



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ISMAEL RODRIGUES DE VASCONCELOS

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE
IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA SOLAR:
ESTUDO DE CASO**

ANGICOS

2020

ISMAEL RODRIGUES DE VASCONCELOS

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE
IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA SOLAR:
ESTUDO DE CASO**

Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Valquiria Melo Souza Correia,
Prof. Dra.

Co-orientador: Marcilio Luis Viana Correia,
Prof. Me.

ANGICOS

2020

©Todos os direitos estão reservados à 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 tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

V331a Vasconcelos, Ismael Rodrigues de.
ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE
IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA SOLAR: ESTUDO DE CASO /
Ismael Rodrigues de Vasconcelos. - 2020.
42 f. : il.

Orientadora: Valquiria Melo Souza Correia.
Coorientadora: Marcilio Luis Viana Correia.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2020.

1. Energia Solar Fotovoltaica. 2. Fontes
Renováveis. 3. Geração de Energia. I. Correia,
Valquiria Melo Souza, orient. II. Correia,
Marcilio Luis Viana, co-orient. III. Título.

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.

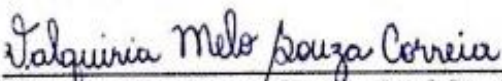
ISMAEL RODRIGUES DE VASCONCELOS

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE
IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA SOLAR:
ESTUDO DE CASO**

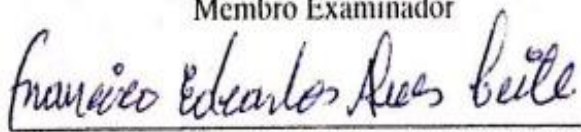
Trabalho Final de Graduação apresentado a
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 05 / 02 / 2020.

BANCA EXAMINADORA


Valquiria Melo Souza Correia, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente


Marcilio Luis Viana Correia, Prof. Me. (UFERSA)
Membro Examinador


Francisco Edcarlos Alves Leite, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico este trabalho aos meus pais, familiares em geral, amigos e a minha orientadora, por todo apoio emocional e ajuda intelectual para realização deste trabalho.

Dedico este trabalho a meu avô Francisco Rodrigues dos Santos (In Memoriam), onde ele estaria muito feliz e orgulhoso se pudesse prestigiar este momento de extrema importância na minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que nunca me largou nas horas difíceis, onde mais precisei de força, me guiando e mostrando que seria possível chegar onde eu quisesse, assim permitindo que todas as conquistas em minha vida se concretizassem.

Aos meus pais, Francisco de Assis e Maria de Lourdes, por sempre me apoiarem nas minhas decisões, por toda atenção, todo amor, motivação e esforços que fizeram para que eu chegasse até aqui, que essa conquista não é só minha, é nossa.

A minha família que sempre trocam por mim, especialmente a minhas avós, Francisca Isabel e Nilza Maria, a minhas tias Luzia, Wilma que sempre me apoiam de alguma maneira, a meus tios Otacílio, Valdir e Umberto, a meu irmão Ewerton e a meus primos, Walmir, Ravi, Luana, Gabi, Emily. Agradeço por sempre me ajudarem de qualquer forma possível, desde algo mais fútil como um conselho, a algo de extrema importância como na minha vida acadêmica.

A minha orientadora, Valquiria Melo Souza Correia, pela orientação dada e por todas as sugestões, incentivos, paciência e empenho, fatores fundamentais para a realização desse trabalho.

Agradeço também a banca examinadora por estar presente neste momento de extrema importância na minha vida acadêmica.

A todos os professores que passaram por minha graduação que tiveram o prazer de ser aluno, onde vou levar os ensinamentos passados por eles, não só para vida acadêmica mais sim para vida pessoal.

Aos meus Amigos de caminhada acadêmica. A Matheus Silva por ter se tornado mais do que uma pessoa com quem divido apartamento, mas sim um irmão que nunca tive. A Jerfferson Joares, Carlos Lucenildo, Wiago Felipe, Sergio Raí, Israel Avelino, Maria Heloísa, Emylle Cristine, Maria Bruna, Igor Araújo entre outros, pela convivência, companheirismo, todos se ajudando nessa caminhada longa e exausta.

Aos meus amigos que ficaram na Paraíba e me apoiaram indiretamente, Renally Moura, José Faustino, Mayrla Santos, Carlos Silvestre, Douglas Marques, Camila Marques, Dayvisson Lima, Vital Moura, Lucas Emanuel, Ana Karoline esses sim vou levar para vida.

Esses são meus agradecimentos a todos que, de alguma forma, contribuíram para realizar esse trabalho.

“Se o dinheiro for a sua esperança de independência, você jamais a terá. A única segurança verdadeira consiste numa reserva de sabedoria, de experiência e de competência.”
(Henry Ford).

RESUMO

A energia solar fotovoltaica é uma energia limpa captada por meio da irradiação solar, ou seja, é a conversão da energia da irradiação solar em energia elétrica através do processo conhecido como “efeito fotovoltaico”. Este processo sempre acontece quando a luz solar incide uma célula fotovoltaica. Nessa interação os fótons presentes na radiação solar interagem com os elétrons livres da célula fotovoltaica e estes ganham a capacidade de movimentar-se em uma determinada direção. O movimento dos elétrons na célula, por sua vez, resulta em uma corrente elétrica. O presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade técnica e econômica de implantação de uma usina solar. Para tanto, foi realizado um comparativos entre as contas de energia de setembro de 2017 a setembro 2019 da UFRSA campus Angicos, mostrando a diferença entre antes e depois da implantação da usina solar fotovoltaica no campus, tudo isso com o auxílio de uma planilha interativa e com o índice de irradiação solar do local.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica, Fontes Renováveis, Geração de Energia.

ABSTRACT

Photovoltaic solar energy is a clean energy captured by means of solar irradiation, that is, it is the conversion of energy from solar irradiation into electrical energy through the process known as the "photovoltaic effect". This process always happens when sunlight strikes a photovoltaic cell. In this interaction, the photons present in the solar radiation interact with the free electrons of the photovoltaic cell and they gain the ability to move in a certain direction. The movement of electrons in the cell, in turn, results in an electric current. The present work aims to analyze the technical and economic feasibility of implementing a solar plant. To that end, a comparison was made between the energy bills from September 2017 to September 2019 at UFERSA campus Angicos, showing the difference between before and after the implantation of the solar photovoltaic plant on the campus, all with the help of an interactive and with the solar irradiation index of the place.

Keywords: Photovoltaic Solar Energy, Renewable Sources, Power Generation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica.....	22
Figura 2 - Dados de localização.....	26
Figura 3 - Usina Solar Fotovoltaica da UFERSA – Angicos.....	27
Figura 4 - Estrutura Metálica.....	28

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução da capacidade total instalada (GW - DC).....	17
Gráfico 2 - A distribuição de conexões nos estados no final de 2015.....	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo de preço entre os inversores para sistemas grid-tie.....	20
Tabela 2 - Comparativo de preço das placas solares.....	20
Tabela 3 - Custos unitários utilizando a média diária de radiação solar (Em R\$/kWh).....	21
Tabela 4 - Dados de localização.....	26
Tabela 5 - Característica dos Módulos.....	29
Tabela 6 - Características dos inversores 1 e 2.....	30
Tabela 7 - Características dos inversores 3.....	30
Tabela 8 - Consumo do ano de 2017.....	31
Tabela 9 - Consumo do ano de 2018.....	32
Tabela 10 - Consumo do ano de 2018.....	33
Tabela 11 - Determinação do Consumo Médio.....	34
Tabela 12 - Coordenadas Geográficas.....	35
Tabela 13 - Valores do Consumo na Ponta.....	36
Tabela 14 - Irradiação solar diária média mensal.....	37
Tabela 15 - Irradiação solar diária média mensal.....	38
Tabela 16 - Média diária de geração considerando-se as variações de insolação mensal.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

GW - Gigawatts

IEA - International Energy Agency

PVPS - Programa de Sistemas de Energia Fotovoltaica

TWh - Toneladawatts hora

USF - Usina Solar Fotovoltaica

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. OBJETIVO.....	16
2.1 Objetivos Geral.....	16
2.2 Objetivos Específicos.....	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3.1 Panorama da energia solar fotovoltaica.....	17
3.2 Análise de estudos da viabilidade técnica e econômica da implantação de sistemas fotovoltaicos.....	18
3.3 Descrição geral de um sistema fotovoltaico.....	22
3.4 Programas de incentivo do governo federal para viabilização da energia fotovoltaica.....	24
4. METODOLOGIA.....	26
4.1 Localização do trecho de estudo.....	26
4.2 Definição e caracterização da usina solar fotovoltaica.....	27
4.3 Detalhamento do sistema.....	28
4.4 Levantamento das contas.....	31
4.5 Pré-dimensionamento do sistema.....	34
4.6 Coordenadas geográficas.....	34
4.7 Sistema fotovoltaico necessário.....	35
4.8 Expectativa de geração do sistema.....	35
5. RESULTADOS.....	36
5.1 Dados coletados.....	36
5.2 Pré-dimensionamento do sistema conforme a irradiação solar.....	37
5.3 Sistema fotovoltaico necessário para instalação.....	38
5.4 Expectativa de geração do sistema.....	38
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

1. INTRODUÇÃO

A radiação solar são ondas eletromagnéticas emitidas pelo sol, na qual o sol emite ondas em varias frequências, mas a maior parte é encontrada em uma faixa de luz que é visível a olho nu, especificamente a ultravioleta. A importância do estudo da radiação solar em superfície terrestre mostra como podemos aproveitar de maneira correta.

O Brasil é um país que tem em abundância a fonte de energia solar, principalmente no Nordeste, podendo ser a solução para o futuro no aumento da demanda de energia do país. Uma das grandes possibilidades é a exploração e implantação de energia elétrica fotovoltaica, que vem crescendo em grande escala nos últimos anos, vindo que é uma fonte de energia limpa e renovável, assim substituindo as fontes poluentes. Hoje já se vê falar muito sobre as micro e mini gerações distribuídas de energia, na qual a energia fotovoltaica se encaixa muito bem, onde em sua residência o cidadão pode gerar a sua própria energia, como uma maneira de solucionar o problema energético com uma fonte de energia limpa e renovável.

O Brasil como um país que se pode explorar essas fontes de energias renováveis em grande escala, a sua geração de energia passaria de 456 TWh, em 2012, para 904 TWh, em 2040. Esses investimentos coletados nesse tempo podem chegar a 300 bilhões de dólares, distribuídos em fontes renováveis, como: hídrica, eólica, bioenergia e fotovoltaica (MELQUIADES, 2016).

De acordo com a *International Energy Agency* – IEA (2014), o setor elétrico impulsiona a transformação da energia mundial, na qual, o setor elétrico contribui mais do que qualquer outro para a redução da percentagem de combustíveis fósseis no combinado energético mundial. Deverá ser construída uma capacidade total de cerca de 7 200 gigawatts (GW) para atender à procura crescente de eletricidade e simultaneamente, deverão ser substituídas as atuais centrais elétricas previstas para serem desativadas em 2040 (cerca de 40% do parque atual).

Desta maneira, esse trabalho, propõem-se um estudo e análise de viabilidade para implantação de uma usina solar na região central do Rio Grande do Norte. Tendo como a usina solar fotovoltaica da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA - Campus Angicos como base para esse estudo. A mesma tem sua produção estimada por ano em 103.343 KW/h, o que equivale a 14,6% do consumo do Campus, essa produção gera R\$ 35,974 mil em economia anual para instituição.

2. OBJETIVO

2.1 Objetivos Geral

Analisar a viabilidade de implantação de uma usina solar na região central do estado do Rio Grande do Norte.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar estudo comparativo de antes e após a implementação da usina na UFERSA Campus Angicos;
- Analisar a série temporal de radiação solar global do município de Angicos, no período do trabalho;
- Apresentar o nível de inclinação das placas solares nos ambientes de aplicação referentes na região para uma maior captação dos raios;
- Mostrar processo de montagem da usina até sua distribuição;
- Apresentar sugestões de melhorias para usina da UFERSA Campus Angicos.

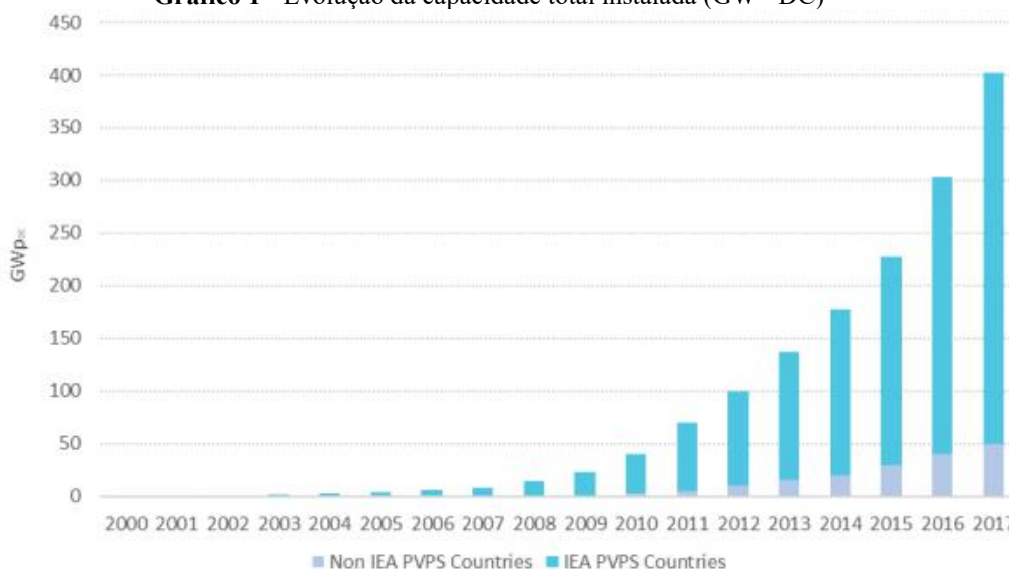
3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Panorama da energia solar fotovoltaica

A energia fotovoltaica teve um grande avanço em 2012, a partir da Resolução Normativa (NR) nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica. Com essa resolução em vigor a facilidade foi maior para pessoas físicas e jurídicas terem acesso a implantação em suas residências e comércios.

Segundo a IEA o mercado fotovoltaico no mundo, estimava-se que no final de 2017 a capacidade instalada acumulada total seria de 402,5 GW. A AIE os países PVPS representaram 347 GW de instalações fotovoltaicas acumulativas juntas, principalmente conectadas à rede, no final de 2017. Países adicionais que não fazem parte do programa PVPS representam pelo menos 50 GW adicionais: Índia com pelo menos 18 GW, Reino Unido com 12,7 GW, Grécia com 2,6 GW (estável em 2017), República Tcheca com 2,2 GW (estável em 2017), Paquistão e Taiwan com 1,8 GW e nas Filipinas com 1,4 GW, Romênia com 1,4 GW, Brasil com 1 GW e Bulgária com 1 GW (estável em 2017). Muitos outros países instalaram sistemas fotovoltaicos, mas nenhum atingiu a escala GW. Enquanto outros países ao redor do mundo alcançaram vários PV níveis de instalação, o total destes permanece difícil de quantificar com certeza. Atualmente, tem 397 GW representam o mínimo instalado até o final de 2017 com um nível firme de certeza. As instalações restantes representam 5,7 GW adicionais instalados no restante mundo (países que não relatam informações, instalações fora da rede etc.) que poderiam trazer capacidade instalada para cerca de 402,5 GW no total (IEA 2018).

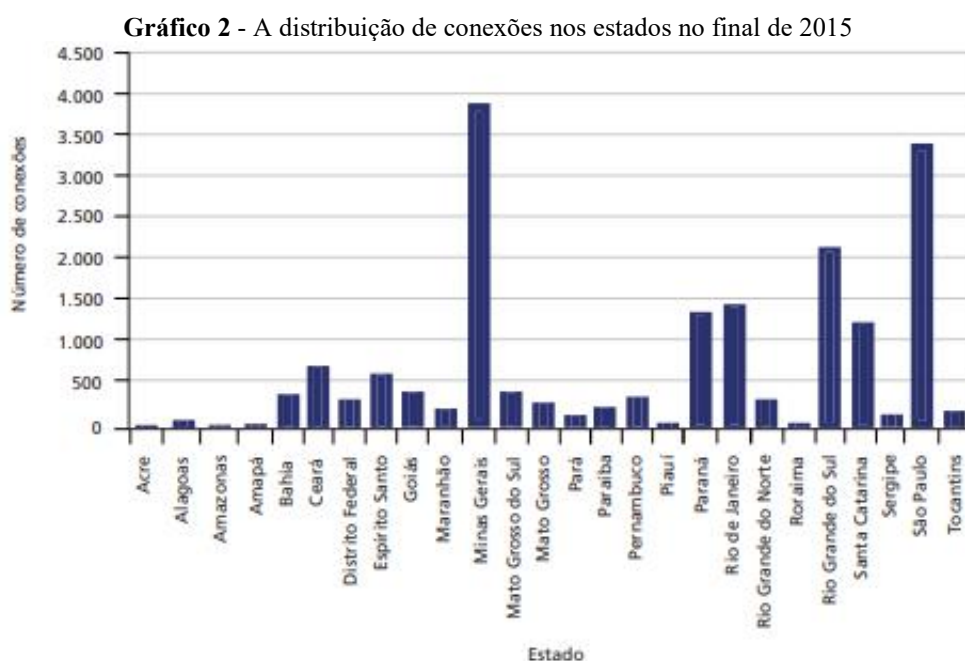
Gráfico 1 - Evolução da capacidade total instalada (GW - DC)



Fonte: Snapshot of global PV Markets, IEA PVPS, 2018.

No Brasil, no ano de 2015 a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 687/2015, onde foi dignado um acréscimo de benefício para os microgeradores. Entre as demais vantagens, destaca-se: a possibilidade de geração distribuída conjunta, isto é, a energia gerada pode ser compartilhada entre várias residências de acordo com seus interesses. Para isso, estas residências precisam fazer parte da mesma área de concessão.

Em 2018, foi apresentado os estados que se destacavam em produção de energia fotovoltaica em termo de conexões à rede elétrica, e os estados de Minas Gerais e São Paulo, se destacaram diante os demais estados. O Gráfico 2 mostra a distribuição de conexões para todosos estados brasileiros até o final de 2015.



Fonte: ANEEL.

Atualmente, o Brasil está no ranking dos 30 maiores geradores de energia solar do mundo, com sua geração de potência instalada de 1,1 GW. Esta demanda é equivalente a 0,8% da matriz energética nacional. Entre 2017 e 2018, a geração distribuída mostrou um ritmo muito forte, com expansão de 172%, e as grandes usinas 86%. Em 2019 a energia solar no Brasil cresceu 44% em termo de geração distribuída (Solar Prime 2019).

3.2 Análise de estudos da viabilidade técnica e econômica da implantação de sistemas fotovoltaicos

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), temos três esferas de benefícios, as quais:

Esfera Socioeconômica

- Redução dos gastos com energia elétrica pela população e empresas;
- Atração de novos investimentos privados de bilhões de reais;
- Geração de empregos locais de qualidade;
- Desenvolvimento de uma nova cadeia produtiva no país;
- Aquecimento das economias locais, regionais e nacional.

Esfera Ambiental

- Geração de energia limpa, renovável e sustentável;
- Contribuição para as metas de redução de emissões do país (NDC);
- Não emite gases, líquidos ou sólidos durante a operação;
- Não gera ruídos, não possui partes móveis.

Esfera Estratégica

- Diversificação da matriz elétrica brasileira;
- Ampliação do uso de energias renováveis no país;
- Redução de perdas por transmissão e distribuição.

Para Dimensionar um sistema Fotovoltaico (FV), é preciso conhecer o custo dos equipamentos, de instalação e manutenção. Por isso, tem a necessidade de se analisar previamente a carga desejada do futuro sistema fotovoltaico instalado. O mercado tem dois tipos de sistemas, o *grid-tie* (O modelo de sistema que é conectado diretamente a rede elétrica) e o *Off-grid* (Que utiliza baterias para armazenar a energia sobressalente).

Um dos componentes mais importantes de um sistema FV é o inversor de frequência. Sua função é transformar a corrente contínua que é gerada pelas placas solares em corrente alternada, que pode ser usada pelos aparelhos elétricos convencionais.

Tabela 1 - Comparativo de preço entre os inversores para sistemas grid-tie

Modelo	Potência máxiã de saída (W)	Preço (R\$)	Tipo de Sistema
Ecosolys – ECOS2000	2.000	3.905	Grid-tie
B&B Power – SF3000TL	3.000	5.400	Grid-tie
SMA Sunny Tripower 25000TL	25.000	13.020,95	Grid-tie
SMA Sunny Tripower 15000TL	15.000	11.997,51	Grid-tie

Fonte: IPEA 2018 (Adaptado pelo autor).

Os modelos de inversores que estão em negrito, foram utilizados na usina da UFERSA campus Angicos.

Já os módulos são um pouco mais em conta do que os inversores, O custo unitário do sistema por unidade de potência, ou seja, por watt-pico (Wp), fica mais barato à medida que a capacidade de geração aumenta.

Tabela 2 - Comparativo de preço das placas solares

Modelo	Potência (Wp)	Preço (R\$)	R\$/Wp
Canadian CSI CS6P-265P	265	731	2,76
Yingli YL275D-30b	275	759	2,76
GBR-260P	260	899	3,46
Trina Solar DUOMAX Dual Glass 72-Cell	330	2.380,00	9,26

Fonte: IPEA 2018 (Adaptado pelo autor).

Os modelos de placa que está em negrito, foram utilizado na usina da UFERSA campus Angicos.

- O Custo da Energia Fotovoltaica

Conforme o IPEA, os custos de implantação são definidos, onde se calcula o valor da energia produzida pelo sistema FV utilizando o total de gastos iniciais e de manutenção divididos pelo total de energia produzida. Foram considerados três horizontes de tempo de dez, quinze e vinte anos. A fórmula utilizada para o cálculo do custo unitário por energia gerada é apresentada a seguir.

$$\text{Custo unitário} = \frac{\sum_{i=0}^n [(Invi + CO\&Mi) * (1+taxa)^{-i}]}{\sum_{i=0}^n [(EneProd * (1-ni)) * (1+taxa)^{-i}]} \quad (1)$$

Em que N é o número de anos considerado; $Invi$ é o investimento no ano i ; $CO\&Mi$ são os custos de operação e manutenção no ano i ; $EneProd$ é a energia produzida no ano i ; h é o fator de decaimento anual da eficiência da placa; e $taxa$ é a taxa de desconto ao ano.

O investimento ocorre em dois momentos no ano inicial, que é o ano de implantação e no 15º ano quando feita a troca do inversor, sobre os custos de manutenção, diz a respeito da lavagem das placas, tem valores adotados R\$ 20, R\$ 30 e R\$ 40 como os valores anuais desse parâmetro para os sistemas de seis, dez e dezoito placas, respectivamente.

Para o cálculo da energia anual produzida foram considerados diversos aspectos. Os dados de radiação solar média incidente no território são fornecidos em quilowatt-hora por metro quadrado (kWh/m²), logo, era necessário calcular a área do painel solar e descobrir sua eficiência.(Canadian Solar, 2016). A geração diária em kWh por placa é dada pela equação a seguir.

$$\text{Geração} = \text{Radiação Incidente} \times \text{Eficiência} \times \text{Área}$$

(2)

A geração calculada pela equação (2) não leva em conta as perdas inerentes a qualquer sistema FV. Fatores como eficiência do inversor, perdas de sincronismo e no circuito, térmicas, por reflexão, entre outros, diminuem a quantidade de energia aproveitada pelo sistema.

No Brasil a incidência solar diária dos municípios é de 5,26 kWh/m². Seguindo esse valor no cálculo, os custos unitários para os cenários considerados são apresentados na Tabela 3 a seguir:

Tabela 3 - Custos unitários utilizando a média diária de radiação solar (Em R\$/kWh)

CUSTO DA ENERGIA		SISTEMA DE 6 PLACAS	SISTEMA DE 10 PLACAS	SISTEMA DE 18 PLACAS
VIDA ÚTIL	10 ANOS	0,67	0,59	0,53
	15 ANOS	0,52	0,46	0,41
	20 ANOS	0,55	0,47	0,41

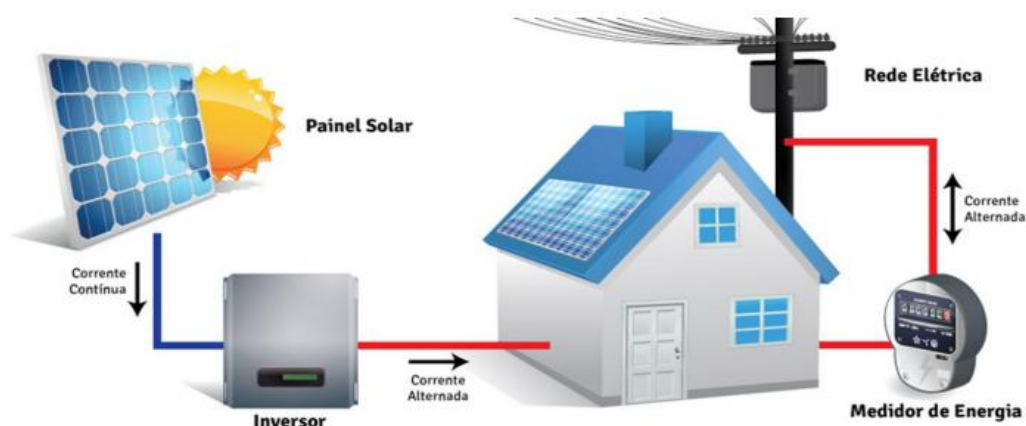
Fonte: IPEA 2018 (Adaptado pelo autor).

Vendo que os menores custos unitários foram obtidos no investimento que considera o tempo de 15 anos, no qual não há necessidade de reposição de equipamentos. Com isso, foi visto que com quanto maior o número de placas no sistema, menos custo unitário.

3.3 Descrição geral de um sistema fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico (Figura 1) é constituído pelos seguintes elementos: o sistema de geração fotovoltaica (módulos fotovoltaicos), o inversor (ou inversores se mais de um), sistema de proteção CC/CA e o medidor bidirecional/quadro quadrantes, conforme demonstrado na figura a seguir:

Figura 1 - Esquema de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica



Fonte: Memorial descritivo da usina solar fotovoltaico (2018)

A energia produzida em um sistema fotovoltaico pode ser então utilizada no abastecimento da rede elétrica em larga escala (caso de setores energético comercial), mas também pode ser gerada em escalas menores. O kit energia solar fotovoltaica geralmente possuem alguns componentes básicos, agrupados em três diferentes blocos : o bloco gerador, o bloco de condicionamento de potência e o bloco de armazenamento.

Esses componentes são divididos em três grupos, tais como :

Bloco Gerador : Estrutura, cabos e painéis solares

Bloco de Condicionamento : Inversores e controladores de carga

Bloco de Armazenamento : Baterias

Bloco de Gerador

Estrutura : A escolha do tipo de estrutura de suporte deve levar em conta o tipo de painel solar a ser instalado, a inclinação necessária, o local de instalação e o material do qual é formado. Alguns destes modelos são os de estrutura metálica com inclinação fixa ; os de estrutura fixa com ângulo de inclinação ajustável, e os trackers.

Cabos: A fiação é o que interliga os demais componentes do sistema e promove o fluxo de energia entre eles. Alguns modelos de cabos a serem utilizados no sistema fotovoltaico são

os de módulo ou fileira, que garantem proteção contra falhas e curto - circuitos ; os cabos principais DC, que ligam o gerador e o inversor, e os cabos do ramal AC, que ligam o inversor à rede receptora.

Painéis solares: São considerados o coração do sistema fotovoltaico, e são responsáveis pela conversão da energia solar em eletricidade. Os painéis funcionam de forma simples : um painel solar é formado por um conjunto de células fotovoltaicas que possuem elétrons (partículas de carga negativa que giram ao redor dos núcleos dos átomos) e esses, por sua vez, ao serem atingidos pela radiação solar, movimentam - se gerando uma corrente elétrica. Os tamanhos e número de painéis necessários vão depender da área disponível, local de instalação e da demanda energética da residência. Para sistemas caseiros, o local mais indicado é o telhado (rooftop), pois é mais adequado à incidência do sol e há menores riscos de haver sombras interferentes de objetos que impeçam a incidência regular do sol sobre as placas.

Bloco de Condicionamento

Inversores: Considerados o “cérebro” do sistema fotovoltaico, os inversores podem carregar baterias caso estejam associados a um gerador, mas sua principal função é a de transformar a corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), ajustando a tensão da corrente conforme a necessidade.

Controladores de carga: O controlador de carga é o componente responsável pela proteção das baterias. É ele que controla o processo de carga e descarga das mesmas, prolongando assim sua vida útil e garantindo uma maior eficiência no armazenamento da energia produzida.

Bloco de Armazenamento

Baterias: por fim, as baterias, que são consideradas o pulmão do sistema fotovoltaico, trabalham garantindo o fornecimento de energia para o sistema quando houver pouca ou não houver energia solar (como ocorre em dias nublados ou à noite). Elas serão utilizadas como fonte alternativa para sistemas que não são conectados à rede (off - grid), mas para aqueles que são conectados à rede de energia elétrica (on - grid), é ela que irá suprir a demanda em dias nublados.

3.4 Programas de incentivo do governo federal para viabilização da energia fotovoltaica

O Governo Federal a partir do ano de 2012 com a resolução normativa nº 482/2012, de 17 de abril, começou a se interessar pelas vantagens da energia solar fotovoltaica, vendo que é uma energia limpa, sem ruídos, mas que tem um investimento alto, assim sendo, esse projeto de lei estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências (ANEEL, 2012).

No ano de 2015 o ministro de Minas e Energia, Eduardo Braga, firmou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), assim estimulando o uso da energia solar para pessoas físicas e jurídicas. O seu investimento inicial foi de R\$ 100 bilhões nessas tecnologias e que 2,7 milhões de unidades consumidoras poderão aderir ao programa até 2030. Esse programa teve inicialmente o apoio do Banco do Brasil e da Caixa Econômica para que as pessoas consigam o seu financiamento (O GLOBO, 2015).

No mês de junho do ano de 2018, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), permitiu que pessoas físicas tivessem acesso ao financiamento de energia renovável (placas fotovoltaicas, aerogeradores, geradores a biogás e equipamentos necessários). à vista disso, foi a maneira que foi visto para que as pessoas investissem na economia de energia do país. A implantação de sistemas de geração de energia solar permitirá aos consumidores reduzirem gastos com a conta de luz, já que passarão a comprar menos energia da concessionária e poderão, dependendo de sua região, fazer até uma conta corrente de energia vendendo o excedente para a distribuidora (BNDES, 2018).

4. METODOLOGIA

4.1 Localização do trecho de estudo

A usina solar fotovoltaica - USF é instalada em solo onde seus dados de localização estão a seguir na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados de localização

DADOS DE LOCALIZAÇÃO	
ENDEREÇO	Rua Gamaliel Martins Bezerra, nº 578, Alto da Alegria, Angicos-RN
LATITUDE	05°39'17.00"S
LONGITUDE	36°36'46.00" O

Fonte: Autoria Própria (2020)

A USF está implantada em solo na UFERSA campus Angicos, a qual se localiza em uma área ampla e mais alta do campus para melhor captação da radiação solar, para melhor entendimento a imagem da vista superior (Figura 2).

Figura 2 - Dados de localização



Fonte: Imagem do Google Earth 03/01/2020 (Adaptada pelo Autor).

4.2 Definição e caracterização da usina solar fotovoltaica

A UFS é montada sobre uma estrutura fixa em solo (Figura 3). A intenção da sua implantação é a produção da energia renovável para diminuir os custos da universidade, ou seja, energia produzida cuja finalidade é o consumo interno e injeção do excedente de energia, quando houver, na rede da concessionária distribuidora de energia da localidade (COSERN).

Figura 3 - Usina Solar Fotovoltaica da UFERSA – Angicos



Fonte: Autoria Própria (2020)

O Sistema adotado na USF do Campus Angicos é Composta por:

- Módulos Fotovoltaicos;
- Inversores;
- Sua Estrutura (Metálica);
- Condutores Elétricos (Cabos);
- Dispositivos de Proteção (Disjuntores e DPSs).

A Usina foi inaugurada dentro a programação III workshop usinas solares fotovoltaicas da UFERSA em 12 de Junho de 2019, no âmbito da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Só que ele já vinha em funcionamento desde o mês de setembro de 2017. A mesma conta com 190 painéis solares com potência de 330 Wp cada um (modelo TRINA SOLAR DUAL GLASS 72). A potência máxima do sistema é determinada pela potência de pico do sistema de geração fotovoltaica, a qual sua potência de pico de 62,70 kWp.

Os painéis solares são conectados à rede de distribuição através de 2 inversores eletrônicos de potência com potência nominal de 25 kW cada um – modelo SUNNY TRIPOWER 25000TL, 1 inversor eletrônico de potência com potência nominal de 15 kW cada um – modelo SUNNY TRIPOWER 15000TL.

Os módulos fotovoltaicos são fixados sobre estruturas metálicas anguladas fixadas sobre solo na forma de “trilhos”, com a inclinação específica (Figura 6). Tais estruturas são calculadas para resistir a cargas de vento e suportar as condições meteorológicas adversas, minimizando a manutenção.

Figura 4 - Estrutura Metálica



Fonte: Autoria Própria (2020).

4.3 Detalhamento do sistema

Os Módulos Fotovoltaicos são fabricados de silício policristalino com uma vida útil estimada de mais de 25 anos.

É fabricado pela TRINA SOLAR apresenta elevada eficiência, baixo custo e classificação “A” pelo INMETRO. Além disso, é certificado por várias instituições internacionais, seguindo os tradicionais e rigorosos padrões americanos e europeu. Suas características serão apresentadas a seguir na Tabela 5.

Tabela 5 - Característica dos Módulos

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DOS MÓDULOS	
Fabricante:	TRINA SOLAR
Sigla:	TRINA SOLAR DUAL GLASS 72-CELL MODULE 330W
Tecnologia de const.:	Silício policristalino
Características elétricas	
Potência máxima:	330 W
Rendimento	16,60%
Tensão nominal:	37,6 V
Tensão em aberto:	45,8 V
Corrente nominal:	7,78 A
Corr. de curto-circuito:	9,31 A
Dimensões	
Dimensões:	996 mm x 1978 mm
Peso:	28,0 kg

Fonte: Memorial descritivo usina solar fotovoltaica: FGD Angicos (Adaptada pelo Autor).

Para converter a corrente que vem dos módulos fotovoltaicos é instalado os inversores, ou seja, é o sistema de conversão.

O Sistema CC/CA é utilizado para transferir potência, os valores de tensão e corrente do dispositivo de entrada são compatíveis com o sistema fotovoltaico, enquanto os valores de saída são compatíveis com os valores da rede ao qual está conectado ao sistema.

Suas características serão apresentadas a seguir na Tabela 6 e 7.

Tabela 6 - Características dos inversores 1 e 2

DADOS TÉCNICOS do INVERSOR 1 e 2	
Fabricante:	SMA
Modelo:	SUNNY TRIPOWER 25000TL
Quantidade:	2
Entrada:	MPPT 2
Características elétricas	
Potência nominal:	CC 25,55 kW
Potência nominal:	CA 25 kW
Intervalo de Tensão:	390 V a 800 V
Tensão máxima:	1000 V
Corrente máxima:	33 A
Rendimento:	98,30%

Fonte: Memorial descritivo usina solar fotovoltaica: FGD Angicos (Adaptada pelo Autor).

Tabela 7 - Características dos inversores 3

DADOS TÉCNICOS do INVERSOR 3	
Fabricante:	SMA
Modelo:	SUNNY TRIPOWER 15000TL
Quantidade:	1
Entrada:	MPPT 2
Características elétricas	
Potência nominal:	CC 15,33 kW
Potência nominal:	CA 15 kW
Intervalo de Tensão:	240 V a 800 V
Tensão máxima:	1000 V
Corrente máxima:	33 A
Rendimento:	98,40%

Fonte: Memorial descritivo usina solar fotovoltaica: FGD Angicos (Adaptada pelo Autor).

4.4 Levantamento das contas

A pesquisa desenvolveu-se na UFERSA Campus Angicos - RN, onde o intuito do estudo foi com base nas contas de energia do campus entre setembro de 2017 a setembro de 2019. Os dados mostrados nas Tabelas 8, 9 e 10. Onde o foco foi ver o ponto mais crítico nas contas (dentro e fora da ponta), com isso, foi feita a análise de cada mês e passado para uma planilha para ficar mais fácil o entendimento.

Quando elaborava a planilha foi incrementado o fator de ponderação do valor de cada mês (dentro e fora da ponta), assim foi visto que os valores eram bem relativos em termo de custo, mas vendo pelo lado do consumo a discrepância é enorme.

A seguir, as tabelas de consumo (dentro e fora da ponta) entre setembro de 2017 a setembro de 2019 .

Tabela 8 - Consumo do ano de 2017

2017				
	QUANT.	PREÇO (R\$)	VALOR (R\$)	MÊS
Consumo na Ponta (KW/h)	5.372,43	1,75818936	9.445,75	SETEMBRO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	25.242,00	0,36231418	9.145,53	
Consumo na Ponta (KW/h)	5.390,91	1,7370825	9.364,46	OUTUBRO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	28.266,00	0,36110891	10.207,10	
Consumo na Ponta (KW/h)	6.860,07	1,71089647	11.736,87	NOVEMBRO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	44.247,00	0,36616676	16.201,78	
Consumo na Ponta (KW/h)	11.030,04	1,69892016	18.739,16	DEZEMBRO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	57.414,00	0,35903072	20.613,39	

Fonte: Autoria Própria (2020).

Tabela 9 - Consumo do ano de 2018

2018				
	QUANT.	PREÇO (R\$)	VALOR (R\$)	MÊS
Consumo na Ponta (KW/h)	3.475,92	1,68528883	5.857,93	JANEIRO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	21.063,00	0,34729139	7.315,00	
Consumo na Ponta (KW/h)	9.403,59	1,63878385	15.410,45	FEVEREIRO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	52.899,00	0,30728155	16.254,89	
Consumo na Ponta (KW/h)	10.529,82	1,64150991	17.284,80	MARÇO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	51.550,00	0,3077927	15.866,71	
Consumo na Ponta (KW/h)	9.962,19	1,65506386	16.488,06	ABRIL
Consumo fora da Ponta (KW/h)	49.959,00	0,31033415	15.503,98	
Consumo na Ponta (KW/h)	2.293,62	2,09424008	4.803,39	MAIO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	19.320,00	0,35425871	6.844,28	
Consumo na Ponta (KW/h)	5.212,83	2,14692078	11.191,53	JUNHO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	26.292,00	0,41363931	10.875,40	
Consumo na Ponta (KW/h)	9.176,16	2,19269067	20.120,48	JULHO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	44.394,00	0,42245762	18.754,58	
Consumo na Ponta (KW/h)	11.313,54	2,21527759	25.062,63	AGOSTO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	51.492,00	0,42680936	21.977,27	
Consumo na Ponta (KW/h)	11.214,63	2,19822116	24.652,24	SETEMBRO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	55.167,00	0,42352316	23.364,50	
Consumo na Ponta (KW/h)	4.875,78	2,15867553	10.525,23	OUTUBRO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	36.729,00	0,41590405	15.275,74	
Consumo na Ponta (KW/h)	4.294,50	2,13805035	9.181,86	NOVEMBRO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	19.628,69	0,41193027	8.085,65	
Consumo na Ponta (KW/h)	5.542,95	2,05509347	11.391,28	DEZEMBRO

Consumo fora da Ponta (KW/h)	21.550,20	0,35487727	7.647,68	
------------------------------	-----------	------------	----------	--

Fonte: Autoria Própria (2020).

Tabela 10 - Consumo do ano de 2018

2019				
	QUANT.	PREÇO (R\$)	VALOR (R\$)	MÊS
Consumo na Ponta (KW/h)	4.141,20	2,0235887	8.380,09	JANEIRO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	23.108,82	0,33901209	7.834,17	
Consumo na Ponta (KW/h)	12.214,23	2,07859176	25.388,40	FEVEREIRO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	54.147,24	0,34822676	18.855,52	
Consumo na Ponta (KW/h)	11.652,48	2,12789187	24.795,22	MARÇO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	52.976,91	0,35648602	18.885,53	
Consumo na Ponta (KW/h)	6.882,75	2,17133585	14.944,76	ABRIL
Consumo fora da Ponta (KW/h)	34.708,59	0,36376419	12.625,74	
Consumo na Ponta (KW/h)	5.847,45	2,26257823	13.230,31	MAIO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	23.118,01	0,38816389	8.973,58	
Consumo na Ponta (KW/h)	6.771,45	2,09068452	14.156,97	JUNHO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	24.439,19	0,35822784	8.754,80	
Consumo na Ponta (KW/h)	10.204,53	2,23112137	22.767,54	JULHO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	36.465,78	0,37135883	13.541,89	
Consumo na Ponta (KW/h)	5.459,37	2,22403648	12.141,84	AGOSTO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	18.827,80	0,41301387	7.776,14	
Consumo na Ponta (KW/h)	4.736,76	2,2585649	10.698,28	SETEMBRO
Consumo fora da Ponta (KW/h)	17.940,09	0,41942596	7.524,54	

Fonte: Autoria Própria (2020).

4.5 Pré-dimensionamento do sistema

Assim que os dados do ano de 2018 foram disponibilizados, o pré-dimensionamento foi feito, onde pegou-se os dados do consumo na ponta de todos os meses e determinou seu consumo médio fazendo a soma de todos e dividindo pela quantidade de meses (Tabela 11).

Tabela 11 - Determinação do Consumo Médio

MÊS	CONSUMO (kWh)	CONSUMO DIÁRIO
JANEIRO	3.475,92	112,1
FEVEREIRO	9.403,59	313,5
MARÇO	10.529,82	339,7
ABRIL	9.962,19	332,1
MAIO	2.293,62	74,0
JUNHO	5.212,83	173,8
JULHO	9.176,16	296,0
AGOSTO	11.313,54	365,0
SETEMBRO	11.214,63	373,8
OUTUBRO	4.875,78	157,3
NOVEMBRO	4.294,50	143,2
DEZEMBRO	5.542,95	178,8
CONSUMO MÉDIO		
7.274,63		

Fonte: Autoria Própria (2020).

4.6 Coordenadas geográficas

Seguidamente, foi determinada a localização de acordo com as coordenadas geografias do local, que segue na Tabela 12.

Tabela 12 - Coordenadas Geográficas

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
LATITUDE	05°39'17.00"S
LONGITUDE	36°36'46.00" O

Fonte: Autoria Própria (2020).

E foi colocado essas coordenadas no site CRESESB (Centro de Referência de Energia Solar e Eólica de Sérgio Brito).

4.7 Sistema fotovoltaico necessário

Com esses dados de consumo de cada mês e da irradiação solar diária média mensal, foram consideradas algumas equações matemáticas, através de estudos e análises foi desenvolvido uma equação para encontrar a quantidade de módulos, Potência de Módulos, Potência de Inversor e Área útil aproximada necessários para o sistema. Seguem as equações:

- Quantidade de Módulos = $((\sum \text{mês}/12)/\text{Média irradiação solar}) \cdot (1+25\%)$
- Potência de Módulos = Quantidade de Módulos * Potência do Módulo Fotovoltaico
- Potência de Inversor = Potência de Módulos / $(1+25\%)$
- Área útil aproximada = Quantidade de Módulos * 2

Observação: O valor de 25% é a porcentagem adotada para a perda dos módulos.

4.8 Expectativa de geração do sistema

Sucessivamente a planilha faz uma estimativa de geração do sistema de acordo com os dados anteriores fazendo a média diária de geração considerando-se as variações de insolação mensal (MIM), onde, as equações vão a baixo:

- $MIM = (\text{Potência de Módulos} \cdot 0,8 \cdot \text{N}^\circ \text{ de dias do mês} \cdot \text{Irradiação solar diária média mensal}) / 1000$
- Média Mensal de Geração = $(\text{Média do MIM} / 1000)$
- Média Anual de Geração = $(\text{Média Mensal de Geração} \cdot 12)$

5. RESULTADOS

Este item apresenta as análises e os resultados obtidos no estudo de caso da Usina Solar Fotovoltaica da UFERSA Campus Angicos. Para obter um bom projeto de um sistema fotovoltaico é necessário ter orientação de profissionais da área e ter um bom equipamento de geração de energia renovável, disponibilidade de um bom recurso solar, disponibilidade de área, demanda a ser batida e outra série de fatores. Com isso, o principal objetivo do dimensionamento do sistema fotovoltaico é proporcionar um melhor aproveitamento da captação da energia solar para geração de energia elétrica.

5.1 Dados coletados

Após a coleta dos dados a pesquisa foi feita através das contas de 2018, a qual estava completa de janeiro a dezembro e também foi o ano que mais teve gastos em quesito de mês. Com isso, os valores do consumo na ponta (Tabela 13), foram jogados na planilha interativa a qual iria realizar o pré-dimensionamento do sistema.

Tabela 13 - Valores do Consumo na Ponta

Consumo na Ponta (KW/h)	
QUANT.	MÊS
3.475,92	Janeiro
9.403,59	Fevereiro
10.529,82	Março
9.962,19	Abril
2.293,62	Maio
5.212,83	Junho
9.176,16	Julho
11.313,54	Agosto
11.214,63	Setembro
4.875,78	Outubro

4.294,50	Novembro
5.542,95	Dezembro

Fonte: Autoria Própria (2020).

5.2 Pré-dimensionamento do sistema conforme a irradiação solar

Posteriormente com auxílio de uma planilha interativa, foi feito um pré-dimensionamento do sistema, vendo se o sistema implantado estava feito corretamente de acordo com a irradiação solar do município.

E foi colocado essas coordenadas no site CRESESB (Centro de Referência de Energia Solar e Eólica de Sérgio Brito), e lá foi fornecida a Irradiação solar diária média mensal (kWh/m².dia) e a inclinação favorável que iria receber a melhor irradiação durante todo o ano, o qual, foi fornecido o ângulo Maior média anual de 5° N (Tabela 14).

Tabela 14 - Irradiação solar diária média mensal

Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]	
Jan	5,67
Fev	5,78
Mar	5,87
Abr	5,64
Mai	5,42
Jun	4,99
Jul	5,26
Ago	5,96
Set	6,28
Out	6,3
Nov	6,21

Dez	5,7
Média	5,75
Delta	1,32

Fonte: Autoria Própria (2020).

5.3 Sistema fotovoltaico necessário para instalação

Com esses dados de consumo de cada mês e da irradiação solar diária média mensal, foi desenvolvida uma equação para encontrar a quantidade de módulos, Potência de Módulos, Potência de Inversor e Área útil aproximada necessários para o sistema (Tabela 15).

Tabela 15 - Irradiação solar diária média mensal

SISTEMA FOTOVOLTAICO RECOMENDADO		
Quantidade de Módulos	157	PÇ
Potência de Módulos	51810	WP
Potência de Inversor	41448	W
Área útil aproximada	314	M²
Potência do Módulo Fotovoltaico (Wp)	330	
Perdas totais do sistema	25%	

Fonte: Autoria Própria (2020).

5.4 Expectativa de geração do sistema

Sucessivamente a planinha faz uma estimativa de geração do sistema de acordo com os dados anteriores fazendo a média diária de geração considerando-se as variações de insolação mensal, onde, chegou os valores de :

Tabela 16 - Média diária de geração considerando-se as variações de insolação mensal

Jan	7285
Fev	7608
Mar	7542
Abr	7013
Mai	6964
Jun	6205
Jul	6769
Ago	7658
Set	7809
Out	8095
Nov	7722
Dez	7324
Média Mensal de Geração MWh/mês	7257
Média Anual de Geração MWh/ano	8708

Fonte: Autoria Própria (2020).

Tendo visto esses dados mostrados anteriormente, é possível ver que a eficiência solar na região é de extrema qualidade para se implantar uma USF. Porém com isso foi visto que o sistema dimensionado na UFERSA Angicos com 190 módulos hipoteticamente só segura o valor da ponta a cada mês. Com isso, foi visto que a USF de Angicos não foi dimensionada para suportar a demanda que a universidade necessita.

E após a implantação do Restaurante Universitário o campus teve um grande aumento no seu consumo de energia, com isso, foi visto que a USF do campus só está praticamente suprimindo as necessidades do restaurante universitário.

Nesse contexto a implantação da usina foi viável, porque o campus teve esse aumento de um novo bloco (restaurante universitário), é ela basicamente segura a sua demanda necessitada, a qual o bloco necessita de muita energia durante o dia e a noite.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise comparativa das contas de energia da UFERSA campus Angicos entre 2017 a 2019, visto que o propósito do trabalho foi conseguido, no qual mostrou sua linha de montagem, viabilidade da radiação solar na região, a comparação de antes e depois da implantação da usina solar fotovoltaica no campus da UFERSA Angicos. Mostrando o interesse da instituição por uma energia limpa e sustentável, assim aproveitando o potencial alto de isolamento solar na região estudada.

Com isso, foi visto que o assunto estudado é de extrema importância no momento que estamos vivenciando, principalmente pelo fato que a geração de energia distribuída no Brasil está crescendo, dessa forma vendo por esse lado, a energia gerada pelos módulos que não são utilizadas é injetada na rede de distribuição, seu consumo pode ser local, assim evitando as quedas de tensão e de transmissão. A sua implantação além de ser em solo, pode ser implantada em telhados e fachadas, assim podendo gerar um energia limpa, não poluente e silenciosa.

Desse modo, o trabalho obteve os resultados que já era estimado, o qual a usina solar não foi dimensionada para a demanda que a universidade precisa, através dessa pesquisa é importante que mais estudos sejam feitos nessa área, e inclusive na própria USF da UFERSA, logo este é um empreendimento recente, e pode futuramente sofrer alguma alteração.

Dessa forma, o trabalho proporcionou a ampliação dos meus conhecimentos na área e contribuiu de forma significativa na minha vida acadêmica, além também de poder servir como base para pesquisas e trabalhos futuros sobre a USF da UFERSA Angicos, ou assuntos afins.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Análise de qualidade de energia da usina solar fotovoltaica;
- Analisar a qualidade de energia elétrica observando os parâmetros de desequilíbrio de tensão e flutuação de Tensão;
- Estudo de futura ampliação da usina solar da UFERSA Angicos;
- Estudo sobre a conexão da usina no sistema de distribuição da UFERSA.

REFERÊNCIAS

IEA - International Energy Agency; **World Energy Outlook - 2014-ES**. OECD/IEA, 2014. Disponível

em: <<https://webstore.iea.org/download/summary/412?fileName=Portuguese-WEO-2014-ES.pdf>> Acesso em: 29 setembro 2019.

Melquíades, Thiago Freire. **Análise do potencial solar térmico em um segmento do setor de alimentos e bebidas na Paraíba** / Thiago Freire Melquíades.- João Pessoa, 2016. 127f. : il. Dissertação (Mestrado) - UFPB/CEAR.

BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> Acesso em: 29 setembro 2019.

PRADO JÚNIOR, F. A. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 1ª Edição, Editora Edipro, 2004. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2004.pdf> Acesso em: 29 setembro 2019.

TIRAPELLE, Guilherme Alfredo Hobmeir; MURA, Laís Botassari; FRAZÃO, Lucas. **ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA DE PAINÉIS SOLARES**. Disponível em: <https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2011_2_28/2011_2_28_monografia.pdf> Acesso em: 29 setembro 2019.

VALLÊRA, A. M. et al. **Meio Século de História Fotovoltaica. Solar**, 2006. Disponível em: <<http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

CÉLULA FOTOVOLTAICA. **Portal Solar** - 2011, Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Energia Solar no Brasil e Mundo - 2016**, Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/17+-+Energia+Solar+-+Brasil+e+Mundo+-+ano+ref.+2015+%28PDF%29/4b03ff2d-1452-4476-907d-d9301226d26c;jsessionid=41E8065CA95D1FABA7C8B26BB66878C9.srv154>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

EIA. **US Energy Information Administration**, 2017. Disponível em: <<https://www.eia.gov/>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

REUTERS. **Energia solar deve crescer 44% no Brasil em 2019 com impulso de geração distribuída.** Revista Época, 17/01/2019. Disponível em: <<https://epocanegocios.globo.com/Economia/noticia/2019/01/epoca-negocios-energia-solar-deve-crescer-44-no-brasil-em-2019-com-impulso-de-geracao-distribuida.html>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

DOMINGO, Fernando. **O ano foi radiante para energia solar, e 2016 será acelerado**. Tribuna do Norte, Natal, 20/12/2015. Disponível em: <<http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/a-o-ano-foi-radiante-para-a-energia-solar-e-2016-sera-aceleradoa/333537>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

CERNE, Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia, 2017, Disponível em: <<http://cerne.org.br/natal-sedia-do-9o-solarinvest-e-1o-encontro-da-inovacao-em-fevereiro/>>. Acesso em: 29 de setembro de 2019.

SEBRAE, Rio Grande do Norte alcança potência de 20 MW com solar, 2019, Disponível em: <<http://www.rn.agenciasebrae.com.br/sites/asn/uf/RN/rio-grande-do-norte-alcanca-potencia-de-20-mw-com-energia-solar,255116c804b9b610VgnVCM1000004c00210aRCRD#prettyPhoto>>. Acesso em: 29 de dezembro de 2019.

Fariello, Danilo. Governo cria programa de incentivo à geração de energia solar. **O GLOBO**, 15/12/2015. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/governo-cria-programa-de-incentivo-geracao-de-energia-solar-18302233>>. Acesso em: 25 de janeiro de 2020.

BNDES muda regra e pessoas físicas podem investir em energia solar. **BNDES**, 2018. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/imprensa/noticias/conteudo/bndes-muda-regra-e-pessoas-fisicas-podem-investir-em-energia-solar>>. Acesso em: 25 de janeiro de 2020.