



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**RAISSA BRAGA DA SILVA**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DO USO DE PLANTA FOTOVOLTAICA  
CONECTADA À REDE EM ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA**

**FORTALEZA**

**2017**

**RAISSA BRAGA DA SILVA**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DO USO DE PLANTA FOTOVOLTAICA  
CONECTADA À REDE EM ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho.

**FORTALEZA**

**2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S583a Silva, Raissa Braga da.  
Análise da viabilidade do uso de planta fotovoltaica conectada à rede em estações elevatórias de água /  
Raissa Braga da Silva. – 2017.  
56 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,  
Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2017.  
Orientação: Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho.

1. Geração fotovoltaica. 2. Estações Elevatórias de Água. 3. Análise financeira. I. Título.

CDD 621.3

---

**RAISSA BRAGA DA SILVA**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DO USO DE PLANTA FOTOVOLTAICA  
CONECTADA À REDE EM ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho.

Aprovada em: \_\_/\_\_/\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisco Kleber de Araújo Lima  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng. Breno Bezerra Chaves  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabalho primeiramente a Deus e Nossa Senhora, aos meus irmãos Raildo e Lucas, minha avó Rosa, minha mãe Hilda e meu namorado Emídio como agradecimento pela fé inabalável e anos de batalha, apoio e suporte.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Paulo Carvalho, pela orientação e disponibilidade para responder a todas as minhas dúvidas.

A todos meus professores da Universidade Federal do Ceará pelo tempo vivido na graduação e pelos conhecimentos passados e adquirido ao longo dos anos.

Aos meus colegas Ana Carolina e Marcos Paulo, por todo o apoio e força me dados nesse último ano.

Ao meu namorado Emídio Ximenes, que está ao meu lado em todos os momentos me apoiando e incentivando a sempre engrandecer meu conhecimento, e me fazendo uma pessoa melhor pelos 9 anos juntos.

Aos meus primos Braga Neto, Nayra e Yuri por todo o apoio e amor que sentimos uns pelos outros.

A minha Família por todo o esforço para me proporcionando uma boa educação, em especial a minha avó Rosa por ter me acolhido em sua casa e ter me feito sentir seu amor e valorizar cada momento juntas.

*'Há mais pessoas que desistem,  
do que pessoas que fracassam. ''*

*Henry Ford*

## RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade do uso de painéis fotovoltaicos (FV) em duas Estações Elevatórias de Água (E.E.A.) em Fortaleza e em Cascavel, no Estado do Ceará. A planta FV faz uso do mecanismo de compensação, onde a eletricidade gerada pelos módulos FV é injetada na rede da concessionária local e o valor descontado na conta de energia elétrica. O desenvolvimento e análise do projeto é realizado com auxílio do *software* de análise de projetos de energia limpa RETScreen. Por meio desse programa são realizados os estudos sobre produção de eletricidade, custos do ciclo de vida e viabilidade financeira do projeto. Para a estimativa dos custos de implantação do projeto são considerados três aspectos: custo de aquisição de módulos FV, infraestrutura/interligação com a rede e demais custos de implantação. O projeto em estudo tem um custo total estimado de R\$ 11.240.442,51 levando em consideração que a capacidade instalada do sistema é de 1793 kWp. O retorno de capital ocorre em 9,7 anos, com fluxo de caixa positivo a partir do quinto ano. Os resultados do estudo de viabilidade financeira são apresentados de forma resumida pelo RETScreen facilitando a comparação entre os indicadores e a avaliação de viabilidade. Os seguintes indicadores são disponibilizados: taxa interna de retorno (TIR), Valor presente líquido (VPL), tempo de retorno de capital e a relação custo benefício.

**Palavras-chave:** Geração fotovoltaica, Estações Elevatórias de Água, Análise financeira.



## ABSTRACT

This study is on the analysis of feasibility for using photovoltaic (PV) panels in two Water Pumping Stations (WPS), in Fortaleza and Cascavel, in the state of Ceará. The plant PV makes use of the compensation mechanism, where the electricity generated by the PV modules is injected into the network of the local utility and the amount will be discounted in the electricity bill. The performance and analysis of the pumping PV project in WPS was carried out with the help of the RETScreen software. In this software, studies were carried out on the energy production capacity, life cycle costs and the project's financial feasibility. For the estimation of the project's cost of implementation three aspects are considered: the price of the PV modules, infrastructure/interconnection with the network and o the implementation costs. The study results have an estimated total cost of R\$11,240,442.51 considering the installed capacity of the system is 1,793 kWp. The capital return will occur in 9.7 years, with positive cash flow from the fifth year. The results of the financial feasibility study are summarized by the RETScreen, facilitating the comparison between the indicators and the feasibility assessment. The following indicators are available: internal rate of return (IRR), net present value (NPV), time of capital return and cost benefit ratio.

**Key words:** Photovoltaic Generation, Water Stations, Financial Analysis.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representa a curva de potência do módulo Shell SM 100-12 em função da tensão nos seus terminais .....	25
Figura 2 - Motores Fortaleza .....	32
Figura 3 - Motores Cascavel.....	33
Figura 4 - Localização E.E.A Aldeota .....	33
Figura 5 - Localização E.E.A.B Cascavel .....	34
Figura 6 - Imagem referente à aba Iniciar .....	36
Figura 7 - Imagem referente à aba Modelo Energético .....	37
Figura 8 - Imagem referente à aba Análise de Custos .....	38
Figura 9 - Imagem referente à aba Análise Financeira .....	39
Figura 10 - Dados obtidos e inseridos no Programa RETScreen .....	40
Figura 11 - Parâmetros financeiros.....	50
Figura 12 - Receita anual .....	50

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Consumo de Energia Elétrica das Estações Elevatória de Cascavel e Fortaleza ..	42
Gráfico 2 - Energia Elétrica exportada para rede .....	47
Gráfico 3 - Fluxo de Caixa Cumulativo .....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo Mensal.....	28
Tabela 2 - Valores utilizados para exemplo de dimensionamento .....	29
Tabela 3 - Quantidade e potência dos motores.....	32
Tabela 4 - Especificações elétricas do módulo.....	41
Tabela 5 - Fator de Capacidade .....	43
Tabela 6 - Especificações elétricas do inversor utilizado .....	44
Tabela 7 - Valores utilizados para cálculos .....	45
Tabela 8 - Resumo do Projeto .....	46
Tabela 9 - Preços de equipamentos FV .....	48
Tabela 10 - Preços de equipamentos para interligação com a rede .....	48
Tabela 11 - Custos adicionais para instalação do sistema FV .....	49
Tabela 12 - Indicadores de viabilidade financeira do sistema FV.....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FV	Fotovoltaica
ENEL	Companhia Distribuidora de Energia Elétrica Local
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará
AC/DC	Conversor Analógico/Digital
MPP	Ponto de máxima potência
MPPT	Rastreamento do ponto de máxima potência
SFCR	Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede
E.E.A	Estação Elevatória de Água
E.T.A	Estação de Tratamento de água
E.E.A.B	Estação Elevatória de Água Bruta (água sem tratamento)
MME	Ministério de Minas e Energia
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios
ADECE	Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará S.A.

## SUMÁRIO

1.1. Introdução .....	15
1.2. Problema e perguntas de pesquisa.....	17
1.3. Justificativa .....	18
1.4. Objetivos.....	19
1.4.1. <i>Objetivo Geral</i> .....	19
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	19
1.5. Metodologia.....	20
1.5.1 Etapas Metodológicas.....	20
1.5.2. Estrutura da Monografia.....	20
2. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	22
2.1. Bombeamento Fotovoltaico no Brasil.....	22
2.2. Energias renováveis como solução .....	22
2.3. Sistema conectado à rede.....	23
2.4. Regulador MPP e Conversor AC/DC .....	25
3. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FV .....	26
3.1. Dimensionamentos de sistema solar autônomo (off-grid).....	26
3.2. Dimensionamento de planta FV conectada à rede elétrica ....	28
3.3. Seleções do módulo FV.....	30
4. CASO DE ESTUDO.....	31
4.1. Dados dos locais de estudo.....	31
4.2. Potência e consumo .....	31
4.3. Dados técnicos utilizados para realizar o dimensionamento dos módulos FV.....	34
4.4. Escolha dos módulos .....	41
4.5. Cálculos de dimensionamento .....	42
4.6. Modelo do inversor .....	44
4.7. Capacidade de geração do sistema FV.....	47
4.8. Investimento para instalação do sistema FV.....	47
4.9. Análise de viabilidade financeira.....	49
5. CONCLUSÃO .....	53
REFERÊNCIAS.....	54

## 1.1. Introdução

Um dos maiores problemas do século XXI é a falta de água potável, seja pela falta de chuva ou pelo elevado consumo. Em um dos países mais ricos em água doce do planeta, mesmo assim, as cidades estão enfrentando uma crise hídrica, das quais não escapam nem mesmo as localizadas na Região Norte, onde estão perto de 80% das descargas de água dos rios do Brasil (Rebouças, 2003).

As hidrelétricas são as maiores geradoras de energia elétrica no Brasil. O problema é que as mesmas possuem elevados custos de transmissão, devido a sua distância de produção para a utilização dos consumidores. Uma excelente alternativa seria a geração por energia solar, devido a sua única fonte de energia ser o Sol.

A energia elétrica solar é obtida através da incidência do Sol, esse processo é denominado de “efeito fotovoltaico (FV)”. O efeito FV se dá quando a luz solar, através de seus fótons, é absorvido pela célula FV. A energia gerada pelos fótons é transferida para os elétrons, que obtêm a capacidade de movimentar-se, esse movimento gera a corrente elétrica (NeoSolar Energia).

De acordo com Pinho (2008, p. 37),

O aproveitamento da energia solar para produção direta de eletricidade teve início há pouco mais de 160 anos quando, em 1839, o cientista francês Edmond Becquerel descobriu o efeito fotovoltaico ao observar, em um experimento com uma célula eletrolítica (dois eletrodos metálicos dispostos em uma solução condutora), que a geração de eletricidade aumentava quando a célula era exposta à luz. A partir daí, foram estudados os comportamentos de diversos materiais expostos à luz até que, no ano de 1954, Daryl Chapin, Calvin Fuller e Gerald Pearson desenvolveram a primeira célula fotovoltaica de silício, com eficiência de 6%, capaz de converter energia solar em eletricidade suficiente para alimentar equipamentos elétricos. No ano de 1958, iniciou-se a utilização de células fotovoltaicas em aplicações espaciais e até hoje essa fonte é reconhecida como a mais adequada para essas aplicações. (Pinho, 2008)

A busca incessante pelo desenvolvimento e também pelo crescimento econômico do país acarreta indiscutivelmente a demanda ilimitada e ininterrupta por energia elétrica. O atual cenário energético mundial apresenta indicações de redução de disponibilidade dos recursos naturais, como a água, que é a fonte de geração de energia elétrica através das hidrelétricas (Rosa & Gasparin, 2016). Devido à escassez de água no Brasil, de onde provem grande parte da geração de energia elétrica do país, as fontes de energias renováveis descentralizadas estão ganhando espaço no mercado mundial.

A geração FV, juntamente com a eólica, está entre as melhores alternativas para o Brasil, devido ao país possuir um clima quente e onde temos sol quase que o ano inteiro, e também por ser considerada uma energia limpa por não haver emissão de poluentes. Outra vantagem é de possuir uma manutenção preventiva fácil e barata, onde é feita com um pano úmido para a limpeza dos painéis no caso de haver algum resíduo ou poeira que afete a recepção do sol pelas células fotovoltaicas. A limpeza deve ser feita anualmente, mas caso o local não chova muito e tenha muita poeira, é aconselhada a limpeza de 6 em 6 meses. (Meyer). Além de diminuir as contas de luz, a geração solar distribuída não compete com outras atividades em termos de área já que, no uso residencial e em alguns casos comercial, é incorporada em telhados de espaços já ocupados. E ajuda o sistema elétrico, diminuindo a necessidade de linhas de transmissão e as perdas na distribuição de energia (GREENPEACE, 2016).

Mesmo sendo considerada uma boa opção de produção de energia elétrica, a geração FV possui algumas desvantagens, cujas principais são: a necessidade de uma extensa área para a instalação de Painéis fotovoltaicos; possui uma baixa eficiência, se comparada à hidrelétrica.

A produção descentralizada da energia elétrica é importante principalmente para comunidades isoladas que não têm acesso a eletricidade, que podem aproveitar a fonte solar por sistemas autônomos, ou seja, sem conexão com a rede elétrica, com painéis solares combinados com o uso de baterias. Atualmente, ainda existem cerca de 1 milhão de pessoas que não tem acesso à energia elétrica no Brasil. Os sistemas fotovoltaicos poderiam em muito contribuir para a melhoria da qualidade de vida dessa população (GREENPEACE, 2016).

De acordo com Presenço (2007), uma quantidade de recursos financeiros pode ser poupada quando se bombeia água usando sistemas fotovoltaicos, visto que o conceito de usar o recurso hídrico com eficiência tem tendenciado à exploração de recursos energéticos renováveis. Sistemas de bombeamento FV podem ser utilizados na pecuária, na irrigação de culturas, entre outras aplicações, pois, se tratam de sistemas duráveis e flexíveis que apresentam benefícios econômicos em longo prazo (VAN PELT et al., 2012). Esse sistema dispensa o uso de baterias, considerando que durante um período de radiação solar elevada a água pode ser armazenada em reservatórios e utilizada posteriormente em momentos que o sistema de bombeamento não esteja em operação (Vicentin et al., 2016).

As estações elevatórias de água possuem motores responsáveis por elevar a água tratada para caixas onde serão transportadas para as casas dos consumidores. A energia utilizada



pelos motores é fornecida pela companhia distribuidora local (ENEL). O local, onde é feito esse processo, possui um terreno maior que 12.853 m<sup>2</sup>, área necessária para abrigar placas solares.

## **1.2. Problema e perguntas de pesquisa**

PROBLEMA: VIABILIDADE FINANCEIRA DA SUBSTITUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA DA CONCESSIONARIA, POR UMA ENERGIA ELÉTRICA PRODUZIDA POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A REDE.

PERGUNTAS:

- I. POR QUE A PRODUÇÃO FV REPRESENTA A MELHOR OPÇÃO PARA AS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ÁGUA?
- II. QUAL O MELHOR METÓDO DE DIMENSIONAMENTO NESTE CASO?
- III. É VIÁVEL DO PONTO DE VISTA FINANCEIRO A SUBSTITUIÇÃO DA ELETRICIDADE FORNECIDA A PARTIR DA REDE PELA GERAÇÃO FV?

### 1.3. Justificativa

O aumento da população Brasileira gera um maior consumo de bens considerados essenciais para a sobrevivência do ser humano, são eles: água, alimentos, energia elétrica, entre outros. Com isso, o Brasil se vê obrigado a produzir um número maior de alimentos e energia elétrica para abastecer toda a população. A água é um recurso limitado no Planeta, e é dela que provém a maior geração de energia elétrica no Brasil, hidrelétricas.

O constante crescimento da demanda por energia elétrica, a preocupação quanto às emissões de gases de efeito estufa na atmosfera e as restrições ambientais impostas à geração de energia elétrica, são fatores que influenciam na busca por fontes de energia novas. A energia solar FV é uma fonte limpa e inesgotável que tem se expandido rapidamente no espaço urbano (Dal Bem, et al., 2016).

O presente estudo tem como objetivo analisar a viabilidade da instalação de painéis FV conectado à rede elétrica da concessionária local em estações elevatórias da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE). O dimensionamento da planta FV é realizado de acordo com parâmetros de cálculos realizados comparando o melhor método para alimentar os motores.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo Geral***

Analisar a viabilidade do uso de painéis fotovoltaicos (FV) em duas Estações Elevatórias de Água (E.E.A.) em Fortaleza e em Cascavel, no Estado do Ceará.

### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

Comparar os custos da geração FV com a eletricidade fornecida pela concessionária local para o acionamento de estações elevatórias de água;

Analisar o melhor método de dimensionamento de uma planta FV;

Analisar a viabilidade financeira do uso da geração FV para a aplicação citada.

## 1.5. METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa divide-se em quatro partes. A primeira parte consiste no delineamento do problema, onde é feito o estudo em duas estações elevatórias de água (E.E.A.) da CAGECE, definição das cargas e localização do projeto. A segunda parte consiste no dimensionamento do sistema FV, onde são definidos os módulos e inversores e o dimensionamento. Na terceira parte são levantados os custos de implantação do projeto e na quarta parte é realizado o estudo da viabilidade financeira.

### 1.5.1 Etapas Metodológicas.

- **Elaboração do plano de projeto:** são definidas as questões de pesquisa, estudo de caso, utilização do programa RETScreen, definição dos equipamentos utilizados e análise da viabilidade financeira.
- **Pesquisa em campo:** esta pesquisa tem como objetivo coletar dados para uma amostra, em E.E.A., onde será verificada a viabilidade da instalação de painéis FV.
- **Aplicação dos dados:** nesta etapa é aplicado o dimensionamento adequado para os dados das E.E.A da CAGECE.
- **Análise dos resultados:** É verificada a viabilidade da utilização de geração FV conectada à rede.
- **Considerações finais e recomendações para o futuro:** apresenta as conclusões do trabalho realizado.

### 1.5.2. Estrutura da Monografia

Ao longo deste trabalho, os tópicos estão divididos seguindo os seguintes assuntos.

**Tópico 3** aborda um breve conteúdo da importância da energia renovável e alguns de seus aspectos, como também a importância do seguidor do ponto de máxima potência (MPPT) e do conversor AC/DC, para um maior aproveitamento da produção de energia elétrica

pelos painéis FV. Apresenta uma introdução de como funciona o sistema conectado à rede, onde a geração de energia elétrica produzida pelos módulos FV estará conectada à rede elétrica

**Tópico 4** descreve 3 tipos de dimensionamento de painéis FV, de uma forma detalhada e com um melhor aproveitamento do recurso solar.

**Tópico 5** apresenta o estudo de caso, onde é feito um dimensionamento adequado as Estações Elevatória e a escolha de inversores de acordo com os cálculos realizados.

**Tópico 6** aborda a conclusão do projeto.

## **2. CONTEXTUALIZAÇÃO**

### **2.1. Bombeamento Fotovoltaico no Brasil**

Apesar de até pouco tempo não ter tido uma marcada importância na implantação de sistemas de bombeamento fotovoltaico, o Brasil começa a tomar uma posição expressiva no cenário mundial, graças aos projetos institucionais. Os primeiros sistemas instalados no País datam de 1981, e estima-se que até 1994 tenham sido instalados não mais do que 150 unidades. Nos últimos nove anos, no entanto, o setor experimentou um considerável crescimento devido à atuação do Ministério de Minas e Energia (MME) com o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM).

### **2.2. Energias renováveis como solução**

A Energia elétrica proveniente de hidrelétricas é responsável pela maior geração de eletricidade no Brasil. Por ser uma energia limpa, acabam não causando emissão de gases como as térmicas. Porém, causa grandes impactos ambientais e sociais, devido a área utilizada para construção da hidrelétrica e de alagamento ser desmatada e desocupada por seus moradores. As fontes de energias renováveis causam um pequeno impacto ambiental (poluição, desmatamento), se comparada às hidrelétricas e termoeletricas, tornando-as excelentes alternativas ao sistema energético tradicional, principalmente na situação atual de luta contra a poluição atmosférica e ao aquecimento global. Na atualidade, a produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis constitui uma tendência verificável em diversos países, inclusive com a concessão de incentivos à geração distribuída de pequeno porte.

O Brasil possui um ótimo índice de radiação solar, principalmente no nordeste brasileiro. Isto coloca o local entre as regiões do mundo com maior potencial de energia solar. A realização de projetos de sistemas solares exige o conhecimento da energia coletada pelo plano de abertura dos painéis fotovoltaicos (Baggio, 2016).

O estado do Ceará é rico em fontes de energias renováveis sendo conhecido como Terra do Sol, além de possuir fortes ventos devido a sua extensa área litorânea. O estado busca ser auto-suficiente em energia, tendo em vista que a garantia energética é fundamental para o sucesso de qualquer empreendimento.

Por meio da Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará S.A. (ADECE), o Estado está estabelecendo uma ambiência favorável para o segmento energético, no atendimento de novos investidores para o setor, na criação de parcerias com instituições internacionais para treinamento de mão de obra e na contribuição para estabelecimento de marco regulatório do setor elétrico brasileiro para energias renováveis. Atualmente, o Estado do Ceará possui empreendimentos de geração de energia de fontes eólica, solar, termelétrica e hidrelétrica. O Ceará possui a primeira usina comercial de energia solar do Brasil, na cidade de Tauá localizada no Sertão Central. O projeto prevê uma capacidade total de geração de 50 MW. Na primeira etapa, foi construído 1 MW, já conectado ao Sistema Interligado Nacional (SIN) ((ADECE), 2017).

### **2.3. Sistema conectado à rede**

As principais tecnologias utilizadas para a geração de energia elétrica são provenientes das usinas termelétricas, nucleares e hidrelétricas, porém, acabam gerando impactos socioambientais, seja pela emissão de gases, produção de resíduos, inundações de áreas entre outros. Os impactos negativos aliados ao custo de implantação, a longa distância dos centros consumidores e a dificuldade em atender às restrições ambientais, têm influenciado a busca por novas alternativas que substituam em parte o modelo atualmente vigente, que sejam eficientes e resultem em um menor impacto ambiental.

Em termos econômicos, o desenvolvimento das nações está intimamente ligado ao consumo e ao preço da energia elétrica. Na geração de energia elétrica via Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR), também denominada Mini-central Fotovoltaica, devido à faixa de capacidade de potenc

9ia nominal utilizada (ordem de dezenas de kWp) os sistemas solares produzem energia que pode atender parte da carga localizada e/ou ser injetada diretamente na rede de serviço de abastecimento elétrico convencional (Barbosa, Silva, & Melo, 2007).

O sistema conectado à rede é uma geração, em geral sua produção se dá em pequeno porte e residencial, onde o consumidor “conecta” sua energia elétrica produzida na rede da concessionária. Para sistemas ligados à rede pública de distribuição de eletricidade, o gerador FV entrega à rede a máxima potência que, em cada instante, pode produzir. Entre o módulo e a

rede existem equipamentos de regulação e interface que aperfeiçoam as condições de geração e adaptam-nas às condições de recepção impostas pela rede (Carneiro, 2009).

A Resolução Normativa N°687/2015 da ANEEL permite a minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. A resolução permite a realização do sistema por compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa.

Na instalação do sistema conectado à rede (On Grid), o Inversor solar é instalado entre o sistema gerador fotovoltaico e o ponto de fornecimento à rede, ele recebe a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos em corrente contínua e converte em energia alternada, sincronizando e injetando na rede elétrica. O Sistema FV conectado à rede é sincronizado com a energia elétrica da distribuidora, assim, quando falta energia da distribuidora, por questões de segurança, o sistema fotovoltaico se desliga automaticamente. O principal objetivo desse sistema é a redução da dependência e consumo da energia elétrica da distribuidora, substituindo-a por uma fonte de energia limpa, gratuita e inesgotável.

Os sistemas isolados (OFF GRID) ou autônomos para geração de energia solar FV, são caracterizados por não estarem conectados à rede elétrica. O sistema é conectado diretamente aos aparelhos que utilizarão a energia. Esta solução é bastante utilizada em locais remotos já que muitas vezes é o modo mais econômico e prático de se obter energia elétrica nestes lugares. Exemplos de uso são: sistemas de bombeamento de água, eletrificação de cercas, geladeiras para armazenar vacinas, postes de luz, entre outros.

A energia produzida em sistemas OFF GRID é armazenada em baterias que garantem o abastecimento em períodos sem Sol.

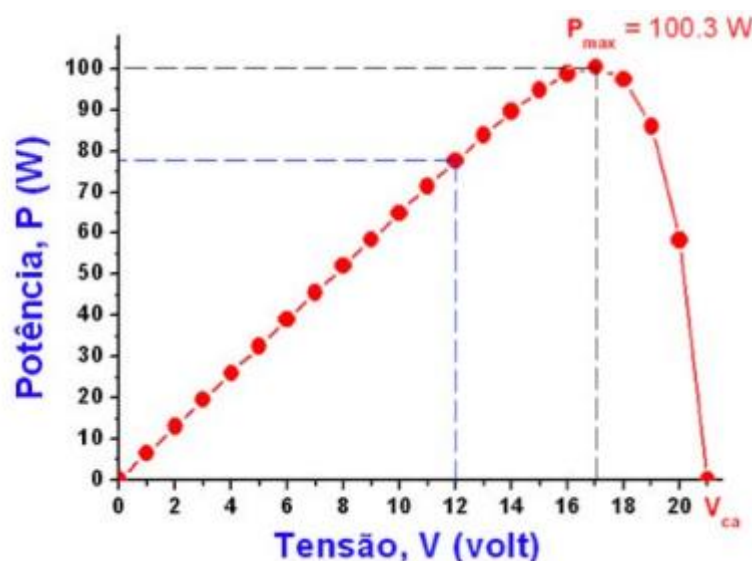
No estudo que se segue, é abordado um sistema de geração de energia elétrica conectado à rede, para abater o valor real gerado na conta de energia mensal do local.



## 2.4.Regulador MPP e Conversor AC/DC

A potência máxima de um gerador FV (módulo ou painel) varia de acordo com as condições ambientais, temperatura e a radiação incidente, tendo uma influência direta na intensidade de corrente e tensão nos terminais dos módulos. Os geradores fotovoltaicos são equipados com um sistema eletrônico que é composto por conversor DC/DC com a intenção de que operem com potência máxima. Com efeito, durante um determinado intervalo de tempo e de acordo com as condições ambientais de temperatura e radiação solar incidente, o sistema percorre a curva característica corrente versus tensão do gerador fotovoltaico e determina a máxima potência (MPP). A literatura da especialidade indica um valor que varia entre 90% a 96%, como sendo aquele que corresponde ao rendimento típico dos sistemas reguladores de potência máxima (Carneiro, 2009). Por exemplo, a figura 1.

Figura 1 - Representa a curva de potência do módulo Shell SM 100-12 em função da tensão nos seus terminais.



FONTE: Extraído Carneiro, 2009.

Ao observar a figura 3, verifica-se que, caso o módulo fosse eventualmente ligado de forma direta a uma bateria de 12 V, então seria apenas extraído do módulo um valor de potência igual a 77,6 W (e não os 100,3W que correspondem à potência máxima (Pmax)).

A principal função de um inversor de corrente, neste caso, consiste em converter o sinal elétrico DC do gerador fotovoltaico num sinal elétrico AC, e ajustá-lo para a frequência e o nível de tensão da rede a que ficará ligado.

### **3. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FV**

Para a realização deste trabalho foi feito o dimensionamento para definir a quantidade de painéis FV a serem instalados nas E.E.A. Nos tópicos 3.1. e 3.2. possui dois métodos diferentes ao qual foi utilizado o 3.2. para dimensionamento do projeto por ser de fácil compreensão .

#### ***3.1. Dimensionamentos de sistema solar autônomo (off-grid)***

Método de dimensionamento proposto pela empresa (SunLab Power, 2017).

Para iniciar um dimensionamento é preciso saber o quanto será consumido seguindo os 5 passos iniciais:

1) Faça a relação, com a quantidade de todos os equipamentos, luzes, e mais, que pretende ligar ao sistema solar.

2) Verifique o consumo individual (em Watts) como mostra o exemplo 1. É importante que as grandezas estejam na mesma base. Se calcular em Watts, tudo deverá estar em Watt. O mesmo servirá se preferir trabalhar em kW. O resultado pode ser convertido ora em um ou ora em outro.

3) Faça uma estimativa de horas que cada equipamento ficará ligado por dia.

4) Multiplique os valores totais de consumo pelas horas de uso e;

5) Some os resultados, obtendo a demanda diária de energia, ou seja, o valor em Watt x dia.

#### **-Dimensionamento e Instalação do Pannel Solar**

Com resultado obtido com os 5 passos iniciais, devemos dividi-lo pelo tempo médio de insolação do local (veja o mapa de insolação ao lado).

Exemplo 1: Supondo que a localização está na área amarela, temos 6 horas de insolação dia (td) media ao ano.

Logo, a potência (P) em Watt/pico do sistema solar exigido ( $P_{th} = \text{Potência Total} \times \text{hora}$ ), será correspondente à necessidade de consumo, dividido pelas horas de insolação (td):

Exemplo 2:

$$P_{th} = 3420 / td$$

$$P_{th} = 3420 / 6$$

$$P_{th} = 570$$

$$3420 \text{ Watts} / 6 \text{ (horas)} = 570 \text{ Watts hora}$$

Obtém-se assim, o valor ideal por hora a ser gerado pelo sistema ou painel.

Será necessário um painel ou conjunto de painéis que gerem 570 Wh no mínimo.

Para se obter tal quantidade de energia combinando painéis, faz-se a interligação associando vários deles para fornecer a potência necessária.

### **Escolha do Painel Solar:**

a) Na escolha do painel, a opção pela tecnologia (mono, poli thin-film, etc.), dependerá da área ocupada, tipo de superfície, durabilidade e estabilidade desejada. São opções relativas a cada aplicação e seu custo x benefício.

b) Outro fator importante em sistemas que estamos descrevendo, são as características de corrente e tensão do(s) painel(is). Não se misturam painéis de diferentes potências ou tensões ou correntes em um mesmo sistema. É altamente recomendável que tenham características semelhantes.

c) Leve em consideração que painéis solares nestes casos, são para recarga de baterias e estas possuem uma característica de tensão e corrente de carga (12/24/36/48 V). Não adiantará adquirir pela tensão mais alta (mesmo que tendo a mesma potência), pois o controlador não permitirá que passe para a bateria. Painéis com tensões maiores são recomendados para sistemas ON-GRID. Tensão acima da de recarga da bateria será um fator de ineficiência.

d) Para cálculo da perda, ou da potência real aproveitada do painel solar, considere a tensão de recarga da bateria (ex.: 14,5 V) pela corrente gerada:

## Exemplo 3:

O painel ABC possui a tensão em circuito de 17,2 Volts e corrente I de 6,89 A sua potência, neste caso é de:  $17,2 \times 6,9 = 118,7$  Watts. Mas como a tensão não passará de 14,5 V, seu rendimento será de fato:  $14,5 \times 6,9 = 100,0$  Watts

Portanto do painel de 118,7 Wp, se aproveitará 100 Wp, uma perda de 18,7%.

Supondo que optemos por 6 painéis de 100 Wp (118 Wp nominal), teremos:

$$6 \text{ unidades} \times 100 \text{ Wp} = 600 \text{ Watts hora}$$

A associação da potência real (Wp) entre eles deve resultar em um valor maior que a necessidade de consumo. A potência acima da necessária será sua reserva de potência.

### 3.2. Dimensionamento de planta FV conectada à rede elétrica

Esse método foi proposto por (Carvalho, 2016) onde se utiliza a média das contas de 1 ano de consumo, 12 valores, de energia elétrica.

Tabela 1 - Consumo Mensal.

MÊS	CONSUMO kWh
JAN	175
FEV	175
MAR	170
ABR	91
MAI	230
JUN	174
JUL	184
AGO	161
SET	130
OUT	123
NOV	156
DEZ	164
SOMA	<b>1933</b>
MÉDIA	<b>161,08</b>

Fonte: Carvalho, 2016.

Média de Consumo: 160 kWh/Mês

Consumo Anual de Energia elétrica: 160 kWh x 12 meses = 1.920 kWh.

É dividido o consumo anual (Eger) pelo fator de correção médio (FC) para encontrar o consumo corrigido (Enom).

Tabela 2 - Valores utilizados para exemplo de dimensionamento.

Descrição	set/14	out/14	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15
$\varepsilon_{FV}$ (kWh)	52,65	60,18	47,55	48,95	47,93	34,98	41,78
$\varepsilon_{FV_{nominal}}$ (kWh)	250,56	258,912	250,56	258,912	258,912	233,856	258,912
$FC_{FV}$ (%)	21,01%	23,24%	18,98%	18,91%	18,51%	14,96%	16,14%
Sol Pleno (h)	6,30	6,97	5,69	5,67	5,55	4,49	4,84

FONTE: Carvalho, 2016.

FC médio = 18,82%

$$Enom = \frac{Eger}{FC} \quad (1)$$

$$Enom = \frac{1920}{0,188}$$

$$Enom = 10.213 \text{ kWh}$$

Após encontrar o consumo nominal, deve-se calcular a potência nominal ( $Pnom$ ) usando a eq. (2), onde o valor de 8760 representa o número de horas de um ano com 365 dias.

$$Pnom = \frac{Enom}{8760} \quad (2)$$

$$Pnom = 1,17 \text{ kW}$$

A partir dessa potência nominal de 1170 W, é possível determinar o número de módulos necessários. Escolhendo uma potência de 240 W para o painel FV, então temos que:

$$n_{mod} = \frac{1170 W}{240 W}$$

$$n_{mod} = 4,875$$

Devem ser utilizados aproximadamente 5 módulos para suprir a carga gasta neste caso.

### **3.3. Seleções do módulo FV**

A primeira etapa desse processo é realizar uma visita ao local onde serão implantados os painéis FV para escolher a área mais apropriada à instalação do sistema fotovoltaico. Deve-se elaborar uma ficha de registro de dados relativos às especificações do sistema: orientação, inclinação, área disponível, fenômenos de sombreamento, comprimento dos cabos. Em seguida, a seleção dos módulos fotovoltaicos deve ser efetuada em função do tipo de material que constitui as células fotovoltaicas, ou seja, células de silício monocristalino, policristalino ou de filme fino (Carneiro, 2009).

Com base no catálogo do fabricante, as especificações técnicas determinam as etapas seguintes referentes ao dimensionamento do sistema. E por fim, deverá ser determinado o número máximo de módulos FV que poderão ser instalados na área disponível.

As especificações técnicas (obtidas através do catálogo do fabricante) do módulo selecionado determinam as etapas seguintes conducentes ao dimensionamento do sistema. Por último, deverá ser determinado o número máximo de módulos que podem ser instalados na área disponível. Este número permitirá estimar de forma aproximado a potência total que é possível instalar na área que se tem ao dispor.

## **4. CASO DE ESTUDO**

No seguinte estudo utiliza o sistema de compensação, a energia elétrica produzida será injetada na rede da ENEL e o valor dessa energia será descontado na conta. O balanço da compra e venda de energia pode ser feito mês a mês ou ao fim de um período de 12 meses, a regulamentação é quem determina o tipo de comércio. O recebimento das informações de energia é realizado por meio de comunicação infravermelha, a qual é especificada e exigida pela ANEEL, o órgão governamental na qual regula todos os assuntos referentes à energia elétrica. No Brasil o sistema de registro de energia consumida é bidirecional, em sua rotação horária representa o consumidor comprando energia da concessionária, no sentido anti-horário vendendo energia elétrica na rede de distribuição da concessionária. Também pode ser utilizada outra forma de medição, instalando dois medidores, um que mede a energia produzida pelos módulos FV e outro que registra o consumo da energia recebida da concessionária. Assim, pode-se oferecer incentivo sobre toda a energia FV produzida.

### **4.1.Dados dos locais de estudo**

A avaliação foi realizada em 2 elevatórias de água da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE), onde um encontra-se na Região Metropolitana da Capital Fortaleza e outra em Cascavel.

Endereços das Estações Elevatórias:

- Av. Antônio Sales nº2460, Bairro Aldeota – Fortaleza
- Rua SDO. Açude Mal Cozinhado – Cascavel

### **4.2.Potência e consumo**

Fortaleza: 3 motores de 200 CV cada + 1 reserva

Cascavel: 2 motores de 40 CV cada + 1 reserva

As potências dos motores são específicas na Tab. 3, com valores unitárias e total.

Tabela 3 - Quantidade e potência dos motores.

LOCAL	QTD	POT UNITÁRIA (CV)	FATOR DE POTÊNCIA	POT UNITÁRIA (kW)	POT TOTAL (kW)
<b>FORTALEZA</b>	3	200	0,85	147,1	441,3
<b>CASCADEL</b>	2	40	0,85	29,42	58,84

FONTE: Próprio Autor.

Com base nos dados da Tab. 3, um motor de 200 CV, após uma hora em funcionamento, terá consumido a energia de 147,1 kWh, e um motor de 40 CV consome a energia de 29,42 kWh. Além dos motores da tabela 1, cada estação possui um motor reserva com a mesma potência do principal, para caso ocorra problema com o motor principal.

Na Fig. 2, podem ser observados no barrilete, bombas submersas ao fim de cada tubulação verde e quadros da E.E.A. do Bairro Aldeota, localizados na praça conhecida como Praça da Imprensa.

Figura 2 - Motores Fortaleza.



FONTE: Próprio Autor.



Na Fig. 3 apresenta motores da E.E.A. de Cascavel que se encontram no Açude Mal cozinhado.

Figura 3 - Motores Cascavel.



FONTE: Próprio Autor.

Fig. 4 imagem obtidas através do *Google Maps*, a localização da Estação Aldeota.

Figura 4 - Localização E.E.A Aldeota.



FONTE: Próprio Autor.

A Fig. 5 apresenta a imagens obtidas através do *Google Maps*, a localização da Estação Cascavel.

Figura 5 - Localização E.E.A.B Cascavel.



Fonte: Próprio Autor.

Na Fig. 5 é destacada (marcadores amarelos) a Estação de Tratamento de água (E.T.A.) com área de 3.848 m<sup>2</sup>, a Estação Elevatória de Água Bruta – água sem tratamento– (E.E.A.B.) e uma área de 12.853 m<sup>2</sup> destinada para a instalação dos módulos FV, de propriedade do Governo do Estado do Ceará.

#### 4.3.Dados técnicos utilizados para realizar o dimensionamento dos módulos FV.

Foi utilizado o *software* RETScreen, que é um pacote de *software* de análise de projetos de energia limpa, com o intuito de obter dados de radiação solar, temperatura e outras informações que sejam úteis para realizar de cálculos e análises de viabilidade técnica e financeira de projetos da utilização da geração FV nos locais. O RETScreen é direcionado para implementação de projetos de energia renovável e não renovável e eficiência energética, possibilitando redução do custo dos estudos de pré-viabilidade. O programa avalia a produção de energia, os custos durante o tempo de vida e redução na emissão dos gases de efeito estufa. Em uma maneira geral, o programa traz uma introdução à análise de projetos de energia limpa,

englobando projetos de energia eólica, de pequenas hidroelétricas, de co-geração, sistemas fotovoltaicos, de calor por biomassa, de aquecimento de ar e água por energia solar, de bombas de calor de fonte subterrânea e de refrigeração. A parte do programa usada para a simulação de projetos é toda trabalhada numa planilha do Excel onde há uma divisão de cores entre as células que devem ser preenchidas obrigatoriamente, as que podem ser preenchidas ou não, as que contêm dados pré-estabelecidos, (como, por exemplo, a capacidade de uma caldeira) e as que representam os resultados dos dados contidos nas anteriores, identificadas pelas cores amarelo, cinza, azul e branco, respectivamente.

Cada modelo do RETScreen é desenvolvido dentro de uma "pasta de trabalho" do Microsoft Excel. A pasta de trabalho é composta por uma série de planilhas, das quais foram utilizados:

- **Iniciar**

Nesta planilha devem ser inseridos os dados preliminares do projeto (localização, tipo de projeto, tecnologia do projeto). Uma vez inseridos os dados de localização, os dados climáticos (temperatura, irradiação solar, entre outros) são atrelados ao projeto. Observamos a aba na Fig. 6.

Figura 6 - Imagem referente à aba Iniciar.

**Informação sobre o projeto** [Veja banco de Dados do projeto](#)

Nome do Projeto	Estação Elevatória - Acionamento Fotovoltaico
Localização do Projeto	Cascavel
Preparado para	MONOGRAFIA
Preparado por	Raissa Braga
Tipo de projeto	Produção de eletricidade
Tecnologia	Fotovoltaica
Tipo de grid	Rede Central
Tipo de análise	Método 2
Poder calorífico de referência	Poder calorífico superior (PCS)
Ver parâmetros	<input checked="" type="checkbox"/>
Idioma	Portuguese - Português
Manual do usuário	English - Anglais
Moeda	Brasil
Unidades	Unidades métricas

FONTE: RETScreen.

- **Modelo energético**

Nesta planilha devem ser inseridos os dados referentes à instalação dos painéis solares (inclinação, azimute, tipo de sistema de posicionamento), tarifas de energia, dados dos inversores. Além disso, é disponibilizado um banco de dados de painéis fotovoltaicos para seleção do modelo adotado no projeto. Observamos a imagem da aba na Fig. 7

Figura 7 - Imagem referente à aba Modelo Energético.

Modelo Energético RETScreen - Projeto produção de Eletricidade  Mostrar outras unidades

Sistema de eletricidade do caso proposto

Tecnologia: Fotovoltaica

Tipo de análise:  Método 1  Método 2

Avaliação de recursos  
 Sistema de posicionamento solar: Fixo  
 Inclinação: 4,1  
 Azimut: 180,0

Mostrar dado

Mês	Radiação solar diária - horizontal kWh/m²/d	Radiação solar diária - inclinada kWh/m²/d	Preço eletricidade exportada BRL/MWh	Eletricidade exportada p/ rede MWh
Janeiro	5,25	5,14	410,0	247,5
Fevereiro	5,25	5,10	410,0	235,5
Março	4,94	4,93	370,0	238,4
Abril	4,82	4,87	370,0	227,5
Mai	4,84	4,95	400,0	238,2
Junho	4,75	4,80	400,0	227,6
Julho	5,12	5,26	400,0	251,7
Agosto	5,79	5,80	390,0	278,8
Setembro	6,18	6,21	400,0	282,9
Outubro	6,24	6,18	410,0	291,4
Novembro	5,93	5,81	420,0	266,6
Dezembro	5,59	5,46	410,0	260,6
Anual	5,39	5,40	399,61	3.036,7

Radiação Solar anual - horizontal: MWh/m² 1,97  
 Radiação Solar anual - inclinado: MWh/m² 1,97

Fotovoltaica  
 Tipo: poly-Si  
 Potência elétrica: kW 1.793,00  
 Fabricante: Yingli Solar  
 Modelo: poly-Si - YL250P-32b 7172 unidade(s) [Ver banco de dados de produtos](#)  
 Eficiência: % 14,0%  
 Temperatura de operação normal da célula: °C 45 °F 113,0  
 Coeficiente de Temperatura: % / °C 0,40%  
 Área do coletor solar: m² 12,853 m² 138,340

Perdas diversas: % 2,0%

Inversor  
 Eficiência: % 98,4%  
 Capacidade: kW 2925,0  
 Perdas diversas: % 2,0%

Resumo  
 Fator de Utilização: % 19,3%  
 Eletricidade exportada p/ rede: MWh 3.036,7  
 BRL/kWh 0,400

FONTE: RETScreen.

- **Análise de custo**

Nesta planilha devem ser inseridos os dados referentes aos custos de implantação do projeto (projeto de engenharia, aquisição de matérias, instalação, entre outros) e os custo de manutenção ao longo da vida útil do projeto. Observamos a imagem da aba na Fig.8.

Figura 8 - Imagem referente à aba Análise de Custos.

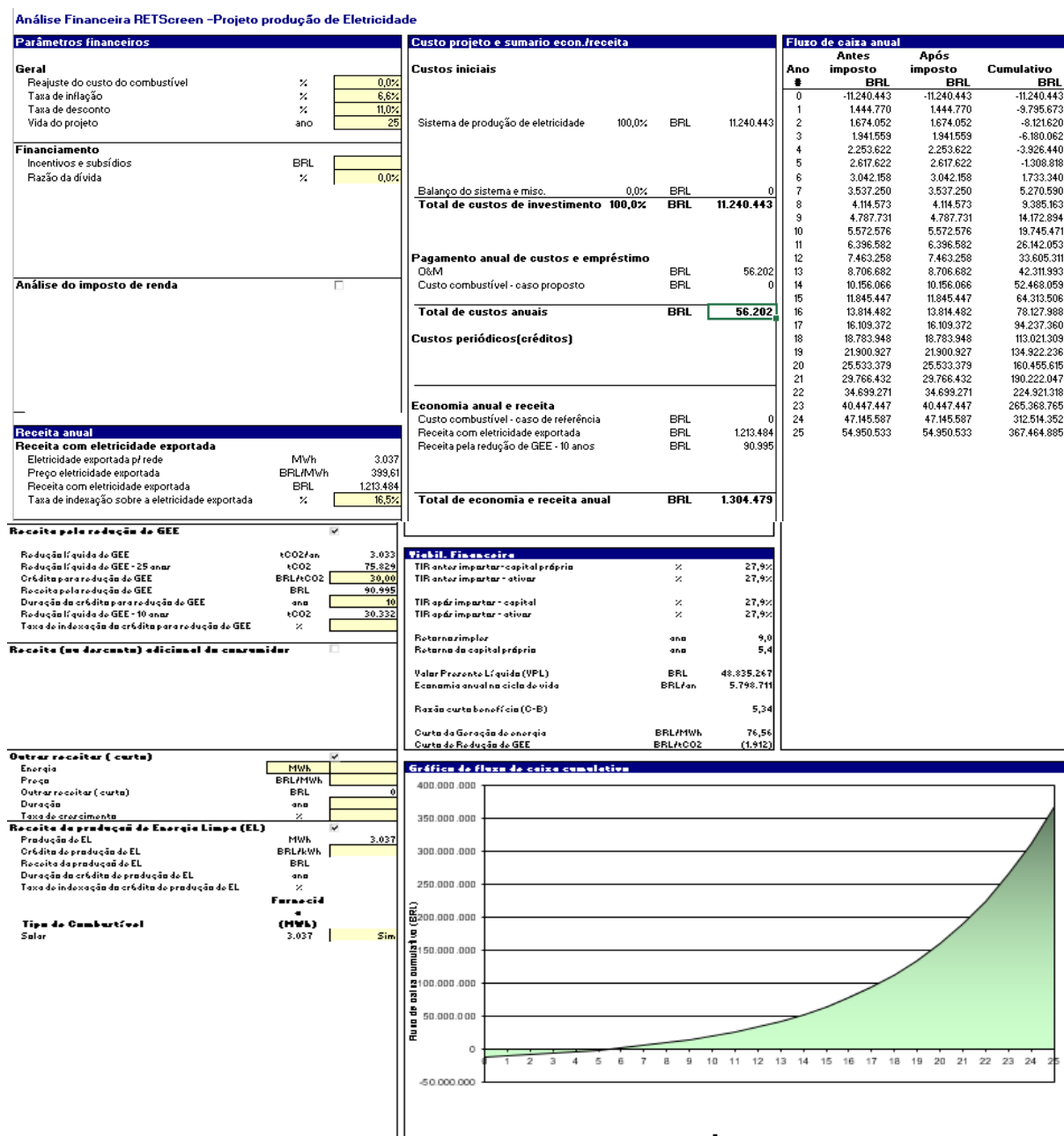
Análise de Custos RETScreen - Projeto produção de Eletricidade					
<b>Opções</b>					
<input checked="" type="radio"/> Método 1	<input checked="" type="radio"/> Notas/faixa	Notas/faixa <input type="text" value="Nenhum"/>			
<input type="radio"/> Método 2	<input type="radio"/> Segunda moeda				
	<input type="radio"/> Alocação de custo				
Custos iniciais (créditos)					
	Unidade	Quantidade	Custo unitário	Quantidade	Custos relativos
<b>Estudo de viabilidade</b>					
Estudo de viabilidade	custo	0	BRL	BRL	*
Subtotal				BRL	0,0%
<b>Desenvolvimento</b>					
Desenvolvimento	custo	0	BRL	BRL	*
Subtotal				BRL	0,0%
<b>Engenharia</b>					
Engenharia	custo	0	BRL	BRL	*
Subtotal				BRL	0,0%
<b>Sistema de produção de eletricidade</b>					
Fotovoltaica	kW	1.793,00	BRL 4.575	BRL	8.202.204
Construção de estrada	km	0	BRL	BRL	*
Linha de Transmissão	km	0	BRL	BRL	*
Subestação	projeto	0	BRL	BRL	*
Ações de Eficiência energética	projeto			BRL	*
Equipamentos para interligação com a rede	custo	1.793	BRL 190	BRL	340.849
Custos diversos	custo	1.793	BRL 1.504	BRL	2.697.389
Subtotal				BRL	11.240.443 100,0%
<b>Balanco do sistema e misc.</b>					
Peças de reposição	%			BRL	*
Transporte	projeto			BRL	*
Treinamento & Comissionamento	p-d			BRL	*
Definido pelo usuário	custo			BRL	*
Contingências	%		BRL 11.240.443	BRL	*
Juros durante a construção			BRL 11.240.443	BRL	*
Subtotal				BRL	0,0%
<b>Total de custos de investimento</b>				BRL	11.240.443 100,0%
<b>Custo anual (créditos)</b>					
	Unidade	Quantidade	Custo unitário	Quantidade	
<b>O&amp;M</b>					
Peças e mão de obra	projeto	1	BRL 56.202	BRL	56.202
Definido pelo usuário	custo			BRL	*
Contingências	%	0,0%	BRL 56.202	BRL	*
Subtotal				BRL	56.202
<b>Custos periódicos (créditos)</b>					
	Unidade	Ano	Custo unitário	Quantidade	
Definido pelo usuário	custo			BRL	*
				BRL	*
Valor residual do projeto	custo			BRL	*

FONTE: RETScreen.

- **Análise financeira**

Nesta planilha devem ser inseridos os dados referentes a taxa de inflação, de desconto, vida útil dos painéis FV, entre outros valores financeiros. Gera o tempo de retorno e o capital positivo do sistema. Observamos a imagem da aba na Fig. 9

Figura 9 - Imagem referente à aba Análise Financeira.



FONTE: RETScreen.

Na figura 10, observamos a disposição radiação solar em todos os meses do ano. Deve-se levar em conta a incidência solar no local, para que garanta a geração de energia elétrica proveniente do Sol.

Figura 20 – Dados obtidos e inseridos no Programa RETScreen.

Avaliação de recursos				
Sistema de posicionamento solar	°	Fixo		
Inclinação	°	4,1		
Azimut	°	180,0		
<input checked="" type="checkbox"/> Mostrar dado				
Mês	Radiação solar diária - horizontal kWh/m <sup>2</sup> /d	Radiação solar diária - inclinada kWh/m <sup>2</sup> /d	Preço eletricidade exportada BRL/MWh	Eletricidade exportada p/ rede MWh
Janeiro	5,25	5,14	410,0	247,5
Fevereiro	5,25	5,19	410,0	225,5
Março	4,94	4,93	370,0	238,4
Abril	4,82	4,87	370,0	227,5
Mai	4,84	4,95	400,0	238,2
Junho	4,75	4,89	400,0	227,6
Julho	5,12	5,26	400,0	251,7
Agosto	5,79	5,89	390,0	278,8
Setembro	6,18	6,21	400,0	282,9
Outubro	6,24	6,18	410,0	291,4
Novembro	5,93	5,81	420,0	266,6
Dezembro	5,59	5,46	410,0	260,6
<b>Anual</b>	<b>5,39</b>	<b>5,40</b>	<b>399,61</b>	<b>3.036,7</b>
Radiação Solar anual - horizontal	MWh/m <sup>2</sup>	1,97		
Radiação Solar anual - inclinado	MWh/m <sup>2</sup>	1,97		

Fonte: RETScreen.

- **Ângulo de azimute:** Como regra geral, os projetistas de sistemas tendem a usar um **azimute** de matriz de zero ou de frente para o equador. O modelo usado pelo RETScreen apresenta referência invertida em relação a todas as outras referências consultadas que definem como ponto de azimute zero no Norte. Assim a orientação preferida seguindo o modelo do RETScreen deve estar de frente para o equador, caso em que o ângulo de azimute é 0 ° no Hemisfério Norte e 180 ° no Hemisfério Sul.
- **Ângulo de inclinação:** É o ângulo entre o módulo fotovoltaico e a horizontal, em graus. Na maioria dos casos, a inclinação do modulo fotovoltaica será igual ao valor absoluto da latitude do local, esta é a inclinação que em geral maximiza a radiação solar anual no plano da matriz fotovoltaica. Isso é adequado para sistemas que funcionam durante todo o ano (no nosso caso inclinação de 4,1 graus).



#### 4.4. Escolha dos módulos

Para o sistema conectado à rede (ongrid) funcione com êxito é necessário ser composto por: painéis solares, inversor, cabos, conectores, e suporte metálico para fixar ao telhado, o sistema isolado com armazenamento (offgrid) precisa dos painéis solares, inversor, baterias, controlador de carga, cabos, conectores, e suporte metálico para fixar ao telhado.

O módulo foi escolhido de acordo com suas características e de forma a ser o mais eficiente possível. O modelo é o YL 255 P-32b/1810x990 SERIES cujas células solares são de policristalinas de alta eficiência com transmissão elevada e vidro texturizado entregando uma eficiência da série de módulos de até 14,2%, sendo assim, minimizando custos de instalação e maximização da saída de kWh do seu sistema por unidade de área. Possui uma Tolerância de energia de +/- 3% minimizando o sistema fotovoltaico perdas de incompatibilidade. Sua Estrutura de alumínio robusta e resistente à corrosão teste independente para suportar cargas de vento de 2.4KPa e cargas de neve de 5.4KPa garantindo uma vida mecânica estável para seus módulos. Na tabela 4 contém as especificações do painel utilizado. Na Tab. 4 pode-se observar as especificações do módulo implementado.

Tabela 4 - Especificações elétricas do módulo.

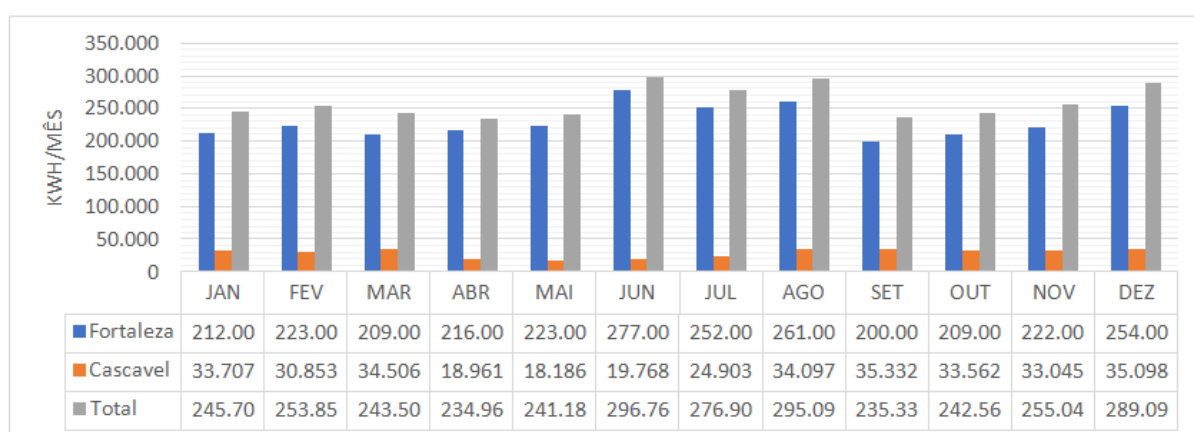
CARACTERÍSTICA	VALOR
<b>Potência máxima (Pmax)</b>	250 W
<b>Tensão de Máxima Potência (Vmpp)</b>	32,3 V
<b>Corrente de Máxima Potência (Impp)</b>	7,74 A
<b>Corrente de Curto-Circuito (Isc)</b>	8,33 A
<b>Tensão de Circuito Aberto (Voc)</b>	40,9 V
<b>Peso</b>	22,5 kg
<b>Comprimento</b>	1.810 mm
<b>Largura</b>	990 mm
<b>Espessura</b>	50 mm
<b>Espessura com caixa de junção</b>	50 mm
<b>Eficiência máxima</b>	14%

FONTE: <http://www.yinglisolar.com/br/>

#### 4.5. Cálculos de dimensionamento

O método utilizado em nosso estudo é o exemplificado no tópico 4.2 cujo autor é (Carvalho, 2016) e seu título denomina-se Dimensionamento de planta FV conectada à rede elétrica. A etapa inicial do dimensionamento é a utilização dos consumos de 12 contas de energia elétrica, onde se utiliza a média das mesmas para efeito de cálculo. O Gráfico 1 apresenta o consumo mensal individual das duas E.E.A., assim como o valor total mensal das contas das duas estações.

Gráfico 1 - Consumo de Energia Elétrica das Estações Elevatória de Cascavel e Fortaleza.



FONTE: CAGECE.

Considerando como base para o dimensionamento o consumo das duas estações ao longo do ano, temos:

-Consumo anual em Fortaleza: 2.758.000 kWh

-Consumo anual em Cascavel: 352.018 kWh

$$E_{consumida} - ano = 3.110.018 \text{ kWh}$$

O fator de capacidade é a relação entre a produção efetiva de energia em um período de tempo e a capacidade total máxima neste mesmo período, para efeito de estudo foi realizado a média dos fatores de capacidade medidos entre Outubro de 2016 à Setembro de 2017 obtidos no Laboratório de Energias Alternativas (LEA) localizado na Universidade Federal do Ceará (UFC), conforme é observado na Tab.5

Tabela 5 – Fator de Capacidade.

<b>ANO/MÊS</b>	<b>FC (%)</b>
<b>2016/10</b>	23,9
<b>2016/11</b>	22,85
<b>2016/12</b>	20,13
<b>2017/01</b>	19,23
<b>2017/02</b>	17,51
<b>2017/03</b>	14,48
<b>2017/04</b>	13,97
<b>2017/05</b>	13,47
<b>2017/06</b>	21,46
<b>2017/07</b>	21,03
<b>2017/08</b>	24,04
<b>2017/09</b>	25,69
<b>MÉDIA</b>	<b>19,8</b>

FONTE: Laboratório de Energias Alternativas – UFC.

Para o dimensionamento do sistema FV foram consideradas as demandas anuais das E.E.A. de Cascavel e Fortaleza, o dimensionamento é realizado para a instalação de painéis FV que gera toda a carga consumida pelas duas E.E.A. Com base no Gráfico 1, calcula-se a potência nominal FV para atender à demanda anual ( $P_{instalada}$ ) a partir da energia consumida ( $E_{Consumida-ano}$ ) dividida por 8760 h (o número de horas de um ano) vezes o fator de capacidade (FC), conforme Eq. (3).

$$P_{instalada} = \frac{E_{Consumida-ano}}{8760 \times FC} \quad (3)$$

$$P_{instalada} = \frac{3.110.018 \text{ kWh}}{8760 * 0,198}$$

$$P_{instalada} = 1.793,06 \text{ kW}$$

O número de módulos FV necessários para atender à demanda é definido por Eq. (4).

$$N^{\circ} \text{Módulos} = \frac{P_{\text{instalada}}}{P_{\text{Nominal\_módulo}}} \quad (4)$$

$$N^{\circ} \text{MOD} = \frac{1.793,06 \text{ kW}}{250 \text{ W}}$$

$$N^{\circ} \text{MOD} = 7172,22$$

Com o número total de módulos de 7172 unidades.

#### 4.6. Modelo do inversor

O inversor escolhido como referência para esse estudo é o modelo PHB25K-DT, do fabricante PHB, que possui uma potência nominal de 32500 W e eficiência máxima de 98,4%. A Tab.6 apresenta as principais características elétricas desse inversor.

Tabela 6 - Especificações elétricas do inversor utilizado.

Dados da Entrada CC	
Max. Potência Fotovoltaica [W]	32500
Max. Tensão CC [V]	1000
Faixa de Operação SPMP [V]	260~850
Tensão CC de Partida [V]	250
Corrente CC Máxima [A]	27/27
Nº de Strings em Paralelo/ Entradas MPPT	6/2
Dados da Saída CA	
Potência CA Nominal [W]	25000
Max. Potência CA [W]	25000
Max. Corrente CA [A]	37
Saída Nominal CA	60Hz; 380/220Vca
Eficiência	
Max. Eficiência	98,40%
Eficiência SPMP	>99.9%

FONTE: Próprio Autor.

O número de módulos associados em série, *strings*, é definido de acordo com a tensão de máxima potência ( $V_{MP}$ ) e a tensão de circuito aberto ( $V_{OC}$ ) do módulo, a máxima

tensão admissível e a faixa de tensão de operação MPP do inversor, conforme Eq. 5 e 6 (Villalva e Gazoli, 2012).

$$N_S \times V_{OC} \leq 0,9 \times V_{MAX-CC} \quad (5)$$

$$V_{MPP-MIN} \leq N_S \times V_{MP} \leq V_{MPP-MAX} \quad (6)$$

Onde:

$N_S$  – Número de painéis em série por Strings;

$V_{OC}$  – Tensão de circuito aberto;

$V_{MP}$  – Tensão de máxima potência em V;

$V_{MPP-MIN}$  – Tensão mínima da faixa de operação MPP;

$V_{MPP-MAX}$  – Tensão máxima da faixa de operação MPP;

Tab. 7 dados utilizados para calcular o dimensionamento.

Tabela 7 - Valores utilizados para cálculos.

PLACA	INVERSOR
$V_{mpp} = 29,8V$	$P_{máxcc} = 32.500 V$
$V_{oc} = 37,6V$	$V_{máxcc} = 1000 V$
$I_{sc} = 8,92A$	Faixa mpp = 260-450

FONTE: Próprio Autor.

$$N_S * V_{oc} \leq 0,9 * V_{máxcc}$$

$$N_S * 37,6 \leq 0,9 * 1000$$

$$N_S \leq 23,93$$

Para máxima potência:

$$260 \leq N_S * V_{mp} \leq 850$$

$$260 \leq N_S * 29,8 \leq 850$$

$$8,72 \leq N_S \leq 28,52$$

Adotando  $N_S = 20$  módulos em séries

O inversor adotado suporta 6 *strings* divididos em duas entradas. Para o projeto será utilizado configuração com 4 *strings* por inversor, onde cada *strings* tem 20 módulos em série. Assim,

$$I_o = 2 * 8,92 = 17,84A$$

$$V = 20 * 29,8 = 596V$$

O número de módulos por inversor:

$$N_{mi} = 20 * 4 = 80 \text{ módulos por inversor}$$

$$\text{O número de inversores} = N^\circ \text{ Inversor} = \frac{N^\circ \text{ Painéis}}{N_{mi}} = \frac{7172}{80} = 89,65$$

Sendo,  $N_{mi} = 80$  e  $N^\circ \text{ Inversor} = (89+1)$

$N^\circ \text{ Painéis} = 80 * 89 = 7120$ , os 89 inversores possuem 80 painéis cada.

Como o número de painéis é de 7172, temos que:

$7172 - 7120 = 52$  painéis para o 90º Inversor e em 4 *strings*, temos 13 painéis por *strings*.

Os arranjos dos módulos fotovoltaicos ou *arrays* para o estudo proposto apresenta as seguintes configurações: 89 inversores com 4 *strings* sendo cada *string* composta por 20 módulos, mais 1 inversor com 4 *strings* com 13 módulos cada. A tabela 4 apresenta resumo dos principais dados do projeto. Na Tab.8 o resumo do projeto com as quantidades utilizadas de módulos, inversores e string.

Tabela 8 - Resumo do Projeto.

<b>Total de módulos</b>	7172
<b>Nº de inversores</b>	89/1
<b>Nº de módulos por String</b>	20/13
<b>Nº de String por inversor</b>	4

FONTE: Próprio Autor.

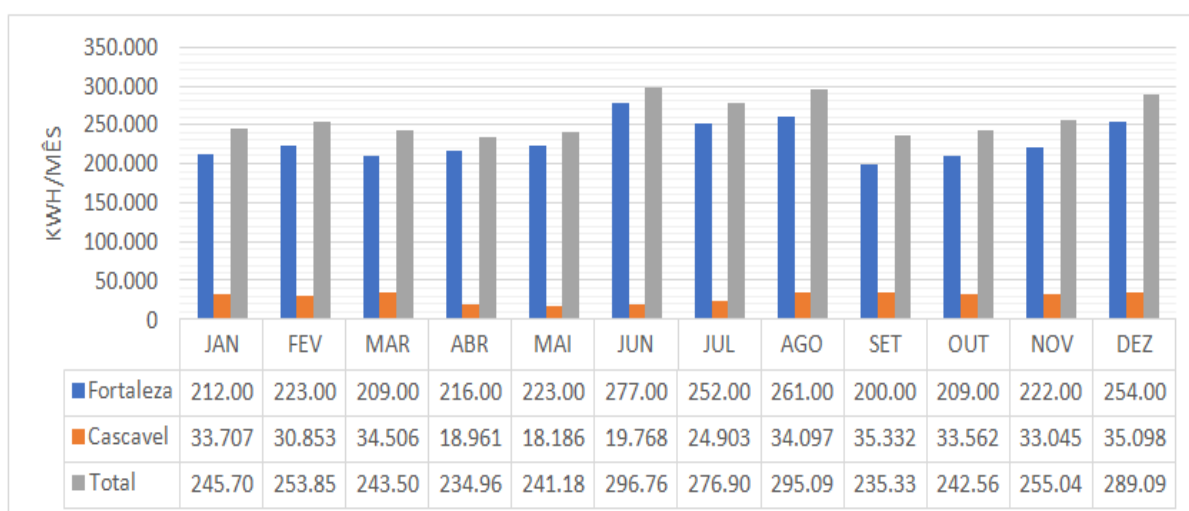
Os painéis FV serão instalados em Cascavel, devido à falta de espaço da Estação de Fortaleza. Essa instalação não ocasionará nenhum problema, pois a energia elétrica

produzida é conectada diretamente na rede da ENEL. Com isso, a concessionária local fará uma compensação na conta de energia elétrica das duas estações elevatórias de água de acordo com a geração fornecida pelos módulos FV.

#### 4.7. Capacidade de geração do sistema FV

A partir do sistema proposto, formado por 7172 módulos FV de 250 Wp/cada e, considerando a inclinação, radiação e temperatura na cidade de Cascavel-CE, local escolhido para implantação do projeto, é apresentado no Gráfico 2 a estimativa de fornecimento de energia elétrica mensal, em média, avaliado por meio do RETScreen. A planta proposta no projeto, contribui com cerca de 3037 MWh injetado na rede anualmente.

Gráfico 2 - Energia Elétrica exportada para rede.



FONTE: Próprio Autor.

#### 4.8. Investimento para instalação do sistema FV

Para definição e estimativa dos investimentos necessários, foram utilizados os preços dos módulos e inversores obtidos no mercado nacional. Para equipamentos de infraestrutura/interligação de rede foram tomados como base os valores disponibilizados pela Secretaria de Infraestrutura do Ceará (SEINFRA). Adicionalmente, se consideram custos de cabos, materiais extras, projeto e instalação conforme método proposto por (ABINEE, 2012),

resultando no preço por kWp instalado (NAKABAYASHI, 2014). Para o custo inicial foi usado as seguintes referências, em acordo com valores de mercado em Novembro de 2017. Nas tabelas 9 e 10 foram os valores utilizados para instalação da usina solar em Cascavel para suprir a carga das duas E.E.A.

Tabela 9 - Preços de equipamentos FV.

<b>Equipamentos</b>	<b>Qtd</b>	<b>Preço unitário (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>	<b>Valor em R\$ /kWp</b>
<b>Módulos</b>	7172	850,00	6096200,00	3400,00
<b>Inversores</b>	90	23400,00	2106000,00	1174,57
<b>Total (R\$)/kWp</b>				<b>4574,57</b>

FONTE: Elaborado a partir de (COMERCIOSOLAR, 2017) e (NEOSOLAR, 2017).

A Tab.10 refere-se ao custo de equipamentos necessário para fornecer um suporte para o PV módulos. O custo da estrutura de suporte variará consideravelmente de acordo com o sistema, se deve ser montado na parede do prédio ou no telhado, ou se ele deve ser montado no solo.

Tabela 10 - Preços de equipamentos para interligação com a rede.

<b>Equipamentos</b>	<b>Qtd</b>	<b>Preço unitário (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>	<b>Valor (R\$/kWp)</b>
<b>Subestação abrigada em alvenaria de 1000 kVA/13.800-380/220 V, entrada aérea, com posto de medição, disjunção e transformação, fornecida com quadro de proteção geral de baixa tensão</b>	2	164.580,45	329160,90	183,58
<b>Poste c/ acessórios até a entrada da subestação abrigada</b>	1	11.682,97	11682,97	6,52
<b>Total R\$ /kWp</b>				<b>190,10</b>

FONTE: Elaborado a partir de (SEINFRA, 2017).

Para os demais custos que compõe as instalações FV serão adotados os valores médios dos dados apresentados, conforme Tab. 11.



Tabela 11 - Custos adicionais para instalação do sistema FV.

<b>Equipamentos</b>	<b>Valor em R\$ /kWp</b>
<b>Cabos e proteções</b>	436,86
<b>Sistema fixação</b>	467,08
<b>Custos diversos</b>	600,46
<b>Total R\$ /kWp</b>	<b>1504,40</b>

FONTE: Elaborado a partir de (ABINEE, 2012).

Com base nos dados das Tabelas 9, 10 e 11, verifica-se que o custo de aquisição de equipamentos e instalação do sistema de geração FV é de R\$ 6.269,07 por kWp. Assim, para o projeto em estudo, temos um custo total estimado de R\$ 11.240.442,51 levando em consideração que a capacidade instalada do sistema é de 1793 kWp.

#### **4.9. Análise de viabilidade financeira**

A atividade financeira da geração FV está diretamente relacionada às tarifas de energia elétrica, visto que o benefício, do ponto de vista financeiro, para o gerador FV é o custo evitado para a compra de energia elétrica da concessionária. Desta forma, realizou-se a avaliação financeira do sistema FV de geração distribuída com auxílio do RETScreen que fornece diversos indicadores financeiros para avaliação do projeto (NAKABAYASHI, 2014).

Consideradas as seguintes premissas:

- Taxa de inflação de 6,64% ao ano, sendo esta a média da Série Histórica dos Acumulados no Ano – IPCA dos anos de 1996 a 2016, disponibilizado em (IBGE, 2017).
- Vida de projeto de 25 anos para empreendimentos de geração FV.
- Taxa de desconto de 11% ao ano, tomada como base a rentabilidade de títulos públicos do governo federal e a taxa de juros SELIC (NAKABAYASHI, 2014).
- Custo de manutenção e operação de 0,5% ao ano do investimento inicial.

- Taxa de indexação sobre a energia exportada de 16,5 % ao ano, tomada como base a média dos reajustes das tarifas nos anos de 1997 a 2006 / 2013 a junho de 2015 (DIEESE, 2007) e (DIEESE, 2015).

As taxas foram utilizadas no programa RETScreen para se obter a análise financeira, como é observado nas Figuras 11 e 12.

Figura 11 - Parâmetros financeiros.

<b>Parâmetros financeiros</b>			
<b>Geral</b>			
Reajuste do custo do combustível	%		0,0%
Taxa de inflação	%		6,6%
Taxa de desconto	%		11,0%
Vida do projeto	ano		25
<b>Financiamento</b>			
Incentivos e subsídios	BRL		
Razão da dívida	%		0,0%

FONTE: RETScreen.

Na Fig. 12, a aplicação da taxa de indexação de 16,5 % ao ano.

Figura 12 - Receita anual.

<b>Receita anual</b>			
<b>Receita com eletricidade exportada</b>			
Eletricidade exportada p/ rede	MWh		3.037
Preço eletricidade exportada	BRL/MWh		399,61
Receita com eletricidade exportada	BRL		1.213.484
Taxa de indexação sobre a eletricidade exportada	%		16,5%

FONTE: RETScreen.

A Tab. 12 apresenta os resultados obtidos a partir da análise financeira do RETScreen. Sendo o retorno de capital próprio ou ano do fluxo de caixa positivo o tempo necessário para o montante acumulado pela economia de energia gerada atingir valor igual ao do investimento inicial. Assim, a partir desse instante o fluxo de caixa passa a apresentar valores positivos. Já o retorno simples representa o tempo que leva para um projeto de investimento recuperar seu próprio custo inicial, ou seja, o montante acumulado pela economia de energia gerada atingir valor positivo igual ao valor do investimento inicial.

Tabela 12 - Indicadores de viabilidade financeira do sistema FV.

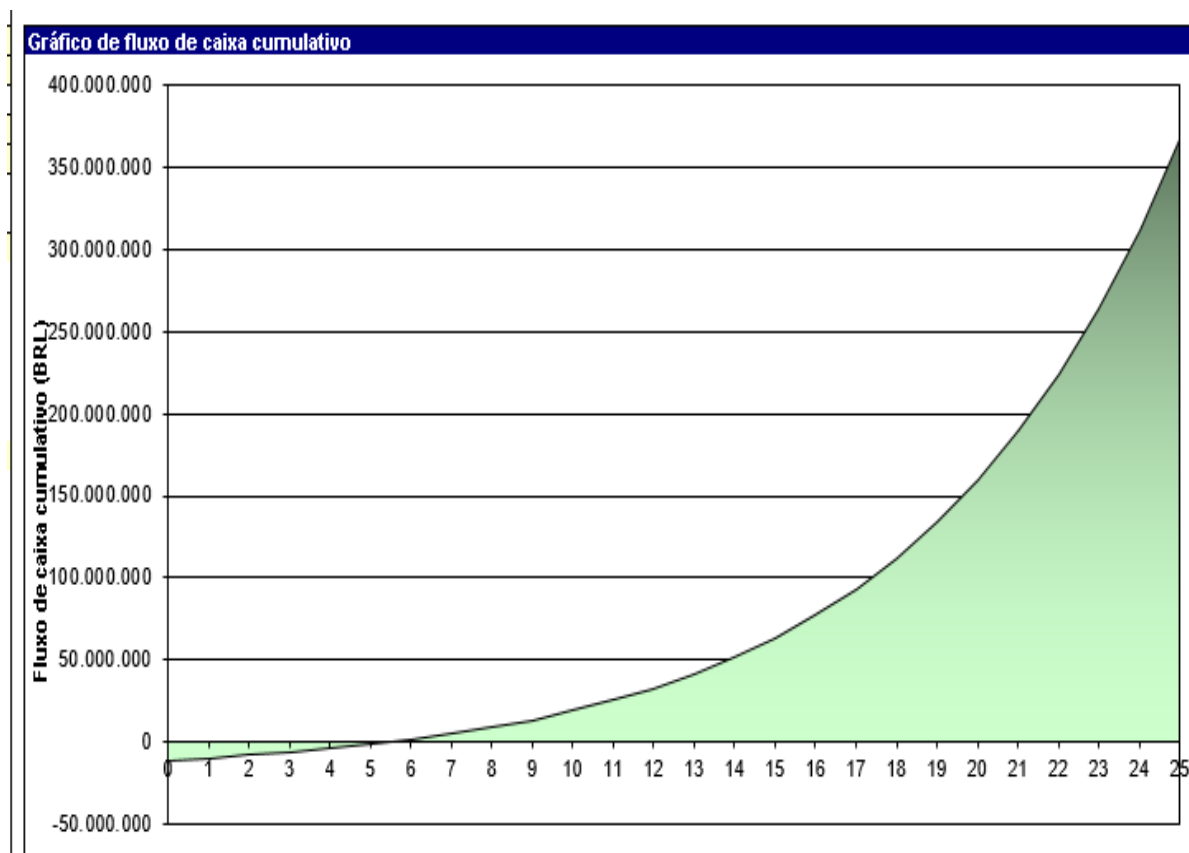
<b>TIR antes impostos-capital próprio</b>	%	27,5%
<b>TIR antes impostos - ativos</b>	%	27,5%
<b>TIR após impostos - capital</b>	%	27,5%
<b>TIR após impostos - ativos</b>	%	27,5%
<b>Retorno simples</b>	ano	9,7
<b>Retorno do capital próprio</b>	ano	5,6
<b>Valor Presente Líquido (VPL)</b>	BRL	48.299.377
<b>Economia anual no ciclo de vida</b>	BRL/ano	5.735.080
<b>Razão custo benefício (C-B)</b>		5,3
<b>Custo da Geração de energia</b>	BRL/MWh	80,11

FONTE: Próprio Autor.

A viabilidade é observada a medida que o retorno do capital investido se dá em 9,7 anos, retorno simples, e 5,6 anos com retorno do capital próprio, e a razão custo benefício de 5,3; tendo em vista que a vida útil dos painéis FV é de 25 anos e sua manutenção possui baixo custo.

O gráfico 3 representa um fluxo de caixa positivo após mais de 5 anos do investimento.

Gráfico 3 - Fluxo de Caixa Cumulativo.



FONTE: Próprio Autor.

Na Tab. 12, identificamos 2 tipos de Retornos, o simples e o com capital próprio, onde:

- **Retorno simples**

É o modelo que representa o tempo que leva para um projeto de investimento recuperar seu próprio custo inicial, dos recebimentos de caixa que ele gera.

- **Retorno do capital próprio ou (ano do Fluxo de caixa positivo)**

O modelo calcula o número de anos para o fluxo de caixa positivo (cumulativo), que representa o tempo que leva ao proprietário de um projeto recuperar seu próprio investimento inicial fora dos fluxos de caixa do projeto gerados. Representa o tempo para o fluxo de caixa “zerar”, ou seja, o retorno do capital investido.

## 5. CONCLUSÃO

A energia elétrica apresenta custos crescentes, gerando um aumento na conta de água, pois as Estações Elevatórias de Água (E.E.A.) possuem motores de alta potência que se caracterizam por um alto consumo de energia elétrica, sendo um dos fatores causadores do alto custo do tratamento das águas e de seu transporte até os consumidores.

O presente estudo teve como objetivo analisar a viabilidade financeira da utilização de um sistema FV conectado à rede em uma E.E.A. Foi utilizado para efeito de cálculo, obtenção de dados, definição de equipamentos e análise financeira o programa RESTCREEN. Com os dados obtidos e gerados, foi possível realizar o dimensionamento do sistema FV onde obtemos um valor de 7172 módulos FV capazes de gerar energia elétrica suficiente para suprir a demanda das E.E.A. da Aldeota e de Cascavel.

Assim, o sistema gera 97,7% da energia elétrica consumida, cerca de 3.037 MWh anualmente, possibilitando a realização do projeto onde, a geração de energia elétrica nas E.E.A. é conectada à rede da concessionária e compensada na conta de energia elétrica da CAGECE com uso da geração FV.

Foi calculado no RETScreen um tempo de retorno do capital investido considerando apenas a recuperação do valor investido em 5,6 anos, quando levado em consideração as taxas de inflação, taxa de desconto e uma estimativa de custo de operação. Um Payback de 9,7 anos é calculado, com isso temos um projeto viável e atrativo, com um investimento de médio prazo.

O resultado da análise financeira do projeto apresenta uma TIR de 27,5% a.a. e um VPL positivo em aproximadamente R\$ 48.299.377,00. O tempo de retorno do capital é de 9,7 anos com fluxo de caixa positivo a partir do quinto ano e uma razão custo benefício de 5,3. Assim, os indicadores apresentados no estudo apontam a viabilidade do projeto.

Com uma instalação de módulos FV nas E.E.A. em 9,7 anos é possível reduzir a conta de Água por causa da geração FV por meio da compensação junto à concessionária de energia local, cuja principal vantagem é a redução dos custos de eletricidade.

O projeto proposto apresenta valores positivos de VPL e uma razão de custo benefício superior a 1 que são indicativos de viabilidade do empreendimento.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL, RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687, 24 de Novembro de 2015: sistema de compensação de energia elétrica. pp. 1-25.

AGUILAR, R. S., Oliveira, L. C., & Arcanjo, G. L. ENERGIA RENOVÁVEL: OS GANHOS E OS IMPACTOS SOCIAIS, AMBIENTAIS E ECONÔMICOS NAS INDÚSTRIAS BRASILEIRAS. XXXII: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - *Bento Gonçalves, RS* , pp. 1-11, 15 a 18 de Outubro, 2012.

---

BAGGIO, F. A. ANÁLISE ECONÔMICA DA MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO PAINÉIS FOTOVOLTAICOS. *VI Congresso Brasileiro de Energia Solar - Belo Horizonte* , p. 8, 04 a 07 de Abril, 2016.

BARBOSA, E. M., Silva, D. O., & Melo, R. O. SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE COM BATERIAS. *SISTEMA UFPE-BRASIL* , p. 7, 2007.

BERMANN, C. *Sociedade Brasileira Para o Progresso da Ciência*. Acesso em 29 de Outubro de 2017, disponível em Ciência e Cultura: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252008000300010&script=sci\\_arttext](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252008000300010&script=sci_arttext), 2008.

CARNEIRO, J. PROJECTO INTERDISCIPLINAR II. *DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS* , p. 37, 2009.

CARVALHO, Paulo Cesar Marques de. **Dimensionamento de planta FV conectada à rede elétrica**. Fortaleza: UFC, 2017. 18 slides, color.

Dal Bem, e. a. SOLUÇÃO PARA BOMBEAMENTO DE ÁGUA EM PROPRIEDADES RURAIS UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. *IV Congresso Brasileiro de Energia Solar* , pp. 1-8, 04 a 07 de Abril, 2016.

GREENPEACE. *[R]evolução Energética*. São Paulo: Cenário Brasileiro, 2016.

GREENPEACE. *Revolução Energética*. *Clima e Energia* , p. 24, Abril de 2013.

IMAX ENERGIA. *Quais impactos sociais a energia solar pode proporcionar?* Acesso em 30 de Outubro de 2017, disponível em IMAX ENERGIA: <http://blog.imaxenergia.com.br/quais-impactos-sociais-a-energia-solar-pode-proporcionar/>, 14 de Junho, 2017.

MEYER, R. (s.d.). *Portal Solar*. Disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/blog-solar/painel-solar/tudo-sobre-a-manutencao-do-painel-solar.html>, Acesso em 03 de Setembro de 2017.

NEOSOLAR ENERGIA. (s.d.). Disponível em NeoSolar: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar-fotovoltaica/>, Acesso em 03 de Setembro de 2017

PINHO, J. T. *Sistemas Híbridos*. Rio de Janeiro: Ideorama Design e Comunicação Ltda, 2008.

REBOUÇAS, A. d. (2003). Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. *BAHIA ANÁLISE & DADOS*, pp. 341-345, 2003.

RECH, C., & Soares, G. G. METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO DE UM GERADOR FOTOVOLTAICO PARA SISTEMA AUTÔNOMOS. *O FUTURO DO PLANETA*, p. 2, 06 a 09 de Novembro, 2015.

ROSA, A. R., & Gasparin, F. P. PANORAMA DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL. VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, p. 1, 04 a 07 de Abril, 2016.

Vicentin, e. a. Estimativa da variabilidade do bombeamento d'água em sistema acionado por energia fotovoltaica na Cidade de Botucatu-SP, para o ano de 2014. *VI Congresso Brasileiro de Energia Solar*, pp. 1-7, 03 a 07 de Abril, 2016.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: Conceitos e aplicações - Sistemas Isolados e Conectados à rede**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2012. pp.224.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira. ABINEE, 2012.

NAKABAYASHI, Renny. Microgeração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras. 2014. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

SEINFRA. Ceará. **Tabela de Custos e Insumos**. Disponível em: <http://www.seinfra.ce.gov.br/siproce/anteriores/tabelas-anteriores.html>. Acesso em: 05 nov. 2017.

COMERCIOSOLAR. PHB. **Inversor Solar On-Grid 25kW**. Disponível em: <http://www.comerciosolar.com.br/inversores/inversor-solar-on-grid-3000w-220v-com-2-mppt-serrana-energia.html>. Acesso em: 05 nov. 2017.

NEOSOLAR. PHB. **Painel Fotovoltaico Yingli: YL250p-29b-250wp**. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-yingli-yl250p-29b-250wp.html>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

IBGE. IPCA. **Série Histórica dos Acumulados no Ano – IPCA**. Disponível em: <[https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc\\_ipca/ipca-inpc\\_201709\\_3.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/inpc_ipca/ipca-inpc_201709_3.shtm)>. Acesso em: 05 nov. 2017.

INVESTING. Disponível em: <<https://br.investing.com/commodities/carbon-emissions>>. Acesso em: 05 nov. 2017.