



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

ANTHONY IAGO BARBOZA COUTINHO

**ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DA IMPLEMENTAÇÃO DE PLANTA
FOTOVOLTAICA DE 41,58 kW_p EM FAZENDA DE CARCINICULTURA**

FORTALEZA

2022

ANTHONY IAGO BARBOZA COUTINHO

**ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DA IMPLEMENTAÇÃO DE PLANTA
FOTOVOLTAICO DE 41,58 kWp EM FAZENDA DE CARCINICULTURA**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho

FORTALEZA

2022

ANTHONY IAGO BARBOZA COUTINHO

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)

- C895a Coutinho, Anthony Iago Barboza.
Análise da viabilidade financeira da implementação de planta fotovoltaica de 41,58 kWp em fazenda de carcinicultura / Anthony Iago Barboza Coutinho. – 2022.
52 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho.
1. Geração fotovoltaica. 2. Microgeração. 3. Análise financeira. I. Título.

CDD 621.3

**ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA DA IMPLEMENTAÇÃO DE PLANTA
FOTOVOLTAICO DE 41,58 kWp EM FAZENDA DE CARCINICULTURA**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título 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)

Eng. José Sérgio de Aguiar Júnior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Raimundo Furtado Sampaio
Universidade Federal do Ceará (UFC)

RESUMO

O presente trabalho analisa a viabilidade financeira da implementação de um sistema fotovoltaico (FV) em uma fazenda de carcinicultura no interior do estado do Rio Grande do Norte, na zona rural da cidade de Mossoró. O início do estudo se deu através do levantamento de características do local, que devem ser consideradas para o projeto da geração FV, além da contextualização de como funciona o processo de geração FV e seus principais componentes. Foi feita a análise do consumo de energia elétrica da fazenda em questão, dos dados de irradiação solar da localidade, além da disponibilidade da área disponível para a inserção dos módulos FV. Posteriormente, fez-se a análise teórica da potência necessária para atender à demanda da unidade consumidora em questão e observou-se que, para suprir uma demanda de 66.355,43 kWh por ano, foram necessários 126 módulos FV de 330 Wp que compõem a microgeração distribuída. O estudo contempla os custos gerais com cada equipamento e com as manutenções necessárias de acordo com os fabricantes. A análise financeira foi realizada para um período de 25 anos, levando em conta a eletricidade produzida, considerando que a unidade consumidora é tarifada na modalidade B2 Rural, pela Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN), e possui três tipos de tarifa baseados no horário de uso da energia elétrica, tarifa de ponta, fora de ponta e reservada. O sistema de geração FV foi dimensionado para suprir a demanda apenas para a tarifa de maior valor, o consumo fora de ponta, uma vez que a fazenda não consome energia elétrica no horário de ponta. Os resultados da análise financeira foram obtidos por meio do cálculo do tempo de retorno do investimento (*payback time*) e do valor final do investimento ao longo de 25 anos. Foi comparado, também, o investimento com o sistema FV com investimentos seguros, como a poupança, para comprovar a viabilidade do projeto em questão.

Palavras-chave: Geração Fotovoltaica; Microgeração; Análise Financeira.

ABSTRACT

The present work analyzes the financial feasibility of the implementation of a photovoltaic system (PV) in a shrimp farm in the state of Rio Grande do Norte, in Mossoró city. The study begins with a survey of local characteristics, that are necessary to the PV project design, as the contextualization of how the photovoltaic generation works, and which are its primal components. The electrical energy consumption, the solar radiation on site and the available area for the installation of the PV system were analysed. Also, the theoretical analysis of the installed power to meet the farm requirements was done and was observed that, to meet the 66355,43 kWh per year demand, were necessary 126 PV modules of 330 Wp each, which compose the distributed microgeneration. The study contains all the costs with each equipment and maintenances according to the manufacturers. The financial analysis was carried out for 25 years, and takes into account the produced electricity and that the unit has the B2 Rural tariff, applied by the Energetic Company of Rio Grande do Norte (COSERN), and it has three types of tariff, based on the time of the day that the electrical energy is used. The financial and analysis results were obtained by the payback time calculus and the future value of the investment 25 years later. To prove its feasibility, the PV system investment was compared with safer investments, as the savings account.

Keywords: Photovoltaic generation; Microgeneration; Financial analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo Final e Oferta de energia de 2020 comparado ao ano anterior	17
Figura 2 - Modelo de sistema fotovoltaico de geração isolada.....	18
Figura 3 - Modelo de Sistema fotovoltaico ligado a rede.....	18
Figura 4 - Divisão da caracterização do local.....	28
Figura 5 - Vista superior da planta da fazenda	28
Figura 6 - Viveiros de 2,5 ha.	29
Figura 7 - Potencial Fotovoltaico do Brasil.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Eletricidade gerada ao longo de 25 anos	25
Tabela 2 - Economia anual estimada	26
Tabela 3 - Irradiação média mensal de dezembro de 2020 a agosto de 2021.....	32
Tabela 4 - Energia Elétrica consumida em um ano	33
Tabela 5 - Consumo de Energia Fora Ponta ao longo de um ano.....	34
Tabela 6 - Dados para cálculo da quantidade de módulos.....	36
Tabela 7 - Estimativa de Energia Elétrica gerada em 12 meses	37
Tabela 8 - Estimativa de Energia Elétrica gerada em 12 meses com 126 módulos	38
Tabela 9 - Estimativa de custos	40
Tabela 10 - Consumo e Geração de Energia Elétrica na fazenda no período estudado	41
Tabela 11 - Economia com créditos da GD.....	41
Tabela 12 - Taxa de inflação anual.....	44
Tabela 13 - Economia ao longo de 25 anos	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Evolução das fontes renováveis em tep.....	16
Quadro 2 - Economia Prevista pelo sistema FV	22
Quadro 3 - Eletricidade gerada entre maio de 2016 e abril de 2017	23
Quadro 4 - Análise da economia média mensal	24

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Geração FV e Irradiação	21
Gráfico 2 - Análise financeira ao longo de 25 anos.....	27
Gráfico 3 - Diferença nas faturas com e sem GD ao longo de 12 meses	42
Gráfico 4 - Comparação entre energia elétrica consumida e injetada em 12 meses.....	43
Gráfico 5 - Fluxo de Caixa em 25 anos	46
Gráfico 6 - Fluxo de Caixa da Poupança	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.a – Ao ano

ABCC – Associação Brasileira dos Criadores de Camarão

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BEN – Balanço Energético Nacional

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

COSERN – Companhia Energética do Rio Grande do Norte

CRESESB – Centro de Referências das Energias Solar e Eólica Sérgio Brito

FV – Fotovoltaico

GD – Geração Distribuída

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEA – Agência Internacional de Energia

IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

PVC – Policloreto de Vinila

RN – Rio Grande do Norte

Tep – Tonelada equivalente de petróleo

UC – Unidade Consumidora

VPL – Valor Presente Líquido

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Motivação	14
1.2 Objetivos.....	14
1.2.1 Objetivo Geral	14
1.2.2 Objetivos Específicos	14
1.3 Metodologia	15
1.4 Organização	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Energia solar	16
2.2 Energia solar no Brasil.....	16
2.3 Aproveitamento da energia solar	17
2.3.1 Energia solar térmica	17
2.3.2 Geração fotovoltaica	17
3. ESTADO DA ARTE.....	21
4. ESTUDO DE CASO – FAZENDA DE CARCINOCULTURA.....	28
4.1 Caracterização do local.....	28
4.2 Dados de Irradiação Solar.....	30
4.3 Análise do consumo de energia elétrica	32
4.3.1 Análise de consumo fora ponta e reservado	33
4.4 Área disponível para inserção de módulos fotovoltaicos	34
4.5 Método da insolação	34
5. ANÁLISE FINANCEIRA	36
5.1 Dimensionamento dos módulos FV.....	36
5.2 Dimensionamento do inversor	38
5.3 Dimensionamento dos condutores	39
5.4 Sistema de medição	39
5.5 Estimativa de custos	40
6. ANÁLISE DE RESULTADOS	40
6.1 Fluxo de Caixa	43
6.2 Atratividade do Investimento	47
7. CONCLUSÕES	48
8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	50
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

No cenário mundial, as fontes renováveis de geração de energia elétrica vêm ganhando cada vez mais espaço. Em 1973, a parcela das fontes renováveis não contendo a hidroelétrica era de 0,6% da geração de energia elétrica total global, enquanto que em 2019, essa parcela atingiu 10,8% (IEA, 2021).

Dando um enfoque para a geração solar fotovoltaica (FV), esta cresceu 16925% entre os anos 2005 e 2019, saltando de 4 TWh para 681 TWh nesse intervalo. Além disso, a capacidade instalada da geração FV atingiu 602,6 GW (IEA, 2021).

No Brasil, a fonte predominante para produção de eletricidade é a hidroelétrica, representando 63,8%, da matriz energética do país (EPE, 2021).

Entretanto, de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) vem registrando sucessivos recordes de níveis críticos na quantidade de chuvas sobre os principais reservatórios desde setembro de 2020, quando começou a última temporada hidrológica úmida nas principais bacias hidrográficas com geração de energia elétrica por meio de usinas hidroelétricas no Brasil. Entre setembro de 2020 e julho de 2021 foram registradas as piores afluências de que se tinha conhecimento até então, cuja referência é a grande seca de 1931. Simulações feitas confirmaram circunstâncias de severidade hidrológica para o segundo semestre de 2021 (ANEEL, 2021).

O custo com o consumo de eletricidade vem se tornando cada vez maior e, desta forma, está abrindo margem para a implementação de sistemas de geração própria de energia, principalmente as renováveis. (WANDERLEY, 2013). Sendo a geração distribuída uma ótima alternativa sustentável pelo perfil consumidor do Brasil, em 2020 iniciou-se com 2 GW de potência instalada e atingiu 4 GW ao final do ano (CANALERGIA, 2020).

O estado do Rio Grande do Norte (RN) tem um dos maiores índices de incidência solar direta normal anual do Brasil, cerca de 2100 kWh/m².ano (PEREIRA, 2017), tornando-o bastante propício para a inserção de usinas de geração fotovoltaica. Dessa forma e com o crescente número de implementações de usinas solares no Rio Grande do Norte, os custos de geração, transmissão e distribuição podem ser reduzidos, se comparados com a geração de energia elétrica por outras fontes, além de que se trata de uma energia alternativa, com baixo impacto ambiental (WANDERLEY, 2013).

De acordo com o Infográfico ABSOLAR nº 37, atualizado em 01/11/2021, o estado do Rio Grande do Norte representa 2,2% da potência instalada de Geração Distribuída, 169,4 MW, ocupando o decimo quarto lugar no ranking dos estados brasileiros.

1.1 Motivação

A energia solar, no Brasil, vem ganhando bastante espaço, pelo fato de uma grande parte de seu território estar situado próximo à linha do equador, têm um maior tempo de irradiação solar comparado a outros países, fazendo dele um local bastante propício para a implementação desta modalidade de geração energética (WANDERLEY, 2013).

É notório o incentivo governamental para a instalação de unidades de geração distribuída, pois, de acordo com a Resolução Normativa ANEEL nº 687/2015, os créditos acumulados da geração de energia elétrica podem ser utilizados em até 60 meses e em qualquer unidade consumidora de mesma titularidade. Além disso, é possível que diversos interessados se unam em um consórcio para instalar uma mini ou micro geração distribuída e reduzam suas faturas a partir dessa geração.

Nessa perspectiva e considerando o alto potencial de geração de energia por meio de plantas FV no estado do Rio Grande do Norte, o presente estudo tem como motivação uma análise de viabilidade financeira da implementação de planta FV de 41,58 kWp em uma fazenda de carcinicultura, com intuito de reduzir os custos relacionados à energia elétrica e reduzir impactos ambientais com o uso de energia alternativa.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade financeira da geração FV em uma fazenda de carcinicultura no interior do Rio Grande do Norte, avaliando os custos de desenvolvimento e operação do sistema proposto.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Projetar um sistema de geração FV;
- Escolher as tecnologias de módulos FV e inversores comerciais bem aceitos no mercado para serem utilizadas no projeto;
- Calcular o tempo de retorno do investimento, para medir seu nível de atratividade, bem como o valor acumulado após o tempo de vida útil do equipamento.
- Comparar o investimento em módulos FV com investimentos conservadores, de forma a comprovar a viabilidade do projeto.

1.3 Metodologia

A metodologia retratada neste estudo consiste na avaliação do local, além da análise de dados de irradiação solar no estado do RN, do consumo de energia elétrica do local do estudo, da área disponível para a implementação dos módulos fotovoltaicos e, por fim, o cálculo da geração por planta FV.

1.4 Organização

O presente estudo é composto por oito capítulos, classificados da seguinte maneira:

Capítulo 1: introdução quanto ao tema a ser analisado, estabelecendo os objetivos geral e específicos, metodologia e organização.

Capítulo 2: revisão da literatura sobre energia solar e seus tipos para a compreensão dos capítulos subsequentes.

Capítulo 3: estudo do estado da arte, analisando financeiramente a implementação de módulos FV em diversos lugares do Brasil.

Capítulo 4: estudo de caso, avaliando a geografia do local utilizado, irradiação solar, consumo atual de energia elétrica e o cálculo de geração FV.

Capítulo 5: análise financeira relacionada aos dimensionamentos dos módulos FV, inversor e condutores, além do sistema de medição e estimativa de custos.

Capítulo 6: análise de resultados quanto ao fluxo de caixa e atratividade do investimento.

Capítulo 7: conclusão do trabalho

Capítulo 8: sugestões para futuras pesquisas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são abordados alguns aspectos teóricos para fundamentar o estudo de caso da fazenda de carcinicultura em questão.

2.1 Energia solar

O Sol, atuando como uma fonte de energia, possui temperaturas em sua superfície por volta de 5800 K e emite, em média, 1367 W/m² de irradiância no topo da atmosfera terrestre. De acordo com Shaw 2015, o planeta Terra recebe dessa estrela, cerca 1,8x10¹¹ MJ por segundo de potência. Em quilowatt-hora, a Terra recebe, a cada ano, mais de 1,5x10¹⁸ quilowatts-hora (PEREIRA, 2017).

2.2 Energia solar no Brasil

O Brasil está explorando cada vez mais seu potencial de energia solar. De acordo com o relatório consolidado do Balanço Energético Nacional (BEN), a geração solar avançou 61,5% em relação ao ano anterior, totalizando 10,74 TWh, compreendidos entre geração centralizada e geração distribuída. O Quadro 1 a seguir mostra a comparação de energia gerada entre 2019 e 2020 em TWh (EPE, 2021).

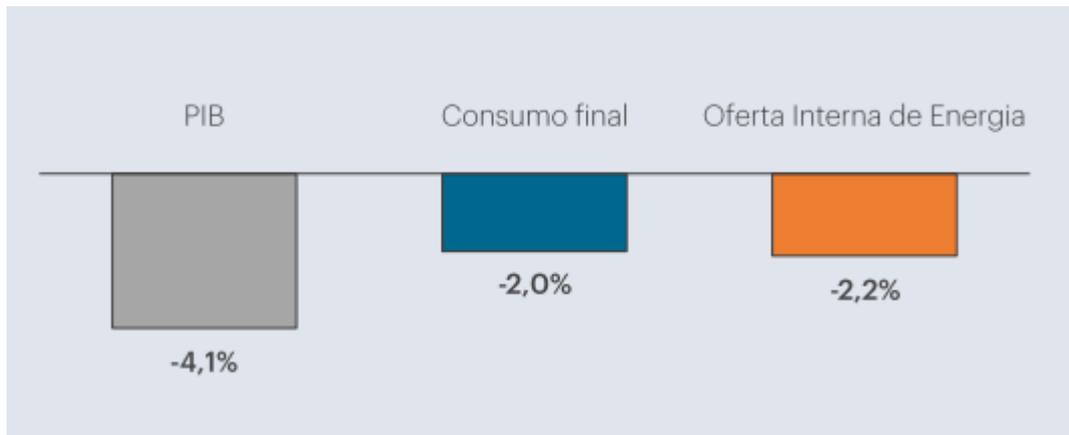
Quadro 1- Evolução das fontes renováveis em TWh

Outras renováveis(TWh)	2019	2020	Δ20/19
Lixívia	104,06	111,36	7%
Biodiesel	56,73	61,63	8,6%
Eólica	55,99	57,05	1,9%
Outras biomassas	13,36	13,24	-0,9%
Solar	6,65	10,74	61,5%
Biogás	3,12	3,61	15,7%
Gás industrial de carvão vegetal	0,94	0,98	4,3%
Total	240,88	258,66	7,4%

Fonte: EPE (2021).

Enquanto isso, conforme a Figura 1, tanto o consumo final de eletricidade no país, quanto a oferta interna de energia, em 2020, registraram uma queda de 2,0% e 2,2% respectivamente, em relação ao ano anterior.

Figura 1 - Consumo Final e Oferta de energia de 2020 comparado ao ano anterior



Fonte: EPE (2021).

2.3 Aproveitamento da energia solar

Divide-se o aproveitamento da energia solar em energia térmica e fotovoltaica.

2.3.1 Energia solar térmica

A conversão da energia solar em térmica é dada por duas etapas. Primeiramente, os raios solares são captados por uma superfície coletora e em seguida refletidos para o tubo absorvedor. Na segunda etapa, os raios absorvidos pelo tubo são transferidos ao ar atmosférico e ao fluido presente, por convecção e radiação (TEIXEIRA, 2012).

Segundo RAMOS et al. (2018), a radiação solar média diária no país, utilizando o modelo Bristow e Campbell, é 5,3 kWh/m².dia. E, de modo a extrair a maior eficiência dos coletores ou dos painéis, é possível ajustar suas posições de acordo com a latitude local (ANEEL, 2021).

2.3.2 Geração fotovoltaica

Entende-se por geração FV como a conversão direta da luz em energia elétrica. (PEREIRA, 2017). O efeito FV se dá pela absorção dos raios solares, a qual resulta em uma diferença de potencial no material semicondutor. Entretanto, um módulo FV não é capaz de armazenar energia elétrica, apenas mantém uma corrente elétrica circulando no circuito inserido enquanto estiver sob a incidência de luz (NASCIMENTO, 2004).

Uma das formas em que o sistema FV é amplamente utilizado é a forma isolada, quando se é utilizado em conjunto com um banco de baterias para armazenar a energia excedente e não possui conexão com a rede da concessionária local (PEREIRA, 2017). Um exemplo desse modelo isolado está retratado na Figura 2.

Figura 2 - Modelo de sistema fotovoltaico de geração isolada.

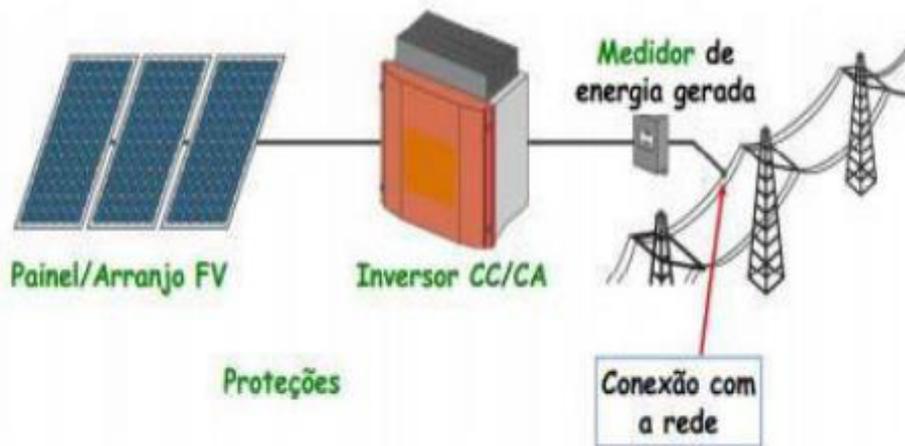


Fonte: WOLF TECHNOLOGY (2021).

Sistemas deste tipo são comumente utilizados como fonte de energia para consumo residencial e em diversas atividades, como bombas, cercas elétricas e motores. (EBERHARDT, 2005).

Uma outra situação é a ligação em paralelo do sistema FV com a rede elétrica da concessionária local, conforme observado na Figura 3.

Figura 3 - Modelo de Sistema fotovoltaico ligado a rede



Fonte: adaptado de PEREIRA (2017)

De acordo com a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e também fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Da mesma maneira, quaisquer diferenças entre a geração local e o consumo de energia elétrica podem ser supridas pela concessionária local nessa modalidade de ligação, sem a necessidade de um banco de baterias.

Componentes de um sistema FV conectado à rede:

- Módulos FV
- Inversor
- Medidor de energia (concessionária).

2.3.2.1 Módulos fotovoltaicos

A planta FV, responsável por produzir energia elétrica a partir da captação da irradiação solar, é constituída pelo conjunto de módulos FV. Estes módulos, por sua vez, são compostos por várias células ligadas em série ou em paralelo, de acordo com a necessidade do projeto (PEREIRA, 2017)

Atualmente os módulos produzidos podem ser de várias tecnologias, e algumas delas são fabricadas desde a década de 1950. As tecnologias mais usadas nos módulos FV atualmente são as tecnologias do silício. O aumento da produção desses componentes vem reduzindo os custos para facilitar a implementação do sistema (PEREIRA, 2017)

2.3.2.2 Inversor

Os módulos FV geram energia elétrica em corrente contínua, enquanto que a maioria dos equipamentos utilizados no cotidiano funcionam somente em corrente alternada. Dessa forma, é necessário fazer a conversão da corrente de corrente contínua para alternada.

O inversor de frequência é um aparato eletrônico que, a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua, fornece energia elétrica em corrente alternada. (PINHO; GALDINO, 2014).

É preciso analisar a forma de onda da carga, além da eficiência do próprio inversor de modo a dimensionar corretamente esse equipamento para um sistema FV. (MESSENGER; VENTRE, 2010).

2.3.2.3 Medidor de energia

De acordo com a Resolução Normativa da ANEEL n.674, o medidor de energia é o instrumento instalado pela concessionária de energia local, cuja função é registrar o consumo de energia elétrica e potência para atividades de faturamento do ponto de medição.

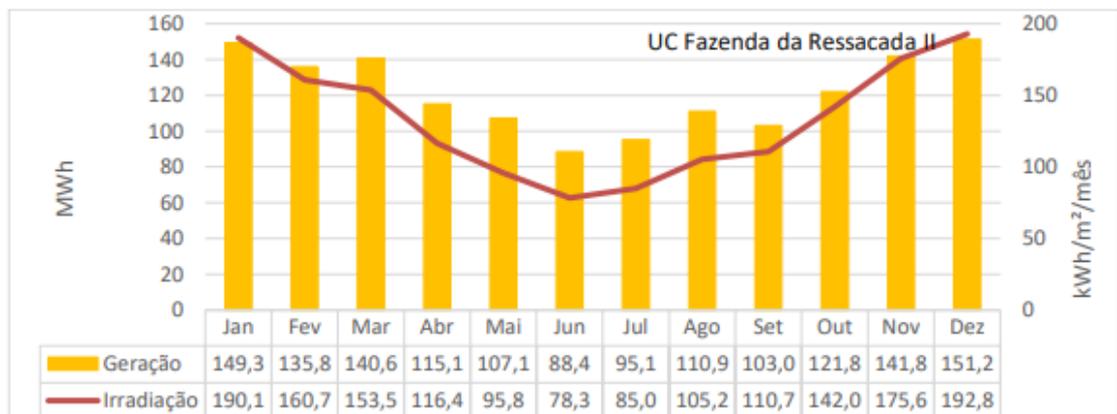
A aferição do medidor é feita pela distribuidora, podendo ser em laboratório ou na própria unidade consumidora, de modo a verificar os valores indicados no medidor e que esteja em condições de operação estabelecidas pela legislação metrológica (ANEEL, 2012).

3. ESTADO DA ARTE

Neste capítulo é abordado o estado da arte das análises de viabilidade financeira com implementação de módulos fotovoltaicos (FV) em diferentes partes do país.

Em estudos realizados por Costa, 2021, fez-se a análise da implantação de um sistema de minigeração FV de 1 MWp em fazenda localizada no estado de Santa Catarina, cujo consumo anual em 2019 foi de 245,44 MWh e Irradiação Global Horizontal é de 1606,1 kWh/m²/ano. Nesse estudo foram utilizados 3000 módulos de 360 Wp, totalizando 1081 kWp, divididos em 150 *strings*, respeitando a condição de operação dos nove inversores implementados. Com essa configuração, mediu-se a eletricidade gerada pelos módulos, representado no Gráfico 1, de janeiro de 2019 a dezembro de 2019.

Gráfico 1 - Geração FV e Irradiação



Fonte: COSTA (2021).

O custo do sistema de minigeração FV foi de 3,97 R\$ / Wp, totalizando R\$ 4.291.570,00 de investimento, além de R\$ 198.939,12 em eventuais custos com acréscimo de demanda. Dessa forma, obteve-se uma economia anual no valor de R\$ 544.103,80, demonstrada no Quadro 2.

Quadro 2 - Economia Prevista pelo sistema FV

Mês	Geração FV (kWh)	Consumo FP Fazenda Ressacada II (kWh)	Créditos restantes após compensação FP (kWh)	Consumo Ponta Fazenda Ressacada II (kWh)	Créditos remanescentes após compensação Ponta (kWh)	Tarifa de Compensação Média Tensão (R\$/kWh)	Crédito Gerado (R\$)
Jan/19	149.300	17.592,40	131.707,60	1.847,77	128.993,55	0,521	67.205,64
Fev/19	135.800	18.479,38	117.320,62	1.807,06	114.646,84	0,499	57.208,77
Mar/19	140.600	16.532,32	124.067,68	1.979,20	121.131,67	0,473	57.295,28
Abr/19	115.100	18.591,27	96.508,73	2.147,16	93.258,81	0,464	43.272,09
Mai/19	107.100	18.950,34	88.149,66	2.398,87	84.485,31	0,468	39.539,13
Jun/19	88.400	20.284,48	68.115,52	2.308,37	64.561,01	0,494	31.893,14
Jul/19	95.100	20.420,45	74.679,55	2.569,00	70.721,80	0,522	36.916,78
Ago/19	110.900	20.738,25	90.161,75	2.612,06	86.161,85	0,435	37.480,40
Set/19	103.000	19.656,33	83.343,67	2.542,84	79.442,24	0,413	32.809,64
Out/19	121.800	13.144,00	108.656,00	1.818,00	105.950,10	0,401	42.485,99
Nov/19	141.800	18.202,63	123.597,37	2.288,60	120.168,61	0,387	46.505,25
Dez/19	151.200	16.494,46	134.705,54	2.039,18	131.692,24	0,391	51.491,67
Total	1.460.000	219.086	1.241.013,7	26.358,11	1.201.214,02	-	544.103,8

Fonte: COSTA (2021).

Nessa simulação, considerou-se também a troca dos nove inversores após 15 anos, no valor de R\$ 1.035.000,00, para o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) e o tempo de retorno do investimento, *Payback time*. Diante dessas considerações, estimou-se um *Payback time* de, aproximadamente, 11 anos e um VPL no final dos 25 anos de R\$ 2.408.241,86. Ademais, o custo médio de geração foi de 208,74 R\$/MWh, o que é significativamente menor que a média das tarifas cobradas pela distribuidora de energia, viabilizando o projeto.

Além disso, para uma taxa média anual de 3% e utilizando a compensação da energia excedente injetada na rede da distribuidora em unidades consumidoras de baixa tensão o *Payback time* reduz significativamente, e se situa próximo aos 8 anos. Por fim, sabe-se que este estudo foi feito para uma unidade consumidora de média tensão e que tal investimento se torna menos atrativo quando se comparado a uma instalação de minigeração FV em unidade consumidora de baixa tensão. Esta, por sua vez, assumiria um VPL no final dos 25 anos de R\$ 5.618.316,92.

Em um outro estudo, realizado por Pereira, 2017, foi feita a análise da implantação de um sistema FV em um mercado público no interior do Rio Grande Do Norte, em um

estabelecimento cuja média de consumo mensal é de 9894,33 kWh. Com o auxílio do programa Radasol, software que, ao inserir os dados de latitude e longitude de uma certa área, mostra a irradiação solar de cada mês determinou-se a irradiação mensal média da cidade de Areia Branca, no estado do Rio Grande do Norte, no valor de 4,676 kWh/m²/dia, entre maio de 2016 e abril de 2017.

Nesse estudo foram utilizados 276 módulos FV, com eficiência de 0,1642, área útil do módulo de aproximadamente 1,92 m² e uma eficiência do restante do sistema, compreendido pelos inversores, medidores e cabos, de 0,80. Com essas configurações, a eletricidade gerada nesses meses está representada no Quadro 3.

Quadro 3 - Eletricidade gerada entre maio de 2016 e abril de 2017

Mês	Energia Gerada (KWh/mês)
mai/16	11173,7
jun/16	11374,7
jul/16	12613,4
ago/16	11453,0
set/16	9877,5
out/16	8638,1
nov/16	7714,8
dez/16	7434,8
jan/17	8616,6
fev/17	8804,5
mar/17	9963,5
abr/17	11021,2

Fonte: PEREIRA (2017).

Neste estudo de caso, o custo total estimado foi de R\$ 530.532,00, compreendendo 276 módulos FV, quatro inversores, um medidor bidirecional, quatro componentes de proteção contra sobrecorrente e sobretensão, denominados de *string box*, 92 kits de

montagem, R\$ 4450,00 em condutores, 276 conectores, quatro disjuntores trifásicos e R\$ 88422,00 em mão de obra.

Dessa forma, fez-se a análise de eletricidade injetada pelos módulos FV subtraída do consumo para estimar a economia anual, o *Payback time* e o VPL do investimento em 25 anos. A análise das faturas com a implementação dos módulos está reportada no Quadro 4.

Quadro 4 - Análise da economia média mensal

Mês	Consumo (KWh)	Injetada (KWh)	Credito acumulado (KWh)	Fatura sem GD(R\$)	Fatura com GD(R\$)	(SEMGD-COMGD) (R\$)
mai/16	10466	11173,7	707,7	5636,65	35,91	5600,74
jun/16	10246	11374,7	1836,4	5518,16	35,91	5482,25
jul/16	10385	12613,4	4064,8	5593,02	35,91	5557,11
ago/16	10991	11453	4526,8	5919,39	35,91	5883,48
set/16	10797	9877,5	3607,3	5814,91	35,91	5779,01
out/16	9874	8638,1	2371,4	5317,81	35,91	5281,91
nov/16	8786	7714,8	1300,2	4731,85	35,91	4695,95
dez/16	9189	7434,8	0	4948,89	244,51	4704,38
jan/17	10021	8616,6	0	5396,98	756,36	4640,62
fev/17	9521	8804,5	0	5127,70	385,89	4741,81
mar/17	8808	9963,5	1155,5	4743,70	35,91	4707,79
abr/17	9648	11021,2	2528,7	5196,10	35,91	5160,19

Fonte: PEREIRA (2017).

Assim, obteve-se uma economia anual no valor de R\$ 62.235,28, subtraindo a fatura sem Geração Distribuída (GD) da fatura com GD. Pelo método VPL, estimou-se que, para uma taxa mínima de atratividade do investimento de 10% ao ano, o retorno do investimento se dá em aproximadamente 10 anos. Conclui-se com esse estudo que, apesar de a viabilidade ser algo bastante relativo, pois cada consumidor pode exigir diferentes prazos de recuperação do investimento, é um projeto em que se tem um *Payback time* relativamente rápido, pois a garantia dos módulos é de 25 anos, ou seja, durante 15 anos o cliente praticamente permanece sem custos com energia elétrica, tornando-se então um investimento bastante atrativo para o consumidor.

Em estudos realizados por Melo, 2021, foi feita a análise financeira da implementação de um sistema de microgeração FV em uma fazenda no interior do Ceará, cuja média de consumo mensal de janeiro a dezembro de 2020 foi de 385 kWh e que, nesse mesmo período, a irradiação solar solar diária média foi de 5,64 kWh/m².dia. Determinou-se uma demanda de 3 kWp de potência, que seria atendida por 8 módulos FV de 405 Wp da fabricante Trina

Solar, modelo TSM-DE15M(II). O inversor utilizado foi o da marca GoodWe, modelo GW-3000XS, com potência de 3 kW.

Com o auxílio do software PVsyst, determinou-se uma média de 5326 kWh de eletricidade gerada ao longo de um ano. Fez-se também uma estimativa de produção de energia elétrica ao longo de 25 anos, uma vez que o fabricante informa um decréscimo de 2,5% no primeiro da potência nominal do módulo FV e, nos anos seguintes, a variação poderá ser até de 0,6% ao ano, de modo que ao final do período de garantia de 25 anos de acordo com o fabricante, cada painel deve possuir pelo menos 83% de sua potência nominal. Os resultados dessa estimativa foram apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Eletricidade gerada ao longo de 25 anos

Ano	Redução ao ano (%)	Produção (kWh)
1	2,5	5193
2	0,6	5162
3	0,6	5131
4	0,6	5100
5	0,6	5069
6	0,6	5039
7	0,6	5009
8	0,6	4979
9	0,6	4949
10	0,6	4919
11	0,6	4890
12	0,6	4860
13	0,6	4831
14	0,6	4802
15	0,6	4773
16	0,6	4745
17	0,6	4716
18	0,6	4688
19	0,6	4660
20	0,6	4632
21	0,6	4604
22	0,6	4576
23	0,6	4549
24	0,6	4522
25	0,6	4495
Total	15,1 %	120893

Fonte: MELO (2021)

Neste estudo de caso, o custo total estimado foi de R\$ 20.000,00, compreendendo oito painéis fotovoltaicos, um inversor, estrutura no telhado para comportar os módulos, conectores, cabos, uma *string box*, um disjuntor, um quadro de distribuição, além do transporte, projeto, documentação e mão de obra.

Assim, fez-se uma análise da economia anual estimada, representada na Tabela 2, considerando o reajuste anual do preço do kWh de acordo com a taxa de inflação média de 5,66% a.a,

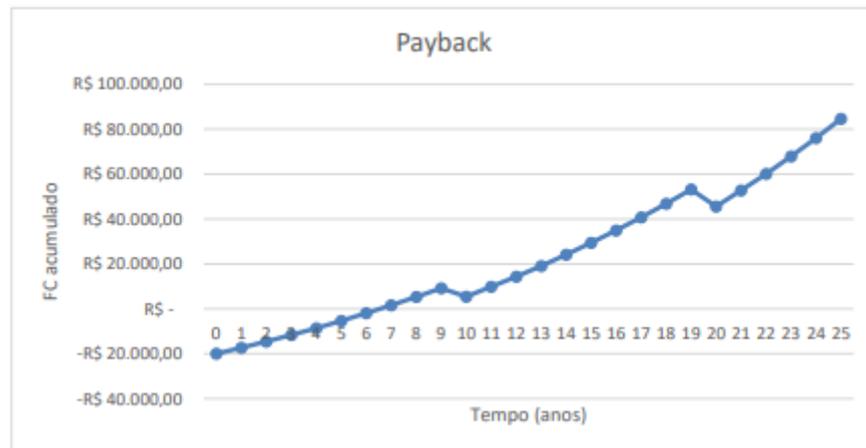
Tabela 2 - Economia anual estimada

Ano	Preço do kWh (R\$)	Produção (kWh)	Reembolso (R\$)
1	0,51	5193	2648,43
2	0,54	5162	2781,52
3	0,57	5131	2921,19
4	0,60	5100	3067,77
5	0,64	5069	3221,58
6	0,67	5039	3383,65
7	0,71	5009	3553,74
8	0,75	4979	3732,26
9	0,79	4949	3919,59
10	0,84	4919	4116,18
11	0,88	4890	4323,35
12	0,93	4860	4539,86
13	0,99	4831	4768,01
14	1,04	4802	5007,45
15	1,10	4773	5258,72
16	1,16	4745	5523,56
17	1,23	4716	5800,30
18	1,30	4688	6091,98
19	1,37	4660	6398,10
20	1,45	4632	6719,36
21	1,53	4604	7056,49
22	1,62	4576	7410,26
23	1,71	4549	7783,19
24	1,81	4522	8174,60
25	1,91	4495	8585,39

Fonte: MELO (2021).

Com esses dados, aliados ao método do VPL, estimou-se um *Payback time* de aproximadamente 6 anos e 9 meses, e um valor final do investimento ao longo de 25 anos de R\$ 82.000,00, conforme Gráfico 2.. Vale ressaltar que nesse estudo os inversores foram trocados nos anos 10 e 20.

Gráfico 2 - Análise financeira ao longo de 25 anos



Fonte: MELO (2021).

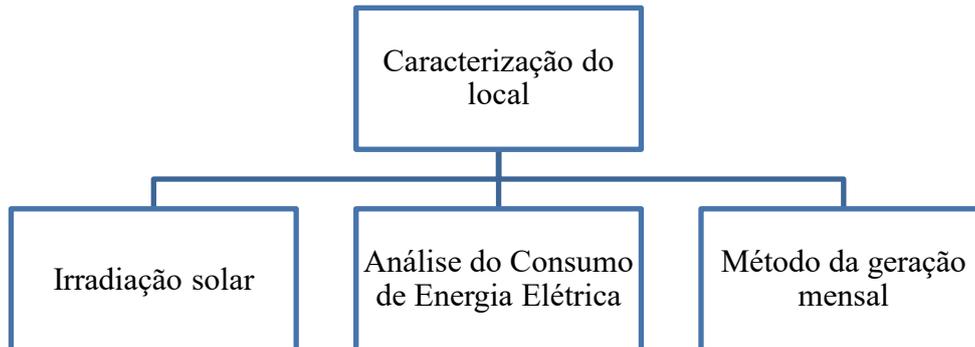
Por fim, faz-se uma análise financeira quando se há a comparação do investimento com a rentabilidade da poupança, que foi determinada em 6,17% a.a nesse estudo, e, a partir do 10º ano, o investimento com os módulos FV torna-se mais atrativo que a poupança, indicando uma aplicação viável.

Portanto, pode-se concluir que é um investimento bastante viável, tanto do ponto de vista financeiro, já que é mais atrativo que outras formas de investimento seguras, por exemplo, quanto do ponto de vista socioambiental, já que trata-se de uma geração de energia limpa.

4. ESTUDO DE CASO – FAZENDA DE CARCINOCULTURA

Neste capítulo serão descritos os métodos e materiais utilizados na realização deste trabalho, iniciando pela caracterização do local. Sua composição está discriminada na Figura 4.

Figura 4 - Divisão da caracterização do local



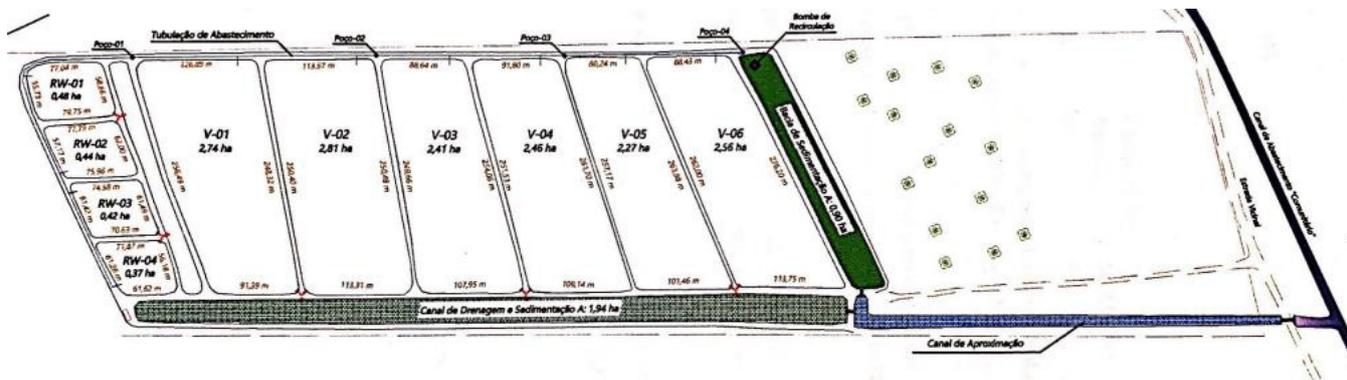
Fonte: Elaboração Própria

Na caracterização local, será observada, também, a área disponível na fazenda, que não esteja sendo utilizada como viveiro, para determinar a quantidade de painéis que poderão ser instalados.

4.1 Caracterização do local.

Trata-se de uma fazenda no interior de Mossoró, no Rio Grande do Norte, com 39 hectares de terreno, sendo 22,43 ha reservados para o projeto de carcinicultura, composto por 6 viveiros, quatro berçários (viveiros menores) e uma bacia de sedimentação como pode-se observar na Figura 5.

Figura 5 - Vista superior da planta da fazenda



Fonte: Elaboração própria com informações geográficas do MAPBIOMAS (2020) e IPECE (2019).

Observa-se, também, na Figura 6, um dos viveiros da fazenda que fazem parte do projeto de carcinicultura, com área útil de 2,5 ha.

Figura 6 - Viveiros de 2,5 ha.



Fonte: Autor (2021).

A aquicultura é o processo de criação de seres predominantemente aquáticos em cativeiros, em que sua produção seja bem organizada e gerida por um proprietário, diferindo-a das populações exploradas pela pesca, que são bens coletivos. (VALENTI, 2002)

A carcinicultura pode ser entendida como uma das vertentes da aquicultura, voltada para criação de camarões em cativeiro. (MEDEIROS, 2003).

Segundo a Associação Brasileira dos Criadores de Camarão (ABCC), entre os anos 1997 e 2003, a carcinicultura no Brasil cresceu aproximadamente 2405,3%, saltando de 3600 toneladas de cultivo em 1997 para 90.190 toneladas após 6 anos. (ABCC,2021)

Para a devida realização do projeto de carcinicultura, são necessários alguns equipamentos para bombear água, como bombas e motores, além de aeradores para oxigenar os viveiros de camarão, o que acarreta em um alto consumo de energia.

Estudos feitos por WYBAN et al. (1989), determinaram que, em viveiros de terra no cultivo de camarão *L. vannamei*, o emprego de aeradores resulta em uma melhora nas condições de cultivo, aumentando a taxa de produção total e crescimento do camarão.

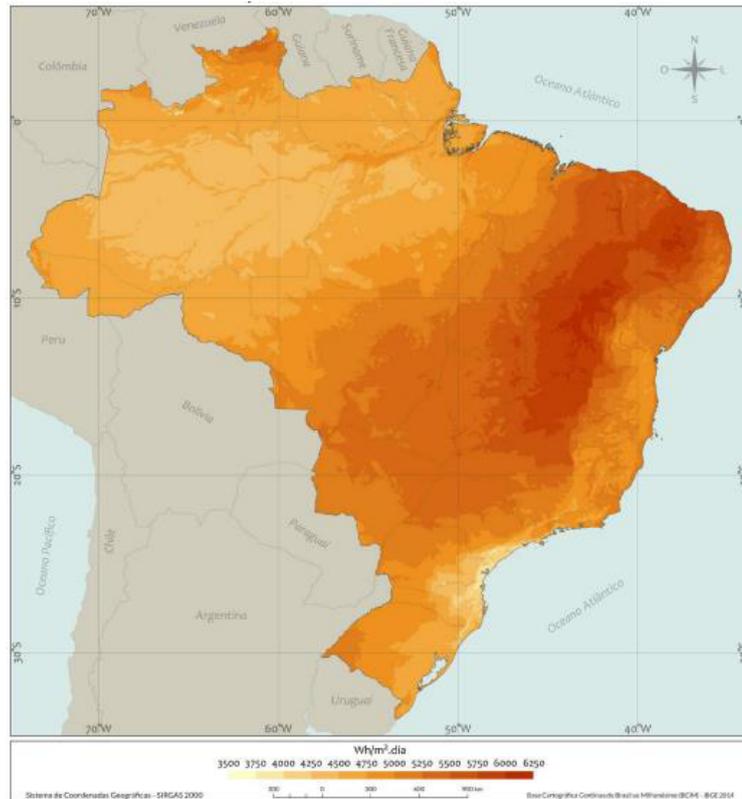
Por se tratar de uma atividade de aquicultura, modalidade B2 rural, a COSERN disponibiliza a dupla tarifa, ou seja, há uma variação na tarifa da energia elétrica de acordo com o horário, entre consumo ativo fora de ponta e reservado. O consumo ativo fora de ponta, convencional, possui tarifa, em agosto de 2021, no valor de R\$ 0,52. Já o consumo ativo reservado, que ocorre entre as 21:30 e 06:00 possui tarifa, nesse mesmo mês, no valor de R\$ 0,14. Para o horário de ponta, o consumo ativo é tarifado no valor de R\$ 0,92 (COSERN, 2021).

Vale ressaltar que nas contas de energia da unidade consumidora em questão, não foram aplicadas tarifas para horário de ponta, apenas fora de ponta e reservado. Dessa forma, o projeto dimensionado visará suprir apenas a demanda durante o consumo ativo fora de ponta, para um menor investimento e, portanto, um *Payback time* mais rápido para o consumidor.

4.2 Dados de Irradiação Solar

O estado do Rio Grande do Norte possui um potencial de produção de energia elétrica muito elevado, em detrimento aos demais estados, já que o estado inteiro se encontra em uma região de alta irradiação (PEREIRA, 2017). De acordo com o CRESESB (2021), o potencial fotovoltaico desse estado atinge até 6,38 kWh/m².dia em certos meses. Na Figura 7, observa-se a irradiação solar nos estados do Brasil, comprovando que a região nordeste possui um bom potencial fotovoltaico.

Figura 7 – Mapa de Irradiação Solar do Brasil



Fonte: INPE (2017).

Os dados de irradiação solar para a fazenda em questão foram obtidos através do CRESEB, 2021, sabendo que a fazenda está localizada a 15 km da cidade de Mossoró, e possui latitude de $5,101^\circ$ Sul e longitude de $37,296^\circ$ Oeste.

Além disso, obteve-se a irradiação média mensal do plano horizontal, em kWh/m².dia, conforme Tabela 3, resultando em um valor 5,77 kWh/m².dia

Tabela 3 - Irradiação média mensal de dezembro de 2020 a agosto de 2021

Mês	Irradiação Média (kWh/m ² .dia)
Ago/21	5,80
Jul/21	5,18
Jun/21	4,90
Mai/21	5,30
Abr/21	5,52
Mar/21	5,78
Fev/21	5,88
Jan/21	5,90
Dez/20	6,16
Nov/20	6,38
Out/20	6,28
Set/20	6,23

Fonte: CRESESB (2021).

4.3 Análise do consumo de energia elétrica

A Tabela 4 mostra o histórico de consumo de energia elétrica da fazenda no período de setembro de 2020 até agosto de 2021. Para efeitos de cálculo no projeto, determinou-se uma média mensal de 10774,16 kWh.

Tabela 4 - Energia Elétrica consumida em um ano

Mês	Energia Consumida(kWh)	Custo Mensal
Ago/21	12649	R\$ 5183,23
Jul/21	11066	R\$ 4084,63
Jun/21	10283	R\$ 3583,51
Mai/21	6890	R\$ 2460,25
Abr/21	7664	R\$ 2210,30
Mar/21	12718	R\$ 3750,41
Fev/21	10863	R\$ 3176,66
Jan/21	11886	R\$ 3721,07
Dez/20	11567	R\$ 4431,19
Nov/20	9923	R\$ 3453,90
Out/20	11238	R\$ 3789,35
Set/20	12543	R\$ 4334,28

Fonte: COSERN (2021).

4.3.1 Análise de consumo fora ponta e reservado

Como o objetivo desse projeto é suprir apenas a demanda do consumo ativo fora ponta, determinou-se, também, a média mensal de consumo fora ponta, que foi de 5529,62 kWh, conforme Tabela 5, e será utilizado como alvo de valor a ser gerado pelos módulos FV.

Tabela 5 - Consumo de Energia Fora Ponta ao longo de um ano

Mês	Energia Consumida Fora Ponta(kWh)	Custo Mensal
ago/21	6585,73	R\$ 3.479,95
jul/21	4993,49	R\$ 2.621,15
jun/21	4710,29	R\$ 2.441,49
mai/21	3506,42	R\$ 1.810,61
abr/21	3801,62	R\$ 1.681,98
mar/21	6372,63	R\$ 2.865,32
fev/21	5338,51	R\$ 2.406,96
jan/21	5866,18	R\$ 2.701,89
dez/20	6463,96	R\$ 2.967,57
nov/20	5450,13	R\$ 2.462,77
out/20	6133,7	R\$ 2.752,36
set/20	7132,77	R\$ 3.231,36
Total	66355,43	R\$ 31.423,41

Fonte: COSERN (2021)

4.4 Área disponível para inserção de módulos fotovoltaicos

Dos 39 ha de terreno da fazenda, 22,43 ha são utilizados para os viveiros, restando 16,57 ha, 165700 m², disponíveis para inserção dos módulos fotovoltaicos. Esta área comporta até 103562 módulos FV, considerando uma área média de 1,84 m² para os módulos FV de 330 Wp da fabricante DAH SOLAR, utilizados neste projeto.

4.5 Método da insolação

Segundo VILLALVA e GAZOLI (2012), o método da insolação é o cálculo que determina a energia produzida pelos módulos fotovoltaicos. A geração mensal pode ser calculada diante da seguinte equação:

$$G = A \times \eta_{\text{painel}} \times H_{\text{plano inclinado}} \times n \times \eta_{\text{sistema}} \quad (1)$$

Em que:

G = Geração mensal (kWh/mês)

A = Área útil dos módulos fotovoltaicos (%)

η_{painel} = rendimento de cada módulo fotovoltaico (%)

$H_{plano\text{inclinado}}$ = Irradiação média no plano

n = Número de dias no mês

$\eta_{sistema}$ = rendimento do sistema (%).

5. ANÁLISE FINANCEIRA

5.1 Dimensionamento dos módulos FV

Pode-se determinar a quantidade de módulos FV a serem instalados de acordo com a demanda calculada anteriormente, seguindo os estudos propostos por Urbanetz Júnior (2013), nos quais, para o cálculo da potência de pico, divide-se a energia consumida por dia pela multiplicação da eficiência média do sistema FV com a irradiação média anual.

A eficiência média do sistema FV, que também pode ser chamada de taxa de desempenho, compreendendo as perdas de conversão CC/CA e condução de corrente, assume um valor médio de 80% (URBANETZ JÚNIOR, 2013).

A Tabela 6 a seguir mostra os dados necessários para a obtenção do número de módulos FV.

Tabela 6 - Dados para cálculo da quantidade de módulos

Irradiação média anual	5,77 kWh/m ² .dia
Eletricidade Consumida em um ano	66355,43 kWh
Média de eletricidade consumida por dia	181,30 kWh
Eficiência média de um sistema FV	0,80

Fonte: Elaboração Própria com informações do CRESESB (2021).

Dessa maneira, obtém-se, a partir dos dados de irradiação media anual, eletricidade consumida e eficiência média na Tabela 6, aplicados na equação 1, um valor de potência de pico de 39,23 kW_p, que, ao dividir em módulos de 330 W_p, resultando em 119 módulos FV.

A Tabela 7 mostra a estimativa de eletricidade gerada em 12 meses com 119 módulos FV.

Tabela 7 - Estimativa de Energia Elétrica gerada em 12 meses

Mês	Dias	Eficiência do Módulo	Área do Módulo(m ²)	Nº de módulos	Eficiência do sistema	Irradiação Média (kWh/m ² .dia)	Energia elétrica gerada (kWh/mês)
9	30	0,1702	1,84	119	0,8	6,23	5572,16
10	31	0,1702	1,84	119	0,8	6,28	5804,11
11	30	0,1702	1,84	119	0,8	6,38	5706,32
12	31	0,1702	1,84	119	0,8	6,16	5693,2
1	31	0,1702	1,84	119	0,8	5,9	5452,9
2	29	0,1702	1,84	119	0,8	5,88	5083,81
3	31	0,1702	1,84	119	0,8	5,78	5341,99
4	30	0,1702	1,84	119	0,8	5,52	4937,13
5	31	0,1702	1,84	119	0,8	5,3	4898,37
6	30	0,1702	1,84	119	0,8	4,9	4382,59
7	31	0,1702	1,84	119	0,8	5,18	4787,46
8	31	0,1702	1,84	119	0,8	5,8	5360,48
Total							63020,52

Fonte: Elaboração Própria com informações do CRESESB (2021).

Nota-se que, para 119 módulos nessa configuração, a média anual de energia elétrica gerada foi de 63020,52 kWh, inferior ao que foi estipulado pela análise do consumo feita previamente, 66355,43 kWh.

Para encontrar a nova quantidade de módulos FV instalados, faz-se a proporção, sabendo que 119 módulos FV geram 63020,52 kWh de eletricidade, o novo número de módulos deve gerar 66355,43 kWh. Em uma proporção direta, encontra-se o número de 125,29 módulos e arredonda-se para o número inteiro imediatamente superior, equivalente a 126 módulos FV. Portanto, estipulou-se para esse sistema, 126 módulos FV, que fariam parte de um sistema com potência de 41,58 kWp. A nova estimativa de geração de energia elétrica está demonstrada na Tabela 8.

Tabela 8 - Estimativa de Energia Elétrica gerada em 12 meses com 126 módulos

Mês	Dias	Eficiência do Módulo	Área do Módulo(m ²)	Nº de módulos	Eficiência do sistema	Irradiação Média (kWh/m ² .dia)	Energia elétrica gerada (kWh/mês)
9	30	0,1702	1,84	126	0,8	6,23	5899,93
10	31	0,1702	1,84	126	0,8	6,28	6145,52
11	30	0,1702	1,84	126	0,8	6,38	6041,98
12	31	0,1702	1,84	126	0,8	6,16	6028,09
1	31	0,1702	1,84	126	0,8	5,9	5773,66
2	29	0,1702	1,84	126	0,8	5,88	5382,86
3	31	0,1702	1,84	126	0,8	5,78	5656,23
4	30	0,1702	1,84	126	0,8	5,52	5227,55
5	31	0,1702	1,84	126	0,8	5,3	5186,51
6	30	0,1702	1,84	126	0,8	4,9	4640,39
7	31	0,1702	1,84	126	0,8	5,18	5069,08
8	31	0,1702	1,84	126	0,8	5,8	5675,80
Total							66727,6

Fonte: Elaboração Própria (2021).

Nessa nova configuração, estima-se uma média mensal de geração de energia elétrica no valor de 5560,64 kWh.

A forma de conexão com a rede, de acordo com a COSERN (2021) é estabelecida a partir da potência instalada da microgeração, da seguinte forma:

- Potência até 15 kW recebe a conexão monofásica da concessionária;
- Potência entre 15 kW e 25 kW recebe a conexão bifásica;
- Potência acima de 25 kW recebe a conexão trifásica.

Portanto, se tratando de um sistema de 41,58 kWp, o padrão de entrada será trifásico.

5.2 Dimensionamento do inversor

Para o dimensionamento dos inversores, leva-se em conta a potência instalada no sistema. É possível ainda utilizar um FDI (Fator de Dimensionamento de Inversores) caso deseje diminuir os custos inserindo um inversor de potência menor que a do sistema. (PINHO; GALDINO, 2014)

Para o projeto dessa análise, utilizou-se um inversor com potência de 50 kWp, da marca ABB, modelo PVS-50-TL-SX2, que acompanha uma *string box*. O uso do FDI acaba sendo dispensável, uma vez que foi designada uma folga para o sistema de aproximadamente 20% da potência total.

5.3 Dimensionamento dos condutores

Serão adotados cabos de cobre, com isolamento PVC, com método de instalação B1, ou seja, em condutores isolados em eletroduto aparente, com apenas dois condutores carregados. Para essas configurações, a norma ABNT 5410:2004 demonstra as informações necessárias para o devido dimensionamento dos condutores, contemplando o cálculo das seções transversais, critérios de queda de tensão e de curto circuito.

Para o correto dimensionamento dos condutores, é preciso saber a corrente que passa pelos condutores do sistema FV que ligam o inversor à rede. Segundo MAMEDE (2013), o valor da corrente alternada de um sistema trifásico se dá pela seguinte equação:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * 380} \quad (2)$$

Em que:

P é a potência em W.

I é a corrente desejada em amperes.

Considerando um sistema de 41,58 kWp de potência, a corrente que sai do inversor será de 63,17 A. De acordo com a tabela 36 da NBR 5410/2004, esse valor de corrente, a seção transversal dos condutores deve ser de 16 mm².

A NBR 5410 estabelece uma queda de tensão máxima de 3% e para esse cálculo levou-se em consideração uma distância máxima de 20 metros, dimensionando para o pior caso. Além disso, o condutor deve suportar uma corrente de curto-circuito máxima conforme os dados do fabricante do módulo fotovoltaico utilizado.

5.4 Sistema de medição

Para o sistema de medição, a concessionária local será responsável pela instalação do medidor bidirecional e o consumidor deve pagar os custos com a diferença entre um medidor unidirecional, comumente utilizado, e o novo medidor. Este, por sua vez, deve ser bidirecional trifásico, que se adequa a tensão de operação do sistema, seja ela 380 ou 220V.

5.5 Estimativa de custos

Em orçamentos realizados com a Carmehil – Materiais Elétricos, e em plataformas de e-commerce, como a minha casa solar, o conjunto dos equipamentos elétricos que englobam Disjuntor, DPS, quadro elétrico, cabeamento CC e CA, tem-se que a média de preço desses equipamentos elétricos é de 130 reais por kWp de potência do sistema. Além disso, estimou-se uma mão de obra para instalação do sistema no valor de 20% dos custos totais. O orçamento total está demonstrado na Tabela 9.

Tabela 9 - Estimativa de custos

Item	Quantidade	Valor
Inversor PVS-50-TL-SX2 – ABB	1	R\$50.219,07
Módulos DAH Solar 330Wp	126	R\$72.450,00
Medidor Bidirecional	1	R\$600,00
Equipamentos elétricos gerais	1 CJT	R\$5.405,40
Mão de Obra	20%	R\$25.734,89
Total		R\$128.674,47

Fonte: MINHA CASA SOLAR (2021), CARMEHIL (2021).

6. ANÁLISE DE RESULTADOS

Para a estimativa da viabilidade financeira do projeto FV para a fazenda no interior de Mossoró – RN, foi utilizado um sistema de compensação com base nos níveis de irradiação solar no local. Subtraiu-se, por fim, a energia injetada no sistema pelo consumo naquele mês, com os dados das Tabelas 3 e 7, e o resultado foi apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Consumo e Geração de Energia Elétrica na fazenda no período estudado

Mês	Consumo Fora Ponta	Energia Injetada	Crédito Acumulado	Fatura sem GD	Fatura com GD	Economia mensal
ago/21	6585,73	5899,93	0	R\$3.479,95	R\$362,38	R\$3.117,57
jul/21	4993,49	6145,53	1152,04	R\$2.621,15	R\$0,00	R\$2.621,15
jun/21	4710,29	6041,99	1331,7	R\$2.441,49	R\$0,00	R\$2.441,49
mai/21	3506,42	6028,1	2521,68	R\$1.810,61	R\$0,00	R\$1.810,61
abr/21	3801,62	5773,67	1972,05	R\$1.681,98	R\$0,00	R\$1.681,98
mar/21	6372,63	5382,86	0	R\$2.865,32	R\$445,03	R\$2.420,29
fev/21	5338,51	5656,24	317,72	R\$2.406,96	R\$0,00	R\$2.406,96
jan/21	5866,18	5227,55	0	R\$2.701,89	R\$294,14	R\$2.407,75
dez/20	6463,96	5186,51	0	R\$2.967,57	R\$586,47	R\$2.381,10
nov/20	5450,13	4640,4	0	R\$2.462,77	R\$365,90	R\$2.096,87
out/20	6133,7	5069,08	0	R\$2.752,36	R\$477,72	R\$2.274,64
set/20	7132,77	5675,81	0	R\$3.231,36	R\$660,05	R\$2.571,31
Total						R\$28.231,72

Fonte: Elaboração Própria (2021).

Calculando a diferença total entre os doze meses estudados da fatura com Geração Distribuída (GD) e sem a geração distribuída, observa-se que há uma economia anual de R\$ 28.231,72

Utilizou-se ainda os créditos acumulados de fevereiro, abril, maio, junho e julho para reduzir o valor da fatura de energia da tarifa reservada, obtendo uma economia ainda maior, conforme a Tabela 11.

Tabela 11 - Economia com créditos da GD

Mês	Consumo Reservado	Crédito Acumulado	Fatura sem GD(Fora Ponta)	Fatura sem GD (Reservado)	Fatura com GD	Economia mensal
jul/21	6072,51	1152,04	R\$2.621,15	R\$1.463,48	R\$1.185,84	R\$277,64
jun/21	5572,71	1331,7	R\$2.441,49	R\$1.142,02	R\$869,11	R\$272,91
mai/21	3383,58	2521,68	R\$1.810,61	R\$649,64	R\$165,48	R\$484,16
abr/21	3862,38	1972,05	R\$1.681,98	R\$528,32	R\$258,57	R\$269,75
fev/21	5524,49	317,72	R\$2.406,96	R\$769,70	R\$725,43	R\$44,27
Total						R\$1.348,73

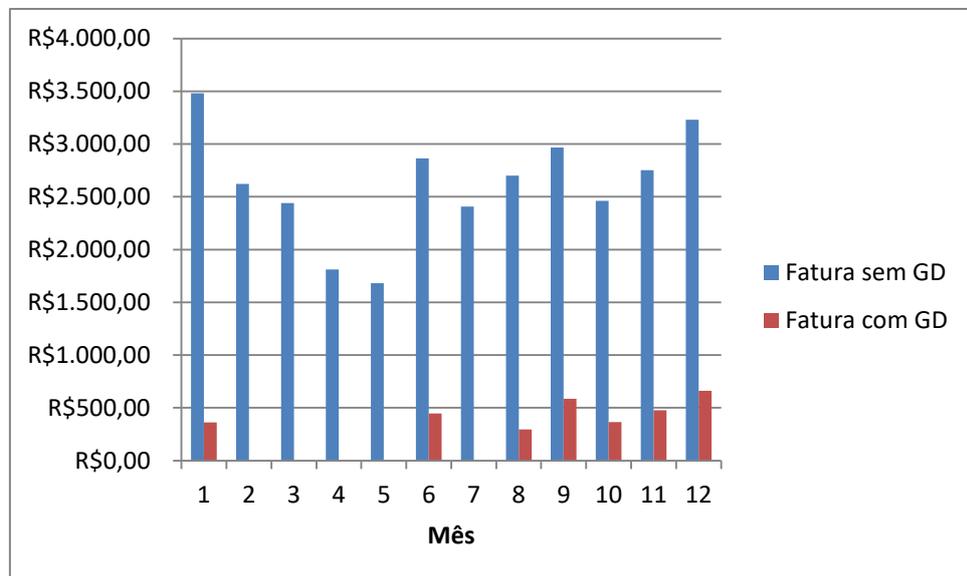
Fonte: Elaboração Própria (2021).

Pela Tabela 9, observa-se uma economia anual, somente com créditos acumulados aplicados ao consumo reservado, no valor de R\$ 1.348,72.

Portanto, com as informações das Tabelas 9 e 10, estima-se uma economia anual de R\$ 29.580,44 e este será o valor utilizado para realizar a análise da viabilidade econômica do projeto fotovoltaico.

O Gráfico 3 mostra a diferença entre as faturas de energia com e sem o sistema FV, reafirmando que a inserção desse projeto reduzirá os custos com a energia elétrica significativamente.

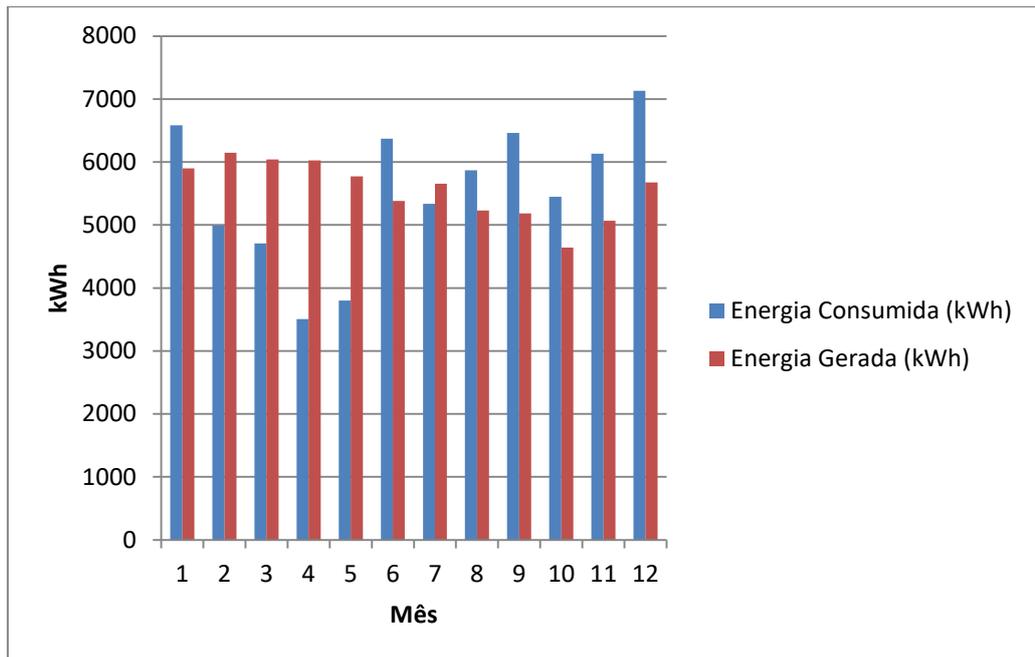
Gráfico 3 - Diferença nas faturas com e sem GD ao longo de 12 meses



Fonte: Elaboração Própria (2021).

Para demonstrar a capacidade do sistema FV, o Gráfico 4 faz a comparação entre a eletricidade consumida e a injetada em um período de 12 meses, comprovando que em alguns meses a geração ultrapassa o consumo, gerando créditos com a concessionária.

Gráfico 4 - Comparação entre energia elétrica consumida e injetada em 12 meses



Fonte: Elaboração Própria (2021).

6.1 Fluxo de Caixa

Para a análise financeira deste trabalho, é necessário realizar uma previsão dos valores das tarifas de energia ao longo do tempo de vida útil do sistema fotovoltaico, pois, a cada ano, as concessionárias de energia realizam reajustes de acordo com a inflação.

O IBGE faz um levantamento mensal de uma boa parte do país, do índice de inflação (IPCA). A Tabela 12 demonstra o levantamento realizado entre os anos 2011 e 2020.

Tabela 12 - Taxa de inflação anual

Ano	Taxa do IPCA
2011	5,91%
2012	5,84%
2013	5,91%
2014	6,41%
2015	10,67%
2016	6,29%
2017	2,95%
2018	3,75%
2019	4,31%
2020	4,52%
Média	5,66%

Fonte: Portal Brasil (2021).

Para realizar uma previsão das tarifas de energia da COSERN em um período de 25 anos, equivalente ao tempo de vida útil do sistema FV, a cada ano será aplicada a taxa de reajuste anual de 5,66%.

Além disso, os fabricantes de módulos FV ressaltam que os painéis sofrem degradação e, portanto, perda de eficiência a cada ano. No primeiro ano de geração, o módulo FV sofre uma perda de eficiência de 2,5% e, nos anos seguintes, esse decréscimo é de aproximadamente 0,6%. (DAH SOLAR, 2021)

A Tabela 13 mostra a economia do consumidor com base na energia gerada pelo sistema FV, com as perdas de rendimento a cada ano, e no preço do kWh no ano vigente.

Tabela 13 - Economia ao longo de 25 anos

Ano	Preço do kWh	Geração de Energia (kWh)	Economia Anual
2021	0,53	66727	R\$35.365,31
2022	0,56	65059	R\$36.432,81
2023	0,59	64668	R\$38.263,94
2024	0,63	64280	R\$40.187,10
2025	0,66	63895	R\$42.206,92
2026	0,70	63511	R\$44.328,26
2027	0,74	63130	R\$46.556,21
2028	0,78	62752	R\$48.896,15
2029	0,82	62375	R\$51.353,69
2030	0,87	62001	R\$53.934,74
2031	0,92	61629	R\$56.645,53
2032	0,97	61259	R\$59.492,55
2033	1,03	60891	R\$62.482,67
2034	1,08	60526	R\$65.623,08
2035	1,15	60163	R\$68.921,32
2036	1,21	59802	R\$72.385,33
2037	1,28	59443	R\$76.023,45
2038	1,35	59087	R\$79.844,42
2039	1,43	58732	R\$83.857,43
2040	1,51	58380	R\$88.072,14
2041	1,59	58029	R\$92.498,68
2042	1,68	57681	R\$97.147,70
2043	1,78	57335	R\$102.030,38
2044	1,88	56991	R\$107.158,47
2045	1,99	56649	R\$112.544,29
Total		1524996	R\$1.662.252,53

Fonte: Elaboração Própria (2021).

O fluxo de caixa, geralmente representado por gráficos, faz o registro dos desembolsos e retornos financeiros em um investimento. (SAMANEZ, 2009).

O termo *Payback time* significa o retorno do investimento ao longo de uma linha do tempo. Para determiná-lo, basta realizar o fluxo de caixa do investimento. No tempo em que o fluxo de caixa passa a ser positivo, este t será o *Payback time*. (MELO, 2021).

Além disso, vale ressaltar que os fabricantes utilizados neste projeto, DAH Solar e ABB, determinam uma garantia de 10 anos para os inversores e , 25 anos para os módulos

FV. Dessa forma, no fluxo de caixa, a cada 10 anos serão descontados os valores do inversor, considerando a inflação do ano corrente. A duração total da análise será de 25 anos, equivalente a garantia dos módulos FV, que compõem a maior parte do sistema FV.

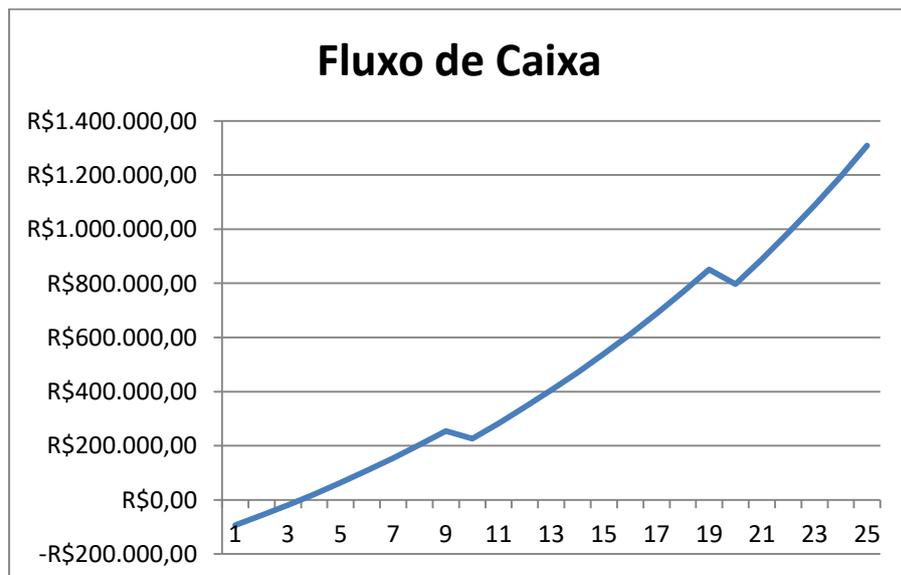
Os custos com manutenção de um sistema FV corretamente instalado e dimensionado, são muito baixos, pois não possuem partes móveis que requerem manutenções constantes. As únicas manutenções necessárias são as de limpeza dos módulos FV, as quais são relativamente simples e podem ser feitas pelo próprio dono do sistema. Além disso, a chuva pode também realizar a limpeza dos painéis quando estes estiverem instalados com uma inclinação mínima recomendada (NASCIMENTO, 2013).

Dessa forma, para este projeto, não foram considerados gastos com manutenções e limpezas.

Utilizando a inflação média anual da Tabela 11, os valores dos inversores nos anos 2030 e 2040, serão, respectivamente, R\$ 82.425,98 e R\$ 142.945,40.

Faz-se, portanto, a análise do tempo de retorno do investimento a partir do fluxo de caixa representado na figura 3, considerando os retornos anuais do Gráfico 5 e um valor total do investimento previamente calculado de R\$ 128.674,47, além dos fluxos de caixa negativos com a reposição dos inversores nos anos 10 e 20.

Gráfico 5 - Fluxo de Caixa em 25 anos



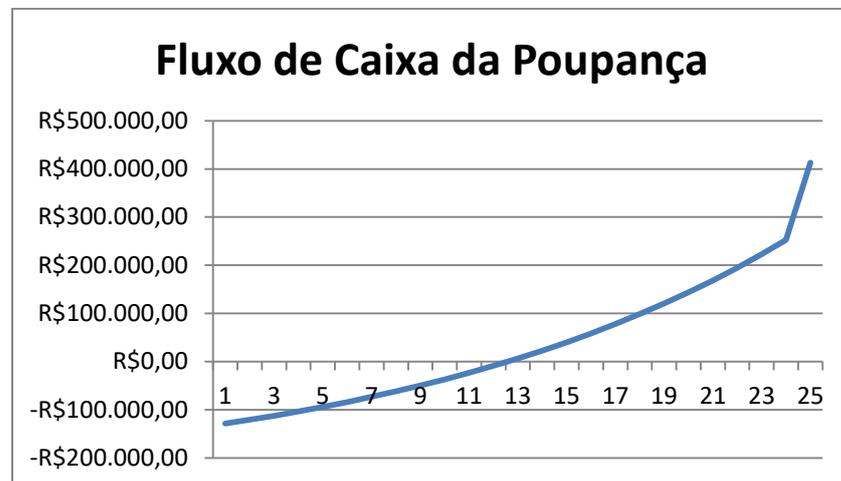
Fonte: Elaboração Própria (2021).

Pela análise do gráfico acima, observa-se que o *payback time* ocorre aproximadamente no quarto ano após o investimento e, em 25 anos, o cliente acumulou um montante de R\$1.308.206,68.

6.2 Atratividade do Investimento

Para saber se o investimento é atrativo, faz-se uma comparação com um dos investimentos mais conhecidos e seguros no Brasil, a poupança. De acordo com o IBGE (2021), a taxa média de rendimento da poupança nos últimos dez anos foi de 6,17%. Dessa forma, no Gráfico 6, têm-se o fluxo de caixa do mesmo investimento de R\$ 128.674,47 aplicado ao longo de 25 anos com uma taxa de 6,17% a.a.

Gráfico 6 - Fluxo de Caixa da Poupança



Fonte: Elaboração Própria (2021).

Observando o fluxo de caixa da poupança ilustrado no Gráfico 6, tem-se um *payback time* de aproximadamente 12 anos e um valor final do investimento de R\$ 412.747,66. Vale ressaltar que, no fluxo de caixa do gráfico 6, o investimento inicial é inserido novamente no cálculo no último ano, considerando a situação em que o investidor retira todo o dinheiro da poupança. Em uma comparação direta, observa-se que o investimento com o sistema FV possui um tempo de retorno bem inferior ao da poupança, e acumula um montante maior que três vezes o valor do acumulado com este outro tipo de investimento.

7. CONCLUSÕES

O presente trabalho tem como objetivo o dimensionamento e a análise da viabilidade financeira de um sistema de geração solar FV em uma fazenda no interior do estado do Rio Grande do Norte, na zona rural de Mossoró. O sistema dimensionado visa um abatimento de 100% da fatura de energia elétrica proveniente do consumo no horário fora ponta da unidade consumidora.

Na zona rural da cidade de Mossoró-RN, local onde foi realizado o estudo, observa-se que há condições muito favoráveis para a implementação de sistemas FV, com uma irradiação solar média de 5,77 kWh/m².dia . Escolheu-se uma fazenda de carcinicultura, uma vez que a região do Rio Grande do Norte é característica pela produção de camarão, e que, para esta atividade, são demandadas enormes quantias de energia elétrica por mês. A implementação dos módulos FV, portanto, torna-se uma opção bastante interessante, aproveitando-se do potencial solar existente nessa localidade.

No estudo em questão, a modalidade do sistema FV utilizado foi a conectada à rede, de modo que, em períodos de baixa irradiância solar, a produção da fazenda não precise parar.

Para a obtenção de resultados mais fidedignos, foram analisadas faturas de energia do período de um ano, pois, se tratando de uma fazenda de aquicultura, há uma variação considerável do consumo de energia elétrica ao longo de um ano.

O tempo de retorno do investimento foi de aproximadamente quatro anos, considerando todos os gastos com os equipamentos necessários para o pleno funcionamento do sistema e custos relativos à instalação. A geração anual estimada do sistema foi de 66727 kWh no primeiro ano, e nos anos seguintes foi calculada de acordo com o índice de desgaste dos módulos fornecidos pelo fabricante. Não foram considerados gastos com manutenção, uma vez que esta é muito simples e pode ser feita pelo próprio dono do sistema, ou por eventuais chuvas que limpam superficialmente os módulos.

Para a análise da viabilidade, comparou-se o investimento com módulos FV com o rendimento da poupança utilizando o mesmo valor inicial. O investimento com o sistema FV se mostrou mais atrativo, garantindo um *payback time* mais rápido, além de um valor futuro do investimento ao longo de 25 anos, cerca de três vezes maior que o da poupança. Entretanto, a decisão se o projeto é viável ou não depende apenas do consumidor, uma vez que cada um possui diferentes análises sobre a atratividade de seus investimentos.

A escolha do projeto em questão se deu pela necessidade de uma economia nas faturas de energia e, em um futuro próximo, de que clientes possam expandir seus negócios. A atividade de carcinicultura demanda bastante energia elétrica em seus ciclos, pois requer o uso de diversas bombas simultâneas, aeradores, dentre outros equipamentos, gerando um alto custo com as tarifas de energia elétrica.

8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Alguns estudos podem ser desenvolvidos para fornecer outras análises da implementação de medidas de eficiência energética e seus impactos. Lista-se abaixo, algumas sugestões de trabalhos futuros:

- Estudo do impacto na geração de uma usina solar em uma fazenda de carcinicultura com módulos dotados de suportes com angulação ajustável;
- Estudos sobre a viabilidade da implementação de sistemas FV em locais cuja distância do inversor à rede seja próxima de um quilômetro;
- Análise financeira sobre a implantação de banco de capacitores e medidas de eficiência energética em fazendas de carcinicultura que possuem multas sobre seus excedentes reativos

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABB. **Inversor PVS-50-TL-SX2**. 2021. Disponível em <https://new.abb.com/products/pt/6AGC073472/3p749904000a>. Acesso em : 17 nov. 2021.
- ABCC. **Associação Brasileira dos Criadores de Camarão**. 2021. Disponível em: <https://abccam.com.br/>. Acesso em: 01 nov. 2021.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 16690: Instalações Elétricas de Arranjos Fotovoltaicos — Requisitos de Projeto**. Rio de Janeiro, 2019.
- ABSOLAR. **Infográfico ABSOLAR**. 2021. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 14 dez. 2021.
- ANEEL, 2021. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf). Disponível em: Acesso em: 03 nov. 2021.
ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 03 out. 2021.
- ANEEL. **Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012**. [S.l.], abr. 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2021.
- ANEEL. **Resolução Normativa Nº 674, de 11 de agosto de 2015**. [S.l.], ago. 2015. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656815/14887121/MANUAL+DE+CONTROLE+PATRIMONIAL+DO+S ETOR+EL%C3%89TRICO+-+MCPSE/3308b7e2-649e-4cf3-8fff-3e78ddeb98b>. Acesso em: 14 nov. 2021.
- ANEEL. **Resolução Normativa Nº 687, de 24 de novembro de 2015**. [S.l.], nov. 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2021
- CANALENERGIA. **GD atinge 4 GW de potência instalada no Brasil**, novembro de 2020. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53152925/gd-atinge-4-gw-de-potencia-instalada-no-brasil>. Acesso em: 12 de nov. 2021.
- Carmehil. **Materiais Elétricos, Soluções industriais**. 2021. Disponível em: <https://www.carmehill.com.br>. Acesso em: 09 nov. 2021.
- COSERN. **Companhia Energética do Rio Grande do Norte**. Disponível em: <https://servicos.neoenergiasern.com.br/Pages/index.aspx>. Acesso em: 10 out. 2021.
- CREPANI, E; MEDEIROS, J. S. Carcinicultura em apicum no litoral do piauí: uma análise com sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Anais XI SBSR**, Belo Horizonte, p 1541-1548, 2003. Disponível em: <https://1library.org/document/yr8m8vq-carcinicultura-litoral-analise-sensoriamento-geoprocessamento-crepani-simeao-medeiros.html>. Acesso em: 14 nov. 2021.
- CRESESB. **Potencial Solar Sun Data v 3.0**. 2021 Disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 02 nov. 2021.
- DAH Solar. **Datasheet Módulo DAH Solar 330 W**. 2021. Disponível em: <https://pt.dahsolarpv.com/>. Acesso em: 09 nov. 2021.
- DAH SOLAR. **Sistema de Energia Solar, Células Solares e Painéis Solares**. Disponível em : https://pt.dahsolarpv.com/dah-solar-poly-320w-325w-330w-photovoltaic-solar-panel_p123.html. Acesso em : 17 nov 2021
- EBERHARDT, D.; ZANESCO, I.; MOEHLECKE, A. Desenvolvimento de um Sistema Completo para Caracterização de Células Solares. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 1., 2007, Rio Grande do Sul. **Anais [...]**. Fortaleza: Abens - Associação Brasileira de Energia Solar, 2007. p. 1-10. Disponível em: <https://docplayer.com.br/4512159-Desenvolvimento-de-um-sistema-completo-para-caracterizacao-de-celulas-solares.html>. Acesso em: 17 nov. 2021.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2021 (BEN)**: Ano base 2020. Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_S%C3%ADntese_2021_PT.pdf. Acesso em: 19 nov. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html>. Acesso em: 11 nov. 2021.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Key World Energy Statistics 2021, 2021. Disponível em <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021>. Acesso em: 15 dez. 2021.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **PBE – Orientações Gerais para Fabricantes e Importadores sobre a Regulamentação de Equipamentos para Geração de Energia Fotovoltaica**. 2011. Disponível em: <https://www2.inmetro.gov.br/pbe/>. Acesso em: 16 nov. 2021.

IPECE. **Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará**. 2019. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/>. Acesso em: 01 out. 2021.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações Elétricas Industriais**. 9ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MAPBIOMAS. **Mapbiomas Brasil**. 2020. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 01 nov. 2021.

MELO, I. M. **ESTUDO DE VIABILIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM UMA FAZENDA NO INTERIOR DO CEARÁ**. 2021. 76 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021. Disponível em: http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/62007/3/2021_tcc_immelo.pdf. Acesso em: 14 nov. 2021.

MESSENGER, R.; VENTRE, J. **Engenharia dos Sistemas Fotovoltaicos**. Boca Raton: CRC Press, 2010. Minha Casa Solar. **Materiais Elétricos em Geral**. 2021. Disponível em: <https://www.minhacasasolar.com.br/>. Acesso em: 09 nov. 2021.

NASCIMENTO, L. R. **A AVALIAÇÃO DE LONGO PRAZO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO À EDIFICAÇÃO URBANA E CONECTADO À REDE ELÉTRICA PÚBLICA**. 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/94284>. Acesso em: 17 nov. 2021.

NASCIMENTO, C. A. **PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA CÉLULA FOTOVOLTAICA**. 2004. 21 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-Graduação Lato-Sensu em Fontes Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004. Disponível em: https://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf. Acesso em: 17 nov. 2021.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2ª ed., São José dos Campos, SP: INPE, 2017.

PEREIRA, J. S. **Estudo da viabilidade da implantação de um sistema de energia solar em um mercado público no interior do Rio Grande do Norte**. 2017. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/5463/1/JenniferSP_MONO.pdf. Acesso em: 15 nov. 2021.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES, CEPEL – CRESESB, edição revisada e atualizada. Rio de Janeiro, RJ: CEPEL/CRESESB, 2014.

PORTAL BRASIL. **Caderneta de Poupança – Índices Gerais**. 2021. Disponível em: Acesso em: 12 nov. 2021.

SAMANEZ, C. P. **Engenharia Econômica**. São Paulo: Pearson, 2009.

- TEIXEIRA, A. A.; CARVALHO, M. C.; LEITE, L. H. M. Análise de viabilidade para a implantação do sistema de energia solar residencial. **e-xacta**, Belo Horizonte, v. 4, n. 3, p. 117-136, 2021. Disponível em: <https://revistas.unibh.br/dcet/article/view/689/388>. Acesso em: 19 nov. 2021.
- URBANETZ JUNIOR, J. **SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A REDES DE DISTRIBUIÇÃO URBANAS: SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DA ENERGIA ELÉTRICA E ANÁLISE DOS PARÂMETROS QUE POSSAM AFETAR A CONECTIVIDADE**. 2010. 189 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, À Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/94284>. Acesso em: 15 nov. 2021.
- VALENTI, W. C. **Aquicultura sustentável**. In: Congresso de Zootecnia, 12o , Vila Real, Portugal, 2002, Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. Anais...p.111-118, 2002. Disponível em: https://www.caunesp.unesp.br/Home/publicacoes/cpil_valenti_aquicultura-sustentavel.pdf. Acesso em: 14 nov. 2021.
- VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Erica, 2012. 224 p.
- WANDERLEY, A. C. F.; CAMPOS, A. L. P. S. Perspectivas de inserção da energia solar fotovoltaica na geração de energia elétrica no rio grande do norte. **HOLOS**, [s. l.] v. 29, p. 3-14, 2013. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1493>. Acesso em: 19 de nov. 2021.
- Wolf Technology. **O caminho das inovações**. 2021. Disponível em: <https://wolftechnology.com.br/index.php/> . Acesso em: 09 nov. 2021.
- WYBAN, J. A., PRUDER, G. D., LEBER, K. M., BURZELL L. Paddlewheel Effects on Shrimp Growth, Production and Crop Value in Commercial Earthen Ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 20, n. 1, p. 18-23, 1989. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1749-7345.1989.tb00519.x>. Acesso em: 20 nov. 2021.