negativos. O silício carregado positivamente é exprimido com o silício carregado negativamente, permitindo que a células de silício possa reagir a energia solar e produzir energia elétrica.

2.7 Processo de geração de eletricidade através do efeito fotovoltaico

Baseado no vídeo criando pelo designer e animador Alphonse Swinehart com o título Rinding light (2015), onde o mesmo mostra a velocidade que um fóton viaja pelo espaço, e segundo ele, um fóton demora 8 minutos e 20 segundos para sair da superfície do sol e chegar à terra.

A partir do momento que os fótons atingem as células fotovoltaicas, algum dos elétrons que circulavam se desprendem, como observado na figura 2.

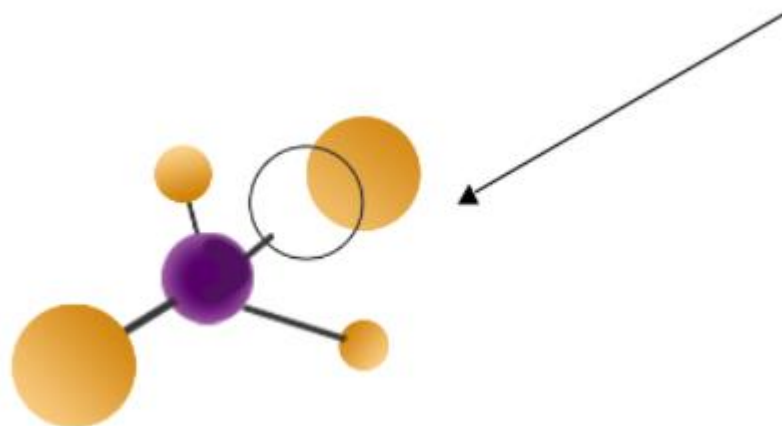
Figura 2: Elétron se movendo deixando o espaço vazio.



Fonte: Portal Solar, adaptada.

Com isso, os elétrons que agora se encontram livres, iram por entre a corrente elétrica, a caminho da célula de silício que está com ausência de elétrons assim observa-se na figura 3.

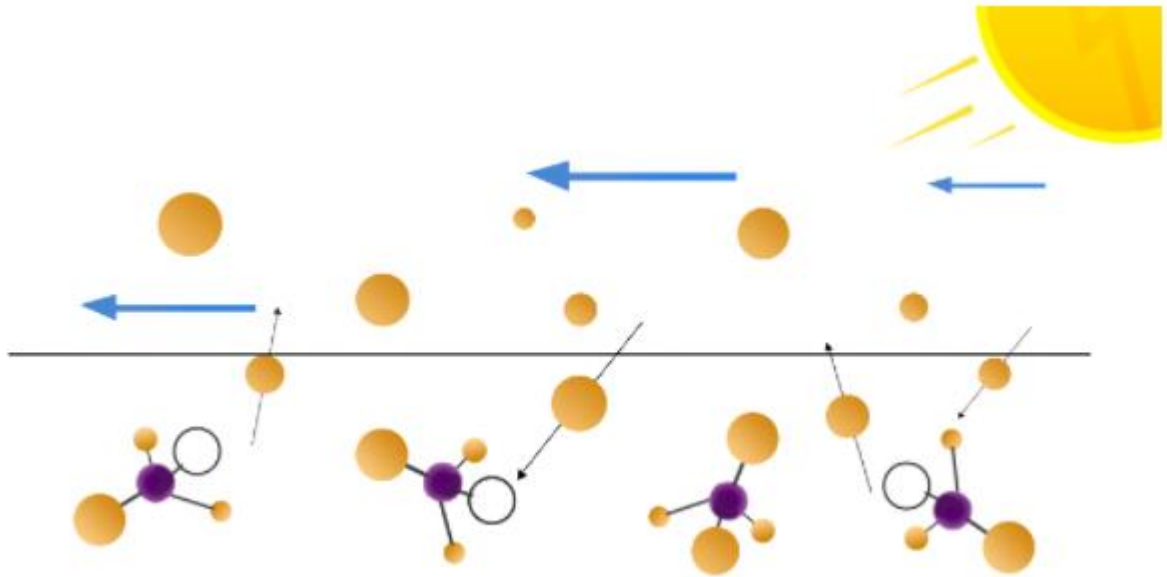
Figura 3: O espaço vazio é preenchido por um novo elétron.



Fonte: Porta Solar, adaptada.

Ao decorrer do dia, os elétrons continuaram fluindo constantemente em uma direção, deixando os átomos para preencher os espaços vazios em diferentes átomos. O movimento desses elétrons gera uma corrente elétrica, cujo chamamos de energia solar fotovoltaica como pode ser notado na figura 4.

Figura 4: Gerando a corrente elétrica.



Fonte: Portal Solar, adaptada.

2.8 Sistemas on-grid e off-grid

2.8.1 Sistema on-grid

Partindo da tradução do inglês, sistema na rede, tem a designação aos sistemas solares fotovoltaicos ligados GD (Geração distribuída), ou seja, ligados a rede. Esse sistema funciona como qualquer painel solar, basicamente, qualquer painel que gere energia em corrente contínua (CC), passando pelo inversor e gerando alternada. Ao invés de armazenar a energia que excede em baterias, que seriam os sistemas off-grid, o sistema on-grid transfere esse excedente para a rede pública gerando créditos, descontos na conta de luz.

2.8.2 Funcionamento do sistema on-grid

O inversor recebe a energia que foi gerada pelas placas em corrente contínua e transforma em corrente alternada (CA), pondo-a da mesma forma de onda de energia que é fornecida pela distribuidora. Além disso, ele também integra a energia fornecida pela distribuidora, disponibilizando a utilização de qualquer equipamento que faça uso da energia

elétrica. O sistema on-grid, funciona em paralelo com a rede distribuidora, ou seja, operando da mesma forma como observado na figura 5, porém, em menor escala.

Figura 5: Geração On-grid



Fonte: Strong Brasil.

Analisando a figura anterior:

1. Estão localizados os painéis solares, para captação de raios solares e assim ocorrer a transformação em energia elétrica CC.
2. Está localizado o inversor, usado para conversão de CC para CA, cuja mesma se torna compatível com distribuidora e equipamentos domésticos.
3. Localizado o medidor bidirecional, cujo tem o dever de medir a energia excedente, ou seja, a que é injetada na rede elétrica.
4. Localizado o monitor de monitoramento, como o próprio nome diz, usado para monitorar a geração de energia solar.

2.8.3 Sistemas Off-grid

Sistemas off-grid, são sistemas autônomos ou isolados, usados para geração de energia solar fotovoltaica, caracterizados por não serem contados a rede elétrica, o que os difere dos

sistemas on-grid. Esse tipo de sistema já abastece diretamente a rede elétrica do local onde estão inseridos. Um sistema que é mais utilizado em locais distantes e remotos. Costumam ser usados para abastecimento de energia em cercas elétricas, galpões de armazenamento de leite entre outros.

Toda a energia gerada é armazenada em baterias, para serem usadas em períodos sem sol. Esse sistema apresenta um custo mais elevado quando comparado ao on-grid.

2.8.4 Funcionamento do sistema off-grid

As placas solares geram a energia, após isso são armazenadas em baterias, possui a propriedade de converter radiação solar em CC. Seus controladores de carga servem para garantir o abastecimento devido das baterias, prevenido assim sobrecargas ou descargas profundas no sistema, contribuindo para sua vida útil. Seus inversores possuem a capacidade de transformas CC em CA e elevar a tenção, como por exemplo de 12V para 220V. Já suas baterias tem a função de armazenar a energia f=gerada, para se fazer uso nos dias sem sol.

Figura 6: Geração Off-grid



Fonte: Strom Brasil

Analisando a figura anterior:

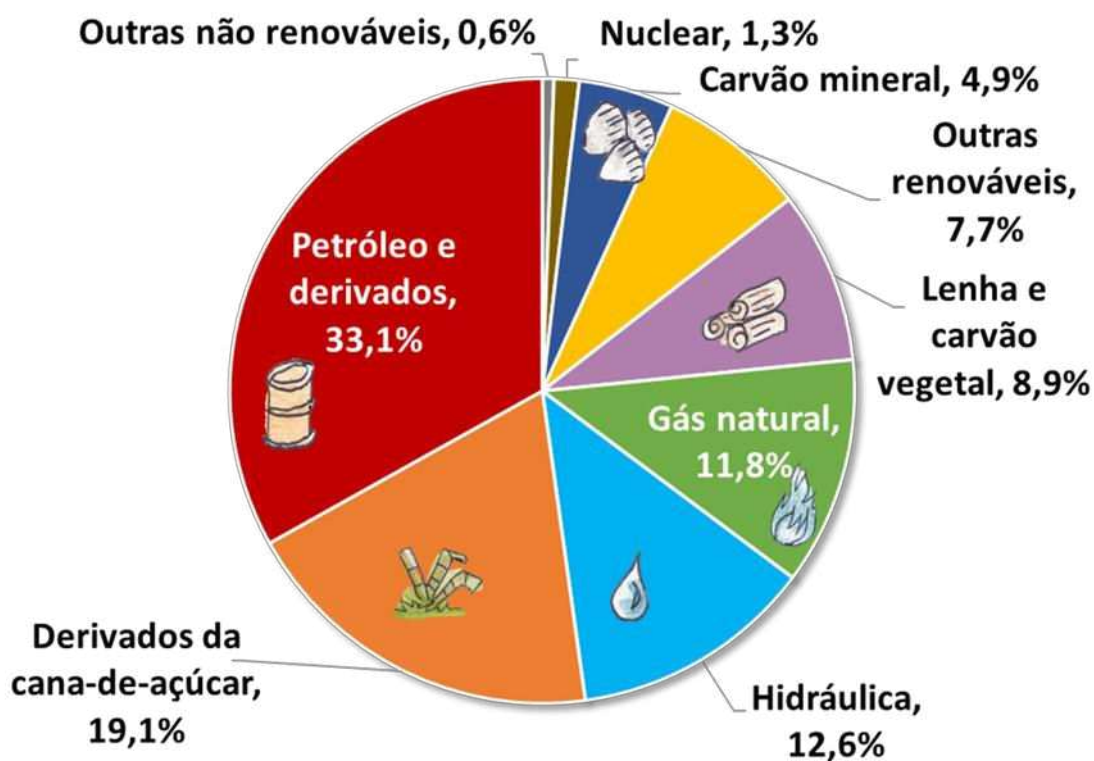
1. Estão localizados os painéis solares, onde é captado os raios de sol e transformação dos mesmos em energia elétrica CC.
2. Localizado o inversor, cujo tem a função de converter a CC para CA.
3. Localizado o medidor bidirecional, usado para medir a energia injetada na rede elétrica da residência
4. Localizado o monitor para monitoramento da geração de energia.
5. Localizado o controlador de carga, que tem como função acompanhar, gerenciar e controlar o processo de carga e descarga feito pelas baterias.
6. Localizado as baterias, cujas tem a função de armazenar energia.

2.9 Matriz energética e elétrica brasileira

Formada por um conjunto de fontes de energia, daí tem-se o nome, matriz energética ou elétrica, elas representam a junção em % (porcentagem) dos vários meios existentes para a obtenção de energia, seja ela renovável ou não, disponíveis no mundo, visando suprir a demanda de energia. De fato, muitas pessoas ainda confundem matriz energética com matriz elétrica, porém, há uma diferença entre elas, enquanto a matriz elétrica é formada por um conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica, a matriz energética abrange todos os tipos de geração de energia, que vem a incluir as renováveis e não renováveis. Com isso concluímos que a matriz elétrica é apenas uma parte da matriz energética como um todo.

A matriz energética brasileira é bem diferente da mundial, apesar do consumo de energia não renováveis ser superior ao de energias renováveis, no Brasil fazemos uso de mais fontes renováveis que no resto do mundo. Aplicando a soma da porcentagem hidráulica, lenha, carvão vegetal, derivados da cana, dentre outras renováveis, ocupamos 48,3%, ou seja, quase metade da nossa matriz energética é renovável conforme observa-se na figura 7.

Figura 7: Matriz energética Brasileira 2020 (BEM 2021)

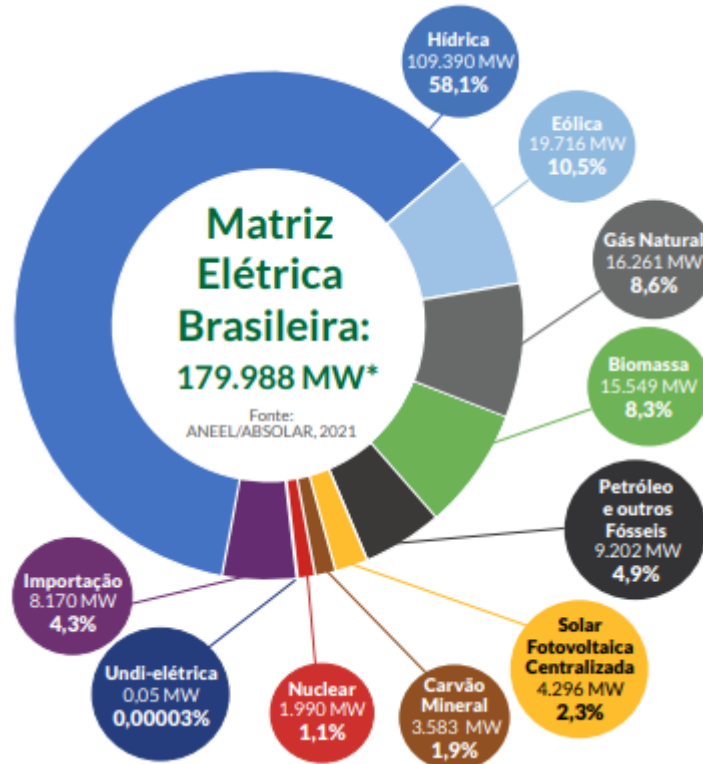


Fonte: EPE (Empresa de Pesquisa Energética)

O fato de nossa matriz energética ser mais renovável que a matriz mundial é de grande importância, significa que somos um país cada vez mais sustentável, levando em consideração que os maiores responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa são as energias não renováveis, e por ter um grande consumo de energia renovável o Brasil emite menos gases de efeito estufa quando comparado ao resto do mundo.

A matriz elétrica brasileira em sua grande parte é de energia renovável diferente da matriz energética que é exatamente o oposto disso, simplesmente pelo fato de que a maior parte da energia elétrica gerada no Brasil provém das usinas hidrelétricas, contudo a energia eólica e solar vem avançando consideravelmente, contribuindo para que nossa matriz seja em sua maior parte renovável. Observa-se na figura 8 a representação da matriz elétrica brasileira segundo dados obtidos pela ANEEL/ABSOLAR (2021).

Figura 8: Matriz elétrica brasileira, novembro.



Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2021.

2.10 Energias renováveis no Brasil e Rio Grande do Norte.

Como visto anteriormente, a energia renovável produzida no Brasil é de quase 50% da nossa matriz energética, e é de fato que a maior parte dessa energia é produzida pelas hidrelétricas, contudo a geração de energia solar e eólica vem ganhando destaque.

“A matriz brasileira é uma das mais renováveis do mundo com uma proporção de 48%, indicando um valor mais de três vezes superior ao mundial”, disse o diretor do Departamento de Informações e Estudos Energéticos do Ministério de Minas e Energia (MME), André Osório. (2021)

De acordo com os dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e ANEEL/ABSOLAR (2021), a energia solar representa 2,3% da matriz elétrica do país, podendo chegar a atingir 2,9% até o início de 2022. Nos últimos três anos, o crescimento da energia solar GC (geração centralizada) gerada por grandes usinas, foi de 200%, enquanto que a solar GD, pequenas centrais de geração, passou de 2.000%. Segundo o Ministério de Minas e

Energia, só em 2020, a capacidade instalada em energia solar fotovoltaica cresceu 66% no país, assim consta na página de internet do Governo do Brasil.

2.11 Energia fotovoltaica no Brasil

A energia solar no Brasil entra na classe dos “outras renováveis” que juntas essas energias equivalem a 7,7% como é mostrado na figura 7, logo, se faz importante notar um aumento na instalação de sistemas fotovoltaicos nas regiões sul e sudeste do país. Por possuir um extenso potencial energético, o Brasil tem uma grande vantagem, levando em consideração que os níveis de incidência solar são bem superiores aos de países que desenvolvem com mais frequências projetos fotovoltaicos, como a Alemanha, Espanha e França. Atualmente, a energia solar está sendo usada principalmente por residências, como alternativa de redução da conta de luz, gerando eletricidade por meio da utilização da energia solar fotovoltaica. Segundo o artigo publicado pelo site Portal Solar (2021) intitulada energia solar no Brasil, “Estima-se que, em 2024, o território brasileiro contará com, aproximadamente, 887 mil sistemas de energia solar conectados à rede instalados, estabelecendo uma maior economia em relação às distribuidoras convencionais, além da manutenção e preservação ambiental do país.”

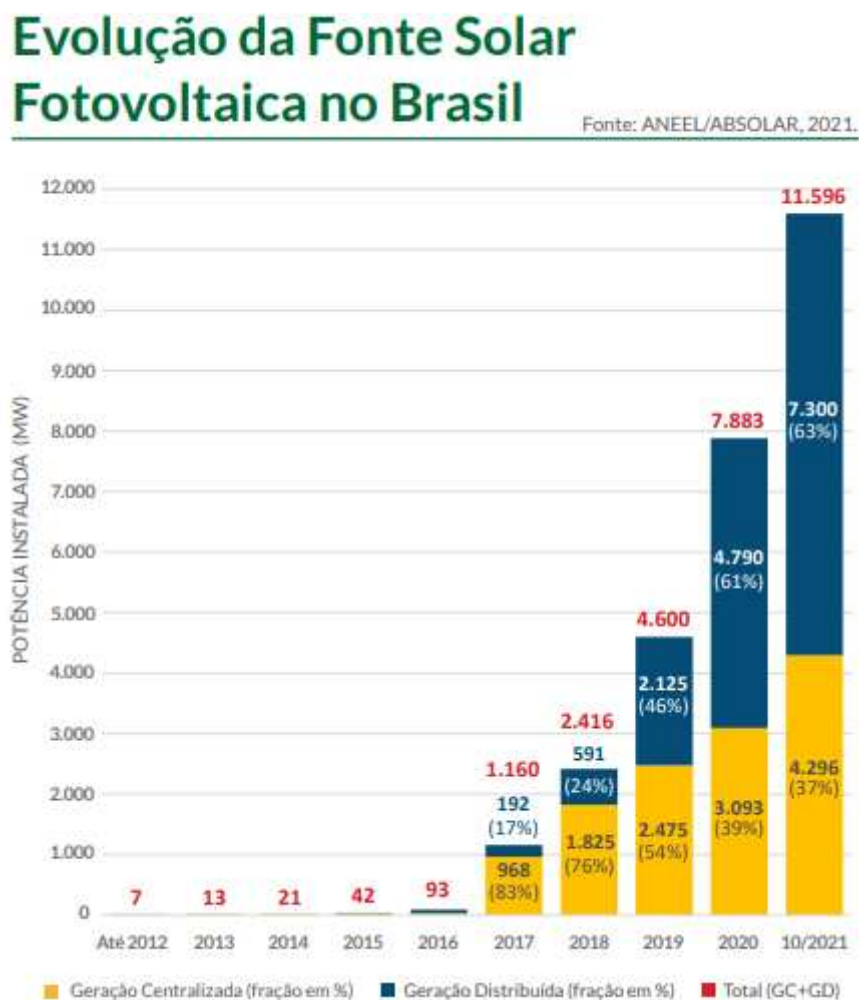
Devido a essa capacidade gigantesca que o Brasil tem para gerar energia elétrica, contando com os esforços partidos por parte do governo e também de iniciativa privada, o país está chegando mais perto de se tornar uma verdadeira potência no mercado fotovoltaico. Segundos dados publicados pela ANELL/ABSOLAR (2021), Minas Gerais lidera o ranking brasileiro de maior capacidade fotovoltaica instalada com 1344,6 MW (Megawatt), abaixo de dele, se encontra São Paulo, com 934,2 MW, logo após Rio Grande do Sul está com 849,7 MW, na geração distribuída.

Ainda com base nesses dados, existem 644.716 sistemas solares fotovoltaicos conectados à rede no Brasil, incluídos todas as classes de consumo, e isso continua a crescer. Além disso vem contribuindo para que o Brasil alcance uma melhor posição no ranking mundial de geração de energia elétrica.

O Ano de 2017 foi o alavanque da energia solar fotovoltaica. Em 2017, o Brasil produzia em média por ano 192,0 MW de GD equivalente a 17% e 968,0 MW de GC equivalente a 83% do quadro geral de geração. Deste ano em diante esse número só cresceu. Atualmente o Brasil

está gerando mais de 11,5 GW. E com este avanço foram gerados mais de 347 mil novos empregos, e mais de 13,6 milhões de toneladas de CO₂ foram evitadas segundo a ANEEL (2021).

Figura 9: Evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil.



Fonte: ANEEL/ABSOLAR (2021)

Mediante o fato se fez necessária a apresentação mensal de pelo menos 3 desses anos, onde os dados coletados são de autoria da ANEEL/ABSOLAR dos referidos meses e anos, em na parte de anexos, temos a tabela 1 apresentando os valores de GD e GC dos anos 2019, 2020 e 2021.

2.11.1 Uso da energia solar fotovoltaica no Brasil.

No decorrer deste trabalho vimos que a energia solar corresponde a 2,3% da matriz elétrica brasileira produzindo 4.296 MW. É sabido que em 2020 o consumo de energia elétrica

no Brasil somou a marca dos 472.368 GWh, segundo dados divulgados pela EPE, partindo disso, economizar na conta de energia tem se tornado cada vez mais um dos principais usos da energia elétrica gerada por meio do efeito fotovoltaico, trazendo uma vantagem para o meio ambiente, a sua preservação. Com tudo, também como uma espécie de consequência boa, diminuiu impactos ambientais e reduziu sobrecargas na rede elétrica distribuidora, além disso é uma fonte de empregos para todo o Brasil. Além das residências, seu uso também se faz presente em estabelecimentos comerciais e industriais.

2.11.2 Geração de energia fotovoltaica centralizada e distribuída.

Devido à popularização e queda nos custos dos sistemas de geração elétrica pelo efeito fotovoltaico, o consumidor tem sido rodeado por esse método de GD. A geração distribuída, nada mais é do que a geração realizada em sistemas que ficam próximos ou em alguns casos na própria unidade, ou seja, na casa, indústria ou empresa, porém ligados à rede pública. Segundo a Resolução normativa N°428 da ANEEL que tomou vigor em 2012, onde diz que a geração distribuída pode ser:

Microgeração: Sistema gerador de energia elétrica por meio de fontes renováveis, com potência instalada inferior ou igual a 75 kW (quilowatts).

Minigeração: Sistema gerador de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW (para fonte hídrica) e menor ou igual a 5 MW para as demais fontes renováveis (solar, eólica, biomassa e cogeração qualificada).

Por outro lado, a GC se caracteriza por grandes centrais de produção de energia elétrica, em sua maior parte usinas hidrelétricas e termo elétricas. Com tudo, apesar da grande capacidade que o Brasil tem para produzir eletricidade, normalmente essas usinas se encontram distantes dos grandes centros populacionais, necessitando de grandes linhas de transmissão, e tudo isso vai aumentando o custo da energia que chega ao consumidor. Com isso, a GD tem se popularizado bastante. Além dos seus benefícios econômicos, ao utilizar tal modalidade o consumidor contribui para um ambiente mais preservado.

No Brasil já passamos dos mais de 644 mil sistemas ligados à rede pública de energia de acordo com levantamento das empresas ANEEL/ABSOLAR (11/2021). Com uma potência

instalada de 7.300,1 MW, sendo 42,1% do total de sistemas instalados são residenciais como. Isso mostra que cada vez mais os consumidores estão optando por uma geração de energia mais limpa além de ajudar na economia da conta de energia elétrica.

Lembrando que foi a partir do ano de 2017, que se tornou notável o avanço na produção de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos.

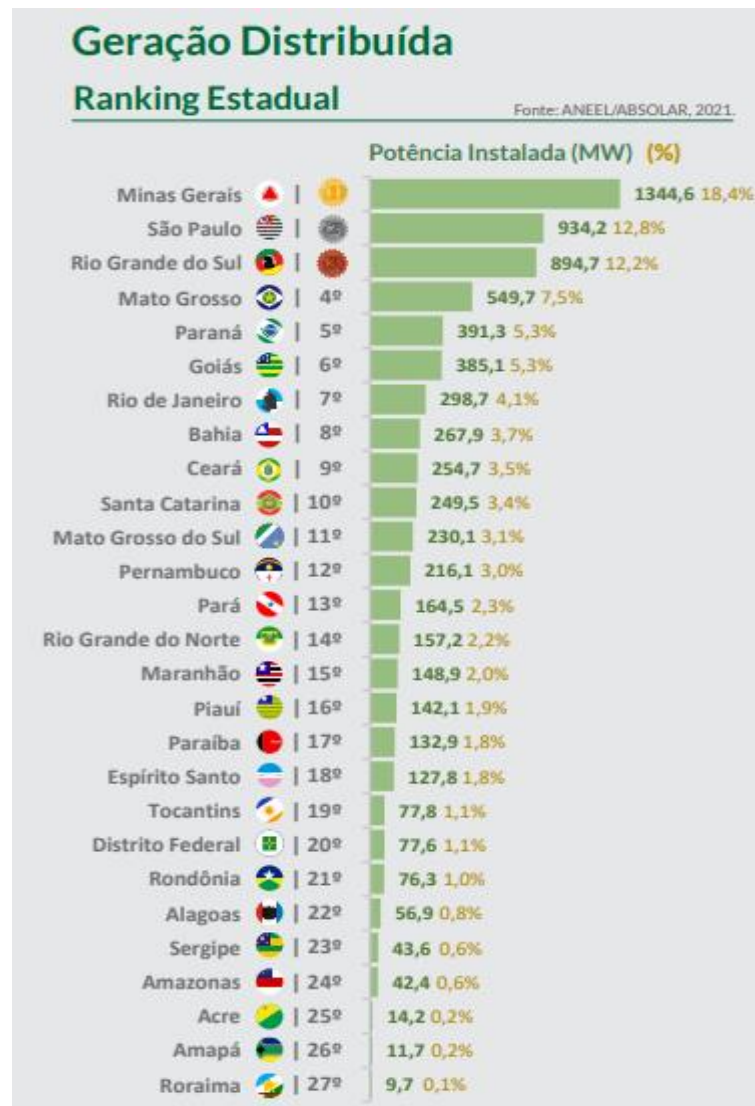
Na parte de anexos, observa-se tabela 2 com o levantamento de geração dos anos 2019, 2020 e 2021 no Brasil. Os mesmos foram obtidos através dos infográficos disponibilizados pela ANEEL/ABSOLAR (2021).

2.11.3 Situação da geração distribuída de energia solar fotovoltaica dos estados Brasileiro.

Grande parte da energia solar do Brasil está concentrada nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do sul, Mato Grosso e outros que possuem maiores produções de energia. Já estados como Acre, Amapá e Roraima ocupam os lugares mais baixos do ranking de produção.

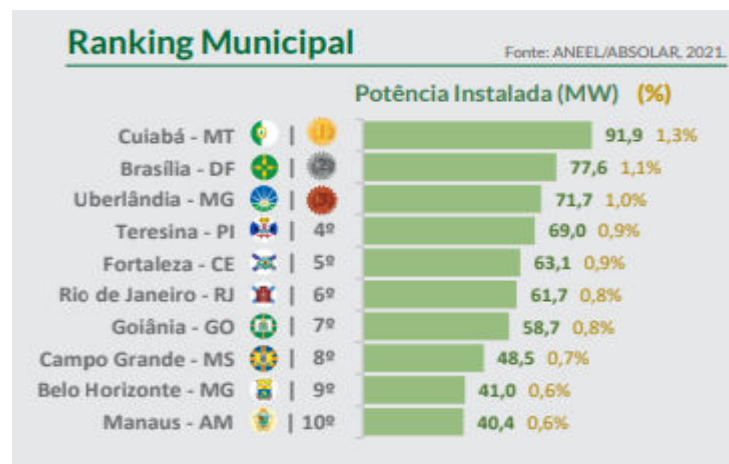
A ABSOLAR e a ANEEL divulgam no início de cada mês, um infográfico com atualizações sobre o status de produção de energia elétrica fotovoltaica em todo o território brasileiro, cujo os mesmos apresentam os números de potencias instaladas em cada estado, divididos entre geração distribuída e centralizada conforme as figuras 10, 11 ,12 respectivamente.

Figura 10: Ranking estadual de geração distribuída, novembro.



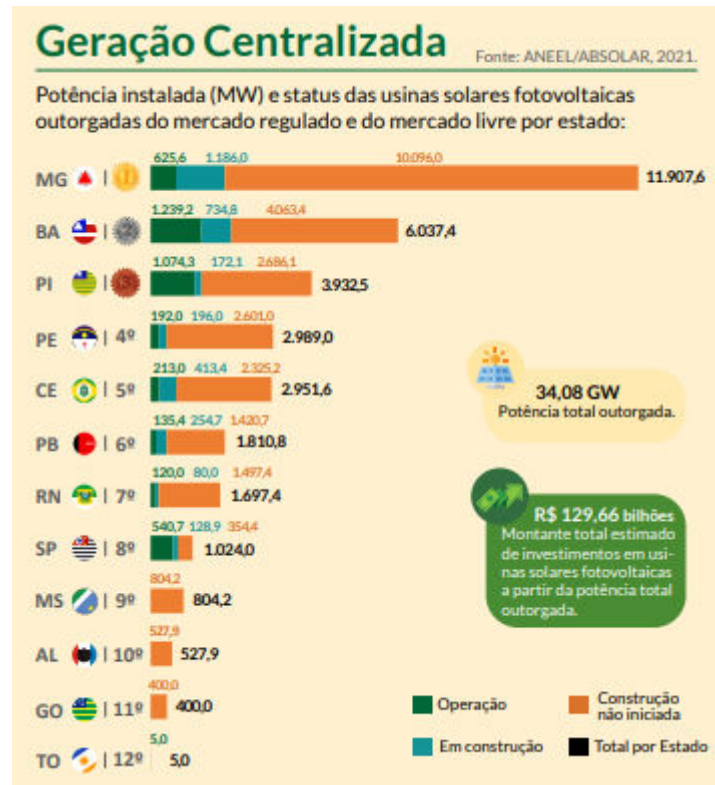
Fonte: ANEEL/ABSOLAR

Figura 11: Ranking municipal de geração distribuída, novembro.



Fonte: ANEEL/ABSOLAR

Figura 12: Ranking estadual de geração centralizada, novembro.



Fonte: ANEEL/ABSOLAR

No gráfico de geração centralizada, podemos observar os números de geração das usinas em operação, os que se encontram em fase de construção e os que ainda estão no papel, ou seja, apenas projetos, mas com planos de uma futura construção.

2.11.4 Vantagens/desvantagens e desafios para produção de energia solar fotovoltaica no Brasil.

Pudemos observar no decorrer deste trabalho que a energia solar é uma energia renovável, enquanto existir a principal fonte, ou seja, o sol, e que ao usar esse tipo de energia nos serão proporcionadas vantagens. imaginemos que num futuro próximo mais da metade da população tenha instalado em sua casa ou empresa um sistema fotovoltaico, com isso, não seria necessário inundar grandes áreas florestadas pra a construção de hidroelétricas, como a Belo Monte, por exemplo. Segundo o Portal Solar, uma usina solar de 100 MWp (Megawatt de potência) gera energia para abastecer 20 mil casas, evitando assim uma emissão de 175 mil toneladas de CO₂ (dióxido de carbono) por ano. Mesmo assim, são inúmeros benefícios que podem ser listados, tais como: uma casa que possui um gerador de energia solar fotovoltaica

consegue gerar sua própria energia renovável, podendo assim economizar bastante na conta de luz. Um aumento gradativo na produção de energia solar diminuirá a construção de usinas termelétricas, cuja a mesma possui um grande custo e conseqüentemente uma queda na inflação da conta de luz. A energia solar não faz barulho, não polui, possui uma baixa necessidade de manutenção, baixo custo, quando considerado a vida útil do sistema, fácil de instalar, e o melhor, pode ser usado em áreas que não possuem eletricidade.

A energia solar brasileira enfrenta muitas dificuldades, e segundo o Portal Solar os incentivos governamentais são cada vez menores e isso faz com que soluções sejam menos acessíveis a consumidores. Apesar da energia solar no Brasil ainda ser praticamente minúscula, o custo para se obter essa tecnologia está em constante queda, sendo possível o uso de quem ainda não a usufrui. Um de seus maiores desafios é vencer o lobby de distribuidoras de energia que vendem, ao invés de permitir a sua própria produção de energia elétrica através do sol. A sua maior desvantagem é que não produz durante a noite.

2.12 Energia fotovoltaica no Rio Grande do Norte.

Com sol praticamente o ano inteiro, o estado do Rio Grande do Norte vem se destacando vem se destacando na produção de energia solar fotovoltaica, a cada dia que se passa, isso tem concretizado, deixando de ser promessa e se tornando uma realidade em expansão.

O RN tem registrado um crescimento bastante expressivo em relação a sistemas particulares instalados para produção de energia solar nos últimos 8 anos, analisando os levantamentos mensais e anuais que as empresas ANEEL e ABSOLLAR publicam juntas. Levando em consideração que no ano de 2013 existiam 2 mil sistemas instalados, atualmente segundo da ANEEL já são mais de 6 mil. O estado se encontra localizado na região nordeste do Brasil, e destacasse como tendo um grande índice de radiação solar, que segundo o Atlas solarimétrico do Brasil esses níveis atingem 18 MJ/m² por dia. Tornando-o apto para implementação de usinas solares fotovoltaicas com alto índice de eficiência. Devido a isso, cerca de 56,3% de suas cidades contam com sistemas fotovoltaicos instalados, ficando atrás somente atrás somente do Ceará, com 76,6% e Pernambuco com 68,5% conforme dados da publicados pela ANEEL.

2.13 Potencial instalado em geração distribuída e centralizada.

Como observado nas figuras 10 e 12, que mostram o ranking estadual de GD e CG. o Rio Grande do Norte vem ocupando o 14º lugar no ranking de potencial instalado de geração distribuída, o mesmo possui em potência instalada 157,2 MW equivalente a 2,2% do quadro geral no mês de novembro, quando abrimos um comparativo entre os meses de outubro e novembro de 2021. Vejamos, segundo os infográficos da ANEEL/ABSOLAR (2021), no mês de novembro o RN ocupava o 14º lugar do ranking de GD com potencia instalada de 147,1, que equivale a 2,1% do quadro geral. Logo pode se perceber um aumento de 7% no potencial instalado, um valor pequeno, mas que vem aumentando ao decorrer do ano, independente da rotação da terra em torno do sol. Isso se dá pelo fato de que mais consumidores estão aderindo a geração de energia limpa, pelo meio dos painéis solares fotovoltaicos ligados a rede. Boa parte desse crescimento se deve a atual crise energética, onde a população está buscando uma maneira de economizar com gastos de energia.

Com relação a GC, ainda comparando os meses de outubro e novembro. No mês de outubro o RN ocupava 6º lugar no ranking de GC, Com potencia instalada de 120,0 MW, 1.459,4 MW de potência para projetos futuros, já o infográfico do mês de novembro o RN cai para o 7º lugar, ultrapassado pelo estado da Paraíba. Apresentando os mesmos 120 MW de potência instalada, o RN apresenta uma novidade, o início de um projeto com potencia de 80 MW. Com tudo, nossa energia limpa só tem a crescer, mediante os dados de que ainda temos um total de 1.697,4 MW de potência em projetos futuros, ainda não iniciados.

Com base em uma matéria publicada pelo programa de tv RN2 do atual ano, onde a mesma fala que atualmente o RN conta com 10 usinas solares fotovoltaicas em operação. Com isso, é correto afirmar que o RN aos poucos se aproxima de um estado sustentável, onde não será mais necessária energia não-renovável, sonhos de um futuro distante, porém, possível.

Na parte de anexos, observa-se tabela 3 com o levantamento de geração dos anos 2019, 2020 e 2021 no RN. Os mesmos foram obtidos através dos infográficos disponibilizados pela ANEEL/ABSOLAR (2021).

2.14 Consumo de Energia no Rio Grande do Norte.

Segundo a ANEEL, a COSERN registrou um consumo de 368.674,99 MWh (megawatt hora) isso apenas no mês de agosto de 2021, então para podermos fazer uma comparação, usaremos o mesmo mês em comparação, para assim sabermos se quanto da energia gerada supri a consumida.

No mês de agosto a população potiguar teve um consumo de 368.674,99 MWh, por outro lado no mesmo mês a ABSOLAR registrou um total de 126,1 MW em GD, do consumo registrado pela COSERN apenas cerca de 34% da energia consumida pode ser suprida pela gerada, mediante os dados de consumo/geração do mês de agosto.

2.15 Legislação

Segundos dados da ABRACEL (Associação Brasileira dos Comercializadores de energia) e o IBOPE (Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística) (2020), 89% dos brasileiros têm interesse em poder gerar sua própria energia, porém, a geração de energia solar só representa 2% da atual capacidade. Aí vemos a diferença entre a expectativa e realidade, em muitos dos casos é devida a falta de informação sobre esse tipo de geração, o fato de ser basicamente uma tecnologia meio nova no mercado, os altos custos podem também fazer parte desses fatores e, pode-se dizer que um grande fator para quem já usa, de não investir mais, é uma legislação que não acompanha a evolução do mercado.

No ano de 2012 a ANEEL dá início a uma regulamentação do micro e mini geração distribuída de energia com a resolução normativa nº 428. A partir daí os consumidores puderam gerar sua própria energia elétrica, através de painéis solares e outras demais fontes renováveis, tal coisa transformou a energia sustentável no Brasil. Essas novas regras trouxeram diversas vantagens para os que optaram pela geração distribuída, como, gerar energia em sua própria casa, fornece essa energia gerada que não era utilizada para a rede pública, onde o excedente se transformava em desconto nas contas seguinte, basicamente quando o consumo excedia a energia gerada, apenas essa diferença deveria ser paga, por outro lado se fosse o inverso, o consumidor quem teria um desconto na conta. De lá pra cá, o número de sistemas ligados a rede só cresce cada vez mais.

No ano de 2015 a ANEEL inicia uma revisão da RN 428, essas novas regulamentações foram definidas pela RN 687, conforme a tabela 1.

Tabela 1: Mudanças na norma

RN 428/2012	RN 678/2015
Prazo de até 36 meses para utilizar os créditos, ou seja, os descontos na fatura.	Aumento no prazo para até 60 meses para utilizar os créditos.
Máximo de 82 dias para aprovar sistema solar junto à concessionária.	Queda no prazo Máximo para aprovação do sistema, para 34 dias.
Potência máxima:	Potência máxima:
Microgeração, até 100 kW;	Microgeração, até 75 kW;
Minigeração, até 1 MW	Minigeração, até 5 MW

Fonte: Ciser, Adaptada.

Em 2019, depois de audiência junto ao povo, A ANEEL inicia uma nova proposta de revisão na RN 428/2012. Na antiga, a energia que era consumida era totalmente compensada pela energia gerada, ou seja, 1 KW era gerado era igual a 1KW na tarifa de energia, com a nova que já foi aprovada pelos deputados o consumidor passara a pagar por transmissão no fio A e B, perdas de energia, transporte e encargos da energia consumida. Contudo, a ANEEL garante um reaproveitamento financeiro de até 38% da energia que será gerada.

2.15.1 Mudanças na legislação

Após ser aprovada pelos deputados no dia 18 de agosto, o projeto que vem visa estabelecer uma transição para o início de cobranças de encargo e tarifas de uso em sistemas geração distribuída, por parte dos minis e micro geradores de energia elétrica. A proposta (PL 5829/19) criada pelo deputado Silas Câmara foi enviada ao senado porem, de acordo com o site dos deputados, ainda não chegou ao senado federal, a mesma encontrasse no plenário virtual e foi aprovada com algumas alterações no dia 18/03/2021.

Segundo o texto, até 2045 os micro e minigeradores já existentes pagarão os componentes da tarifa somente sobre a diferença, se positiva, entre o consumido e o gerado e injetado na rede de distribuição, como ocorre hoje. Fala Lafayette de Andrada do partido republicanos de Minas Gerais. Essa regra irá valer também para consumidores que pedirem acesso a distribuidora de energia, através do Sistema de Compensação de Energia Elétrica

(SCEE), isso se aplica dentro do prazo de até 12 meses de publicada a lei, assim consta no site da câmara dos vereadores.

Porém, para o consumidor poder usufruir de tais benefícios, os novos geradores de energia terão um certo prazo para dar início a injeção de energia no sistema, contados do parecer da distribuidora que podem ser de, 120 dias para micro geradores, 12 meses para minigeradores de painéis solares e 30 meses para minigeradores de outras fontes, vale salientar que se encaixam na definição de minigeradores aqueles que geram mais de 75 kW (kilowatt) variando até 5MW (megawatt) e micro geradores os que geram até 75kW (kilowatt) de fontes renováveis, em suas próprias unidades de consumo. Contudo, o limite para minigeradores passar a ser de 3MW a partir de 2045 segundo o projeto de lei (PL 5829/19)

O projeto aprovado prevê a transição de 7 a 9 no pagamento de transporte para aqueles que começarem a geração de energia depois de 1 anos após a validação da lei pelo senado. Os pagamentos serão relativos a ganhos do serviço da distribuidora, da queda de preços dos equipamentos da rede e pôr fim do custo de manutenção e funcionamento do serviço.com isso, os clientes geradores de energia pagarão 15% em 2023, 30% em 2024, 45% em 2025, 60% em 2026, 75% em 2027 e 90% em 2028. Após isso a ANEEL definirá novas regras que serão validas a partir de 2029.

Segundo Eduardo Piovesan (2021), em sua publicação no site da câmara dos deputados.

Para unidades de minigeração que produzem mais de 500kW para autoconsumo remoto (em local diferente da geração) ou na modalidade de geração compartilhada (reunidos em consórcio) em que um único titular detenha 25% ou mais, o participante do SCEE pagará, além disso, 40% de tarifas de uso dos sistemas de transmissão da rede básica e 100% dos encargos de fiscalização, pesquisa e desenvolvimento (TFEE e P&D). A partir de 2029 (ou 2031), passarão a pagar conforme novas regras a serem definidas pela Aneel.

Além de receber encargos com recurso da CDE (Conta de Desenvolvimento Energético) irá arcar com os custos dos componentes tarifários não associados ao custo da energia elétrica,

que é compensada por geradores cooperativos da distribuidora de energia, contanto que o seu mercado seja inferior a 700GWh/ano.

Com relação a revisão extraordinária, além das distribuidoras receberem encargos através recursos da CDE, elas poderão considerar a energia que será ingerida no sistema pelos micros e minigeradores, para fins de revisão tarifaria. A mesma pode implicar efeitos no reajuste das tarifas, visto que o excesso de energia sob sua gestão pode vir a provocar problemas financeiros no cumprimento dos fornecimentos junto as maiores usinas, isso segundo os critérios apresentados pela ANEEL. Ainda sobre o isso, as distribuidoras terão a capacidade de realizar chamadas públicas para a compra da energia excedente dos geradores, mas, para contratos futuros, assim apresenta as regulamentações da ANEEL.

Todo o projeto de lei poder ser acompanhado no site da câmara dos deputados, disponível em: <
<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2228151>>.

2.16 Perspectivas

A (PL 5829/19) trará novas mudanças para o universo solar fotovoltaico, algumas mudanças irão beneficiar o gerador de energia centralizada, outras nem tanto, porém, cada vez mais avançando para uma situação em que ambos os lados sejam beneficiados, podemos ver a principal mudança que ocorrerá caso a proposta seja aprovada pelo senado e entre em vigor, de fato que para um consumidor iniciante na geração de energia, o custo aumentará, mas ainda assim será uma opção pensável.

Contudo, o RN planeja se tornar autossuficiente em energia fotovoltaica em 2022, afirma o site Portal Solar (2021), visando atender todo o consumo elétrico, visto que na energia eólica isso já é realidade.

Um grande passo já foi dado sobre isso, a empresa Francesa Voltalia, iniciou a instalação de um parque solar em Serra do Mel/RN, com a capacidade produtiva de 860 MW. No mês de março a mesma fez anuncio da venda de uma parte desse complexo para a petroquímica Braskem, 270 MW estão envolvidos. Importante saber também, que no mês de outubro a mesma empresa abriu em Mossoró um centro mundial de monitoramento de energias

renováveis, Mossoró foi escolhida pela alta qualidade de mão de obra, assim comunicou a empresa ao governo do estado. Vale salientar que essa empresa já vem atuando em outros 20 países, atuando como produtora e prestadora de serviços na área renovável da geração de energia, como, solar, hídrica, biomassa e hídrica.

O setor de energia solar fotovoltaica, cresceu 175% quando comparamos 2018 e 2019, apenas no RN, e estima-se que em 2040 a energia solar represente cerca de 32% da nossa matriz energética. Segundo dados da ANEEL (2021)

Analisando dados da Anel do mês de outubro de 2019, cerca de 1980 empreendimentos, tinham juntos 28.246,62 KW de potência instalada. E vemos com passar dos anos que a tendencia é um crescimento maior ainda, baseando se no leilão mais recente da ANEEL, que teve um benefício da construção de mais 2 parque solares com construção até 2025.

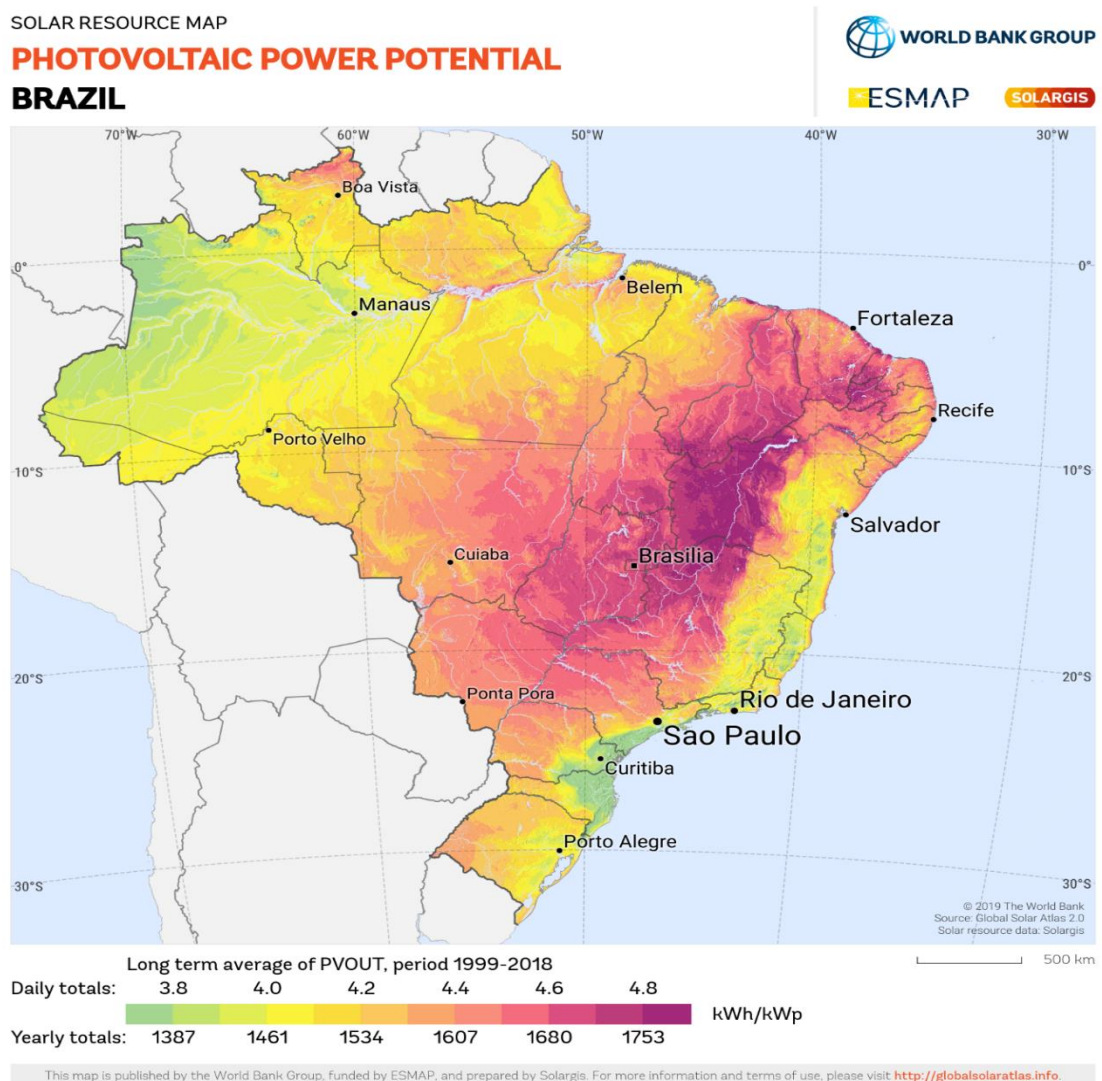
Ainda com relação aos dados da ANEEL (2021), cerca 56,3% das cidades do RN, fazem uso de sistemas fotovoltaicos como fonte de geração elétrica. Vale relembrar que ainda temos 1.497,4 MW em projetos com construções ainda não iniciadas, ou seja, nossa captação de energia solar através do painel fotovoltaico tem muito crescer nos próximos anos.

3 METODOLOGIA

Para a realização desta pesquisa baseou-se em pesquisas bibliográficas e informações de empresas especializadas na área de energia. Para isso utilizou-se coleta e análise de dados bibliográficos e de produção de energia da ANEEL e ABSOLAR. Através dessas informações foi possível descrever a demanda pelo consumo e produção de energia no Brasil, com ênfase na produção de energia fotovoltaica.

Realizou-se também consultas a partir de mapas com informações para o território brasileiro e especialmente para o estado do Rio Grande do Norte (RN). Como observa-se na figura 13.

Figura 13: Mapa do Potencial Fotovoltaico Brasileiro

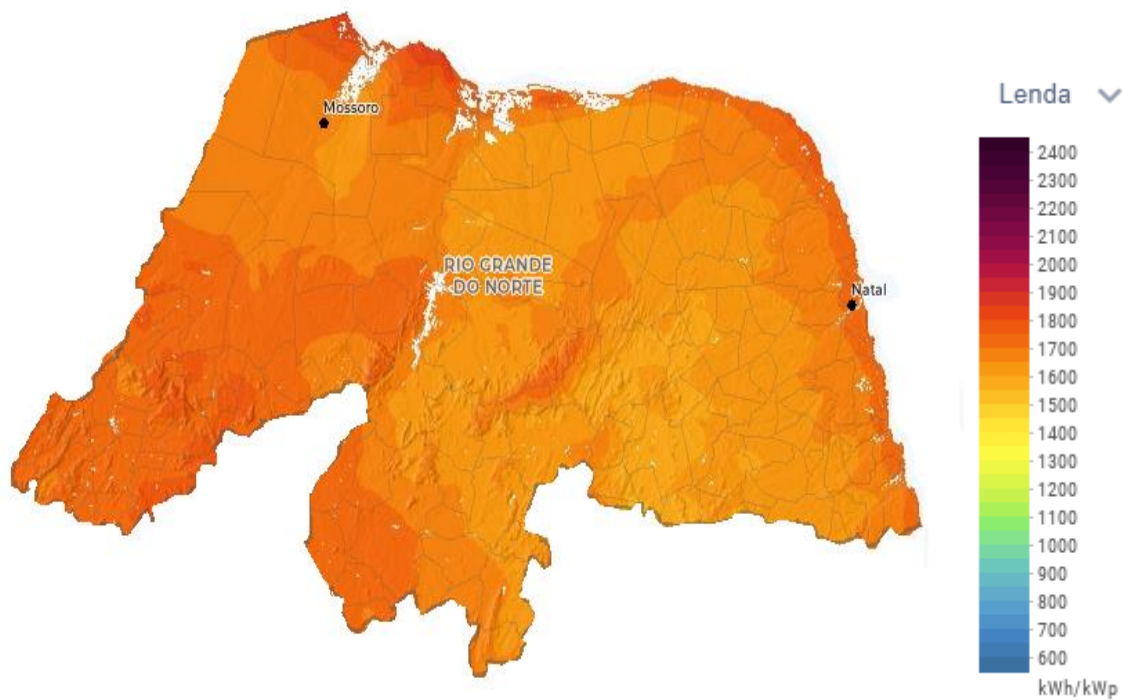


Fonte: Atlas Solar Global

A figura 13 apresenta valores coletados de 1999 a 2018, mesmo assim, fica claro o seu potencial. Vale salientar como observado ao decorrer deste trabalho esse potencial cresce junto com a evolução tecnológicas dos painéis.

Observa-se a partir da figura 14 o índice solarimétrico do RN, quanto mais escura a cor maior o índice de produção.

Figura 14: Mapa de incidência solar do RN



Fonte: Atlas solar do Brasil.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo dados obtidos pelas empresas ANELL/ABSOLAR (2021), o Brasil apresenta um potencial instalado de 11.596 GW, sendo que a geração centralizada representa 2,3% da matriz elétrica Brasileira relacionadas a energia solar fotovoltaica.

O crescimento do potencial instalado na matriz elétrica nacional com o ano base de 2019 foi de 252%. O que implica num crescimento considerável.

Quando se observa o estado do Rio Grande do Norte, verifica-se que o mesmo ocupa o 14º lugar em potência instalada na geração distribuída, com 157,2 MW equivalentes a 2,2% do quadro geral. Verificou-se um crescimento de 176,5% quando analisado o total anual em geração centralizada e distribuída de 2019 a novembro de 2021.

Verifica-se que a geração distribuída é maior que a centralizada no estado do Rio Grande do Norte. A Quanto a geração centralizada, o estado ocupa o 7º lugar com uma produção mensal de 120MW, mas vale salienta que uma construção com 80,0 MW de potência já foi iniciada.

REFERÊNCIAS

Atlas Solar global. Disponível em: < <https://globalsolaratlas.info/map?m=site&c=-5.968485,-35.974731,8>>. Acesso em: 13/11/2021.

Balanço Energético Nacional. EPE – Empresa de pesquisa energética. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>>. Acesso em: 01/11/2021.

BOSO, A. C. M. R.; GABRIEL, C. P. C.; FILHO, L. R. A. G. ANÁLISE DE CUSTOS DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON-GRID E OFF-GRID NO BRASIL. Revista Científica ANAP Brasil, [S. l.], v. 8, n. 12, 2015. DOI: 10.17271/1984324081220151138. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap_brasil/article/view/1138. Acesso em: 09/11/2021.

Como funciona um painel solar fotovoltaico. Portal solar. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/como-funciona-o-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 18/09/2021.

Energia Solar no Brasil. Portal solar. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-brasil.html#ancora13>>. Acesso em: 25/09/2021.

Energia solar on-grid ou off-grid? Qual devo escolher? Portal Solar. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-on-grid-ou-off-grid-qual-devo-escolher>>. Acesso em: 08/11/2021.

Geração distribuída. 2W energia. Disponível em: < <https://2wenergia.com.br/geracao-distribuida/>>. Acesso em 02/10/2021.

GRIMM, Alice Marlene. Meteorologia básica – Notas de aula. 1999. Disponível em: <<https://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/>>. Acesso em 13/09/2021.

História e origem da energia solar. Portal Solar. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/historia-origem-da-energia-solar.html>>. Acesso em 20/09/2021.

LEMON, E. T. Conversão de energia e eficiência do uso da água em plantas. No ambiente da fábrica e uso eficiente da água. American Metereological Society, Madson, 1985.

LENAIOLI, Stella. O que são os gases do efeito estufa? eCycle. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/gases-do-efeito-estufa/#CH4>>. Acesso em: 20/10/2021.

Matriz energética e elétrica. Empresa de pesquisa energética. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdnenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em 23/09/2021.
Origem da energia solar: uma breve história do sol como fonte Energética do mundo. Blue Sol energia solar. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/origem-da-energia-solar/>>. Acesso em: 13/09/2021.

Rio Grande do Norte quer se tornar autossuficiente em energia solar em 2022. Portal Solar. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/rio-grande-do-norte-quer-se-tornar-autossuficiente-em-energia-solar-em-2022.html>>. Acesso em: 05/11/2021.

Série Placas Solares: Conheça 8 tipos de painéis solares. Spin Solar. Disponível em: <<https://spinsolar.com.br/serie-placas-solares-conheca-8-tipos-de-paineis-solares/>>. Acesso em: 29/10/2021.

Sistemas on-grid e off grid. Strom Brasil. Disponível em: <<https://www.strombrasil.com.br/sistemas-on-grid-e-off-grid/>>. Acesso em: 08/11/2021.

SOUTO, Ana Lucia. Evolução do uso da energia ao longo da história. 2018. Khan Academy. Disponível em: <<https://pt.khanacademy.org/science/7-ano/desenvolvimento-tecnologico/as-maquinas-termicas/a/evolucao-do-uso-da-energia-ao-longo-da-historia>>. Acesso em: 10/09/2021.

SWINEHERT, Alphonse. Riding Light. 2015. Disponível em: <<https://vimeo.com/117815404>>. Acesso em: 18/09/2021.

VAREJÃO-SILVA, Mário Adelmo. Meteorologia e Climatologia Versão Digital 2; 2006.

ANEXO A – INDICES DE GD E CG DO BRASIL E RIO GRANDE DO NORTE

Tabela 02: Índices de geração anual do Brasil

	Brasil													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total anual (MW)
2021	GD	4.377	4.667	4.906	5.177	5.485	5.891	6.024	6.310	6.615	7.018	7.300,00	-	63770
	GC	3.093	3.098	3.104	3.293	3327	3.296	3.427	3.427	3.814	3.841	4.296,00	-	38016
	Total (MW)	7470	7765	8010	8470	8812	9.187	9451	9737	10429	10859	11596	0	101786
2020	GD	1.927	2.055	2.226	2.427	2.638	2.836	2.987	3.204	3.421	3.709	4.045	4.254	35728,8
	GC	2.474	2.447	2673	2.687	2.878	2.928	2.931	2.932	3.014	3.018	2.955	2.989	33925,5
	Total (MW)	4400,3	4502	4899	5114	5516	5764	5918	6136	6435	6727	7000	7243	69654,3
2019	GD	501,9	570,3	630,4	685,4	735,5	827,5	919,8	1.000,00	1.112,10	1.213,80	1.493,50	1.589	11279,1
	GC	1.798,00	1.939,00	2.056,00	2.074,00	2.084,00	2.099,20	2.103,20	2.103,20	2.253,40	2.267,60	2.269,30	2.454	25500,8
	Total (MW)	2299,9	2509,3	2686,4	2759,4	2819,5	2926,7	3023	3103,2	3365,5	3481,4	3762,8	4042,8	36779,9

Fonte: ANEEL/ABSOLAR (2021), adaptada.

Tabela 03: índices de geração anual do Rio Grande do Norte

	RN													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total anual (MW)
2021	GD	84,8	88,92	92	96,8	101,7	118,5	118,5	126,1	134,8	147,1	157,2	-	1266,42
	GC	116	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	-	1316
	Total (MW)	200,8	208,92	212	216,8	221,7	238,5	238,5	246,1	254,8	267,1	277,2	0	2582,42
2020	GD	34,7	38	42	46,6	52,6	56,9	61	64	68,7	72,6	80,6	84,8	702,5
	GC	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	1392
	Total (MW)	150,7	154	158	162,6	168,6	172,9	177	180	184,7	188,6	196,6	200,8	2094,5
2019	GD	12,5	13	14,3	15,2	16,4	17,6	20	21,1	23,4	26	28,1	30,2	237,8
	GC	-	-	-	-	-	-	116	116	116	116	116	116	696
	Total (MW)	12,5	13	14,3	15,2	16,4	17,6	136	137,1	139,4	142	144,1	146,2	933,8

Fonte: ANEEL/ABSOLAR (2021), adaptada.