



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

ULLY BEATRIZ ALBUQUERQUE SOUSA

**ANÁLISE FINANCEIRA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO
CONECTADO À REDE DE BAIXA TENSÃO PARA UMA
MICROEMPRESA NO CENTRO DA CIDADE DE FORTALEZA**

FORTALEZA

2018

ULLY BEATRIZ ALBQUERQUE SOUSA

**ANÁLISE FINANCEIRA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO
CONECTADO À REDE DE BAIXA TENSÃO PARA UMA
MICROEMPRESA NO CENTRO DA CIDADE DE FORTALEZA**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
de Energias Renováveis da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para obtenção do grau
de Engenheiro de Energias
Renováveis.**

**Orientador: Prof.^a Dr.^a Ana Fabíola
Leite Almeida**

FORTALEZA

2018

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)

- S698a Sousa, Uly Beatriz Albuquerque.
Análise financeira de um sistema fotovoltaico conectado à rede de baixa tensão para uma microempresa no centro da cidade de Fortaleza / Uly Beatriz Albuquerque Sousa. – 2018.
40 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia de Energias Renováveis, Fortaleza, 2018.
Orientação: Profa. Dra. Ana Fabíola Leite Almeida.
1. Viabilidade econômica. 2. Implantação. 3. Sistema Fotovoltaico. I. Título.

CDD 621.042

ULLY BEATRIZ ALBUQUERQUE SOUSA

**ANÁLISE FINANCEIRA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO
CONECTADO À REDE DE BAIXA TENSÃO PARA UMA
MICROEMPRESA NO CENTRO DA CIDADE DE FORTALEZA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Energias Renováveis da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Graduado no curso de Engenharia de Energias Renováveis.

Aprovado em _ / _ / _

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^a Ana Fabíola Leite Almeida
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Nivaldo Aguiar Freire
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Mônica Castelo Guimarães Albuquerque
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me sustentado e me dado forças durante os anos de faculdade.

Aos meus pais, Maria Lene Albuquerque e João Pacheco Sousa, que me deram as condições necessárias para realizar esse sonho e conseguir finalizar minha graduação.

Ao meu namorado, Carlos Freitas de Vasconcelos, que me apoiou e viveu esses momentos tão importantes ao meu lado, além de me apoiar e me manter motivada sempre.

Aos meus amigos, Allan Callou, Mariellen Oliveira, Patrick Teixeira, Camila Mendes, Pedro Henrique Diniz e Lara Timbó. Com eles e as horas de estudo dedicadas, foi possível chegar até aqui. Assim como, à minha equipe da Retec Jr, que me ensinou muito e me deu toda a base para entrar no mercado de trabalho.

À Família do Carlos, José Carlos Vasconcelos e Joelma Freitas, que compartilharam esse sonho comigo.

À Prof.^a Dr.^a Ana Fabíola Leite Almeida, pela orientação e apoio durante a elaboração deste trabalho.

Aos professores participantes da banca examinadora, Francisco Nivaldo Aguiar Freire e Mônica Castelo Guimarães Albuquerque, pelo tempo e pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores do curso pelo excelente trabalho prestado ao Curso de Engenharia de Energias Renováveis.

RESUMO

A energia fotovoltaica tem crescido muito nos últimos anos no estado do Ceará e, por isso, foi escolhida como foco de estudo no trabalho. Sabe-se que o aumento da conta de energia é uma realidade na vida de muitas pessoas, que sofrem com essa alta no preço. Por isso, é importante incentivar cada vez mais a produção individual de energia. Sabendo do problema que aflige muitos brasileiros, a procura pela geração individual de energia tem tido um grande crescimento, pois, dessa forma, o consumidor passa a pagar menos pela conta de energia, faz um investimento à longo prazo e contribui com a geração de uma energia limpa que não prejudica o meio ambiente. Pensando nisso, foi realizado o estudo de viabilidade econômica da implantação de sistemas fotovoltaicos em um conjunto de lojas de um centro comercial em Fortaleza. As análises realizadas ao longo do trabalho permitem concluir que a implantação é viável no local e possui um bom retorno econômico para o interessado no sistema.

Palavras-Chaves: Viabilidade econômica. Implantação. Sistema Fotovoltaico.

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

CNPJ – Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica

CPF – Cadastro de Pessoa Física

ENEL – Ente Nazionale per l'energia Elettrica

FV - Fotovoltaica

NASA – National Aeronautics and Space Administration

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes do sistema fotovoltaico	16
Figura 2 - Célula solar.....	17
Figura 3 - Arranjo interno do módulo fotovoltaico	19
Figura 4 - Associação dos módulos em série	23
Figura 5 - Associação dos módulos em paralelo	23
Figura 6 - Modelo de inversor	25
Figura 7 - Conta de energia	31
Figura 8- Visão aérea do local de estudo	36
Figura 9 - Tempo de retorno do investimento	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados da conta de energia.....	32
Tabela 2 - Dados do consumo anual	33
Tabela 3– Dados da NASA.....	34
Tabela 4 - Kits ofertados.....	35
Tabela 5 - Resumo das especificações do sistema	37
Tabela 6 - Análise econômica em 25 anos	38

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. MOTIVAÇÃO	13
1.2.OBJETIVOS	13
1.2.1. Objetivo Geral.....	13
1.2.2. Objetivos Específicos	13
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO.....	14
2.1. CONCEITO DE ENERGIA SOLAR.....	14
2.2. ENERGIA FOTOVOLTAICA	14
2.2.1. Componentes de sistema fotovoltaico.....	14
2.2.2. Vantagens do sistema fotovoltaico.....	16
2.2.3. Módulos solares	17
2.2.4. Efeito fotovoltaico	18
2.2.5. Tipos de células fotovoltaicas.....	20
2.2.6. Instalação.....	22
2.2.7. Associação dos módulos	23
2.2.8. Inversor	25
2.2.9. Micro e Minigeração distribuída.....	25
3. METODOLOGIA	27
3.1. LEVANTAMENTO DOS REQUISITOS DO SISTEMA.....	27
3.2. TIPO DE CONSUMIDOR	27
3.3. POTÊNCIA DO SISTEMA	28
3.4. POTÊNCIA DO INVERSOR	29
3.5. ÁREA NECESSÁRIA.....	29
3.6. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	30
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	31

5. CONCLUSÃO	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1. INTRODUÇÃO

Diante da atual crise ambiental que atinge o planeta em escala global, é cada vez mais importante desenvolver e incentivar o uso de energias não poluentes. Dentro desse trabalho, o foco será direcionado para um tipo de geração que tem crescido bastante nos últimos anos e tem ganhado espaço entre a população, por ser uma energia limpa e acessível, apesar do alto custo, e trazer muitos benefícios para quem sofre com o alto valor da conta de energia.

A implantação de sistemas fotovoltaicos para micro e mini-geração tem crescido bastante no Brasil e no mundo. Segundo a ANEEL (2018), o número de conexões de micro e mini-geração de energia superaram 10 mil instalações no Brasil. O número oficial até 11/5/2017, apresentou 10.385 micro e mini usinas com potência instalada de 113.195,48 quilowatts (kW).

Pela ANEEL (2017), a geração de energia pelos próprios consumidores tornou-se possível a partir da Resolução Normativa Aneel nº 482/2012. A norma estabelece as condições gerais para o acesso de micro e mini-geração aos sistemas de distribuição de energia elétrica e cria o sistema de compensação de energia elétrica, que permite ao consumidor instalar pequenos geradores em sua unidade consumidora e trocar energia com a distribuidora local. Com isso, muitas pessoas têm encontrado a oportunidade de gerar sua própria energia, pagar um valor mínimo de conta de energia e gerar energia limpa.

De acordo com Guimarães (2018), um imóvel sustentável pode ser valorizado em até 30%, especialmente dado ao crescimento contínuo da procura por casas que estejam em harmonia com o meio-ambiente. Essa tendência tem sido quase uma exigência nas pautas da construção civil atual.

Diante disso, o foco deste estudo foi analisar a viabilidade da implantação de um sistema fotovoltaico em um ponto comercial no centro da cidade de Fortaleza.

1.1. MOTIVAÇÃO

Com o aumento dos custos de energia elétrica e a crise ambiental, a busca por fontes de energias mais limpas e acessíveis tem crescido cada dia mais. Com isso, o mercado imobiliário tem ganhado grandes adeptos aos imóveis sustentáveis, ou seja, imóveis que possuem uma estrutura voltada para redução do uso de água, energia, reciclagem e reaproveitamento de materiais. Além disso, as pessoas têm voltado sua atenção para as altas contas de energia que precisam pagar e buscam diminuí-las cada vez mais, encontrando na micro e mini-geração de energia uma solução para esse problema. Portanto, com estudo realizado, analisou-se a viabilidade econômica da instalação de sistemas fotovoltaicos em um conjunto de lojas no centro de Fortaleza.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

O principal objetivo é aplicar os conceitos de implantação e estudo de custo de um sistema fotovoltaico para micro e mini-geração estudados e analisar a viabilidade econômica através dos custos e retornos do investimento de um sistema fotovoltaico conectado à rede de baixa tensão em um centro comercial no centro de Fortaleza.

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Identificar os componentes de um sistema integrado à rede.
- b) Dimensionar o sistema para as lojas no centro de Fortaleza.
- c) Determinar o tempo de retorno do investimento realizado.
- d) Analisar a viabilidade do sistema para o consumidor estudado.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. CONCEITO DE ENERGIA SOLAR

No seu movimento de translação ao redor do Sol, a Terra recebe 1.410 W/m^2 de energia, medição feita numa superfície normal (em ângulo reto) com o Sol. Disso, aproximadamente 19% são absorvidos pela atmosfera e 35% é refletido pelas nuvens. Ao passar pela atmosfera terrestre, a maior parte da energia solar está na forma de luz visível e luz ultravioleta (BRASIL, AMBIENTE, 2018)

2.2. ENERGIA FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz do sol em eletricidade, isso ocorre através de um efeito chamado fotovoltaico que é o aparecimento de uma diferença de potencial nas extremidades de material semicondutor, produzida pela absorção da luz. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental para este processo (BRASIL, SOLAR, 2018).

A geração de energia elétrica através da luz se dá através do uso de células fotossensíveis ou comumente chamadas de células solares, que agrupadas em módulos, compõem os painéis solares fotovoltaicos. Um sistema composto pelo painel, controlador de carga, acumulador e acessórios, é denominado como Gerador Fotovoltaico (LANDIN, 2010).

Ainda para Landin (2010), os sistemas necessariamente não precisam da incidência direta da luz solar, mas é recomendável para se obter o melhor rendimento do painel. Isto significa que há geração elétrica por energia solar mesmo em dias nublados. O rendimento se altera, conforme há maior ou menor intensidade da luz. A geração só se interrompe na redução quase total de luz. A corrente gerada é de forma contínua e pode ser guardada em acumuladores elétricos (baterias), para uso quando necessário. O sistema é modular, ou seja, vários módulos podem ser conectados entre si, em série ou em paralelo.

2.2.1. Componentes de sistema fotovoltaico

Existem dois tipos básicos de sistemas fotovoltaicos: Sistemas Isolados (Off-grid) e Sistemas Conectados à Rede (On-grid).

Os Sistemas Isolados são utilizados em locais remotos ou onde o custo de se conectar à rede elétrica é elevado. São utilizados em casas de campo, refúgios, iluminação, telecomunicações, bombeio de água, etc. Já os sistemas conectados à rede, substituem ou complementam a energia elétrica convencional disponível na rede elétrica (NEOSOLAR, 2018).

Entre os componentes, podem-se citar:

a) Painéis solares, que podem ser formados por um ou mais painéis e são dimensionados de acordo com a energia necessária. São responsáveis por transformar energia solar em eletricidade.

b) Os Controladores de carga, que servem para evitar sobrecargas ou descargas exageradas na bateria, aumentando sua vida útil e desempenho.

c) Os inversores, que são responsáveis por transformar os 12 V de corrente contínua (CC) das baterias em 110 ou 220 V de corrente alternada (CA), ou outra tensão desejada. No caso de sistemas conectados, também são responsáveis pela sincronia com a rede elétrica.

d) As baterias armazenam a energia elétrica para que o sistema possa ser utilizado quando não há sol.

Enquanto um sistema isolado necessita de baterias e controladores de carga, sistemas conectados à rede funcionam somente com painéis e inversores, já que não precisam armazenar energia.

De acordo com a figura 1, é possível ver os componentes e como eles são interligados.

Figura 1 - Componentes do sistema fotovoltaico



Fonte: SiteNeoSolar

2.2.2. Vantagens do sistema fotovoltaico

O uso da energia solar possui diversas vantagens. Como já é de conhecimento, os problemas ambientais são muito evidentes e a busca por fontes alternativas tem crescido muito. Portanto, uma das vantagens desse tipo de energia é o fato de ser uma energia limpa, que não gera resíduos na sua produção, além disso, a sua matéria prima é natural e inesgotável.

Além das vantagens ambientais, o sistema fotovoltaico pode ser instalado em lugares remotos, é um sistema silencioso e confiável que possui baixo custo de manutenção, fácil instalação e pode ser ampliado quando houver a necessidade.

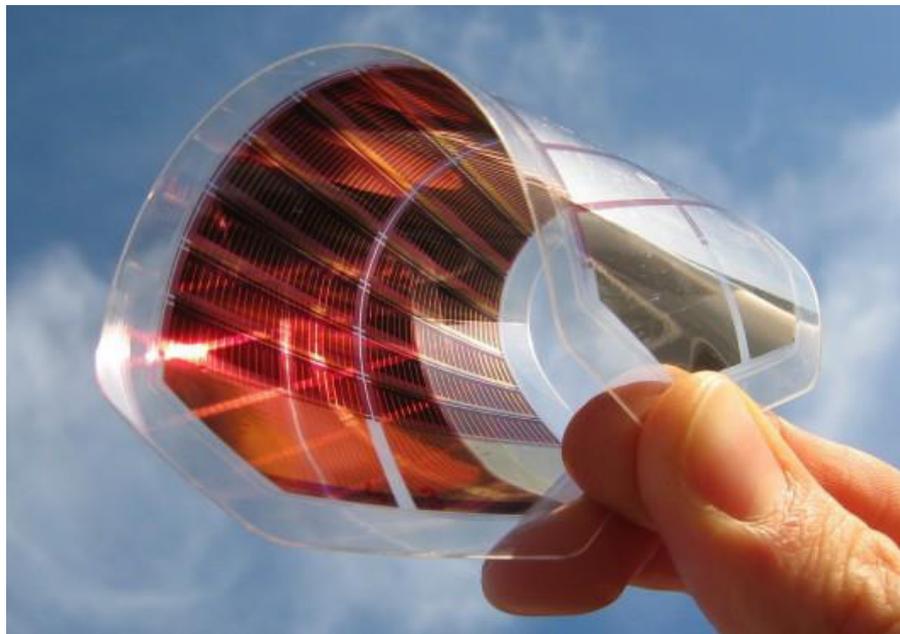
Finalmente, o sistema fotovoltaico gera retorno financeiro em torno de cinco a 10 anos. Após o pagamento do sistema, o dinheiro que seria gasto com conta de energia pode ser investido de outras maneiras. Outro ponto importante é que o imóvel que possui o sistema se torna muito valorizado, podendo ter seu valor aumentado em até 30% (Guimarães, 2018).

2.2.3. Módulos solares

Segundo a Multi Aquecimento & Energia (2016), existem duas maneiras de fabricar um módulo solar. A primeira delas é com células solares feitas de fatias superfinais de silício em formato cristalino. Normalmente elas são colocadas entre vidros, com moldura de alumínio. Essa técnica é a mais tradicional e hoje com maior escala de produção em nível comercial.

A segunda forma de fabricar os módulos é através da aplicação a plasma, como um “spray” de um material semicondutor sobre um vidro ou em outro material que servirá como uma base. Em seguida, esse conjunto é coberto por um material transparente como o vidro. Dessa forma, está pronto o chamado filme fino, a tecnologia mais fácil de ser integrada às edificações urbanas, devido à sua flexibilidade. Os elementos utilizados neste caso são silício, na sua forma não cristalina, que é chamada de silício amorfo, ou compostos químicos como telureto de cádmio (CdTe) ou disseleneto de cobre (gálio) e índio (CIS e CIGS).

Figura 2 - Célula Solar



Fonte: Site Pensamento Verde

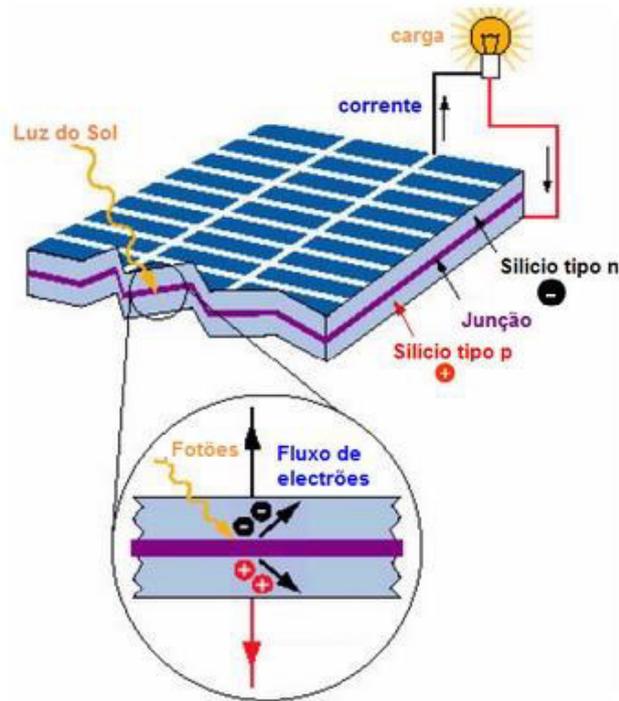
Como pode ser visualizado na figura 2, este modo de fabricação permite o desenvolvimento de módulos solares flexíveis, inquebráveis, leves, semitransparentes e com superfícies curvas, que aumentam a versatilidade na sua aplicação.

2.2.4. Efeito fotovoltaico

O efeito fotovoltaico é o efeito fotoelétrico caracterizado pela produção de uma corrente elétrica entre duas partes de material diferente, que estão em contato e expostos à luz ou radiação eletromagnética. Este efeito fotovoltaico é o princípio das células fotovoltaicas e é, portanto, essencial para a produção mediante eletricidade solar.

Segundo Landin (2010), os módulos são compostos de células solares fabricadas com material semicondutor de eletricidade, na maioria das vezes utilizam o silício, que possui características intermediárias entre um condutor e um isolante. O silício apresenta-se normalmente como areia. Através de métodos adequados obtém-se o silício em forma pura. O cristal de silício puro não possui elétrons livres e, portanto, é um mau condutor elétrico. Para alterar isto, acrescentam-se porcentagens de outros elementos. Este processo denomina-se dopagem. Mediante a dopagem do silício com o fósforo obtém-se um material com elétrons livres ou materiais com portadores de carga negativa (silício tipo N). Realizando o mesmo processo, mas acrescentando boro ao invés de fósforo, obtém-se um material com características inversas, ou seja, déficit de elétrons ou material com cargas positivas livres (silício tipo P).

Figura 3 - Arranjo interno do módulo fotovoltaico



Fonte: Site Energia Inteligente

Cada célula solar compõe-se de uma camada fina de material tipo N e outra com maior espessura de material tipo P. Separadamente, ambas as capas são eletricamente neutras. Mas ao serem unidas, exatamente na união P-N, gera-se um campo elétrico devido aos elétrons do silício tipo N que ocupam os vazios da estrutura do silício tipo P (LANDIN, 2010).

A Figura 3 apresenta a movimentação dos elétrons com a incidência de luz solar. Ao incidir a luz sobre a célula fotovoltaica, os fótons que a integram chocam-se com os elétrons da estrutura do silício dando-lhes energia e transformando-os em condutores. Devido ao campo elétrico gerado na união P-N, os elétrons são orientados e fluem da camada "P" para a camada "N". Por meio de um condutor externo, liga-se a camada negativa à positiva. Gera-se assim um fluxo de elétrons (corrente elétrica) na conexão. Enquanto a luz continua a incidir na célula, o fluxo de elétrons mantém-se.

Ainda para Landin (2010), cada módulo fotovoltaico é formado por uma determinada quantidade de células conectadas em série. Como exposto anteriormente, ao unir-se a camada negativa de uma célula com a positiva da seguinte, os elétrons fluem através dos condutores de uma célula para a outra. Este

fluxo repete-se até chegar à última célula do módulo, da qual fluem para o acumulador ou a bateria. Cada elétron que abandona o módulo é substituído por outro que regressa do acumulador ou da bateria. Os cabos da interconexão entre módulo e bateria contêm o fluxo, de modo que quando um elétron abandona a última célula do módulo e encaminha-se para a bateria, outro elétron entra na primeira célula a partir da bateria. É por isso que um dispositivo fotovoltaico é considerado inesgotável. Ocorre a produção de energia elétrica em resposta à energia luminosa que entra no mesmo.

2.2.5. Tipos de células fotovoltaicas

a) Silício monocristalino (m-Si)

Além de ser a mais antiga tecnologia Fotovoltaica, as células de silício monocristalino (m-Si) são também as mais eficientes em aplicações comerciais.

Esta célula é produzida puxando uma espécie de semente de cristal de forma extremamente lenta e uniforme a partir de um banho de silício fundido de alta pureza (Si = 99,99% a 99,9999%) em reatores sob atmosfera controlada. Este processo produz um cilindro com duas pontas finas que são cortadas fora e, então, o cristal é cortado em seções usando quatro cortes em toda sua extensão – o que, depois é transformado em quadrados com as quinas arredondadas. Finalmente, o cristal é cortado em centenas de lâminas por fios ou serras diamantadas. Esse é o pré-produto usado na produção das células solares, o qual envolve uma série de processos tais como lapidações e banhos químicos (RÜTHER, 2004).

b) Silício policristalino (p-Si)

Estas células são formadas por diversos cristais, que são fundidos e posteriormente solidificados. É justamente por causa das bordas das partículas de cristais que a eficiência das células de policristalino é menor que as de monocristalino. Por outro lado, sua produção requer menos material e energia, resultando em um custo final menor que as monocristalinas (RÜTHER, 2004).

c) Silício Amorfo (a-Si)

A célula solar de silício amorfo foi a primeira tecnologia de filmes finos a ser desenvolvida. Logo, começou a ser aplicada em equipamentos de baixo consumo elétrico como calculadoras e outros produtos com baixo consumo elétrico.

As células a-Si são camadas extremamente finas de silício, muitas vezes não tendo mais do que 0,5 micrometros de espessura com uma estrutura amorfa, o que reduz os níveis de eficiência quando comparado com as células cristalinas. Sua eficiência não passa de 6%, mas o custo por metro quadrado é a metade do silício cristalino.

Segundo Rütther (2004), para fabricá-las, o semiconductor é depositado sobre um substrato (normalmente vidro, inox ou alguns plásticos), em processos a plasma (estado gasoso). Então, camadas condutoras transparentes são adicionadas para transmitir a corrente elétrica. Um laser é usado para dividir a superfície em diversas células, processo usado para alcançar correntes e voltagens mais adequadas.

Em comparação com outras tecnologias, ela pode ser mais vantajosa em países de clima quente como o Brasil, pois não apresenta redução na potência com o aumento da temperatura de operação (RÜTHER, 2004).

d) Telureto de Cádmio (CdTe)

Este material era usado inicialmente para aplicação em calculadoras para, em seguida, ser comercializado em módulos para grandes áreas externas, normalmente sobre placas de vidros. Enquanto as células de silício são normalmente azuis ou quase pretas, as células CdTe são de um tom marrom ou azul escuro.

Os baixos custos de produção em grande escala, quando comparado às células de silício, são um atrativo, assim como a maior eficiência na conversão da energia solar em elétrica em relação ao silício amorfo (a-Si). Os problemas relacionados a essa tecnologia são a disponibilidade deste composto químico, que é menor que a do silício, e a toxicidade do cádmio que pode se acumular na cadeia de alimentos (RÜTHER, 2004).

e) Disseleneto de Cobre (gálio) e índio (CIS e CIGS)

As células solares fabricadas a partir da família de compostos baseados no disseleneto de cobre, gálio e índio são bastante similares a do telureto de cádmio.

Não são fáceis de serem fabricadas em escala industrial, razão pelo qual as empresas ativas nesta área levaram alguns anos para desenvolverem uma boa capacidade de produção. Esses módulos são muitas vezes escolhidos pelos consumidores para a integração a edificações, além de terem uma boa eficiência,

chegam a 12%, bem superior as de silício amorfo – a-Si. Porém, assim como as células de CdTe, também apresentam problemas ligados à toxicidade dos elementos e a pouca abundância(RÜTHER, 2004).

2.2.6. Instalação

a) Os painéis devem ser fixados em locais que tenham máxima exposição à luz solar durante todo o período diurno.

b) A fixação deve ser feita em suportes ou perfis preferencialmente metálicos e fortemente fixados para receber ventos e tempestades.

c) A face de exposição do painel deve estar voltada para o Norte geográfico no hemisfério sul, ou para o Sul geográfico, no hemisfério norte e a inclinação deve ser entre 25° a 30°.

d) Não é recomendável inclinações abaixo de 15°, pois isso poderia permitir o acúmulo de sujeira.

e) É recomendado deixar um espaço entre a superfície de fixação e o painel para prover de circulação ar. A ventilação é importante para manter temperaturas mais baixas e evitar a condensação de umidade na parte traseira do mesmo.

f) Painéis podem ser interligados em série ou paralelo. Quando interligados dois ou mais unidades em paralelo (polo positivo com polo positivo e negativo com negativo) a tensão não se altera, mas a corrente é somada. Quando interligados em série (polo positivo de um painel ao polo negativo do outro e polo negativo de um e polo positivo do outro) a tensão se multiplica e a corrente permanece a mesma.

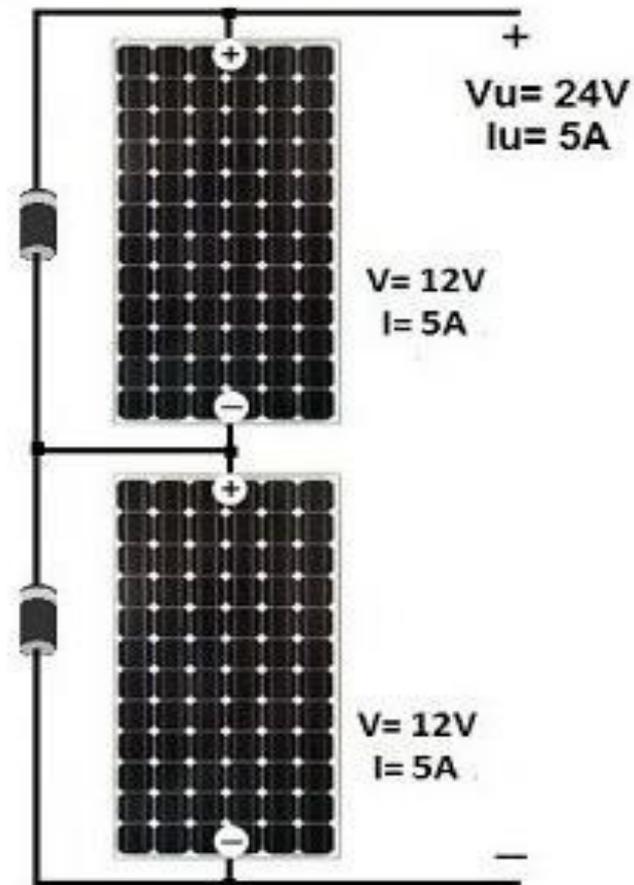
g) Quando ligados em série, todos os painéis devem ser do mesmo tipo e ter a mesma característica. Quando ligados em paralelo, esta regra não é rigorosa, porém é recomendável a instalação de diodos para proteção e equalização das cargas.

h) A fiação deve obedecer às Normas Técnicas da ABNT para instalações elétricas. É necessário utilizar sempre seções de fios com diâmetros iguais ou superiores ao recomendado, evitando perdas ou aquecimento que podem provocar curtos e incêndios.

i) Para conexão com bateria é sempre recomendável o uso de controladores de carga e descarga.

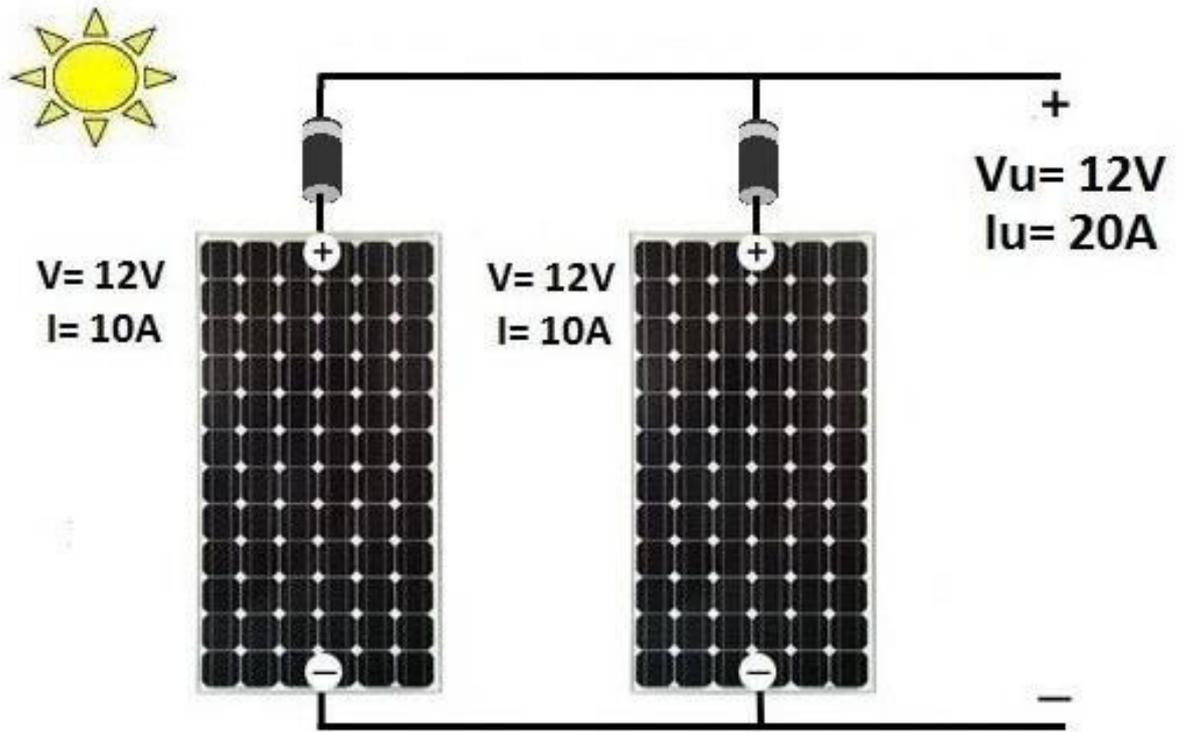
2.2.7. Associação dos módulos

Figura 4 - Associação dos módulos em série



Fonte: Site MPPT Solar

Figura 5 - Associação dos módulos em paralelo



Fonte: site MPPT Solar

De acordo com as Figuras 4 e 5, a associação dos painéis pode ser de dois tipos, em série ou em paralelo.

De acordo com Landin (2010), em um agrupamento ligado em série, como foi citado anteriormente, as células são atravessadas pela mesma corrente e a característica resultante deste agrupamento é obtida pela adição das tensões aos terminais das células, para um mesmo valor de corrente.

Num agrupamento ligado em paralelo, as células estão submetidas à mesma tensão e as intensidades de corrente adicionam-se.

2.2.8. Inversor

Figura 6 - Modelo de inversor



Fonte: Fronius

O papel principal do inversor solar no sistema é inverter a energia elétrica gerada pelo painel solar, de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA). Outro ponto importante é garantir a segurança do sistema fotovoltaico e gerar dados da geração de energia para o monitoramento do desempenho do sistema.

A potência do inversor solar depende do tamanho do sistema que se pretende instalar.

2.2.9. Micro e Mini-geração distribuída

A micro-geração de energia distribuída é caracterizada por uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes de energia renovável, como a energia solar fotovoltaica, conforme regulamentação 482/12 da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Ou seja, a micro-geração de energia solar é todo e qualquer sistema de energia solar fotovoltaica conectado à rede que seja menor que 100kW.

A mini-geração de Energia Solar é uma central geradora de energia solar fotovoltaica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW.

A Resolução Normativa da ANEEL nº 482, de abril de 2012, representou um grande avanço para a regulamentação da micro e mini-geração de energia no país, pois ela permite a conversão do excedente de energia gerado pelo sistema fotovoltaico em créditos de energia para serem utilizados posteriormente.

A compensação é realizada a partir da energia excedente injetada pelo micro ou mini gerador na rede da distribuidora de energia, a qual gera créditos de energia equivalentes para serem consumidos em um período de até 36 meses. Ainda, de acordo com o art. 2º (ANEEL, 2012), é possível que o crédito gerado seja utilizado por outra unidade consumidora, desde que esta esteja relacionada ao mesmo CPF ou CNPJ da unidade consumidora responsável pela geração dos créditos. Em outras palavras, a energia gerada em excesso, por exemplo, na hora do almoço quando se tem muito sol, é injetada para rede elétrica da distribuidora, gerando créditos em kWh para serem abatidos do consumo noturno ou em dias chuvosos.

3.METODOLOGIA

3.1. LEVANTAMENTO DOS REQUISITOS DO SISTEMA

Para o estudo da viabilidade é importante conhecer alguns conceitos inicialmente:

a) KWh: é uma medida da energia elétrica consumida por um aparelho durante um determinado período de funcionamento. Watt-hora é unidade de medida de energia e hora é uma unidade de tempo.

b) KWp: o valor de Wp de um determinado sistema fotovoltaico que funcione em corrente contínua é a potência medida, quando este sistema é irradiado por uma luz que simula a luz solar com a potência de 1000 W/m^2 , à temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$, ou seja, condições ideais.

c) Área disponível: total da área disponível para colocar as placas.

d) Ap: ampère de pico, é a corrente máxima obtida em uma condição ideal.

e) Ah: ampère hora é a corrente máxima obtida ou consumida em uma hora.

O dimensionamento de um sistema fotovoltaico pode seguir vários métodos, porém os resultados finais não possuem grandes variações. Para o dimensionamento desse trabalho, foi necessário conhecer algumas características da conta de energia e entender sobre a produção de energia no estado do Ceará.

3.2. TIPO DE CONSUMIDOR

É necessário conhecer o tipo de consumidor que vai adquirir o sistema, pois o valor e a análise financeira vão variar de acordo com cada tipo de cliente. Para o Estado do Ceará existem dois tipos de consumidores, o de baixa e alta tensão, logo, há duas tarifas diferentes.

Para o consumidor de baixa tensão há o custo de disponibilidade, que é valor mínimo que a unidade deve pagar quando possui um sistema de geração distribuída. Esse valor varia com o tipo de ligação: monofásica, bifásica ou trifásica.

Para o consumidor de baixa tensão com ligação monofásica, o custo de disponibilidade é 30kWh, para bifásica é 50kWh e para trifásica é 100kWh.

A compensação de energia em baixa tensão é então calculada por:

$$E_{comp} = E_{cons} - E_{cd} \quad (1)$$

Onde:

E_{comp} – Energia mensal compensada

E_{cons} – Energia mensal consumida

E_{cd} – Energia do custo de disponibilidade.

3.3. POTÊNCIA DO SISTEMA

Para o cálculo da potência do sistema, ou seja, a potência que cobre o consumo do cliente, é necessário conhecer alguns detalhes da conta de energia.

O consumo médio mensal do consumidor é encontrado na própria conta de energia no histórico de consumo dos últimos 12 meses. Portanto o consumo mensal e o gasto anual do consumidor são:

$$E_{cons} = C_{mensal} \times 12 \text{ meses} \quad (2)$$

Onde:

C_{mensal} – Consumo mensal

$$G_{anual} = E_{cons} \times \text{tarifa} \quad (3)$$

A tarifa tem algumas variações e deve ser usada de acordo com o valor que está na conta de energia.

Dessa forma é possível encontrar a energia compensada, de acordo com a equação 1.

Deve-se conhecer ainda a produção kWh/kWp que a cidade do dimensionamento possui. Para isso, pode-se consultar o site da NASA e encontrar a produção mensal e anual. Esse valor deve ser corrigido, pois os dados apresentados pela NASA são de uma superfície na horizontal. Com a utilização de *softwares* como *PVsyst* é possível fazer as correções necessárias.

Portanto, para o cálculo da potência necessária do sistema, faz-se:

$$Pot = \frac{E_{comp}}{P_{anual}} \quad (4)$$

Onde:

Pot – Potência do sistema

Panual – Produção anual(kWh/kWp) corrigida.

3.4. POTÊNCIA DO INVERSOR

Devido aos diversos tipos de perdas no sistema fotovoltaico, principalmente por temperatura, a potência nominal do inversor pode ser inferior a potência nominal do gerador fotovoltaico. As especificações de potência dos painéis são à temperatura de 25°C e irradiação de 1.000W/m², porém, quando se tem a irradiação neste valor, dificilmente a temperatura das células estará a 25°C. Contrariamente, o inversor poderá ter a potência superior à dos painéis caso seja instalado em lugares confinados, onde a temperatura esteja bem acima da ambiente (PINHO e GALDINO, 2014).

Para o cálculo da potência do inversor deve-se levar em consideração o fator de dimensionamento do inversor, esse fator varia entre 75 e 105% e depende do ambiente onde o inversor for instalado.

A potência do inversor pode ser menor do que a do sistema devido a diversos tipos de perda. Portanto, ao escolher o inversor deve-se atentar para a escolha de um que possua uma potência próxima ou maior à do sistema fotovoltaico, além de ter uma boa relação custo-benefício.

O cálculo para a potência do inversor é:

$$POTi = Pot \times Fator \quad (5)$$

Onde:

POTi – Potência do inversor

Fator – Fator de dimensionamento do inversor (75 a 105%)

3.5. ÁREA NECESSÁRIA

Outro estudo necessário que deve ser feito é em relação ao local de instalação. Após saber a potência do sistema e do inversor, o próximo passo é escolher o tipo de painel que atenda a demanda do consumidor. Com as especificações do painel escolhido, pode-se encontrar a área necessária. Após a escolha, é necessário saber se o local tem a área disponível.

Vale ressaltar que é de extrema importância que a área onde os painéis serão instalados possua uma boa estrutura e não tenham presença de sombreamento. A sombra diminui consideravelmente a produção do sistema.

Estudos de sombreamento ao longo do ano podem ser feitos no programa *SketchUp*, onde é possível ver a área que sofre sombreamento durante todo o ano e, dessa forma, saber onde os painéis podem ser instalados ou não.

3.6. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Após fazer o dimensionamento e saber o valor final do investimento é necessário fazer a análise financeira. Para isso, precisa-se fazer o balanço econômico entre o que poderá ser economizado e o que foi investido durante o período de produção ótima do sistema, que gira em torno de 25 anos.

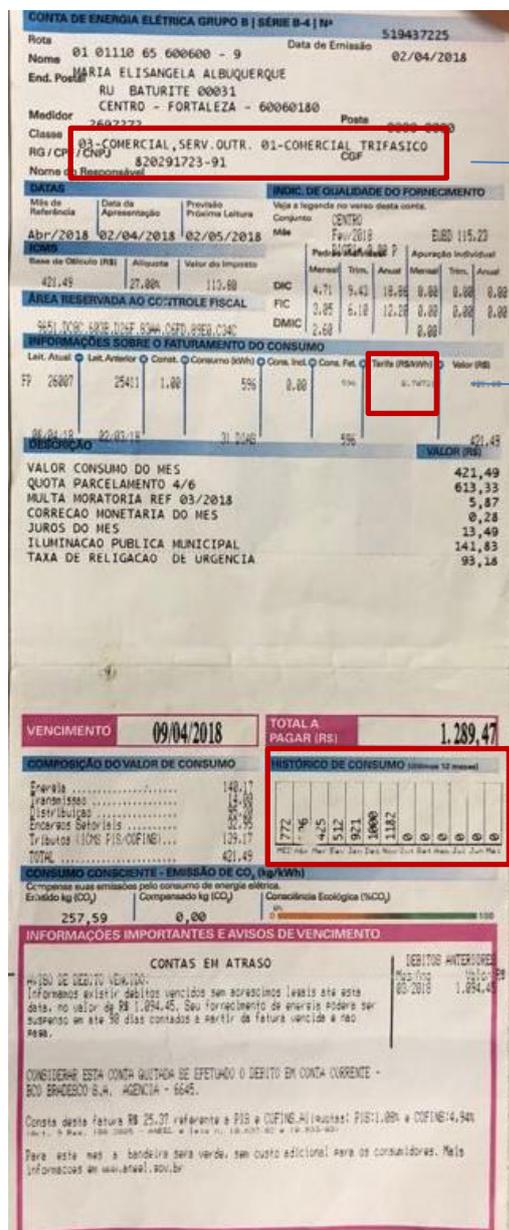
O balanço é importante, pois dessa forma é possível avaliar o tempo de retorno do investimento e os ganhos econômicos que o consumidor terá ao final dos 25 anos.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados serão baseados na conta de energia de um ponto comercial no centro da cidade de Fortaleza.

O primeiro ponto a ser analisado é a conta de luz. Nela podem-se ver alguns dados do cliente, o endereço do local do projeto, a classe do consumidor, o consumo mensal e outras características.

Figura 7 - Conta de energia



Classe do consumidor:
Trifásico

Tarifa:
R\$0,71

Histórico do consumo no último ano

Fonte: Acervo Pessoal

Na figura 7 é possível ver os pontos mais importantes da conta de energia.

Tabela 1 - Dados da conta de energia

Distribuidora:	Enel Distribuição Ceará
Localidade:	Fortaleza- CE
Grupo:	B
Classe:	03- Comercial, serv. Outras Trifásico

Fonte: Próprio autor

No consumo mensal mostrado na figura 7, só há dados para os últimos seis meses, ou seja, as lojas começaram a funcionar em novembro de 2017, portanto, para o dimensionamento, será usado o consumo médio desses meses, que é 772 kWh. Vale salientar que o consumo desse conjunto de lojas varia constantemente, pois em alguns períodos nem todas as lojas estão alugadas, diminuindo o consumo e em outros períodos há maior consumo, pois elas ficam abertas por mais tempo, como no final de ano.

Para esse caso, não há consumo hora ponta, usado nos casos de alta tensão.

Tabela 2 - Dados do consumo anual

PERIODO		
MÊS/ANO	FORA PONTA	HORA PONTA
04/2018	772	-
03/2018	772	-
02/2018	772	-
01/2018	772	-
12/2017	772	-
11/2017	772	-
10/2017	772	-
09/2017	772	-
08/2017	772	-
07/2017	772	-
06/2017	772	-
05/2017	772	-
Soma =	9264	-
Média =	772	-
	Consumo Médio Anual =	9,264 kWh

Fonte: Próprio autor

O valor da tarifa para a conta em questão é de R\$0,71/kWh.

De acordo com a metodologia apresentada, energia compensada é:

$$E_{comp} = E_{cons} - E_{cd} \quad (1)$$

Logo, a energia compensada mensal é:

$E_{cons} - 722\text{kWh}$

$E_{cd} - \text{Sistema trifásico (100kWh)}$

$$E_{comp} = 772 - 100 = 672\text{kWh}$$

Para a potência necessária do sistema, tem-se:

$$Pot = \frac{E_{comp}}{P_{anual}} \quad (4)$$

Logo, a potência do sistema é:

E_{comp} – valor da energia compensada anual

P_{anual} – Valor de kWh/kWp incidente em Fortaleza em um ano segundo a NASA e com as devidas correções. Usualmente, a correção é na ordem de 1,05.

Tabela 3– Dados da NASA

#	MESES	PRODUÇÃO kWh/kWp– NASA
1	Jan	127.43
2	Fev	119.664
3	Mar	96.768
4	Abr	85.68
5	Mai	103.917
6	Jun	107.304
7	Jul	126.54
8	Ago	159.858
9	Set	174.408
10	Out	180.612
11	Nov	161.376
12	Dez	147.414
	Total	1,591 kWh/kWp
	Produção anual/kWp (corrigida)	1,686 kWh/kWp

Fonte: Próprio autor

$$Pot = \frac{672 * 12}{1686} = 4,78kWp$$

Portanto, a potência do sistema para cobrir o consumo do estabelecimento deve ser de 4,78kWp.

Algumas empresas de Fortaleza ofertam kits com os componentes do sistema para determinadas faixas de potência. Para valor de potência calculado, o kit ofertado que mais se adequa é de 16 painéis, como pode ser visto na tabela 4.

Tabela 4 - Kits ofertados

Potência do sistema	Número de placas
Pot < 0.54	2
0.54 ≤ Pot < 1.62	4
1.62 ≤ Pot < 2.70	6
2.70 ≤ Pot < 3.24	10
3.24 ≤ Pot < 4.32	12
4.32 ≤ Pot < 5.40	16
5.40 ≤ Pot < 7.02	20
7.02 ≤ Pot < 8.64	26
8.64 ≤ Pot < 10.8	32
10.8 ≤ Pot < 12.4	40
12.4 ≤ Pot < 14.5	46
14.5 ≤ Pot < 16.2	54
16.2 ≤ Pot < 18.3	60
18.3 ≤ Pot < 22.6	68
Pot ≥ 22.6	84

Fonte: Empresa de Fortaleza

Com a potência do sistema, pode-se calcular a autonomia desse sistema, ou seja, o quanto que esse consumidor produzirá e ficará independente da distribuidora de energia.

$$A = \frac{\text{Produção anual}}{\text{Consumo anual}} = 78,64\% \quad (5)$$

Logo, para o consumo mensal desse consumidor, 78,64% ele consegue produzir e o que falta (22,36%) é fornecido pela distribuidora.

O próximo passo é calcular a potência do inversor:

$$POT_i = Pot \times Fator \quad (6)$$

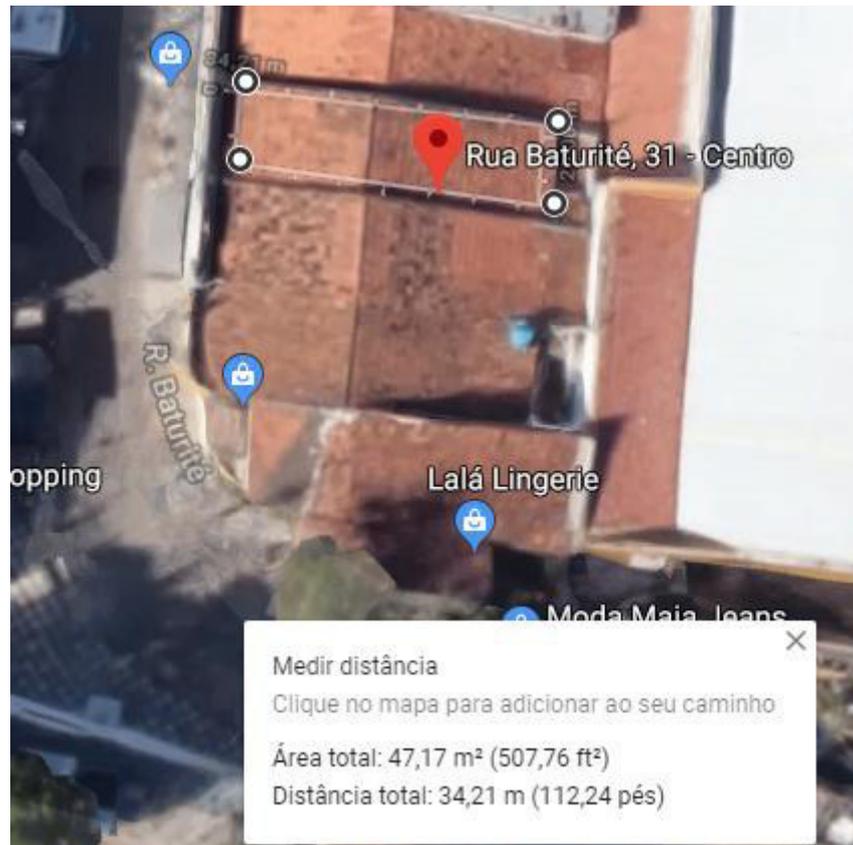
Fator – fator considerado de 85% (valor médio).

Portanto,

$$POTi = 4,78 * 0,85 = 4,06kVA = 4,0kVA$$

Para a área necessária, foi utilizada a ferramenta do GoogleMaps® para medir a área disponível.

Figura 8- Visão aérea do local de estudo



Fonte: Google Maps®

A área disponível para a instalação das placas é de 47,17m²

Existem diversos tipos de painéis. Para as especificações do projeto em questão, foi avaliado um módulo da Canadian, modelo CS6K 270P de 270Wp. Para cobrir o consumo necessário, devem ser instalados 16 painéis com área de 1,91m², totalizando uma área de aproximadamente 30,56m². Portanto, há área disponível para a realização do projeto.

Além disso, deve-se lembrar que para a latitude da cidade de Fortaleza, os painéis devem ser instalados com uma inclinação acima de 10º, afim de não acumular sujeira em cima do módulo e, dessa maneira, não diminuir a eficiência do sistema.

Para o inversor, foi encontrado o modelo Inversor Fronius Primo 4.0 de 4kVA, ideal para a potência dimensionada.

Diante disso, segue o resumo do sistema e dos equipamentos que o projeto precisa:

Tabela 5 - Resumo das especificações do sistema

Quantidade de módulos	16
Área necessária(m ²)	30,56
Potência do módulo(Wp)	270
Potência do inversor(kVA)	4
Potência anual do sistema(kWp)	4,78
Valor do sistema	R\$31.492,80

Fonte: Próprio autor

O preço do sistema foi baseado em uma empresa da cidade de Fortaleza. O valor obtido inclui os módulos, inversor, cabeamentos, mão de obra e outros componentes do sistema.

Para a análise econômica, faz-se necessário que sejam feitas algumas considerações. O consumo médio anual é considerado o mesmo nos próximos 25 anos, que é o período de vida útil ótima para o sistema. Além disso, levou-se em consideração a inflação das tarifas no Brasil para os próximos anos. Foi considerado um aumento de 13% nos dois primeiros anos, 10% nos três anos seguintes e 5% nos outros 20 anos.

Portanto, a análise econômica para os 25 anos seguintes é:

Tabela 6 - Análise econômica em 25 anos

ANO	INFLAÇÃO	TARIFA	B	GASTOS S/ SISTEMA	PRODUÇÃO	C/ SISTEMA	CONTA ENEL
		B				B	
1	13%	R\$ 0.71	9264.00	R\$ 6,577.44	6,872.99	2391.01	R\$ 1,697.62
2	13%	R\$ 0.80	9264.00	R\$ 7,432.51	6,824.88	2439.12	R\$ 1,956.91
3	10%	R\$ 0.91	9264.00	R\$ 8,398.73	6,777.10	2486.90	R\$ 2,254.62
4	10%	R\$ 1.00	9264.00	R\$ 9,238.61	6,729.66	2534.34	R\$ 2,527.39
5	10%	R\$ 1.10	9264.00	R\$ 10,162.47	6,682.55	2581.45	R\$ 2,831.81
6	5%	R\$ 1.21	9264.00	R\$ 11,178.71	6,635.78	2628.22	R\$ 3,171.43
7	5%	R\$ 1.27	9264.00	R\$ 11,737.65	6,589.33	2674.67	R\$ 3,388.86
8	5%	R\$ 1.33	9264.00	R\$ 12,324.53	6,543.20	2720.80	R\$ 3,619.67
9	5%	R\$ 1.40	9264.00	R\$ 12,940.76	6,497.40	2766.60	R\$ 3,864.63
10	5%	R\$ 1.47	9264.00	R\$ 13,587.80	6,451.92	2812.08	R\$ 4,124.57
11	5%	R\$ 1.54	9264.00	R\$ 14,267.19	6,406.75	2857.25	R\$ 4,400.35
12	5%	R\$ 1.62	9264.00	R\$ 14,980.55	6,361.91	2902.09	R\$ 4,692.89
13	5%	R\$ 1.70	9264.00	R\$ 15,729.57	6,317.37	2946.63	R\$ 5,003.15
14	5%	R\$ 1.78	9264.00	R\$ 16,516.05	6,273.15	2990.85	R\$ 5,332.15
15	5%	R\$ 1.87	9264.00	R\$ 17,341.85	6,229.24	3034.76	R\$ 5,680.96
16	5%	R\$ 1.97	9264.00	R\$ 18,208.95	6,185.63	3078.37	R\$ 6,050.71
17	5%	R\$ 2.06	9264.00	R\$ 19,119.39	6,142.33	3121.67	R\$ 6,442.61
18	5%	R\$ 2.17	9264.00	R\$ 20,075.36	6,099.34	3164.66	R\$ 6,857.92
19	5%	R\$ 2.28	9264.00	R\$ 21,079.13	6,056.64	3207.36	R\$ 7,297.96
20	5%	R\$ 2.39	9264.00	R\$ 22,133.09	6,014.25	3249.75	R\$ 7,764.15
21	5%	R\$ 2.51	9264.00	R\$ 23,239.74	5,972.15	3291.85	R\$ 8,257.97
22	5%	R\$ 2.63	9264.00	R\$ 24,401.73	5,930.34	3333.66	R\$ 8,780.98
23	5%	R\$ 2.77	9264.00	R\$ 25,621.82	5,888.83	3375.17	R\$ 9,334.85
24	5%	R\$ 2.90	9264.00	R\$ 26,902.91	5,847.61	3416.39	R\$ 9,921.30
25	5%	R\$ 3.05	9264.00	R\$ 28,248.05	5,806.67	3457.33	R\$ 10,542.18
Total				R\$ 411,444.59			R\$ 135,797.65

Fonte: Próprio autor

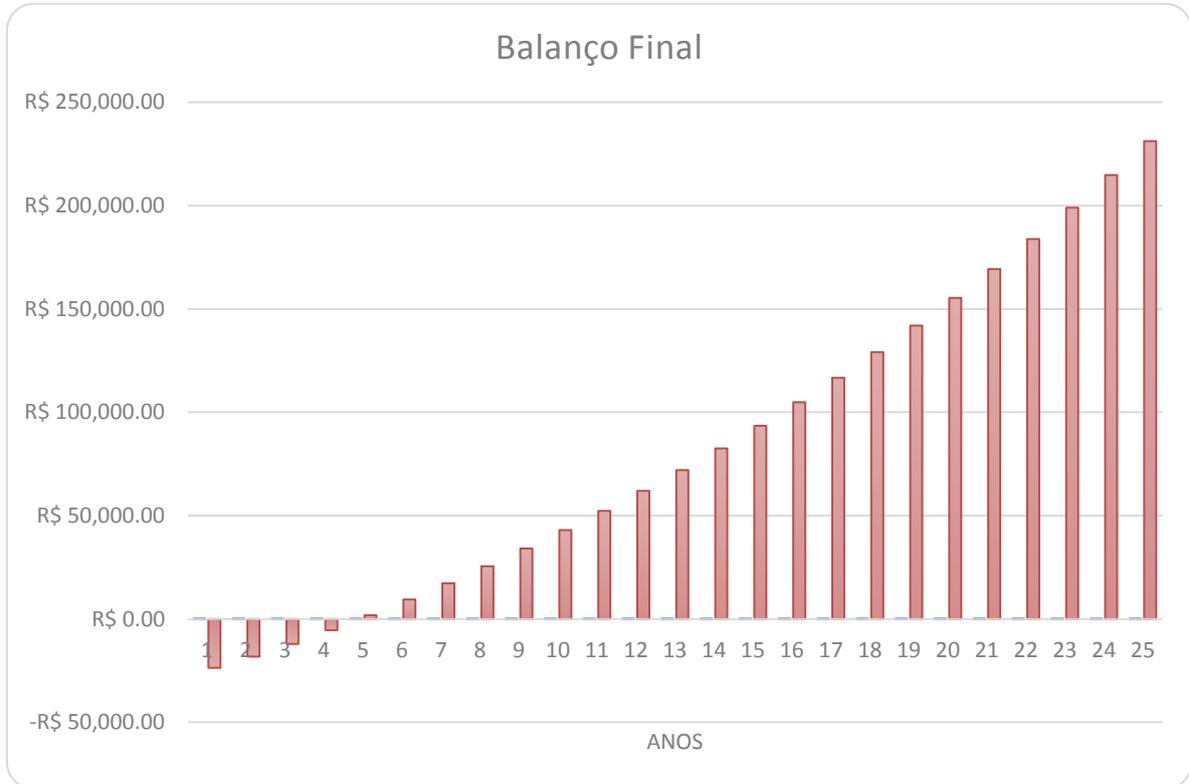
Como pode ser visto na tabela 5, a análise realizada é bem simples e contempla os gastos que o interessado no projeto teria em longo prazo se instalasse ou não o sistema. Além de mostrar o valor que seria economizado e o tempo de retorno do investimento.

Como já foi dito, foi considerado a inflação no valor da tarifa da conta de energia durante os anos. Além disso, é possível ver que a produção anual do sistema diminui no decorrer dos anos, pois o módulo vai perdendo a eficiência, logo, produz menos energia.

Com a tabela é possível calcular a diferença entre o que é gasto sem o sistema e o que será gasto se o sistema for implantado e ter uma economia de R\$275.646,94, que pode ser investido de outras maneiras, como no aumento das

lojas ou construção de outros imóveis e ainda há a valorização do imóvel no mercado.

Figura 9 - Tempo de retorno do investimento



Fonte: Próprio autor

De acordo com a Figura 9, a avaliação do retorno do investimento é de quatro anos. Ou seja, ao final dos quatro primeiros anos o consumidor terá pago o investimento feito inicialmente e a partir do quinto ano ele começará a ter o retorno. Pode ser considerado um retorno de investimento rápido, sabendo que a média de retorno é, geralmente, de cinco a dez anos.

Esse consumidor terá um rápido retorno e uma economia considerável ao final dos 25 anos.

5. CONCLUSÃO

Para o estudo realizado no estabelecimento comercial situado no centro da cidade de Fortaleza, é possível concluir que a instalação do sistema gera uma grande economia ao longo dos anos para o consumidor e possui um bom tempo retorno do investimento.

O sistema tem uma autonomia de 78,64%, ou seja, para esse consumidor, essa é a independência que o dono do estabelecimento terá da companhia de energia.

Os cálculos para o sistema foram baseados na precificação de uma empresa de Fortaleza, que incluem 16 módulos, inversor, mão de obra e outros, totalizando um valor de R\$31.492,80. Os módulos escolhidos foram da empresa Canadian e o inversor da empresa Fronius.

O tempo de retorno econômico para o consumidor é de quatro anos e ao final dos 25 anos o cliente terá economizado R\$275.646,94.

Pode-se concluir que o investimento é viável para esse consumidor, pois o retorno do investimento é muito rápido, além de gerar uma economia que pode ser usada para fazer outros investimentos, como aumentar as lojas ou aplicar em outros tipos de negócios. Além disso, há a valorização do imóvel, que pode ser de até 30%.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Despacho nº 720, de 25 de março de 2014.

_____. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.

ANEEL. **Brasil possui mais de 10 mil conexões de micro e minigeração distribuída**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/brasil-possui-mais-de-10-mil-conexoes-de-micro-e-minigeracao-distribuida/656877>. Acesso em: 05 maio 2018.

AQUECIMENTO, Multi. **Conheça mais sobre a fabricação do módulo solar**. Disponível em: <<http://www.multiaquecimento.com.br/blog-conheca-mais-sobre-a-fabricacao-do-modulo-solar-54.php>>. Acesso em: 10 maio 2018

BRASIL, Ambiente. **Energia Solar**. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/energia_solar/energia_solar.html>. Acesso em: 06 maio 2018.

BRASIL, Solar. **Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos**. Disponível em: <<http://www.solarbrasil.com.br/blog-da-energia-solar/77-energia-solar-fotovoltaica-conceitos>>. Acesso em: 15 maio 2018

GUIMARÃES, Gabriel. **Valorização de imóveis**: Disponível em: <<http://www.solarvoltenergia.com.br/valorizacao-de-imoveis-com-fotovoltaico/>>. Acesso em: 05 maio. 2018.

LANDIN, Edslei Paes. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**. 2010. 48 f. Tese SIQUEIRA, Lucas Matias de. **Estudo do Dimensionamento e da Viabilidade Econômica de Microgerador Solar Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica**. 2015. 52 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015. Niquelândia, Niquelândia, 2010.

NEOSOLAR. **SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E SEUS COMPONENTES**. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>>. Acesso em: 06 maio 2018.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (Org.), **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Ed. Revisada e Atualizada, Rio de Janeiro, 2014.

RÜTHER, Ricardo. **Tipos de módulos fotovoltaicos**. Disponível em: <<http://americadosol.org/tipos-de-modulos-fotovoltaicos/#toggle-id-6>>. 2004.

SOLAR, Portal. **MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/microgeracao-de-energia-solar.html>>. Acesso em: 15 maio. 2018.