



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

JUSSARA AVELINO GOMES

**ANÁLISE DA INSOLAÇÃO EM FUNÇÃO DO POTENCIAL DE ENERGIA SOLAR
EM UMA SÉRIE HISTÓRICA NO MUNICÍPIO DE APODI/RN**

ANGICOS

2021

JUSSARA AVELINO GOMES

**ANÁLISE DA INSOLAÇÃO EM FUNÇÃO DO POTENCIAL DE ENERGIA SOLAR
EM UMA SÉRIE HISTÓRICA NO MUNICÍPIO DE APODI/RN**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Danielle da Silva Oliveira Martins, Prof(a). Dr(a).

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.

G633a Gomes , Jussara Avelino .
Análise da Insolação em Função do Potencial de
Energia Solar em uma Série Histórica no Município
de Apodi/RN / Jussara Avelino Gomes . - 2021.
41 f. : il.

Orientadora: Danielle da Silva Oliveira
Martins.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2021.

1. Insolação. 2. Energia Solar. 3.
Precipitações. I. Oliveira Martins, Danielle da
Silva , 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.

JUSSARA AVELINO GOMES

**ANÁLISE DA INSOLAÇÃO EM FUNÇÃO DO POTENCIAL DE ENERGIA SOLAR
EM UMA SÉRIE HISTÓRICA NO MUNICÍPIO DE APODI/RN**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 12 / 11/ 2021

BANCA EXAMINADORA

DANIELLE DA SILVA OLIVEIRA
MARTINS:04743702402
02

Assinado de forma digital por
DANIELLE DA SILVA OLIVEIRA
MARTINS:04743702402
Dados: 2021.11.26 09:55:07
-03'00'

Danielle da Silva Oliveira Martins Prof(a). Dr(a). (UFERSA)
Orientador

MARISTELIO DA CRUZ COSTA:26129019491

Assinado de forma digital por
MARISTELIO DA CRUZ
COSTA:26129019491
Dados: 2021.11.26 10:30:31 -03'00'

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

GEOMAR GALDINO DA SILVA:43013651415

Assinado de forma digital por GEOMAR
GALDINO DA SILVA:43013651415
Dados: 2021.11.26 10:31:18 -03'00'

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

*Em memória do meu amado avô Francisco
Gomes, e da minha querida avó Maria Amélia.
que estariam comemorando mais esse passo
conosco, com toda a sua alegria e afeto de
sempre.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dá forças e energias para realizar mais essa conquista. Aos meus pais Jose Gomes e Severina Avelino por sempre está ao meu lado, e acreditar no meu potencial, por todo o esforço e incentivo para que pudesse estar aqui.

Ao meu irmão Marcos Vinicios que me ajuda em muitos aspectos da vida acadêmica e social, pelos momentos de descontração e apoio.

Um agradecimento especial a Prof^a. Dra. Danielle da Silva pela orientação, dedicação e confiança ao ser minha orientadora.

A minha amiga Damires Ellen que contribuiu na minha jornada acadêmica com suas palavras de apoio e risadas.

A banca examinadora presente por contribuir no aperfeiçoamento do meu trabalho.

“A persistência é o caminho do êxito.”

Chales Chaplin

RESUMO

O clima é uma variável que muda de uma região para outra, assim como, de um ano para outro. Essas mudanças podem interferir na eficiência energética de uma fonte elétrica que depende do sol, por exemplo. Esse trabalho teve como objetivo analisar o potencial de energia solar em função da insolação, mostrando a capacidade de produção em valores diários e as variações de precipitação pluviométrica decorrentes em uma série histórica no município de Apodi/RN. O desenvolvimento deste trabalho foi com base em dados fornecidos pela plataforma do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, onde foi classificado três anos, o mais chuvoso, o ano médio e o mais seco. Em seguida com os dados obtidos nestes anos foi feita a correlação das variáveis de insolação e velocidade dos ventos, e da insolação correlacionada a radiação solar. Obtendo assim os resultados para a análise de eficiência energética do município, a região mostrou uma grande média solar durante a série histórica, mesmo no ano mais chuvoso. Apresentando uma viabilidade de aproveitamento da radiação para a produção de energia solar.

Palavras-chave: Energia Solar. Insolação. Potencial Energético.

ABSTRACT

Weather is a variable that changes from one region to another, as well as from one year to another. These changes can interfere with the energy efficiency of an electrical source that depends on the sun, for example. This study aimed to analyze the potential of solar energy as a function of insolation, showing the production capacity in daily values and the variations in rainfall resulting from a historical series in the municipality of Apodi/RN. The development of this work was based on data provided by the INMET platform – National Institute of Meteorology, which was classified as three years, the wettest, the average year and the driest. Then, with the data obtained in these years, the correlation of the insolation and wind speed variables, and the insolation correlated with solar radiation was done. Thus, obtaining the results for the analysis of energy efficiency in the municipality, the region showed a large solar average during the historical series, even in the rainiest year. Presenting a feasibility of harnessing radiation for the production of solar energy.

Keywords: Solar Energy. Insolation. Potential Energetic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Matrizes de Produção Elétrica	16
Figura 2	–	Mapa de Radiação Solar no Brasil.....	17
Figura 3	–	Localização Geográfica de Apodi/RN	19
Figura 4	–	Iluminação Zenital	21
Figura 5	–	Diagrama de uma Célula Fotovoltaica.....	22

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	–	Índice de Precipitação Apodi/RN 2011	31
Gráfico2	–	Índice de Precipitação Apodi/RN 2017	32
Gráfico3	–	Índice de Precipitação Apodi/RN 2015	32
Gráfico4	–	Insolação x Velocidade dos Ventos Apodi/RN 2011.....	33
Gráfico5	–	Insolação x Velocidade dos Ventos Apodi/RN 2017.....	34
Gráfico6	–	Insolação x Velocidade dos Ventos Apodi/RN 2015.....	35
Gráfico7	–	Radiação Solar média em Apodi/RN no ano de 2011.....	35
Gráfico8	–	Radiação Solar média em Apodi/RN no ano de 2017.....	36
Gráfico9	–	Radiação Solar média em Apodi/RN no ano de 2015.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Valores acumulados mensais de Precipitação (2010-2020)	30
----------	---	--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1	A Energia Solar no Brasil	16
2.2	A Produção de Energia Solar no Rio Grande do Norte	18
2.2.1	O município de Apodi/RN.....	18
2.3	Fatores de Influência na Energia Solar.....	19
2.3.1	Incidência Solar	20
2.3.2	Sombras.....	20
2.3.3	Massas de ar	20
2.3.4	Precipitações Pluviométricas.....	21
2.4	Células e Módulos Fotovoltaicos.....	21
2.4.1	Tipos de Células Fotovoltaicos.....	22
2.4.2	Módulos Fotovoltaicos.....	23
2.5	Potencial de Energia Solar.....	24
2.6	A Insolação.....	25
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Atualmente a busca por fontes alternativas de energias tem se desenvolvido cada vez mais, isso porque as maiores matrizes energéticas usadas no Brasil são providas de recursos não renováveis, ou seja, podem acabar em algum momento, além de prejudicar o meio ambiente. (BRASIL. Ministério de Minas e Energia, 2020)

É pensando nessa situação futura que as empresas de energia começaram a investir na produção elétrica de fontes naturais, o que traz como um de seus benefícios proceder-se de recurso inesgotável. Atualmente, o Brasil conta com algumas fontes renováveis disponíveis, que integram o quadro de matrizes energéticas. A principal e mais usada dessas matrizes é a hidrelétrica, seguida de eólica, biomassa e solar. (SILVA, 2018)

Diariamente a radiação solar que chega à superfície terrestre, torna viável a geração de energia elétrica a partir da transformação através do sistema fotovoltaico. No planejamento de instalação do sistema fotovoltaico, o clima do lugar deve ser levado em consideração, uma vez que a geração dessa energia depende da oferta de sol, pois a irradiação solar varia de uma região para outra. (PORTAL SOLAR, 2021)

A partir do ano 2000 surgiu um avanço em relação às fontes renováveis, pois seus recursos inesgotáveis são abundantes em várias regiões brasileiras, mas é o Nordeste que ganha maior destaque por possuir os melhores recursos eólico e solar do país. Destacando-se em projetos de todos os perfis, a região Nordeste conta com 2,4 GW em usinas fotovoltaicas em funcionamento atualmente, isso representa cerca de 70% de toda a capacidade instalada da fonte centralizada de geração no Brasil. Enquanto isso na produção solar distribuída, são 1,1 GW de potência, e mais de 90 mil conexões em operação. (ABSOLAR,2021).

A insolação que chega em um determinado local da superfície terrestre pode alterar, e um dos motivos responsáveis por esta variação acontecer é a nebulosidade pois, as nuvens geram essa oscilação na potência da radiação solar incidente na superfície, e por conta dessa alteração de radiação justifica a variabilidade de radiações de uma região (SILVA, 2018).

Seguindo o contexto acima, a insolação pode variar tanto de uma região a outra, como de um ano a outro, pois as variações climáticas também influenciam na produção energética. Este trabalho tem como objetivo analisar o potencial de energia solar, em função da insolação do município de Apodi/RN, mostrando a sua capacidade de produção, em valores diários de radiação solar ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), e variações decorrentes de precipitações pluviométricas em uma

série histórica de 11 anos, através de dados climatológicos fornecidos pela plataforma do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, em função do potencial local para geração de energia solar. Como o Nordeste é a região que mais sofre com as secas severas, que acontecem em determinados períodos do ano, logo, existe mais horas de sol. Fazendo com que a energia solar seja ainda mais importante para essa parte do território brasileiro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Energia Solar no Brasil

Diariamente a superfície terrestre recebe a luz solar que é indispensável para a vida na Terra, e ao avaliar essa irradiação recebida estima-se que por ano, o sol, possa fornecer uma ordem de grandeza de 15×10^{15} Mwh, isso representaria 10 mil vezes o consumo de energia do planeta, o que torna o sol uma fonte alternativa e inesgotável de energia. (BRASIL. Ministério de Minas e Energia, 2020)

Países localizados próximo a faixa do Equador podem garantir uma radiação solar equivalente a 140,000 Mw. Para um país como o Brasil essa equivalência significaria mais de 50% da energia consumida em toda sua extensão. (SILVA, 2018)

Sendo a terceira energia mais usada em outros países, a energia solar representa no Brasil apenas 1,7% da energia produzida no país, de acordo com o Ministério de Minas e Energia 2020, representado na Figura 1.

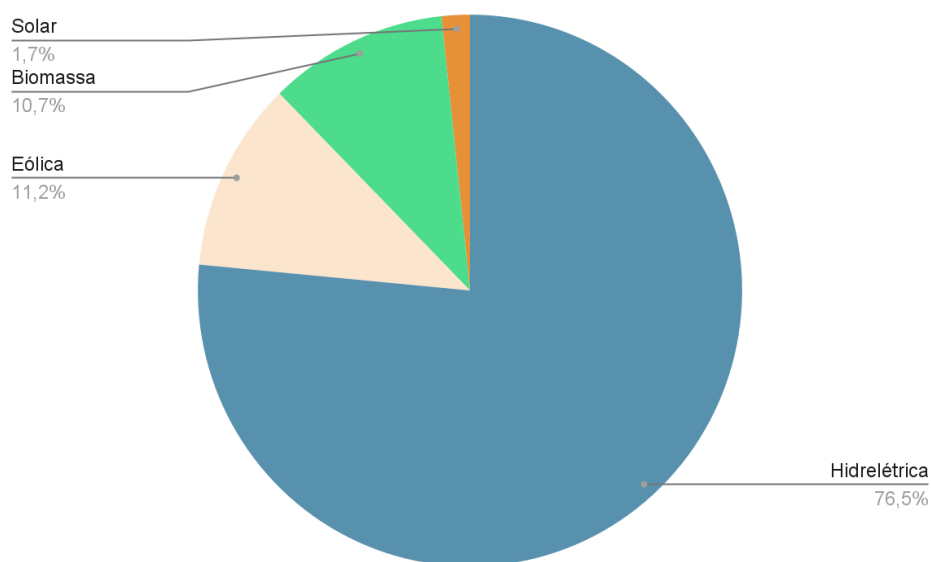


Figura 1 - Matrizes de Produção Elétrica com dados do Ministério De Minas e Energia.

Fonte: (Autoria própria, 2021)

A energia solar no Brasil está cada vez mais em ascensão devido às crises hídricas que ocorrem em determinados períodos do ano, quando essa crise surge fatores como o aumento

das contas de luz acontece, além dos custos de suas manutenções. Por isso a geração fotovoltaica é importante para o país, pois além de apresentar benefícios na redução dos custos da conta de luz para os consumidores, também reduz o impacto ambiental. (ABSOLAR, 2021).

A Figura 2 mostra a distribuição e os valores da radiação solar no Brasil. A faixa mais escura representa os Estados com os maiores valores de irradiação do país, que podem chegar a mais de 2.000 Kwh/m²/ano. Um dos fatores em comum é o clima semiárido, bem como a ocorrência de poucos índices de precipitações pluviométricas. (ADEEL, 2019).

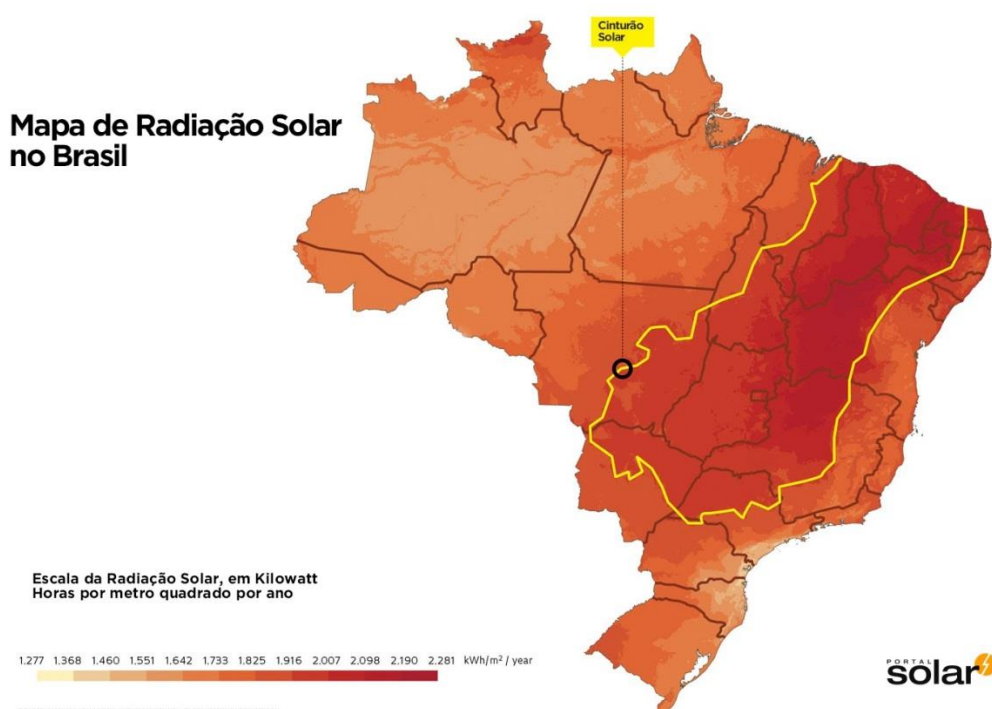


Figura 2. Mapa de Radiação Solar no Brasil. Fonte: Portal Solar (2019).

2.2 A Produção de Energia Solar no Rio Grande do Norte

Na região Nordeste do Brasil existe uma abundância na quantidade de energia solar e por sua transformação em energia elétrica, que vem sendo estimulada devido à escassez hídrica, e a sua necessidade de utilizar os recursos dos reservatórios para outros fins. Por esse motivo o mapeamento da radiação solar nessa região se torna de extrema importância para a organização energética brasileira, permitindo assim que projetos de instalação de plantas fotovoltaicas e de aproveitamento da energia solar por tecnologias diversas ocorram. (MENEZES, 2009)

O Rio Grande do Norte é considerado o maior produtor de energia eólica do país, e agora é a energia solar que está ganhando cada vez mais destaque no Estado. Por seu índice de radiação solar, o estado passou a atrair o interesse de investidores internacionais para o campo da energia fotovoltaica. Empresas têm buscado nos últimos anos negócios especializados na introdução de fábricas de painéis solares e na edificação de usinas. Elevando a produção distribuída da energia solar em 140% no estado. (SEDEC, 2021)

Sendo considerado um dos estados com maior incidência solar, ficando atrás apenas do Ceará e do Pernambuco. Os seus níveis anuais de irradiação podem atingir cerca de 18 MJ/m^2 ao dia, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2019) ressalta que 56,3% dos municípios potiguares já usam o sistema fotovoltaico em residências ou comércios. Cidades como Caicó e Mossoró apresentam uma produção de 15 MW de potência em usinas fotovoltaicas de micro ou minigeração. Com a sua privilegiada localização no semiárido brasileiro o Rio Grande do Norte que já é autossuficiente na energia eólica, visa se tornar independente na energia solar também, tornando isto um objetivo para 2022. (PORTAL SOLAR, 2021)

2.2.1 O Município de Apodi/RN

Apodi está localizada nas seguintes coordenadas geográficas $05^\circ 39' 01''$ latitude Sul, e $37^\circ 47' 56''$ longitude Oeste encontrando-se na região Ocidental do Rio Grande do Norte. Sua localização apresenta-se em uma zona de forte incidência solar como mostra a Figura 2.



Figura 3 - Localização de Apodi/RN. Fonte: Google (2021)

O município situa-se afastado da influência direta do Atlântico Leste, e de sua continentalidade, logo, está submetido às variações dos sistemas sinóticos equatoriais. Isso porque o estado potiguar tem uma relevância quanto às precipitações, que é a principal entre os conjuntos atmosféricos neste seguimento. (LIMA, 2007)

Segundo o mesmo autor, nessa região as chuvas são decorrentes nas estações entre o verão e o outono, mas os índices de precipitações se tornam inferiores, pois o clima de origem semi-árida tende a ter níveis elevados de evaporação devido ao grau de radiação solar do local. Em 1962 Bagnouls e Gaussen propuseram classificar zonas por âmbito bioclimático, já que a relação entre a temperatura e a precipitação possibilitaria um índice de atribuir os anos chuvosos dos secos. Com isso Apodi se enquadraria nesta classificação sendo nomeado por Tropical Quente e Seca Acentuada com níveis xerotérmicos em torno de 150 mm a 200 mm, podendo assim marcar de 7 a 8 meses de seca. Com esses meses de seca a cidade, segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, pode manifestar um índice de insolação anual de 2.700 horas de sol.

2.3 Fatores de influência na Energia Solar

Um sistema fotovoltaico está exposto a sofrer com algumas influências que poderão interferir na sua produção de energia. Esses fatores de interferência podem ser desde a posição na qual a placa solar se encontra, ou o clima da região.

2.3.1 Incidência Solar

A incidência pode interferir diretamente na atuação de um sistema fotovoltaico, isso porque os painéis solares devem sempre ser colocados em posição favorável ao Sol, para ter o máximo de recebimento da radiação, no Brasil essa localização deve ser ao norte. (HCC ENERGIA SOLAR, 2021)

2.3.2 Sombras

Quando acontece um sombreamento em um módulo resulta em uma interferência no seu funcionamento, pois as células que estão presentes na placa sofrem com um bloqueio, com isso passam a agir como um resistor, deixando de gerar correntes elétricas. (SOLARPRIME, 2019).

2.3.3 Massas de ar

Quando a radiação atravessa a atmosfera ocorre uma difusão, onde seus aspectos dependem da espessura da massa de ar, e da composição atmosférica, abrangendo elementos como o ar, poluição e vapor. A ordem de grandeza da massa de ar é obtida através da secante do ângulo zenital. Isso é dado pelo motivo de que a trajetória dos raios solares depende do ângulo zenital, que quando têm um ângulo maior representa uma influência superior na atmosfera sobre a radiação solar, quando os ângulos azimutais são menores significam que eles dispõem de massas reduzidas, logo, são mais iluminadas e quentes, como é o caso de países de zona tropical. Ou seja, uma distribuição de luz vai depender da sua localização geográfica, pois quando o sentido angular for menor, a incidência solar por hora, dia e ano será maior. (SILVA e PEREIRA, 2016)

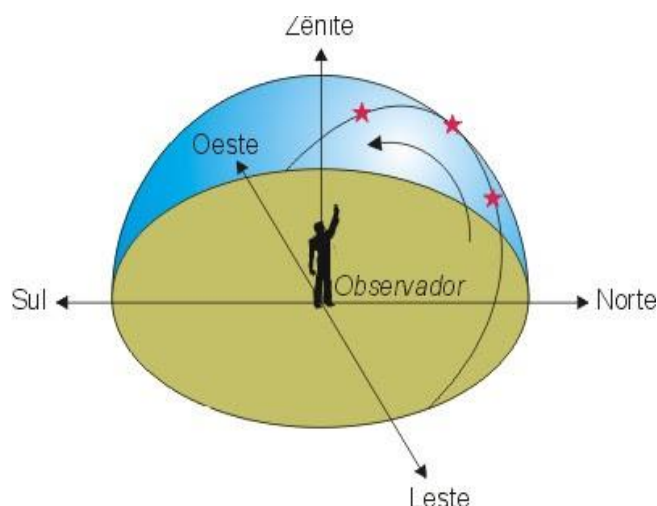


Figura 4 - Iluminação Zenital. Fonte: Montessorianos (2021)

2.3.4 Precipitações Pluviométricas

No período de inverno em que os dias tendem a ser mais curtos, e assim as horas de Sol são menores, as chuvas acabam interferindo na produção da energia solar, havendo uma redução em sua eficiência. (ALIANÇA ENERGIA, 2017).

2.4 Células e Módulos Fotovoltaicos

Em 1839 um físico francês chamado Becquerel, observou que após iluminar uma solução ácida acontecia uma diferença no potencial entre os eletrodos que estavam imersos na solução. No ano de 1876 Adams e Day fizeram uma observação semelhante ao efeito que foi visto por Becquerel, mas agora em um objeto de estado sólido que foi fabricado com selênio, e em 1883 foram fabricados em selênio as primeiras células, desenvolvidos por Frits. Mas foi no ano de 1950, depois da descoberta feita pelo físico francês, e com os avanços da tecnologia que um laboratório nos Estados Unidos fabricou as primeiras células fotovoltaicas com lâminas de silício cristalino. (MANUAL DE ENGENHARIA, 2014)

A célula fotovoltaica é a responsável pela conversão imediata da energia vinda pela radiação solar em eletricidade, esse fenômeno está atribuído a capacidade de alguns materiais conseguirem gerar correntes elétricas ao ficarem expostas à luz do sol, havendo assim o efeito fotovoltaico. (SILVA, 2018)

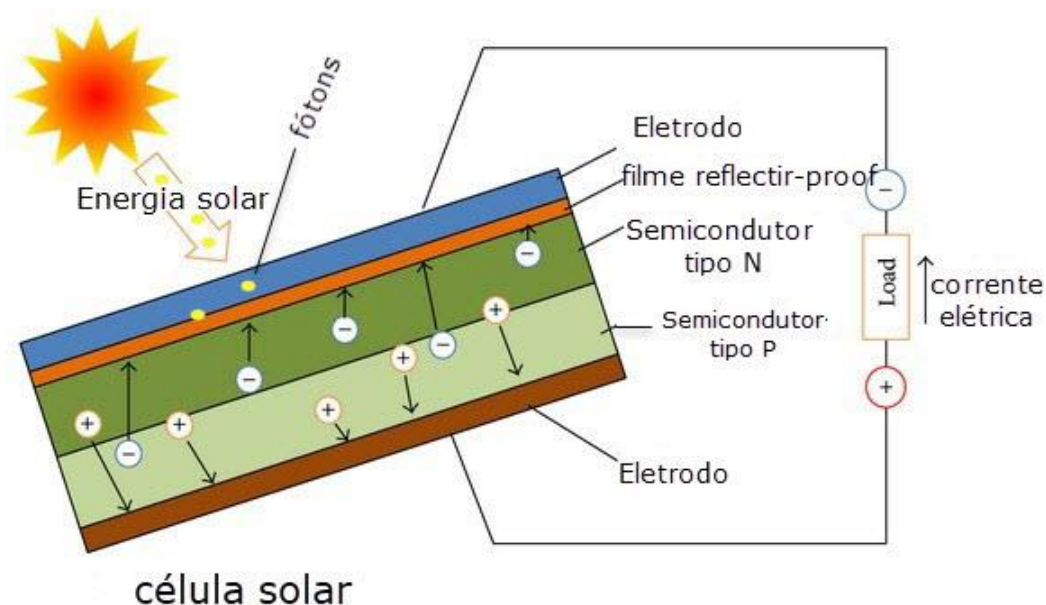


Figura 5 - Diagrama de uma Célula Fotovoltaica.

Fonte: Disponível em (<https://guntech.com.br/content/como-funcione-energia-solar>)

Acessado em 15 de setembro de 2021

2.4.1 Tipos de Células Fotovoltaicas

Células de Silício Cristalino

Sendo o tipo de célula mais comum, utiliza na sua construção o silício cristalino (C-Si) ou “silício de grau solar” como também é conhecido. As células de silício cristalino, são partes de lingotes de silício cristalino que foram quimicamente tratadas para poderem produzir energia elétrica com a luz do sol. (PORTAL SOLAR, 2021)

Silício Monocristalinas (mono-Si)

O silício monocristalino é o tipo mais eficiente, essas células possuem um formato circular, sendo cortados para apresentar uma leve aparência octogonal. Os painéis que usam esses tipos de células mono-Si possuem um pequeno padrão de diamantes brancos, Figura 6. (PORTAL SOLAR, 2021)

Silício Policristalino (multi-Si)

Para esse tipo de célula é usado um processo de fundição onde o silício purificado é fundido em grandes blocos, a eficiência do silício policristalino é menor se comparado como o monocristalino, porém elas são muito comuns nos painéis fotovoltaicos, a Figura 7 mostra um exemplo de painel feito desse material. (PORTAL SOLAR, 2021)

Células de Filme Fino

A tecnologia de filme fino é diferente das outras células de silício cristalino, pois os painéis possuem uma eficiência de conversão de 2% a 3% mais baixas do que o silício cristalino, sendo uma tecnologia muito utilizada em pequenas células fotovoltaicas como uma calculadora de escritório. São as principais três tecnologias desse material, o Telureto de cádmio (CdTe), Seleneto de cobre gálio (CIGS) índio e silício amorfo(a-Si). Figura 8. (PORTAL SOLAR, 2021)

Células Fotovoltaica de Heterojunção

As células de silício heterojunção formam camadas finas de silício amorfo, que são depositadas em wafers de silício monocristalino. Com esse ajuste da tecnologia tradicional do silício cristalino com o de amorfo (filme fino) que aumenta em cerca de 20% a capacidade das células. (PORTAL SOLAR, 2021)

2.4.2 Módulos Fotovoltaicos

O módulo fotovoltaico é o termo técnico para painel solar. As células apresentam uma desvantagem por causa do tamanho e por isso conseguem gerar apenas uma tensão de 0,6 V, e para conseguir energia em uma larga escala precisa-se de uma quantidade maior de células fotovoltaicas, logo, a formação do módulo solar fez-se necessária. Esses módulos são compostos de 36 a 72 células solares, normalmente essas células são conectadas em série para garantir um valor de grandeza maior da tensão, assim, os terminais frontais serão conectados sequencialmente com os terminais seguintes até obter uma tensão desejada. Por isso fabricantes usam várias células por painel, de acordo com a faixa de potência do sistema, elas podem atingir cerca de 40 a 70 V de tensão, já as suas correntes iriam depender da área, devido estar diretamente relacionada a quantidade de luz solar que iria chegar ao módulo. (SILVA, 2018)

2.5 Potencial de Energia Solar

A energia solar corresponde plenamente a toda energia irradiada pelo sol, sendo ela em forma de luz visível ou não, esse recurso pode ser aproveitado desde a fotossíntese de uma planta, até a produção de energia elétrica para residências. A radiação ao atravessar a atmosfera terrestre pode sofrer fenômenos ópticos de absorção, reflexão e difusão com diferentes intensidades, isso porque a energia que chega até a Terra é menor, do que a originada pelo sol em sua superfície. Logo, as medições da irradiação solar em circunstâncias das grandes variações climáticas presentes ao decorrer de um ano, em uma região as medições seriam realizadas em longos períodos assim obtendo uma validade estatística em relação a energia solar. (VIAN, 2021)

A radiação solar que incide na superfície da Terra é medida através de instrumentos que são capazes de medir a capacidade da radiação instantaneamente, os dados da irradiação são historicamente armazenados os valores pelo total de um dia, e diversas vezes apenas as médias mensais. Tornando possível estimar a irradiação solar mensal a partir das demais variáveis meteorológicas, como a nebulosidade e a insolação, essas estimativas também podem ser obtidas pelos dados de satélites que mostram uma boa exatidão quando relata as médias mensais. Mesmo sendo provável obter dados de curtos intervalos de tempo, essas estimativas possuem algumas incertezas devido aos modelos matemáticos que são usados. Para avaliação anual da disponibilidade de irradiação solar se torna mais viável observar a radiação média em relação a um plano com inclinação igual a latitude e direcionado para a faixa do Equador. Para analisar o potencial de conversão fotovoltaica em um lugar específico, seria mais útil dispor de dados confiáveis, já que no Brasil existem poucas estações meteorológicas que registrem sistematicamente o valor da irradiação solar disponível em intervalos horários. (ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL, 2000)

Para a energia solar o potencial técnico é uma estimativa prática representando uma quantidade de radiação no qual poderá ser utilizado o seu rendimento em conversão energética através das tecnologias disponíveis atualmente, como é o caso dos sistemas fotovoltaicos, mas são fatores que precisam de uma disponibilidade de terreno, como também de condições climáticas, esses fatores fazem com que o potencial tenha diferentes resultados. (VIAN, 2021)

As informações que são coletadas na base temporal horária são importantes porque os painéis solares são geralmente instalados em planos inclinados, considerando que a posição solar ela varia a cada momento, então a conversão de um dado de irradiância que estaria em um

plano horizontal para um plano inclinado também será diferente a cada instante. Os métodos computacionais são um dos mecanismos que podem ser utilizados para resolver este impasse, isso porque o sistema pode combinar as sequências de dados de radiação em intervalos de tempo, a partir de aspectos geográficos e das informações sobre a incidência solar em média mensal. Os dados horários da irradiação sobre a extensão horizontal serão usados para calcular a irradiância sobre qualquer superfície de orientação.

(MANUAL DE ENGENHARIA, 2014).

2.6 A Insolação

A insolação é o número de horas de luz solar efetivo, ou seja, serve para estimar a radiação solar incidente de um determinado local. E é através desse número que será possível obter uma média de insolação e do potencial elétrico da região em que o sistema fotovoltaico será instalado. Um cálculo é feito em função da posição do Sol, do índice solar durante o ano, e da duração do dia, esse processo matemático irá ajudar a descobrir o nível de insolação, e evitar o baixo rendimento do sistema em dias nublados de acordo com a região. (PORTAL SOLAR, 2021)

Em 1923 foi estabelecida a relação de Angstron, onde fazia a correlação entre a radiação solar e a insolação diária, em média mensal. Com o tempo a expressão sofreu alterações, e atualmente é descrita da seguinte forma. (ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL, 2000)

$$\frac{H}{H_0} = a + b\left(\frac{n}{N}\right) \quad (1)$$

Onde,

H = Insolação solar global diária

H_0 = Insolação solar global diária no topo da atmosfera

n = A insolação diária

N = Duração astronômica do dia

a e b: são a inclusão de modos não lineares ou de algumas variáveis como a quantidade de água precipitável, altura solar, latitude e umidade do ar. Podendo ser encontradas estações que

possuem equipamentos que possibilitam a medida de ambas (radiação e insolação). (ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL, 2000)

Para o cálculo de N e H_0 é dada a equação,

$$N = \frac{2H}{15} [horas] \quad (2)$$

$$H_0 = \frac{86400 \cdot S_0}{D^2 \pi} \left(H \frac{\pi}{180} \sin\phi \cdot \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cdot \sin H \right) [MJ.m^{-2}.d^{-1}] \quad (3)$$

onde,

ϕ = altitude do local ($^\circ$)

δ = declinação solar

D = distância média Terra-sol (km)

S_0 = constante solar

H = duração do dia solar em radianos, que pode ser encontrado em,

$$H = \arccos(-\tan\phi \cdot \tan\delta) + 0,83^\circ \quad (4)$$

Logo, essas são algumas das equações disponíveis para determinar as variáveis da radiação solar e insolação. (ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL, 2000)

A avaliação da insolação pode ser dada em quatro métodos, são eles por heliógrafo, pireliômetro, efetiva e por satélite, esses métodos são um modelo de estimativa para distintas condições atmosféricas e geográficas.

Insolação por Heliógrafo

Sendo um dos primeiros equipamentos para medir a radiação solar, o heliógrafo ainda possui uma grande relevância devido a quantidade que tem desse modelo instalado pelo mundo. A medida de um heliógrafo é dada pela queima de uma faixa de papel por concentração de raios solares, e a observação dos registros de resultados, nesse processo de medição é apresentada a relação com as componentes global, difusa e direta da radiação solar. Este método por outro lado apresenta algumas limitações, isso porque para poder provocar a queima do heliograma vai depender de fatores indefinidos como a qualidade do papel e da umidade atmosférica, esses problemas podem não ser facilmente superados podendo afetar as medidas de insolação. (PORFIRIO, 2012)

Insolação por Pireliômetro

Com o avanço tecnológico, os instrumentos meteorológicos para equipamentos eletrônicos evoluíram, com isso o armazenamento de dados de forma digital ficou possível, impulsionando assim a necessidade de avaliar um significado físico considerável preciso que permitisse os sensores automáticos representar as medições usuais do heliógrafo. Adotando assim o pireliômetro uma citação instrumental para avaliar a insolação. (PORFIRIO, 2012)

Insolação Efetiva

Esse método vai considerar como hipótese que as nuvens tenham uma espessura óptica alta, onde em um certo intervalo de tempo (δt) seria representado como uma fração de tempo f que terá os raios solares diretos definindo a insolação efetiva, assim, a equação 5 seria dada como a soma dos intervalos efetivos com o céu claro. (PORFIRIO, 2012)

$$nef = \sum_i f_i \delta_t = \sum_i \left(\frac{DNI \geq}{DNI_{cci}} \right) \delta_{t_i} \quad (5)$$

DNI = irradiância direta normal

DNI_{cci} = irradiância direta normal sobre condição de céu claro.

Insolação por Satélite

Já as estimativas desse método baseiam-se em imagens da radiação refletida em intervalos visíveis, contando com uma resolução temporal e espacial com cerca de 15 minutos e 4 km, são consideradas adequadas para a obtenção de informações ao longo do dia. (PORFIRIO, 2012)

3 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado utilizando-se dados provenientes da Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, nº 82590, situada no município de Apodi/RN, Latitude: 5.6 S, Longitude: 37.8 W, Altitude 131 m. O município de Apodi se caracteriza por apresentar clima tipo BSw^h, clima quente e semiárido, com estação chuvosa podendo atrasar para o outono (ALVARES et al., 2014).

Situado no bioma Caatinga com formações vegetais da Savana Estépica que está entre os mais vulneráveis ao aumento das temperaturas num cenário global. Com temperatura média anual na faixa de 26,9° C, com mínima de 22,9° C e máxima de 33,8° C. A precipitação média anual de 742mm, sendo sua distribuição muito irregular, com ocorrência de secas (MEDEIROS, 2018), e distribuição predominantemente no primeiro semestre do ano com cerca de 80% da precipitação total anual concentrada em quatro meses (de fevereiro a maio), a precipitação do mês mais seco apresenta valor inferior a 60 mm, a umidade relativa média anual de 62% segundo a classificação climática de Koppen (VANOMARK et al., 2018).

A insolação direta representa a duração da recepção da radiação solar sem interferência das nuvens. Além da nebulosidade, depende da posição do sol e, portanto, é uma função da latitude e do dia do ano. É expresso como horas de sol (horas), como uma porcentagem insolação direta (%) ou como fração de insolação direta (fração).

Com base nos dados climáticos dos anos de 2010 a 2020, foi realizada a probabilidade de distribuição dos índices de precipitação acumulada anual, levando em consideração o ano mais chuvoso, o ano médio e o ano mais seco. Correlacionando a relação da insolação com a velocidade dos ventos e com radiação solar, para caracterizar o potencial de produção de energia solar nesses anos para a região, sob influência dos índices de precipitação.

O cálculo da Radiação Solar (R_s), expressa em $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ que chega à superfície do solo foi realizado com o auxílio do programa CROPWAT 8.0. A radiação extraterrestre (R_a) representa a radiação recebida na parte externa da atmosfera terrestre sobre uma superfície horizontal, em função da latitude. A radiação calculada representa a quantidade de radiação extraterrestre que chega a um plano horizontal sobre a superfície do solo. Parte da radiação solar se reflete desde a superfície do solo (αR_s) e outra parte é absorvida (R_{ns}) (ALLEN et. al, 2006).

A radiação extraterrestre, R_a , para cada dia do ano e para diversas latitudes se pode estimar a partir da constante solar, da declinação solar e a época do ano.

Foram analisados estatisticamente os dados descritivos de índice pluviométrico, calculando-se a média do acumulado de precipitação durante o período de 11 anos. Avaliou-se os valores obtidos pela estação, da velocidade do vento e a insolação correlacionando com anos de cenário pluviométricos distintos, o ano mais seco, o ano médio e o ano mais chuvoso.

Também foram agrupados e organizados os dados da insolação e velocidade dos ventos medidos pelo INMET onde os seus valores foram medidos através do coeficiente de correlação de Pearson (ρ). A demonstração gráfica gerada permitiu a informação tanto do comportamento do acentuado do regime de chuvas, como a visualização dos valores da radiação solar incidente no solo, que desconsidera o céu nublado.

Analizou-se o que ocorre nessa localidade ao longo de um ano em cenários distintos, para auxiliar na avaliação da potencialidade de produção de energia solar mediante a instalação de módulos fotovoltaicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Índices de precipitação da série histórica

Ao longo da série história trabalhada foi possível observar as mudanças que ocorreram nos índices de precipitação de cada ano. Com a somatória dos valores mensais registrados pela estação meteorológica, podemos analisar os anos que obtiveram maiores e menores índices de precipitação pluviométrica, conforme a Tabela 1. A cidade do Apodi/RN tem como destaque os primeiros meses do ano como o período mais chuvoso, entre a estação do verão e outono, obtendo um índice de 920,4 mm, tendo os meses de março a junho com maior volume de chuvas. (LIMA, 2007)

Com a citação acima de uma pesquisa no ano de 2007 sobre o clima no município de Apodi, e os dados disponíveis na Tabela 1. Constata-se que realmente as precipitações com maior intensidade acontecem nos primeiros meses do ano, assim como uma variação dos níveis de precipitação de cada ano.

Nesta parte do trabalho vamos classificar o ano mais chuvoso, o ano médio, e o mais seco com relação aos dados da tabela 1.

Tabela 1. Valores acumulados mensais de precipitação pluviométrica (mm) ao longo da série histórica (2010 – 2020) no município de Apodi-RN.

Meses	Anos										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Jan	176	144,9	145,9	14,9	13,7	0,1	292,1	15,3	21,5	116,5	73,6
Fev	53,9	307,6	145,2	15,6	81,7	110,8	40,9	217,7	98,8	113,1	259,8
Mar	48,3	119,8	42,8	41,7	94,1	97,9	69,9	117,6	132	184,2	179,4
Abr	263,3	244,2	12,9	223,5	165,7	25,3	36,9	144,7	382,2	127,1	201,6
Mai	21,1	217,4	4	41,9	141	25	28,3	28,4	172,4	107,8	149,6
Jun	27,5	30,2	4,3	102,8	31,9	15,2	0,1	19,4	17,6	33	51,6
Jul	3,7	0	9,2	14,6	14	3,5	0	36,9	1,6	32,3	42,8
Ago	0	21	0	1,5	0	0,2	0	2,9	0	0	0
Set	0	0	0	0	4,8	0	0	0	0	15,7	0
Out	6,7	49,9	0	1,1	0	0	0	3,6	0,1	9,8	0
Nov	0,1	4	0,1	28,2	3,4	0	0	0,6	14,7	0	0
Dez	58,7	0,3	0	11,9	0	15,5	54,4	0	60,6	3,1	0,4
Total	632,3	1139,3	364,4	497,7	550,3	293,5	522,6	587,1	901,5	742,6	958,8

Com base nos dados da série histórica o ano de 2011 foi classificado o mais chuvoso com um total anual de 1139,3 mm, sendo o mês de fevereiro o maior índice pluviométrico com 307,6 mm. Mas a partir do mês de agosto que teve 21 mm, podemos observar que as chuvas tiveram uma oscilação em seus índices marcando valores de 0,3 mm a 49,9 mm nos últimos meses do ano.

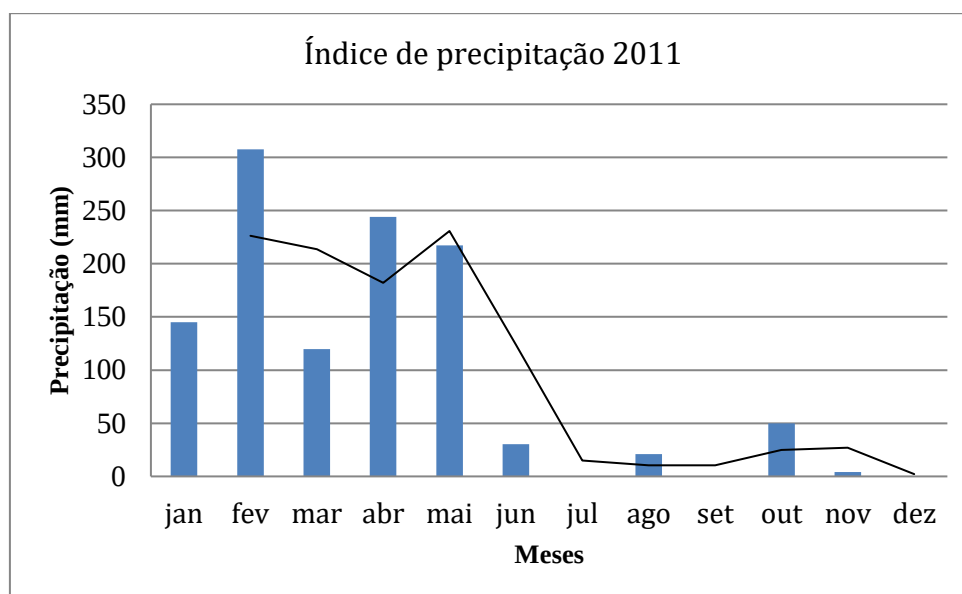


Gráfico 1. Índice de precipitação pluviométrica no ano 2011 no município de Apodi-RN.

O ano de 2017 foi considerado o ano médio da série histórica, onde novamente temos com o maior índice pluviométrico o mês de fevereiro com 217,7 mm, e agosto com 2,9 mm registrando o mês com menor índice, teve como marco anual de precipitação 587,1 mm.

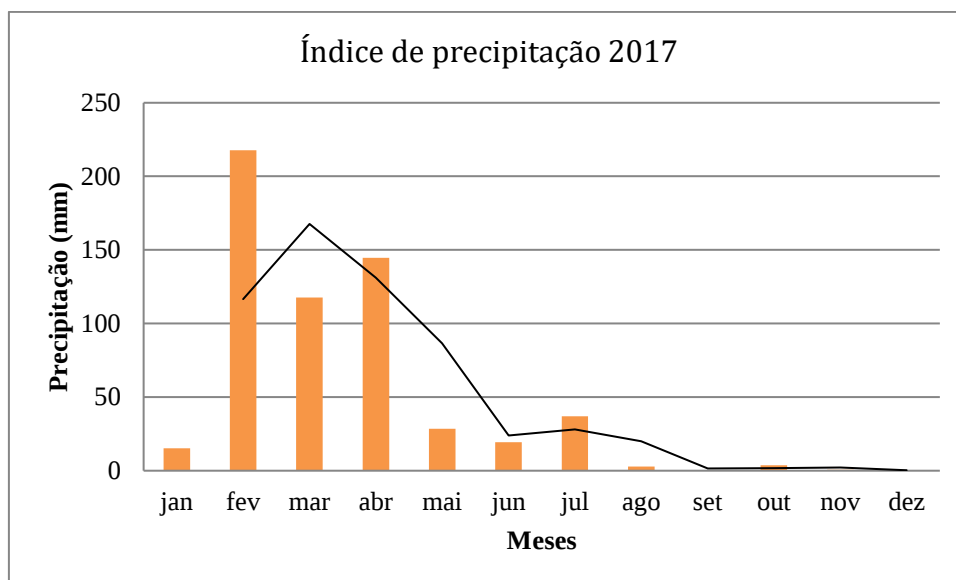


Gráfico 2. Índice de precipitação pluviométrica no ano 2017 no município de Apodi-RN.

O ano de 2015 teve o índice pluviométrico anual mais baixo com apenas 293,5 mm, com isso foi o ano mais seco nos 11 anos registrados da série. Em comum com os outros anos teve fevereiro como o mês de pico no nível de chuva marcando 110,8 mm, e o mês de agosto com 0,2 mm valores inferiores se comparados os mesmos meses com os demais anos citados.

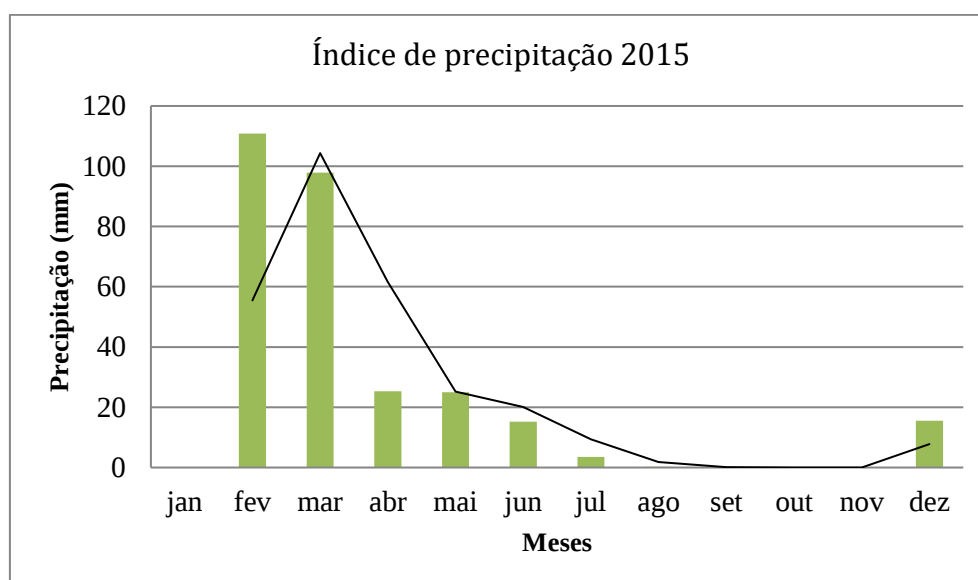


Gráfico 3. Índice de precipitação pluviométrica no ano 2015 no município de Apodi-RN.

Nos três anos analisados as chuvas com maiores índices foram registradas nos meses de fevereiro a março, e que a partir do mês de agosto a dezembro os meses com menores registros de precipitações.

4.2 Correlação Insolação x Velocidade dos Ventos

Para o ano de 2011, ano esse caracterizado como muito chuvoso, cujo volume anual registrado ultrapassou 1.100 mm. A insolação total foi de 2.807 horas de sol anuais o que significa uma média de 7 horas por dia, registrando $10,1 \text{ W/m}^2$ no período do mês de agosto, e uma velocidade dos ventos com média de $2,3 \text{ m/s}$, conforme observado no Gráfico 4. Ao analisar a correlação da insolação com a velocidade dos ventos através da equação de Pearson, observou-se que para o ano de 2011 o valor obtido foi de 0,67, demonstrando uma correlação moderada entre as variáveis em ano de precipitações toais acima de 1000 mm. O desvio padrão obtido para a variável insolação foi de 3,59 e de 1,15 para a velocidade do vento.

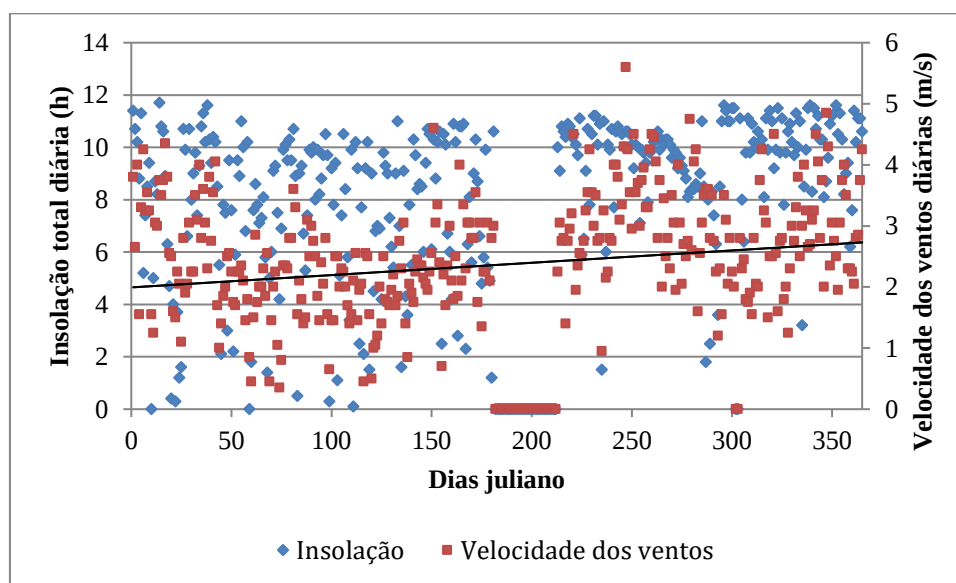


Gráfico 4. Insolação x Velocidade dos Ventos em 2011 no município de Apodi-RN

No ano de 2011, que foi o mais chuvoso da série histórica, a produção de energia poderia sofrer uma diminuição com base nos registros obtidos pela estação, pois no período chuvoso os dias tendem a serem mais curtos, resultando em poucas horas de sol, em função do aumento de nuvens. De acordo com Marques, Pereira e Assis (2000), em um dia nublado e chuvoso, a intensidade da radiação solar incidente será menor.

Já para o ano de 2017, ano esse caracterizado como normal, cujo volume anual registrado foi de 587 mm. A insolação total registrada foi de 3.372,8 horas de sol, com uma média diária de 9 horas marcando $7,4 \text{ W/m}^2$ no período entre o mês de junho e julho, já a velocidade dos ventos foi de $2,4 \text{ m/s}$, Gráfico 5. A correlação de Pearson foi de 0,229, considerada fraca.

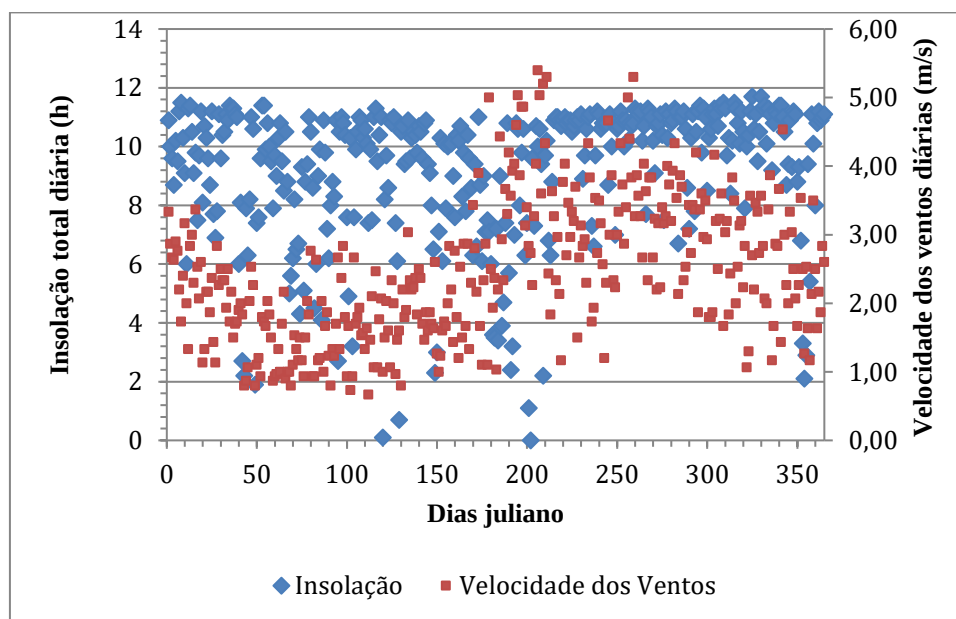


Gráfico 5. Insolação x Velocidade dos Ventos em 2017 no município de Apodi-RN.

Para o ano de 2015, ano esse caracterizado como seco, cujo volume anual registrado foi de 293 mm. A insolação marcou 3.459,7 horas de sol obtendo uma média de 9 horas chegando a registrar $11,2 \text{ W/m}^2$ no terceiro trimestre do ano, como pode ser observado através do Gráfico 6, com uma velocidade dos ventos com média de $2,1 \text{ m/s}$, e correlação de Pearson de 0,243, semelhante ao ano de 2017, ou seja, determinando uma interação fraca entre as variáveis.

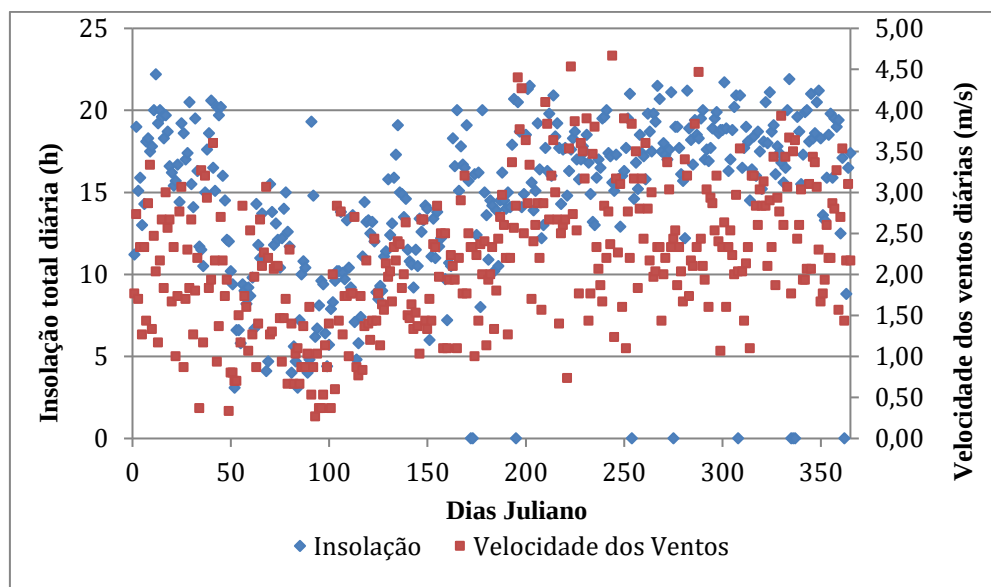


Gráfico 6. Insolação vs Velocidade dos Ventos em 2015 no município de Apodi-RN.

4.3 Correlação Insolação x Radiação Solar

Para os anos estudados a análise da radiação obtida no ano de 2011, denominado o mais chuvoso, a radiação chegou ao total anual de $6.895,5 \text{ MJ m}^{-2}$, havendo maior incidência a partir do mês de agosto onde os índices de precipitação são reduzidos, logo, a média mensal ficou em torno de $21,9 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$. Os valores da correlação de Pearson da radiação solar com a insolação foi de 0,95, considerada como muito forte. No mês de julho não obteve dados registrados pelo sistema, podendo ser visto através do Gráfico 7.

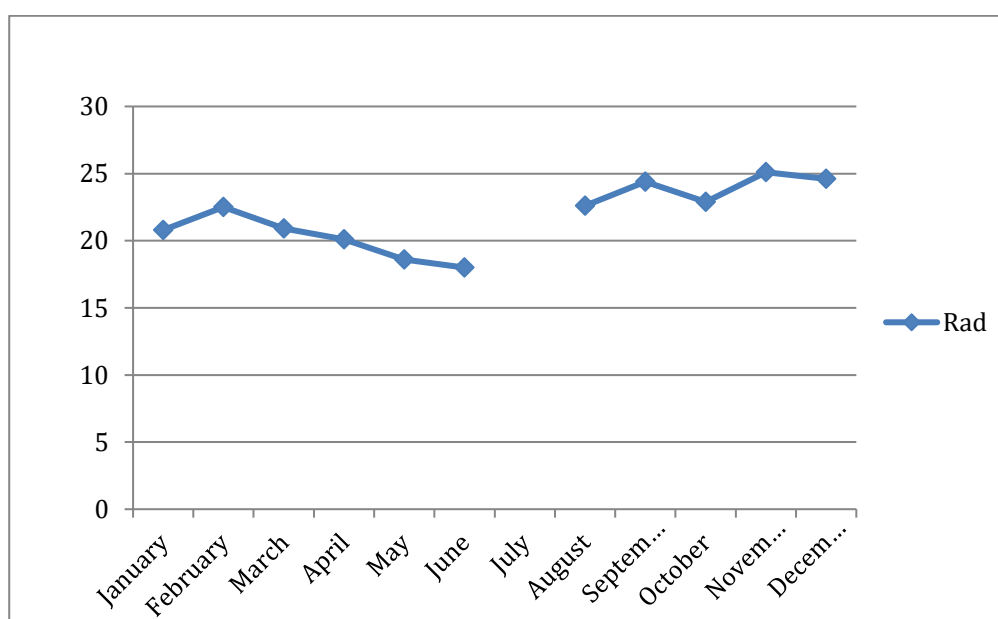


Gráfico 7. Radiação Solar média no ano de 2011 no município de Apodi-RN.

No ano classificado médio os valores da radiação foram maiores quando comparado com 2011, isso é devido os baixos níveis de chuvas, a incidência total nesse ano foi de 8.335,6 MJ.m⁻², o que marca uma média mensal de 22,8 MJ. m⁻².dia⁻¹. Os meses com maior incidência são aqueles que tiveram menor índice de precipitação, o comportamento anual pode ser observado através do Gráfico 8. Os valores da correlação de Pearson da radiação solar com a insolação foi de 0,93, considerada como muito forte, compatível ao obtido no ano mais chuvoso da série histórica.

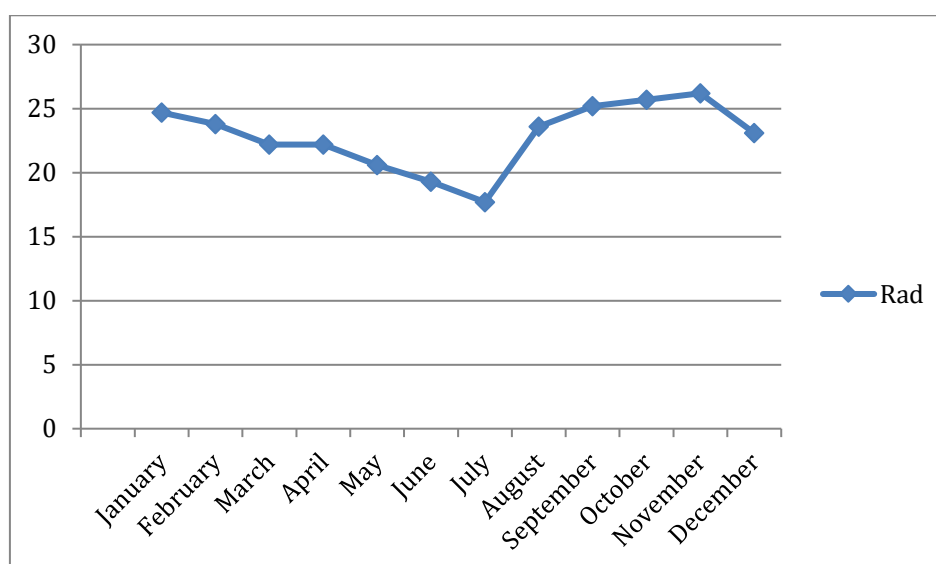


Gráfico 8. Radiação Solar média no Ano de 2017 no município de Apodi-RN

Já em 2015, ano mais seco da série histórica, a radiação ficou em torno de 8.455,4 MJ m⁻² o que registra uma média mensal com 23,2 MJ m⁻² dia⁻¹, valores semelhantes aos obtido em 2017, ano considerado normal em índices de precipitações. Porém sendo superior aos demais anos analisados, Gráfico 9, sua correlação com a insolação foi de 0,91, sendo o menor valor dentre os três anos.

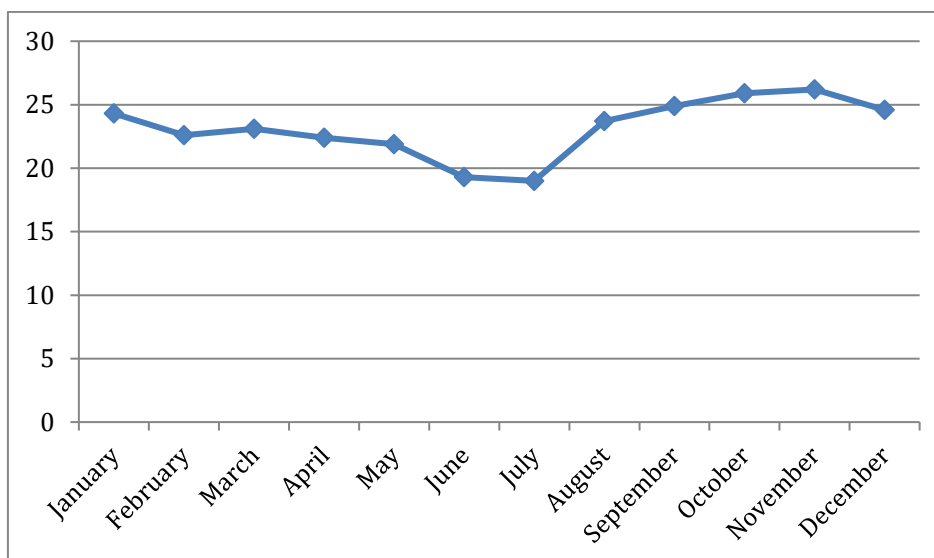


Gráfico 9. Radiação Solar média no Ano de 2015 no município de Apodi-RN

Mesmo com uma variação acentuada da precipitação praticamente não houve alterações significativas nos valores da radiação entre os três anos estudados, o que é muito importante quando a intenção de aproveitar a radiação solar para fins de produção de energia elétrica.

O Manual de Engenharia para Sistema Fotovoltaico (2004) fala que as propostas de um sistema fotovoltaico precisariam ter no mínimo uma radiação de 3,000 a 4,000 Wh/m² por ano, (ENESEP, 2018). Essa proposta quando aplicada ao município de Apodi/RN, considerando os valores apresentados no qual existe uma média de 6,000 a 8,000 MJ m⁻² ano na cidade, torna-se viável o aproveitamento da radiação para a geração de energia elétrica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ano de 2015 apresentou o menor volume total de precipitação pluviométrica e o maior número de horas de sol de toda a série histórica.

A correlação da insolação e a velocidade dos ventos sobe em ano de precipitações acima de 1,000 mm.

O município de Apodi apresenta grande potencial de geração de energia solar, mesmo para os anos de precipitações acima de 1,000 mm.

O primeiro trimestre do ano de (fevereiro a março) foi o que mais apresentou níveis elevados de precipitação, assim nesse período do ano as horas de sol disponíveis são menores, o município de Apodi/RN consegue ter números de radiação significativos mesmo no período de chuvas, isso porque a produção de energia nesse período consegue ser maior, do que os valores mínimos exigidos.

REFERÊNCIAS

- ABSOLAR, Nordeste, Horizonte de Oportunidades para a Energia Solar. São Paulo, agosto de 2021. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/artigos/nordeste-horizonte-de-oportunidades-para-a-energia-solar/>
- ADEEL, Mapa de Radiação Solar no Brasil. Publicado em agosto de 2019. Disponível em: <https://www.adeel.com.br/mapa-de-radiacao-solar-no-brasil/>
- ALIANÇA ENERGIA, Influência das Chuvas na Geração de Energia Elétrica. Publicado em 2017. Disponível em: <https://aliancaenergia.com.br/br/influencia-das-chuvas-na-geracao-de-energia-eletrica/>
- ALLEN, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. Evapotranspiration del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: Organización de Comida y Agricultura, 2006. 322p. Papel de riego y drenaje, 56.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014. ALVES, É. S. et al. Water stress coefficient determined by orbital remote sensing techniques. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, p. 847–853, 2020.
- ATLAS SOLARIMÉTRICO DO BRASIL, Cepel-Cresesb. Publicado em 2000. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_solarimetrico_do_brasil_2000.pdf
- BELÚCIO, L. P., da Silva, A. P. N., Souza, L. R., & Moura, G. B. de A. (2014). Radiação solar global estimada a partir da insolação para Macapá (AP). *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29(4), 494–504.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira> , publicado em janeiro de 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-778620130079>
- ENESEP, Clara, M., Gê, O., Tatyane, G., Carlos, S., Klysman, P., & Santiago, C. (n.d.). ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NUMA RESIDÊNCIA EM MOSSORÓ/RN. Publicado em 2018.
- HCC ENERGIA SOLAR, Os Fatores que Influenciam na Eficiência do Sistema Fotovoltaico. 10 de março de 2021. Disponível em: <https://hccenergiasolar.com.br/posts/veja-os-fatores-que-influenciam-na-eficiencia-do-sistema-fotovoltaico/>
- INMET. Dados históricos: BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 15 de março de 2021.

LIMA, Stefanny. K., D., NUNES, E., & Em Geografia, M. Alterações dos parâmetros climáticos no município de Apodi-RN, antes e após a construção da barragem Santa Cruz do Apodi, e formação do lago. UFRN, 2007.

MARQUES, K.; PEREIRA, T.P.; ASSIS, S.V. Análise do comportamento mensal do Índice de Limpidez. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, edição XI. Anais..., Rio de Janeiro, 2000.

MEDEIROS, D. H. M., Cavalcante, A. A., & Pinheiro, L. D. S. ASPECTOS PLUVIOMÉTRICOS E HETEROGENEIDADE DO RELEVO NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO APODI/MOSSORÓ (RN, BRASIL) *Revista Geotemas*, 8(3), 29–41. 2018 <https://doi.org/10.33237/geotemas.v8i3.3231>

MELO, F. C. de; et al. Influências das fases da lua no início das precipitações pluviométricas de Mossoró-RN. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBA, 2001. v. 1.

MENEZES. L. Neto, O. de, Araújo Costa, A., & Fernando Pinto Ramalho, E. (2009). ESTIMATIVA DE RADIAÇÃO SOLAR VIA MODELAGEM ATMOSFÉRICA DE MESOESCALA APLICADA À REGIÃO NORDESTE DO BRASIL. In *Revista Brasileira de Meteorologia* (Issue 3). Disponível em: www.cptec.inpe.br

MANUAL DA ENGENHARIA. Pinho, João. & G, Marcos. Cepel-Cresesb. Rio de Janeiro, março de 2014.

PORFIRIO, S. Carlos, A., (n.d.). ESTIMATIVA DE IRRADIAÇÃO SOLAR DIRETA NORMAL MEDIANTE SATÉLITES: UM ESTUDO PARA O NORDESTE BRASILEIRO. Inpe, 2012.

PORTAL SOLAR, Energia Solar no Rio Grande do Norte. Publicado em 2021. Disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/energia-solar-fotovoltaica-no-rio-grande-do-norte>

RODRIGUES, P., Silva, D. A., Barbosa, Bernardo, José, Cortez Bezerra, R., Silveira, E. R., & Almeida, R. (n.d.). CONSUMO HÍDRICO E VIABILIDADE ECONÔMICA DA CULTURA DO FEIJÃO CAUPI CULTIVADO EM CLIMA SEMIÁRIDO.

SEDEC, Investidores do Rio Grande do Norte. Publicado em abril de 2021. Disponível em: <http://www.sedec.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=256692&ACT=&PAGE=&PARM=&LBL=Materia>

SILVA, Baborza da, A., & Sergio da Costa, PEREIRA, F. (n.d.). ANÁLISE E UTILIZAÇÃO DO POTENCIAL SOLAR EM EDIFICAÇÕES DE NATAL-RN. In *Revista UNi-RN*, 2016. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/6695109770318583>,

SILVA, Wisley. B., ESTUDO DE CASO DE UM PROJETO FOTOVOLTAICO INTEGRADO A EDIFICAÇÃO. UFPB, 2018.

SOLARPRIME, Quais Fatores Influenciam na Geração de Energia Solar. Publicado em janeiro de 2019. Disponível em: <https://solarprime.com.br/descubra-quais-os-fatores-que-influenciam-na-geracao-de-energia-solar/>

VANOMARK, G. M. M. DE S. et al. Energy balance partitioning and evapotranspiration from irrigated muskmelon under semi-arid conditions. *Bragantia*, v. 77, n. 1, p. 168–180, 2018.

VIAN, Ângelo. **Energia Solar Fundamentos Tecnologia e Aplicações**. [Digite o Local da Editora]: Editora Blucher, 2021. 9786555500592. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555500592/>. Acesso em: 28 out. 2021.

WANDERLEY, A. C. F., & Campos, A. L. P. S. (2013). PERSPECTIVAS DE INSERÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO RIO GRANDE DO NORTE. In *HOLOS, Ano* (Vol. 29).