



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO CAMPUS CARAÚBAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

ITALO GRANGEIRO SANTOS

ANÁLISE DA INSERÇÃO E FUNCIONAMENTO DE UMA USINA SOLAR NA
UFERSA – CAMPUS CARAÚBAS

CARAÚBAS

2018

ITALO GRANGEIRO SANTOS

ANÁLISE DA INSERÇÃO E FUNCIONAMENTO DE UMA USINA SOLAR NA
UFERSA – CAMPUS CARAÚBAS

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

Orientadora: Prof^a. Dra. Ana Paula Ferreira
Ramos

CARAÚBAS

2018

© 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.

Sa SANTOS, ITALO GRANGEIRO.
 ANÁLISE DA INSERÇÃO E FUNCIONAMENTO DE UMA
 USINA SOLAR NA UFERSA - CAMPUS CARAÚBAS. / ITALO
 GRANGEIRO SANTOS. - 2018.
 43 f. : il.

 Orientadora: ANA PAULA FERREIRA RAMOS.
 Monografia (graduação) - Universidade Federal
 Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
 Tecnologia, 2018.

 1. Energia Fotovoltaica. 2. Energia Solar. 3.
 Viabilidade . I. RAMOS, ANA PAULA FERREIRA ,
 orient. II. 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.

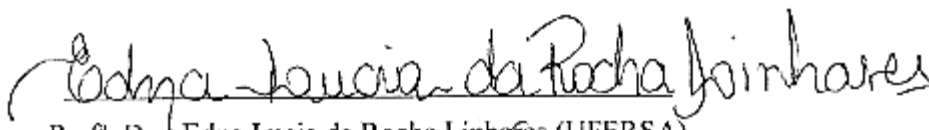
ITALO GRANGEIRO SANTOS

ANÁLISE DA INSERÇÃO E FUNCIONAMENTO DE UMA USINA SOLAR NA
UFERSA – CAMPUS CARAÚBAS

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

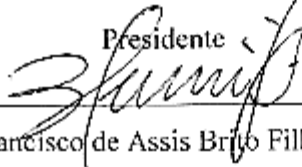
Defendida em: 09/04/2018.

BANCA EXAMINADORA



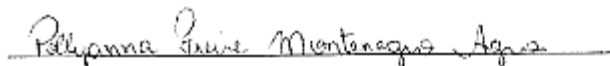
Profª. Dra. Edna Lucia da Rocha Linhares (UFERSA)

Presidente



Prof. Dr. Francisco de Assis Brito Filho (UFERSA)

Membro Examinador



Profª. Dra. Pollyanna Freire Montenegro Agra (UFERSA)

Membro Examinador

Maria de Fátima Grangeiro Maciel dos Santos e Zeneide Grangeiro (In Memoriam).

*Vicente Tadeu dos Santos, Carla Vivian Alves de Menezes, Talita Grangeiro Santos, Wagner
Bruno Silva Coelho, Miguel Grangeiro Coelho, Pedro Grangeiro Coelho, Severina Maria e
Raimundo José (presentes)*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, pois sem ele, não conseguiria forças não teria coragem de enfrentar um caminho tão difícil e não existiriam os momentos felizes como esse na minha vida.

A minha mãe **Maria de Fátima Grangeiro Marciel dos Santos** (*In memóriam*), ao meu pai **Vicente Tadeu dos Santos**, por ter feito de tudo por mim, por toda educação que eles me passaram, todo carinho, amor e incentivo à conquista deste sonho maravilhoso, pelos momentos difíceis, os quais, nunca abalaram suas expectativas quanto a minha formação, que fizeram de meus sonhos seus próprios objetivos e de meus objetivos sua própria luta. Pessoas tão especiais que não pouparam esforços para que o sorriso que hoje existe no meu rosto fosse possível.

A minha madrastra **Carla Vivian Alves de Menezes** por ser uma segunda mãe, por me dado amor, carinho, incentivo para a realização desse sonho. Por me dar conforto nas horas difíceis e conselhos, para que sempre continuasse com a cabeça erguida e com coragem de enfrentar todas as batalhas e obstáculos existentes.

Ao meu cunhado **Wágner Bruno Silva Coelho**, por estar sempre do meu lado, me dando força e compreensão, por me auxiliar em meus momentos e pelas orientações metodológicas que ampliaram o desenvolvimento deste trabalho.

A minha irmã **Talita Grangeiro Santos** por ser minha companhia e por estar sempre do meu lado me ajudando.

Aos meus sobrinhos **Miguel Grangeiro Coelho** e **Pedro Grangeiro Coelho**, por serem grandes frutos para o amadurecimento nessa jornada.

Aos meus Avós **Severina Maria**, **Raimundo José**, **Zeneide Grangeiro** (*In memoriam*) por me darem amor, carinho, mimo e por sempre acreditarem no meu potencial.

Aos meus tios e tias, que ao longo deste trajeto sempre estiveram ao meu lado, fazendo acontecer tudo que hoje me faz sorrir, pelo aprendizado, pela confiança e pelas suas experiências de vida.

A toda minha família, que sempre me apoiaram e se empenharam para minha formação acadêmica.

A todos os meus amigos que sempre se demonstraram companheiros e depositaram sua confiança em mim.

Aos professores que caminharam junto nesta jornada.

*“Sem sonhos, a vida não tem brilho.
Sem metas, os sonhos não têm
alicerces. Sem prioridades, os sonhos
não se tornam reais.”*

Augusto Cury

RESUMO

A utilização da energia elétrica é essencial na sociedade moderna e, por isso, é imprescindível ser produzida em grande escala. Devido à grande crise hídrica e ao consequente aumento do preço da tarifa, os engenheiros estão optando por construções civis sustentáveis, como a implantação da energia fotovoltaica. Essa energia é o resultado da transformação da luz solar em corrente elétrica. O estudo teve o objetivo de verificar a viabilidade de inserção e funcionamento de uma usina solar para geração de energia na UFERSA – Campus Caraúbas. Este estudo foi de campo com abordagem descritiva. Foi considerado o período de doze meses, de Dezembro de 2016 a Novembro de 2017. A ferramenta utilizada foi um simulador solar e foi feito o orçamento do custo de implantação do sistema fotovoltaico. Observou-se, por meio de uma comparação, diferenças significativas entre os sistemas de energia elétrica e energia fotovoltaica, sendo o custo de montagem de uma usina de energia fotovoltaica no valor de R\$ 208.500,00. A partir dos resultados encontrados torna-se notável que a instalação de um sistema fotovoltaico no local é viável. Dentre os pontos positivos foi a diminuição das emissões de CO₂, sendo evitadas cerca de 158.041 kg/a, reduzindo o impacto ambiental ou social. Dentre os pontos negativos está a não geração de energia durante o período da noite, por esse motivo, deve ser gerado mais custos no armazenamento de energia por meio de baterias. Sugere-se o investimento para a inserção e o funcionamento de uma usina solar na UFERSA – Campus Caraúbas, para que sejam utilizadas além de fontes limpas e inesgotáveis, fontes que não prejudiquem o meio ambiente, resguardando as nações futuras.

Palavras-chave: Energia Fotovoltaica. Energia solar. Viabilidade.

ABSTRACT

The use of electricity is essential in modern society and therefore it is essential to be produced on a large scale. Due to the major water crisis and the consequent increase in fare prices, engineers are opting for sustainable civilian buildings, such as the deployment of photovoltaic energy. This energy is the result of the transformation of sunlight into electric current. The objective of this study is to verify the feasibility of insertion and operation of a solar power plant at UFERSA - Campus Caraúbas. This field study was a descriptive approach. It was considered the period of twelve months, from December 2016 to November 2017. The tool used was a solar simulator and the budget of the cost of implantation of the photovoltaic system was made. A comparison was made between significant differences between electric and photovoltaic systems, with the cost of setting up a photovoltaic power plant for R \$ 208,500.00. From the results found it becomes remarkable that the installation of a photovoltaic system in place is feasible. Among the positive points was the reduction of CO₂ emissions, avoiding around 158,041 kg/a, reducing the environmental or social impact. Among the negative points is the non-generation of energy during the night, therefore, it should generate more costs in the storage of energy by means of batteries. It is suggested the investment for the insertion and operation of a solar plant at UFERSA – Campus Caraúbas, to be used in addition, clean, and inexhaustible, sources that do not harm the environment, protecting future nations.

Keywords: Photovoltaic energy. Solar energy. Viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Potencial de utilização de energia solar na Terra	21
Figura 02: Composição do sistema de geração distribuída	22
Figura 03: Pannel fotovoltaico	23
Figura 04: Geração <i>on gride</i>	24
Figura 05: Geração <i>off gride</i>	25
Figura 06: Potencial anual médio de energia solar em cada uma das cinco regiões brasileiras	27

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Consumo ativo (kWh) na UFERSA Caraúbas	29
Gráfico 02: Valor da fatura de energia por mês na UFERSA Caraúbas	30
Gráfico 03: Como ficaria o consumo de energia por mês na UFERSA Caraúbas	31
Gráfico 04: Irradiação global, inclinada e direta de Caraúbas de Dezembro de 2016 à Novembro de 2017	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Simulação das características do sistema fotovoltaico	30
Quadro 02: Consumo elétrico anual	31
Quadro 03: Dados sobre a irradiação anual da localidade	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Irradiação global, inclinada e direta de Caraúbas de Dezembro de 2016 à Novembro de 2017	33
Tabela 02: Detalhes, como seria o consumo elétrico da UFERSA Caraúbas	33
Tabela 03: Material Permanente – Usina Fotovoltaica	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica;
ASTM	American Society for Testing and Materials;
CA	Corrente Alternada;
CC	Corrente Contínua;
COSERN	Companhia Energética do Rio Grande do Norte;
DPS	Dispositivos de Proteção Contra Surtos;
FV	Fotovoltaica;
HEPR	Etileno-Propileno;
IEC	Photovoltaic module safety qualification;
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia;
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação;
NOCT	Nominal Operating Cell Temperature;
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas;
STC	Standard Test Conditions;
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido;
UV	Ultravioleta;

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
@	arroba
°C	Grau Celsius
CO₂	Gás Carbônico
kg/a	Quilogramas por ano
Km²	Quilometro Quadrado
kW	Quilowatts hora
kWh/kWp	Quilowatts hora por Quilo-Watt pico
kWh/m²	Quilowatts hora por metro quadrado
kWp	Quilo-Watt pico
m²	Metro Quadrado
MWh	Megawatt-hora
nº	Número
°	Grau
R\$	Reais
R\$/KWh	Reais por quilowatts hora
W	Watts
W/m²	Watts por metro quadrado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo Geral	19
2.2 Objetivos Específicos	19
3. REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 A energia solar	20
3.2 A energia solar na UFERSA	21
3.3 Geração distribuída e compensação da energia fotovoltaica	22
3.4 Custos da energia fotovoltaica	25
4. MATERIAIS E MÉTODOS	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS	

INTRODUÇÃO

A utilização da energia elétrica é essencial na sociedade moderna e, por isso, é imprescindível ser produzida em grande escala, para que assim seja abastecido a demanda de toda a população de um país. No Brasil a maior parte dessa energia é proveniente das hidroelétricas, mas sabemos que o país está passando por uma grande crise hídrica, e isso está afetando o abastecimento energético e aumentando do preço da tarifa. Diante disso, os engenheiros estão optando por construções civis sustentáveis.

Como forma de somar a participação de fontes alternativas renováveis na produção de energia elétrica foi criado o PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas, por meio da lei nº 10.438/2002. Esse programa visa privilegiar empreendedores que não tenham conexões associadas com concessionárias de geração, transmissão ou distribuição, desta forma beneficiando novas construções sustentáveis.

Essas construções civis sustentáveis tem a finalidade de amenizar os impactos ambientais, aproveitando os recursos naturais que existem naquela área que a obra será executada, como por exemplo, a implantação da energia fotovoltaica.

A energia fotovoltaica é o resultado da transformação da luz solar em corrente elétrica, através de módulos ou placas edificados com fotocélulas sintetizadas por meio de um material semicondutor, como silício cristalino, silício amorfo hidrogenado, arsenieto de gálio, telureto de cádmio e células CIGS (CABRAL; VIEIRA, 2012).

Por ser uma energia limpa e inesgotável, a energia solar fotovoltaica tem condições de concorrer com as outras fontes de energia. Devido ao seu modo ecologicamente adequado, seu desenvolvimento tem se dado de maneira acelerada, nos últimos 20 anos, tornando-se viável até em localidades onde já se tem a energia elétrica convencional (OLIVEIRA, 2007).

No nosso país em especial, a energia fotovoltaica apresenta grandes condições na sua absorção, devido à localização do Brasil ser inter-tropical, o que nos dá grande potencial de energia solar por todo o ano (OLIVEIRA, 2007).

O emprego de recursos fósseis para origem de energia é, de forma bastante reconhecida, prejudicial ao meio ambiente. A alta taxa de emissão de gases para a atmosfera, vem ocasionando o aquecimento global. Assim, a forma de energia que suprirá o combustível fóssil, deverá se preocupar com a sustentabilidade e, por conseguinte, diminuir a degradação ambiental contemporânea. Diante disso como a inserção de uma usina solar poderia modificar o dano ambiental na região de Caraúbas? Quais as vantagens para UFERSA – Campus Caraúbas, se houvesse a instalação de uma usina solar?

A demanda por novas fontes de energia renováveis está sendo largamente utilizada em todo o país. Por causa do baixo índice pluviométrico e o aumento do consumo da energia elétrica, as hidrelétricas que são responsáveis pela maior parte do abastecimento energético, estão ofertando no seu limite. Visto que há outras fontes como energia: solar, eólicas, das mares e biomassa (MAGAGNIN, 2012).

Em relação a análise econômica, pode-se destacar que a tarifa da energia elétrica, que mantém o serviço funcionando com qualidade, é gerenciado pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, que desenvolve metodologias de cálculo tarifário para segmentos do setor elétrico (geração, transmissão, distribuição e comercialização), avaliando fatores como a infraestrutura de origem, transmissão e repartição, bem como fatores econômicos de incentivos à modicidade tarifária e sinalização ao mercado (ANEEL, 2017).

Com base nos dados da Companhia Energética do Rio Grande do Norte - COSERN, referente ao mês de Abril de 2017, a tarifa de fornecimento de energia elétrica cobradas aos consumidores residenciais de baixa tensão foi de 0,418 R\$/KWh, sendo a média nacional de 0,49 R\$/KWh (ANEEL, 2017).

Diante desse crescimento no abastecimento energético, está surgindo as construções civis sustentáveis que produzem sua própria energia elétrica, e uma das fontes, mais utilizada é a proveniente dos raios solares que é uma ótima opção, tanto para os pequenos e grandes consumidores. Sua captação é através de instalação de painéis fotovoltaicos.

Por esse motivo, busca-se verificar a inserção e o funcionamento de uma usina solar na UFERSA – Campus Caraúbas, para que sejam utilizadas além de fontes limpas e inesgotáveis, fontes que não prejudiquem o meio ambiente, desta forma resguardando as nações futuras e devolvendo qualidade de vida a toda a população.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Verificar a viabilidade de inserção e funcionamento de uma usina solar para geração de energia na UFERSA – Campus Caraúbas.

2.2 Objetivos Específicos

- Comparar os gastos com energia elétrica antes e depois da instalação do sistema solar;
- Realizar o levantamento do custo de montagem de uma usina de energia fotovoltaica;
- Analisar a viabilidade da instalação de uma usina solar na UFERSA – Campus Caraúbas;
- Analisar os pontos positivos e negativos da utilização da energia solar.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A energia solar

Desde os primórdios, que a energia consumida pela humanidade é fornecida pelo sol, ou seja, desde o processo de fotossíntese, que é a energia fornecida pelas plantas até os combustíveis fósseis, que são originados por meio de resíduos orgânicos de tempos primitivos, que se tem exemplo da dependência da energia solar (REIS; SOUZA; AZEVEDO 2009).

Essa energia, como a própria nomenclatura já diz, é proveniente do sol, de forma inesgotável. Pode-se demonstrar o quão é imenso seu potencial, pelo fato, de que em apenas um segundo, o sol produz energia suficiente para abastecer toda humanidade (SILVA; ALVES, 2015).

A energia solar pode ser aproveitada de várias formas, como por exemplo, a energia térmica solar, que acontece no caso do aquecimento das águas ou pela secagem de alguns produtos, e também pode ser empregada na sintetização de energia elétrica, também denominada fotovoltaica (SALES, 2008).

O uso da energia solar fotovoltaica tem crescido de forma bastante superior em todo o mundo, passando de 187 GW em 2014 para 227,1 GW em 2015, o que significa um acréscimo de 40,1 GW na capacidade instalada (TIEPOLO *et al.*, 2016).

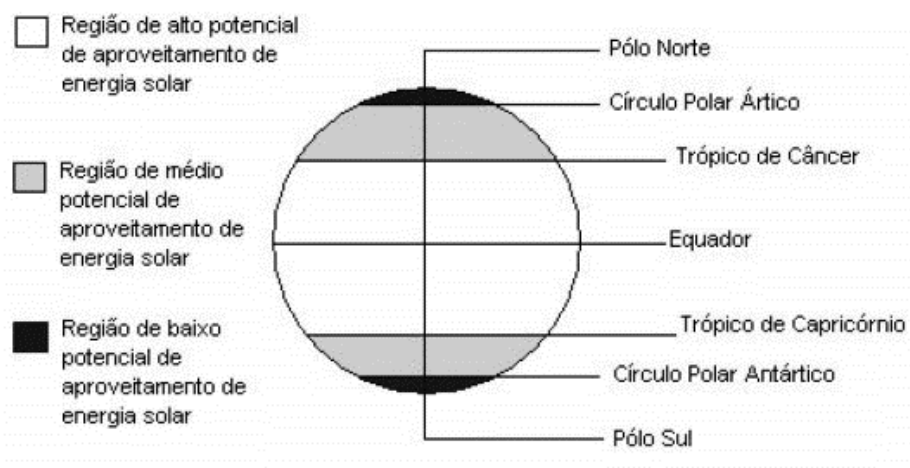
São várias as vantagens de um sistema fotovoltaico, pois o mesmo não origina lixo tóxico, como no caso das usinas nucleares, não polui o meio ambiente, como no caso das termoeletricas a gás ou a carvão e não abrange nenhum impacto ambiental ou social como as hidrelétricas (CASARO; MARTINS, 2010).

Dentre as desvantagens da energia solar, pode-se destacar o seu alto custo, tendo em média um retorno financeiro, somente por volta de 6 a 10 anos após a instalação do sistema. Outra grande desvantagem que se pondera nesse sistema, é pelo fato de que ele não gera energia durante a noite, por esse motivo, deve ser gerado mais custos no armazenamento de energia por meio de baterias (MACHADO; MIRANDA, 2014).

A disponibilidade de radiação solar, também designada energia total incidente sobre a superfície terrestre, *depende além das 18 condições atmosféricas como nebulosidade e umidade relativa do ar, além disso da latitude local e da posição no tempo* (MAGAGNIN, 2012).

O Brasil apresenta-se geograficamente privilegiado pelos elevados índices solarimétricos, fator determinante e que agencia um suporte maior para o crescente bom emprego do aquecimento solar (MAGAGNIN, 2012). O Brasil expõe um elevado índice médio diário de radiação solar (figura 01), abordando uma faixa de mais de 5kWh/m² por dia em algumas regiões (CASARO; MARTINS, 2010).

Figura 01: demonstração do potencial de utilização de energia solar no nosso planeta:



Fonte: SALES, 2008.

O Brasil, apresenta 90% de seu território na região de alto potencial de aproveitamento de energia solar (SALES, 2008).

3.2 A energia solar na UFERSA.

O município de Caraúbas fica localizada no estado do Rio Grande do Norte, apresenta uma população de 19.576 habitantes, com uma área de 1.095,803 Km², apresenta o seu bioma caatinga (IBGE, 2017).

A Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA inaugurou a primeira Usina Solar Fotovoltaica abrigada numa instituição pública de Mossoró, no dia 31 de janeiro de 2017. Os painéis solares distinguiram uma nova era na UFERSA, que passou a empregar energia renovável para as atividades de ensino, pesquisa e extensão do Campus Sede (UFERSA, 2017).

A Usina funciona no Campus Leste, sendo um total de 580 painéis numa área de 933 metros quadrados. São gerados por mês em volta de 20 mil quilowatts hora, o que equivale a

até 7% do consumo da UFERSA Mossoró. Pode-se concluir que a Usina está propiciando, de forma inicial, uma economia de R\$ 7 mil por mês no custeamento da instituição, mas esse valor pode alargar dependendo da radiação solar que na região tem de sobra (UFERSA, 2017).

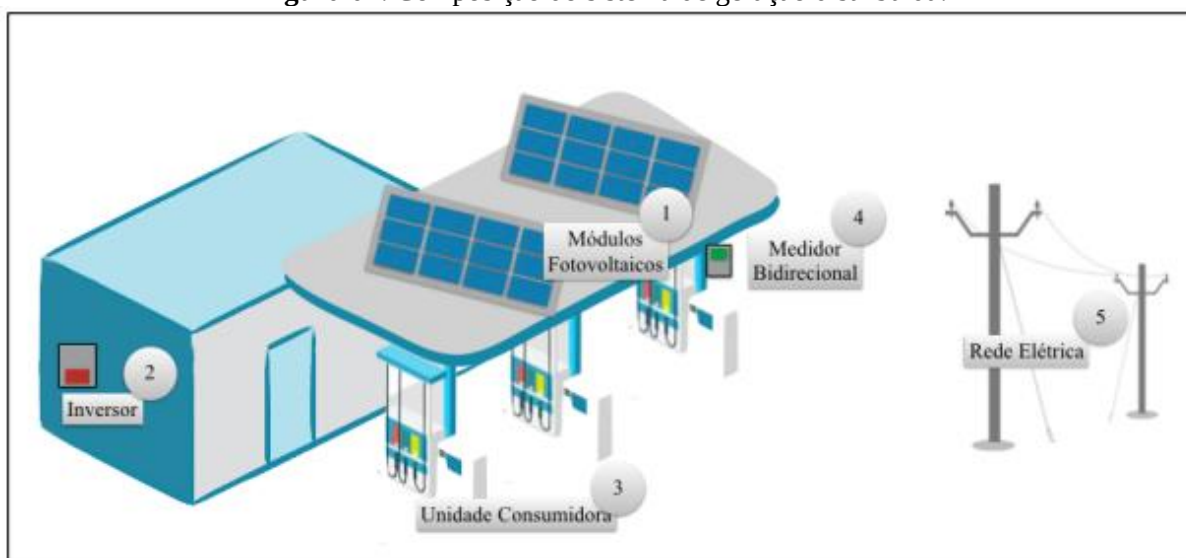
Além do fator financeiro, os painéis determinam ganhos ambientais com a diminuição da emissão de gases como o monóxido de carbono, o grande vilão do aquecimento global. Com a Usina lançando energia limpa, a estimativa é que 1,5 tonelada de CO₂ deixe de ser emitida na atmosfera (UFERSA, 2017).

O Rio Grande do Norte, é um estado de destaque no que se refere a energia fotovoltaica, estando entre os três de maiores índices de radiação do Brasil. O estado possui um potencial de radiação de cerca de 780 a 800 W/m². Pode-se comparar que sua potência é cinco vezes maior, que o país com maior produção de energia solar, a Alemanha.

3.3 Geração distribuída e compensação da energia fotovoltaica

O sistema de geração de energia elétrica por meio da radiação solar é composto por módulos fotovoltaicos que captam os raios solares e geram uma corrente contínua. Essa corrente contínua passa por um equipamento denominado de inversor que decompõe em corrente alternada que é a mesma fornecida pela concessionária de energia elétrica. A distribuição dessa energia pode ser ligada na mesma rede que vem da concessionária, pois ela está apta para o consumo (BOAS; DA SILVA, 2017). A figura 02 demonstra a composição do sistema de geração distribuída por meio da radiação solar:

Figura 02: Composição do sistema de geração distribuída.



Fonte: BOAS; DA SILVA, 2017.

O contíguo dos módulos fotovoltaicos, formam o painel fotovoltaico, como exposto na figura 03:

Figura 03: Painel fotovoltaico.



Fonte: BOAS; DA SILVA, 2017.

Quando a energia usina solar está exercendo a demanda ela pode ser fornecida para a concessionária como compensação nos gastos futuro. O processo de implementação do sistema de compensação, pela ANEEL, consente ainda que autoprodutores de energia possam fazer a permuta de energia excessiva gerada por créditos ou abatimentos em faturas da distribuidora de energia local. Quando essa norma ainda não era legalizada, os fabricantes autônomos não atuavam sob nenhuma regulamentação, muitas vezes originando energia em regras independentes ou mesmo de forma clandestina (BOAS; DA SILVA, 2017).

Para promover uma facilitação, melhorar o estímulo e disseminação de geração de energia fotovoltaica de forma descentralizada, a ANEEL, determinou a seguinte normativa (Resolução Normativa nº 687 de 2015):

A queda de preços da energia solar fotovoltaica, em âmbito global, deixará para trás a barreira econômica para o uso de sistemas solares pelo lado da demanda. Por essa razão, torna-se crítico o Brasil estar preparado para aproveitar essa oportunidade, avançando desde já na revisão da regulamentação da pequena geração distribuída conectada para que o avanço não prejudique a operação das redes de distribuição. (ABINEE, 2012, p. 97).

Existem dois tipos principais de sistemas fotovoltaicos: Sistemas Conectados à Rede (*On Grid*) e Sistemas Isolados (*Off Grid*). Os sistemas *On Grid* (figura 04) são integrados à rede elétrica, por isso, sempre que houver energia excessiva gerada pela luz solar, a mesma é guardada na rede elétrica, originando descontos na sua conta independentemente do período do dia. Se a energia originada não for suficiente, a rede elétrica compensa o que faltar. No fim das contas, você retribui para a distribuidora a energia consumida da rede elétrica menos o que foi produzido por você (BOAS; DA SILVA, 2017).

Figura 04: Geração *on grid*.



Fonte: Enel soluções (2016)

Já os sistemas isolados ou *Off Grid* (figura 05) são qualificados por não estarem conectados à rede elétrica. Esse sistema é empregado para uso local e específico, abastecendo diretamente os aparelhos que utilizarão a energia. Nele, a energia gerada é guardada em baterias e não na rede elétrica, essas baterias garantem o abastecimento em períodos sem sol (BOAS; DA SILVA, 2017).

Figura 05: Geração *off grid*.



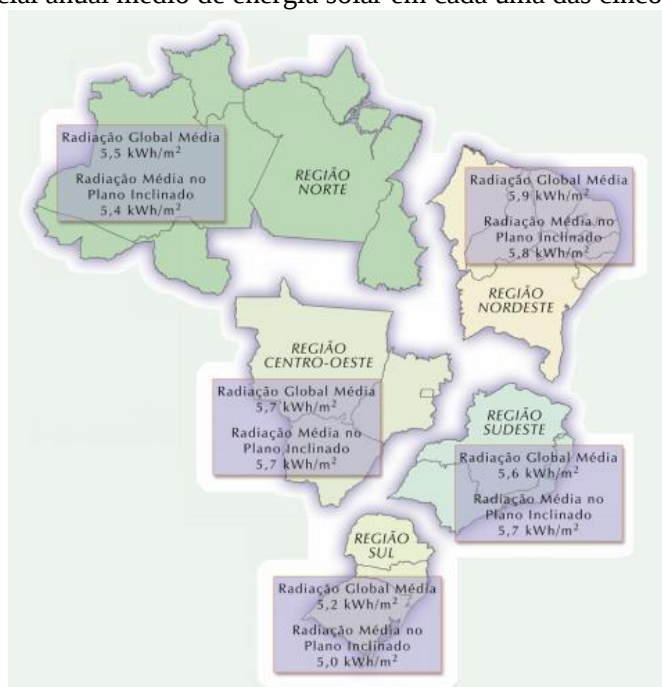
Fonte: Enel soluções (2016)

3.4 Custos da energia fotovoltaica

Segundo Pereira *et al.* (2006), o local onde existe a menor irradiação global no Brasil é de $4,25 \text{ kWh/m}^2$, fica localizado no litoral norte de Santa Catarina e a maior é de $6,5 \text{ kWh/m}^2$ estando localizado no norte da Bahia. Em decorrência disso, a irradiação solar global incidente em qualquer local do cenário nacional varia de 4.200 a 6.700 kWh/m^2 /ano, índice este, mais elevado que os verificados em outros países que, atualmente, são destaques na utilização da energia solar para a geração de energia elétrica: 900 a 1.250 kWh/m^2 /ano na Alemanha; 900 a 1.650 kWh/m^2 /ano na França; e 1.200 a 1.850 kWh/m^2 /ano na Espanha.

A figura 06 demonstra o potencial anual médio de energia solar em cada uma das cinco regiões brasileiras:

Figura 06: Potencial anual médio de energia solar em cada uma das cinco regiões brasileiras.



Fonte: Pereira et al., 2006.

De acordo com Nascimento (2017), o potencial brasileiro para emprego da fonte solar e a contemporânea regulamentação pela ANEEL da microgeração e minigeração disseminadas têm despertado o interesse de vários agentes na geração de energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos. Segundo dados da Aneel, em 1º de dezembro de 2014, o Brasil apresentava 289 usinas do tipo Central Geradora Solar Fotovoltaica (UFV) outorgadas, responsáveis por 18.990,15 kW de potência outorgada e 14.990,15 kW de potência vigiada.

Silva (2005) cita que a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da Aneel estabeleceu a modalidade denominada de *net metering*, afirmando que consumidores pudessem:

(i) instalar pequenas usinas (hidráulica, solar, eólica, biomassa ou de cogeração qualificada) de forma a injetar a energia gerada na rede da distribuidora na qual estão conectados;

(ii) ceder essa energia a título de empréstimo gratuito à distribuidora; e

(iii) compensar o montante emprestado com o consumo próprio de energia elétrica.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

No presente estudo buscou-se os dados necessários para a análise de viabilidade de implantação de uma usina solar na UFERSA - Campus Caraúbas, a fim de descrever suas particularidades e especificidades, visando à comprovação ou não do uso de tal fonte como alternativa viável para geração de energia.

A pesquisa de campo, acontece quando o pesquisador vai em busca de seu objeto de estudo, desta forma se familiarizando com o problema proposto (GIL, 2010). Já a pesquisa descritiva tem como objetivo observar, registrar, analisar e correlacionar fatos ou fenômenos (variáveis) sem manipulá-los. Procura descobrir, com precisão possível, a frequência com que um fenômeno ocorre, sua relação e conexão com outros, sua natureza e características (CERVO; BERVIAN, 2002).

Este trabalho apresentou um estudo de viabilidade de um sistema fotovoltaico para a UFERSA – Campus Caraúbas, baseando-se nas informações sobre a radiação solar local e no consumo de energia elétrica. A análise de geração distribuída de energia na UFERSA Caraúbas foi a partir do sistema fotovoltaico e foi considerado o período de doze meses, de Dezembro de 2016 a Novembro de 2017.

A ferramenta utilizada foi um simulador solar, da empresa América do Sol, ferramenta desenvolvida pelo Instituto Ideal para calcular a potência de um sistema fotovoltaico para atender a demanda energética de residências, escritórios, empresas ou indústrias, sendo este um software online, e por meio dele, assim a metodologia empregada foi:

1 - Determinou-se o consumo energético da UFERSA Caraúbas analisando-se as contas de eletricidade deste campus. A distribuidora é a COSERN, e foi pesquisado o tipo de conexão, o consumo de energia elétrica em kWh e o custo mensal da energia.

2 - Análise através do simulador solar e baseado nos dados de consumo elétrico e na radiação solar na UFERSA Caraúbas, foi apresentada a proposta do sistema fotovoltaico (gerador de eletricidade solar) e a potência a ser instalada para atender a necessidade energética da UFERSA Caraúbas. Foi apresentado o gasto anual do sistema proposto e o quanto este geraria de eletricidade em média por ano (quantidade essa de eletricidade que resultaria em economia no custo de energia, visto que esta eletricidade não seria mais paga à distribuidora).

3 - Analise o quanto a UFERSA - Caraúbas evitaria a emissão de dióxido de carbono (CO₂) por ano.

4 – Descrição da área ocupada pelo sistema fotovoltaico e os materiais e/ou equipamentos necessários para esse sistema.

5 - Simulações como ficaria o consumo elétrico da UFERSA - Caraúbas com um sistema fotovoltaico conectado à rede. No qual foi apresentada uma estimativa de quanta eletricidade será fornecida pela rede elétrica (se ainda fosse necessário), e o que seria gerado pelo sistema fotovoltaico da UFERSA - Caraúbas.

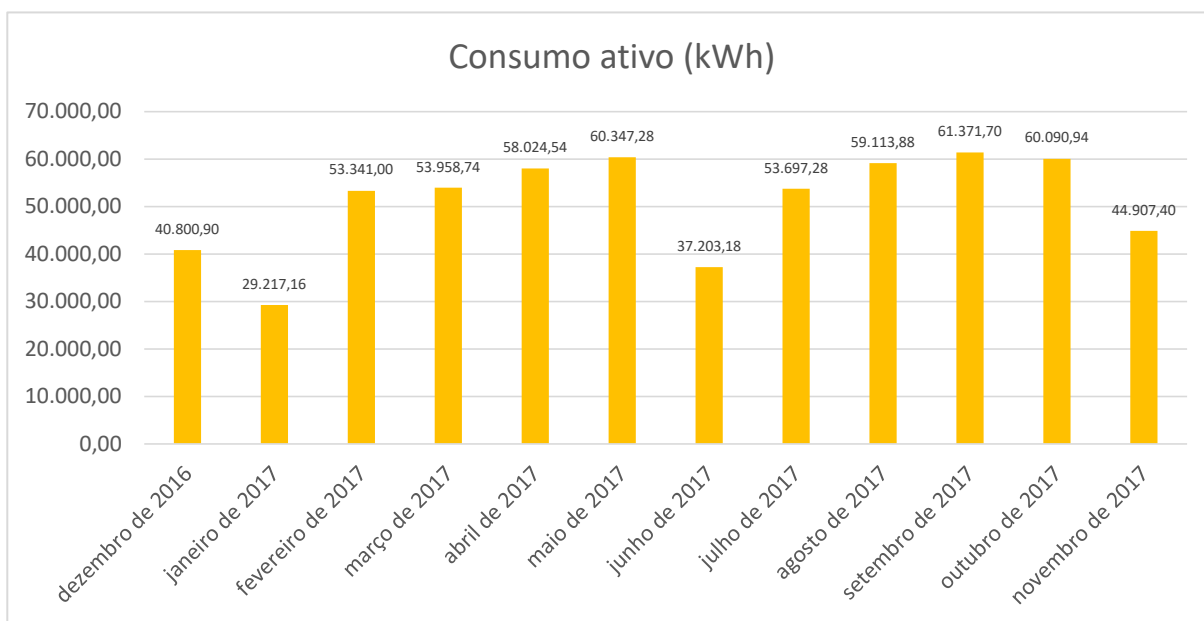
6 - Análise de custos e retorno do investimento também com orçamento de empresas da área.

7 - Descrição e análise de desempenho esperado do sistema foram apresentadas neste trabalho. Os resultados encontrados mostraram se é viável a implantação de um sistema fotovoltaico no local.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisando o consumo energético da UFERSA Caraúbas por meio das contas de eletricidade deste campus (gráfico 01), pode-se observar em relação ao consumo ativo de energia que:

Gráfico 01: Consumo ativo (kWh) na UFERSA Caraúbas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

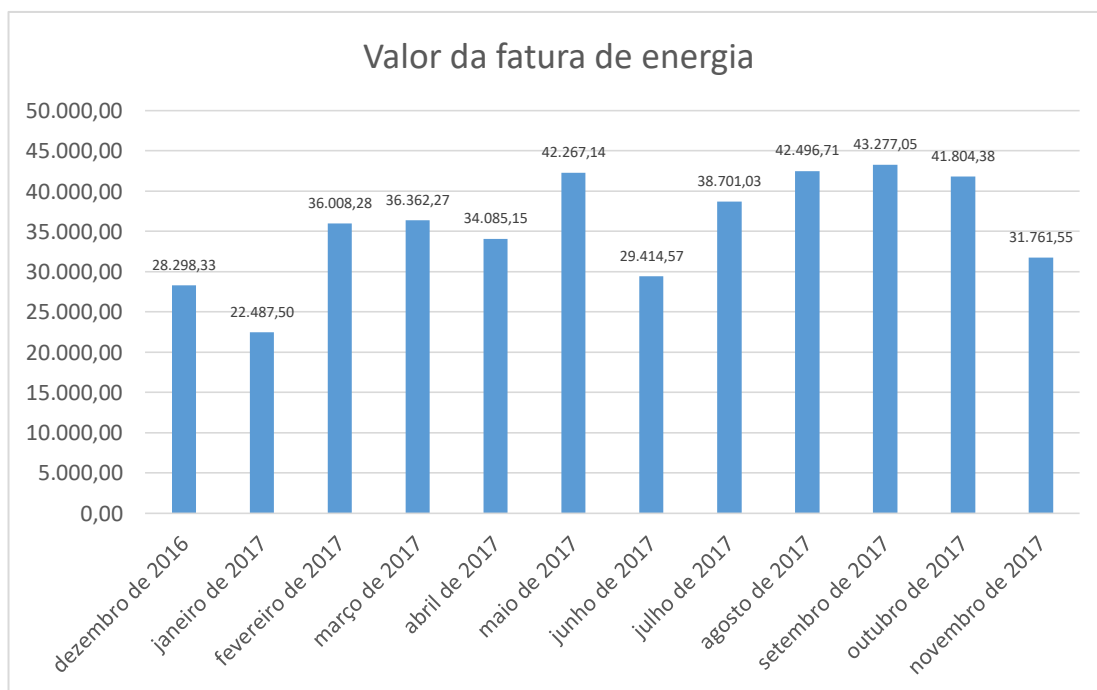
O maior consumo nesse período foi no mês de Setembro de 2017 (61.371,70 kWh) devido o aumento dos alunos a frequentarem, mas as salas de estudos por ser final de período, e o menor consumo foi no mês de Janeiro de 2017 (29.217,16 kWh) devido o recesso das aulas. O consumo total nesse período foi de 612.074,00 kWh.

A COSERN – foi criado pela Lei Estadual nº 2.721, de 14 de dezembro de 1961, regulamentada pelo Decreto Estadual nº 3.878, de 08 de janeiro de 1962 e autorizada a funcionar como empresa de energia elétrica pelo Decreto federal nº 1.302, de 03 de agosto de 1962.

Controlada pelo Governo do Estado até 1997, quando foi privatizada na Bolsa de Valores do Rio de Janeiro, a COSERN foi adquirida pelo consórcio formado pela Companhia de Eletricidade da Bahia - Coelba, Guaraniana S/A e UPTICK Participações S/A. Desde então, a COSERN manteve evolução positiva na oferta da qualidade do serviço oferecido aos norte-rio-grandenses, buscando sempre aprimorar a relação com seus clientes e contribuindo para o desenvolvimento do Estado.

O Gráfico 02 demonstra a relação do custo mensal da energia da UFERSA Caraúbas:

Gráfico 02: Valor da fatura de energia por mês na UFERSA Caraúbas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

O valor da fatura maior mais foi no mês de Setembro de 2017 (R\$ 43.277,05) e menor barata foi no mês de Janeiro de 2017 (R\$ 22.487,50).

A média do valor da energia durante esse período de 12 meses foi de R\$ 35.580,33.

Com a análise do simulador solar baseado nos dados de consumo elétrico e na radiação solar na UFERSA - Caraúbas. No quadro1 apresenta uma proposta do sistema fotovoltaico (gerador de eletricidade solar) e a potência a ser instalada para atender à necessidade energética da UFERSA - Caraúbas.

Quadro 01: Simulação das características do sistema fotovoltaico.

Capacidade do seu sistema (Potência)	379,7 kWp
Área ocupada pelo seu sistema*	de 2628 a 3213 m ²
Inclinação aproximada dos módulos	6°
Rendimento anual	1.428 kWh/kWp
Emissões de CO ₂ evitadas	158.041 kg/a

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

A capacidade do sistema (potência) de acordo com os dados fornecidos do período de dezembro de 2016 à novembro de 2017 foi de 379,7 kWp, a área ocupada pelo sistema foi de 2628 a 3213 m², a inclinação aproximada dos módulos é de 6°, o rendimento anual é de 1.428 kWh/kWp e as emissões de CO₂ evitadas são de 158.041 kg/a.

Esse consumo evitado, pode ser equiparado ao valor da emissão de um carro popular a gasolina que emite aproximadamente 150 gramas de dióxido de carbono por ano. No quadro 02 apresenta quanto seria o consumo elétrico anual:

Quadro 02: Consumo elétrico anual.

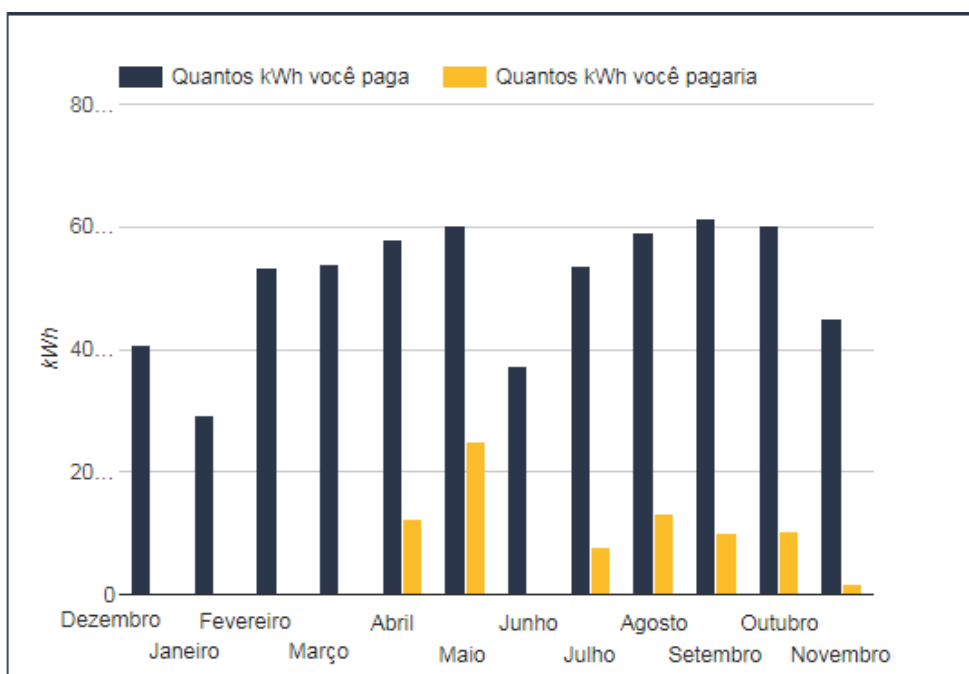
Consumo Total	612,07 MWh
Seu consumo da rede elétrica	92,08 MWh
Sua geração fotovoltaica	542,12 MWh

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

O consumo elétrico total seria de 612,07 MWh, sendo o consumo da rede elétrica de 92,08 MWh e da geração fotovoltaica de 542,12 MWh. Como o resultado da simulação, indica um sistema com capacidade instalada acima de 75 kW.

No gráfico 03 demonstra como ficaria a conta de energia:

Gráfico 03: Como ficaria o consumo de energia por mês na UFERSA Caraúbas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Quanto a análise de custos e retorno do investimento também com orçamento de empresas da área, instalando um sistema fotovoltaico FV com a potência simulada, será economizado com a conta de luz. A cada ano, a UFERSA Caraúbas deixará de pagar a distribuidora por aproximadamente 542,12 MWh que serão produzidos pelo seu próprio gerador.

Desta forma o gasto anual do sistema proposto e o quanto este geraria de eletricidade em média por ano (quantidade essa de eletricidade que resultaria em economia no custo de energia, visto que esta eletricidade não seria mais paga à distribuidora).

A seguir temos o quadro 03 com os dados sobre a irradiação anual de Caraúbas:

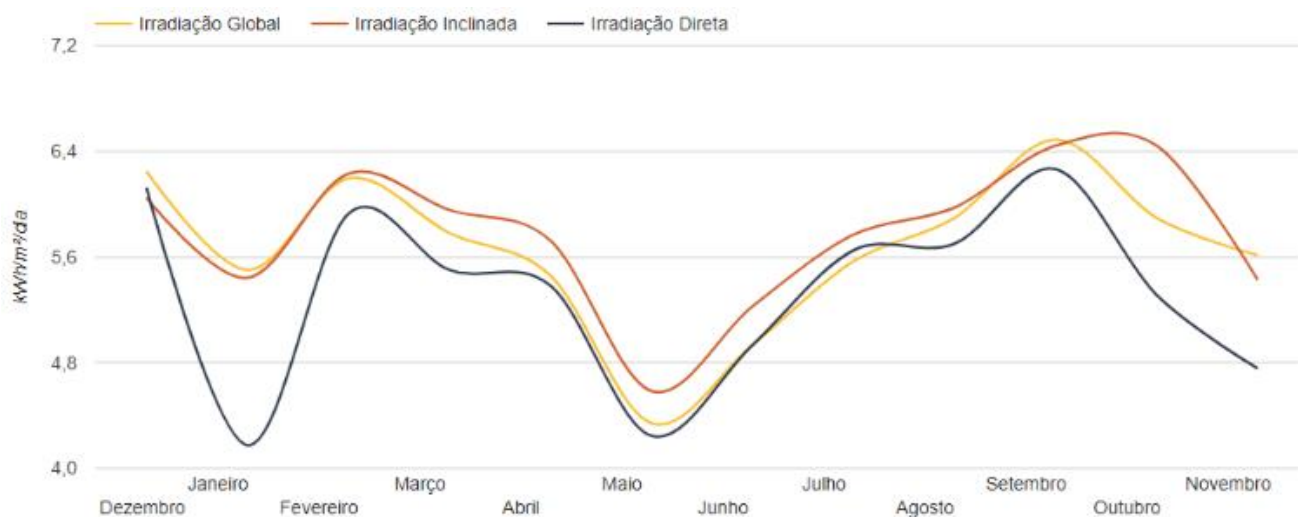
Quadro 03: Dados sobre a irradiação anual da localidade.

Irradiação Anual da Localidade	
Global:	2.069,92 kWh/m ²
Inclinada:	2.089,63 kWh/m ²
Direta:	1.930,85 kWh/m ²

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

A irradiação solar pode ser demonstrada no gráfico 04:

Gráfico 04: Irradiação global, inclinada e direta de Caraúbas de Dezembro de 2016 à Novembro de 2017



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Os resultados do gráfico 04 também podem ser descritos na tabela 01:

Tabela 01: Irradiação global, inclinada e direta de Caraúbas de Dezembro de 2016 à Novembro de 2017

Mês	Irradiação Global	Irradiação Inclinada	Irradiação Direta
Dezembro	6,25 kWh/m ² /dia	6,05 kWh/m ² /dia	6,13 kWh/m ² /dia
Janeiro	5,50 kWh/m ² /dia	5,44 kWh/m ² /dia	4,17 kWh/m ² /dia
Fevereiro	6,19 kWh/m ² /dia	6,23 kWh/m ² /dia	5,93 kWh/m ² /dia
Março	5,78 kWh/m ² /dia	5,96 kWh/m ² /dia	5,50 kWh/m ² /dia
Abril	5,46 kWh/m ² /dia	5,72 kWh/m ² /dia	5,38 kWh/m ² /dia
Maio	4,34 kWh/m ² /dia	4,58 kWh/m ² /dia	4,25 kWh/m ² /dia
Junho	4,93 kWh/m ² /dia	5,23 kWh/m ² /dia	4,93 kWh/m ² /dia
Julho	5,57 kWh/m ² /dia	5,77 kWh/m ² /dia	5,65 kWh/m ² /dia
Agosto	5,90 kWh/m ² /dia	5,97 kWh/m ² /dia	5,70 kWh/m ² /dia
Setembro	6,49 kWh/m ² /dia	6,44 kWh/m ² /dia	6,26 kWh/m ² /dia
Outubro	5,90 kWh/m ² /dia	6,44 kWh/m ² /dia	5,31 kWh/m ² /dia
Novembro	5,61 kWh/m ² /dia	5,43 kWh/m ² /dia	4,76 kWh/m ² /dia

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Na tabela 02 mostra, em detalhes, como seria o consumo elétrico da UFERSA Caraúbas. Da esquerda para a direita, a primeira coluna mostra a sua demanda energética no mês. A segunda coluna exhibe o quanto dessa energia viria da geração fotovoltaica, e a terceira, o quanto de eletricidade seria fornecida pela rede elétrica. A quarta e última coluna mostra quantos créditos seria injetado no mês na rede concessionária de eletricidade. Esses créditos acumulados são descontados nos meses em que o sistema FV não produziu o suficiente para a demanda:

Tabela 02: Detalhes, como seria o consumo elétrico da UFERSA Caraúbas.

Mês	Eletricidade total consumida	Eletricidade gerada pelo sistema FV	Eletricidade fornecida pela rede	Creditos gerados
Dezembro	40.800,00 kWh	48.189,61 kWh	0,00 kWh	7.389,61 kWh
Janeiro	29.217,00 kWh	39.514,54 kWh	0,00 kWh	10.297,54 kWh
Fevereiro	53.341,00 kWh	49.639,76 kWh	3.701,24 kWh	0,00 kWh
Março	53.958,00 kWh	45.918,00 kWh	8.040,00 kWh	0,00 kWh
Abril	58.024,00 kWh	45.600,05 kWh	12.423,95 kWh	0,00 kWh
Maio	60.347,00 kWh	35.346,45 kWh	25.000,55 kWh	0,00 kWh
Junho	37.203,00 kWh	41.640,03 kWh	0,00 kWh	4.437,03 kWh
Julho	53.697,00 kWh	45.966,58 kWh	7.730,42 kWh	0,00 kWh
Agosto	59.113,00 kWh	46.064,50 kWh	13.048,50 kWh	0,00 kWh
Setembro	61.371,00 kWh	51.328,94 kWh	10.042,06 kWh	0,00 kWh
Outubro	60.090,00 kWh	49.673,17 kWh	10.416,83 kWh	0,00 kWh
Novembro	44.907,00 kWh	43.233,60 kWh	1.673,40 kWh	0,00 kWh
Total Anual	612.068,00 kWh	542.115,25 kWh	92.076,95 kWh	22.124,18 kWh

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

A usina será conectada diretamente à rede de distribuição (*on grid*), através dos seguintes itens:

- a) Fornecimento de materiais e instalação de sistema fotovoltaico de geração de energia elétrica;
- b) Elaboração de projetos elétricos, básico e executivo necessário ao correto funcionamento do sistema e à análise e aprovação pela COSERN;
- c) Condução dos processos Administrativos e Técnicos junto a COSERN, responsabilizando-se por todas as providências até a aprovação da interligação do sistema de geração;
- d) Treinamento e capacitação técnica da equipe de operação e manutenção.

Segundo a MTEC Comércio e Serviços de Instalações Técnicas LTDA, empresa que forneceu os dados sobre o custo da usina, a mesma será composta, mas não limitada, pelos componentes básicos descritos abaixo:

1) Módulos fotovoltaicos policristalinos. Principais características:

- a. Fabricante: Trina Solar;
- b. Modelo: DUOMAX Dual Glass 72-Cell module 330W;
- c. Potência: 330W;
- d. Quantidade: 152 unidades;
- e. Eficiência 16,8% (na conversão de radiação solar em energia elétrica, nas condições padrão de teste – STC Standard Test Conditions (1.000W/m², 25°C, AM 1,5));
- f. Garantia de desempenho: 30 anos. Com decaimento de eficiência igual ou superior a 2,5% após o 1º ano, 14,5% no 25º ano e 17% no 30º ano de operação;
- g. Temperatura de operação entre -40°C a +85°C;
- h. Tolerância de potência -0 ~ +5W;
- i. Coeficiente de temperatura para potência máxima de -0,41%/°C;
- j. Temperatura nominal de operação das células (NOCT) 44±2°C;
- k. Resistente a cargas positivas de até 5400Pa e negativas de até 2400Pa;
- l. Cada módulo terá uma caixa de conexão IP 67 (ou IP68);
- m. Os módulos possuem conectores MC4 ou compatível;

- n. Garantia contra defeitos de material e de fabricação de 10 anos;
- o. Os módulos serão identificados de forma legível, com no mínimo, o nome, marca comercial do fabricante, modelo, mês e ano de fabricação e número de série.
- p. Os módulos possuem o certificado compulsório do Programa do INMETRO de Avaliação da Conformidade Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica, com classificação 'A'.
- q. Possuem, ainda, certificação IEC 61730 (Photovoltaic module safety qualification); IEC 61215 (Crystalline silicone terrestrial photovoltaic (PV) Modules – design qualification and type approval
- r. O conjunto de módulos fotovoltaicos fornecidos apresentarão potência pico nominal de 50,16kWp;
- s. A proposta considera que o arranjo de módulos será interligado de forma que as tensões de máxima potência ($V_{mp\ FV}$) do arranjo operando entre 10°C e 70°C estão dentro da faixa de tensões de operação em máxima potência do inversor; atenção de circuito aberto (V_{oc}) do arranjo fotovoltaico a 10°C será inferior à máxima tensão de entrada do inversor ($V_{dc\ max}$); A corrente de curto circuito (I_{sc}) do arranjo fotovoltaico operando na temperatura de 70°C será inferior à corrente de operação máxima do inversor ($I_{dc\ max}$); A potência CA máxima em operação do arranjo fotovoltaico ($P_{max\ out}$), para irradiação de $1000W/m^2 @ 60^\circ C$ será inferior a potência nominal de saída do inversor (P_{ac}).

2) Estruturas de suporte dos módulos fotovoltaicos

- a. Fabricante: Thesan;
- b. Modelo: estrutura de solo;
- c. A estrutura que terá contato direto com os módulos fotovoltaicos será confeccionada em alumínio, podendo os pilares de sustentação e as estruturas de reforço e estabilização serem de aço carbono galvanizado a quente (chapa 14 ou 1,98 mm), atendendo as especificações da norma NBR 6323 - Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido.
- d. Todos os pontos de solda no aço galvanizado serão Protegidos com pintura de galvanização à frio;

- e. A estrutura será dimensionada para suportar esforços mecânicos, inclusive de ventos, e corrosão, bem como as expansões/contrações térmicas, e resistirá a esforços positivos de até 5400 Pa e negativos de 2400 Pa;
- f. Todos os elementos de fixação serão de alumínio e aço inox, sendo obrigatório o uso de aço inox no caso dos parafusos;
- g. A estrutura de suporte possui garantia de 20 anos;

3) Inversores fotovoltaicos:

- a. Fabricante: Fronius
- b. Modelo: Fronius Symo 17.5-3-M
- c. Potência: 17,5 kW
- d. Quantidade: 01 unidade.
- e. a falha de uma unidade não representará redução superior a 50% da capacidade nominal de geração da usina fotovoltaica;
- f. O fator de dimensionamento do inversor deverá ser menor ou igual a 1, respeitando os limites dos parâmetros de entrada do equipamento;
- g. Conexão à rede CA trifásica (3F+N);
- h. O inversor terá potência nominal igual ou superior à do arranjo fotovoltaico (com irradiação solar de 1000 W/m² @ 60°C);
- i. Número de seguidores de Máximo Ponto de Potência (MPP) = 2;
- j. Número de entradas CC = 3+3
- k. Faixa de tensão de MPPT de 370 a 800Vcc, atendendo a solicitação para que seja entre 350 e 800 Vcc;
- l. Tensão CC de entrada máxima compatível com a tensão de circuito aberto do arranjo fotovoltaico (@ 10° C);
- m. Corrente máxima de operação superior à corrente de curto circuito do arranjo fotovoltaico (@ 70° C);
- n. Inversor sem transformador;
- o. Eficiência = 98,1%;
- p. Conexão de saída CA 220/380 V (+20 % / -30 %);
- q. Frequência Nominal: 60 ± 3 Hz;
- r. Distorção Harmônica Total (THD) < 2%;
- s. Fator de potência ajustável com faixa de operação mínima entre 0,9 capacitivo e 0,9 indutivo - ajustável;
- t. Grau de proteção: IP 66;

- u. Faixa de temperatura de operação ≥ 10 a 60°C ;
- v. Faixa de umidade do ar de 0 a 100 %;
- w. Possui sistema refrigeração por ventilação forçada (coolers) – ‘*regulated air cooling*’;
- x. Preparado para instalação abrigada e ao tempo;
- y. Proteções e monitoramentos: Anti-ilhamento CA, Sub e sobretensão CA; Sub e sobrefrequência CA; Perda de sincronismo CA; Isolação da conexão CC; Sobrecarga CC; Desconexão CC; Polaridade reversa CC; Monitoramento de fusíveis internos, quando houver proteção por fusíveis;
- z. Opera de forma totalmente automática, sem necessidade de qualquer intervenção ou operação assistida;
- aa. O inversor fotovoltaico possui as seguintes interfaces: Ethernet (RJ45 ou WLAN); USB; RS485; Display; função datalogger para armazenamento dos dados de operação (tensões, correntes, potência, etc).
- bb. Será disponibilizada conexão gratuita com sistema de monitoramento, análise e acompanhamento da geração fotovoltaica baseado em webserver;
- cc. O inversor fotovoltaico possui garantia contra defeitos de material e fabricação de 5 anos, no mínimo.

4) Cabos utilizados para aplicação solar

- a. Fabricante: Condumax
- b. Serão de cobre estanhado, unipolares, flexíveis, com pelo menos 6mm^2 de seção transversal, isolação para a tensão de 1.000 V em corrente contínua, em composto termofixo à base de etileno-propileno (HEPR) para temperatura de operação de até 90°C em regime permanente e cobertura com camada de cloreto de polivinila – PVC, resistente à chamas e a raios UV, com expectativa de vida útil superior a 20 anos; deverão ser projetados e fabricados seguindo no mínimo as exigências preconizadas pela IEC 60228, CEI 20-11, IEC 60332.1, IEC 61034, IEC 60754.

5) Quadro elétrico de conexão e proteção CA:

- a. Fabricante: Fabricação própria
- b. Tensão CA 380V/60Hz confeccionado em chapa de aço galvanizada a quente de acordo com a norma NBR 6323; auto suportado, grau de proteção mínimo IP-42, equipamento adequado para instalação em ambiente industrial,

em local abrigado, isento de poluição condutiva e gases corrosivos, pintura de acabamento em epóxi.

c. A alimentação do painel de proteção CA, será através de condutores isolados instalados em eletrodutos fabricados em aço galvanizado ou de PVC rígido roscável de espessura reforçada (classe A, conforme NBR 15465), podendo ser admitido, quando autorizado pela contratante, o uso de canaletas ou eletrocalhas nos trechos entre o quadro e os inversores;

d. O quadro de proteção AC será equipado com disjuntores termomagnéticos tripolares, adequadamente dimensionados para os circuitos que protegerão, sendo um disjuntor para interligação a cada inversor, mais um disjuntor em caixa moldada para conexão do barramento do quadro à rede CA externa.

e. Possuirá, dispositivo de proteção contra surtos (DPS) nas três fases e neutro, com dimensionamento condizente com o item a proteger.

6) Painel de Condicionamento em Corrente Contínua (CC) (String Box):

a. Fabricante: Fabricação própria

b. Será montado em caixa com grau de proteção IP-42;

c. Com proteção das strings, com fusíveis incorporados (polo positivo e negativo) constituir diodo de proteção condizente com os requisitos de projeto;

d. Possuirá chave seccionadora sob carga;

e. Terá dispositivos de proteção contra surtos - DPS em todas as entradas de energia condizentes com a energia utilizada;

f. Apresentação configuração modular e estará de acordo com a necessidade da aplicação;

g. Para os circuitos módulos fotovoltaicos-inversor-cargas deverão ser utilizados disjuntores termomagnéticos de baixa tensão construídos em caixa moldada de baixo nível de perdas, para proteção contra curto-circuito, e dimensionados adequadamente. Todas as peças não devem apresentar rebarbas ou arestas vivas; O painel e as peças em liga de aço devem ser galvanizados a quente; Os componentes ferrosos devem ser zincados por imersão a quente, de acordo com a ABNT/NBR 6323 ou ASTM A153. Deverão atender ensaios como os estabelecidos pela NBR-IEC-60439-1.

7) Sistemas de aterramento:

- a. Será fornecido e instalado sistema de aterramento adequadamente dimensionado para conexão aos módulos fotovoltaicos, estrutura de suporte, quadros elétricos e dispositivos de proteção.

NOTA 1: Todos os dispositivos elétricos necessários ao funcionamento e à proteção do sistema fotovoltaico estarão em conformidade, para suas classes de operação, com a legislação nacional e da concessionária de energia elétrica.

NOTA 2: Serão recompostos à sua condição original, toda estrutura pré-existente, como paredes, pisos e telhados, etc, que seja danificada em decorrência da instalação do sistema de geração fotovoltaica.

NOTA 3: Será de responsabilidade da contratante disponibilizar o local para instalação dos módulos fotovoltaicos e para instalação dos demais dispositivos, como: inversores, quadros CC e CA. Também é de responsabilidade da contratante disponibilizar um ponto para interligação do quadro elétrico de conexão e proteção CA à rede CA da edificação, a ser localizado a uma distância não superior a 50 m do quadro CA.

O valor pode ser descrito na tabela 03:

Tabela 03: Material Permanente – Usina Fotovoltaica.

Item	Quant.	Unid.	Especificação	Valor Unitário (R\$)
01.01	.01	Unid.	Usina solar fotovoltaica com potência nominal de geração de 50kWp e módulos instalados no solo, conforme especificação técnica do item 1, desta.	R\$ 208.500,00

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Fazendo a estimativa de gastos de acordo com o valor da energia durante esse período de 12 meses, (R\$ 426.963,96), juntamente com a energia excessiva gerada por créditos ou abatimentos em faturas da distribuidora de energia local, obteve-se que o gasto com o investimento da usina fotovoltaica terá retorno rápido, devido o valor de investimento ser inferior ao valor consumido pela companhia de energia elétrica local no período de 12 meses.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se, por meio de uma comparação, diferenças significativas entre os sistemas de energia elétrica e energia fotovoltaica, sendo feito a simulação do custo de montagem de uma usina de energia fotovoltaica no valor de R\$ 208.500,00. Este custo pode ser considerado viável, quando se compara ao valor da energia elétrica durante o período de 12 meses (R\$ 426.963,96).

Dentre os pontos positivos foi a diminuição das emissões de CO₂, sendo evitadas cerca de 158,041 kg/a, reduzindo o impacto ambiental ou social. Dentre os pontos negativos está a não geração de energia durante o período da noite, por esse motivo, deve ser gerado mais custos no armazenamento de energia por meio de baterias.

Neste estudo, foi feito uma simulação dos dados, e, a partir deste, visualizou-se vários pontos positivos do uso da energia fotovoltaica, em relação a energia elétrica gerada por outros meios, dessa forma, sugere-se o investimento para a inserção e o funcionamento de uma usina solar na UFERSA – Campus Caraúbas, para que sejam utilizadas além de fontes limpas e inesgotáveis, fontes que não prejudiquem o meio ambiente, resguardando as nações futuras.

REFERÊNCIAS

- ABINEE - Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira**. Grupo Setorial de Sistemas Fotovoltaicos da ABINEE: jun. 2012. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>. Acessado em 18 de Março de 2018.
- ANEEL, Agencia Nacional de Energia Elétrica. **Ranking das Tarifas**. 2017. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/ranking-das-tarifas>. Acessado em: Dezembro de 2017.
- BOAS, Vilas; DA SILVA, Lillian Cristina Leal. **Energia fotovoltaica: estudo de viabilidade econômica de projeto de geração distribuída em Bom Jesus da Lapa**. Trabalho de conclusão de curso submetido ao curso de Graduação em Ciências Econômicas da Faculdade de Economia da Universidade Federal da Bahia – UFBA. 2017.
- CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. In: **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. 2012.
- CASARO, Marcio Mendes; MARTINS, Denizar Cruz. Processamento eletrônico da energia solar fotovoltaica em sistemas conectados à rede elétrica. **Revista Controle & Automação**, v. 21, n. 2, p. 159, 2010.
- CERVO, L. A; BERVIAN, A.P. **Metodologia Científica**. 5º ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. p66.
- ENEL. **Eficiência energética**. 2016. Disponível em: <https://www.enel.com/>. Acessado em: Abril de 2018.
- GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5ª Ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2017**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=240230&search=||infogr%E1fico s:-informa%E7%F5es-completas>. Acessado em: Dezembro de 2017.
- MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2014.

MAGAGNIN, André Luiz. **Impactos econômicos do uso de energia solar para aquecimento de água em residências unifamiliares**. Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheiro Civil no curso de Engenharia Civil da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC. 2012.

NASCIMENTO, Rodrigo Limp. **Energia solar no Brasil: situação e perspectivas**. 2017.

OLIVEIRA, Kleber Carneiro de. **Avaliação da conversão da energia fotovoltaica em sistemas isolados**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2007.

PEREIRA, Enicio Bueno et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. INPE, 2006.

PROINFA. **Programa de Incentivo às Fontes Alternativas**. 2017. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/proinfa>. Acessado em: Dezembro de 2017.

REIS, Ligia S.; SOUZA, JL de; AZEVEDO, CAV de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do tomate caqui cultivado em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 289-296, 2009.

SÁLES, Isolda Cíntia Ferreira de et al. **Análise da substituição do chuveiro elétrico por aquecedor solar: uma contribuição ao setor elétrico na conservação de energia**. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

SILVA, Laís Guimarães Buck da; ALVES, Alceu Ferreira. Projeto GeraSol: energia solar para crianças e adolescentes. In: **Congresso de extensão universitária da UNESP**. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2015. p. 1-5.

SILVA, Rutelly Marques da. **Energia solar no Brasil: dos incentivos ao desafios**. 2015.

TIEPOLO, Gerson Máximo et al. **Energia solar no estado do Paraná - potencial, barreiras e políticas públicas**. In: X Congresso Brasileiro de Planejamento Energético–CBPE, Gramado-RS. 2016.

UFERSA, Universidade Federal Rural do Semi-Árido. **Usina Solar na Ufersa: Energia Renovável para o Semiárido**. Infraestrutura, Inovação, Investimento, Tecnologia. 2017. Disponível em: <https://assecom.ufersa.edu.br/2017/01/17/usina-solar-na-ufersa-energia-renovavel-para-o-semiarido/>. Acessado em: Dezembro de 2017.