



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

NAYARA GONÇALVES DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA NA IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA
SOLAR EM RESIDÊNCIAS POPULARES: UMA ALTERNATIVA DE ENERGIA
PARA O CEARÁ**

FORTALEZA

2021

NAYARA GONÇALVES DE OLIVEIRA

ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA NA IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA
SOLAR EM RESIDÊNCIAS POPULARES: UMA ALTERNATIVA DE ENERGIA PARA
O CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Christus, como requisito
parcial para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Profa. MSc. Tatiana Soares de
Oliveira

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G635a Gonçalves de Oliveira, Nayara.
 ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA NA
 IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA SOLAR EM RESIDÊNCIAS
 POPULARES: UMA ALTERNATIVA DE ENERGIA PARA O
 CEARÁ / Nayara Gonçalves de Oliveira. - 2019.
 75 f. : il. color.

 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
 Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,
 Fortaleza, 2019.

 Orientação: Profa. Ma. Tatiana Oliveria.

 1. Energia Solar. 2. Energia Limpa. 3. Sustentabilidade. 4. Placas
 Solares. I. Título.

CDD 624

NAYARA GONÇALVES DE OLIVEIRA

ANÁLISE DA VIABILIDADE FINANCEIRA NA IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA
SOLAR EM RESIDÊNCIAS POPULARES: UMA ALTERNATIVA DE ENERGIA PARA
O CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Christus, como requisito
parcial para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Profa. MSc. Tatiana Soares de
Oliveira

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Profa. MSc. Tatiana Soares de Oliveira
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Willigton Gondim
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Natália Fernandes
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

FORTALEZA

2021

RESUMO

Ao passar dos anos, vem sendo notado que a tecnologia se encontra em constante evolução. Contudo, apesar de todas as inovações, a partir dos diversos produtos desenvolvidos, ainda existem dois elementos fundamentais à existência humana da atualidade que não podem ser substituídos por nenhum outro: água e energia elétrica. O rápido crescimento populacional exigiu uma maior demanda por esses dois bens, que são fontes esgotáveis e, embora, existem estudos e avanços tecnológicos, os pesquisadores ainda procuram novas alternativas para supri-los de forma sustentável. Neste trabalho é trazido como exemplo de desenvolvimento sustentável a utilização de fontes alternativas de energia, sendo esta a energia solar. Este sistema vem sendo aprimorado, fazendo com que a produção seja maior. Isso faz com que esse material tenha seus custos diminuídos e melhorando sua acessibilidade para usuários que até então, não podiam possuí-lo. Como exemplo, é exposta a energia solar fotovoltaica através da utilização de placas solares. proporcionar mais conforto ao ambiente e ao consumidor. Para tanto, o objetivo deste trabalho é demonstrar a viabilidade financeira da implantação do sistema de energia solar para população de baixa renda através de financiamento. A metodologia aplicada para atingi-lo foi analisar o consumo de uma residência de usuários de baixa renda e a partir dos dados obtidos coletar orçamento para implantação do sistema projetado, pegar propostas com duas financeiras que atendem esse tipo de projeto no estado do Ceará e por fim analisar a viabilidade através da metodologia de *payback*. Na análise de resultados consegue-se definir a melhor proposta de financiamento, dentre as financeiras avaliadas. Por fim, percebeu-se que o projeto é viável e que consegue um retorno financeiro de, em média, R\$ 7.302,00 (sete mil trezentos e dois) reais para o usuário, apresentando retorno bem mais rápido que o esperado.

Palavras-chave: Energia Solar. Energia Limpa. Sustentabilidade. Placas Solares.

ABSTRACT

Over the years, it has been noticed that the technology is constantly evolving. However, despite all the innovations, from the various products developed, there are still two fundamental elements to human existence today that cannot be replaced by any other: water and electricity. The rapid population growth required a greater demand for these two goods, which are exhaustible sources and, although there are studies and technological advances, researchers are still looking for new alternatives to supply them sustainably. In this work, as an example of sustainable development, the use of alternative energy sources is brought, which is solar energy. This system has been improved, making production greater. This makes this material have its costs reduced and improving its accessibility for users who, until then, could not have it. As an example, it is exposed to photovoltaic solar energy through the use of solar panels. provide more comfort to the environment and the consumer. Therefore, the objective of this work is to demonstrate the financial feasibility of implementing a solar energy system for low-income population through financing. The methodology applied to achieve it was to analyze the consumption of a household of low-income users and, from the data obtained, collect a budget for the implementation of the projected system, get proposals with two financial institutions that serve this type of project in the state of Ceará and by in order to analyze the feasibility through the payback methodology. In the analysis of the results, it is possible to define the best financing proposal, among the evaluated financial institutions. Finally, it was noticed that the project is viable and that it achieves a financial return of, on average, R\$ 7,302.00 (seven thousand three hundred and two) reais for the user, presenting a much faster return than expected.

Keywords: Solar Energy. Clean Energy. Sustainability. Solar boards.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CCE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
COFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
ITBI	Imposto de Transmissão de Bens Imóveis
MME	Ministério de Minas e Energia
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios

LISTA DE SÍMBOLOS

GW	Gigawatts
kW/h	Quilowatts por hora
KWP	Quilowattspico
MW	Megawatts
W	Watts

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Derivação das Fontes de Energia	8
Figura 2 – Potencial de energia solar.....	11
Figura 3 - Derivação das Fontes de Energia.....	15
Figura 4–Sistema fotovoltaico isolado	17
Figura 5 – Sistema fotovoltaico distribuído conectado à rede.....	18
Figura 6 – Sistema fotovoltaico híbrido.	19
Figura 7 - Geração no Ceará.....	25
Figura 8 - Geração de Fortaleza	26
Figura 9–Etapas Metodológicas	30

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Matriz Energética Brasileira.....	2
Gráfico 2 - Ranking dos estados em potência [W] instalada.....	23
Gráfico 3 -Ranking das cidades por potência [W] instalada	24
Gráfico 4 - Potência instalada no Ceará.	25
Gráfico 5 - Evolução das potências instalada no Ceará.....	26
Gráfico 6 - Evolução dos sistemas instalados em Fortaleza.....	27
Gráfico 7- Quantidade de Sistemas por Classe em Fortaleza.....	27
Gráfico 8 – Comparativo de juros para carência de 30 dias	50
Gráfico 9 – Comparativo de juros para carência de 60 dias	50
Gráfico 10 – Comparativo de Juros paracarência de 90 dias	51
Gráfico 11 – Comparativo de juros para carência de 120 dias.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1–Existência de energia elétrica em regiões brasileiras.....	4
Tabela 2–Quantitativo para fixação.....	35
Tabela 3 – Caracterização das Financeiras quanto ao tempo de mercado.....	36
Tabela 4 – Orçamento empresa Gama.....	38
Tabela 5– Financeiras A e B quanto as Taxas de Juros.....	39
Tabela 6– Financeira A – Carência 30 dias.....	40
Tabela 7– Financeira A – Carência 60 dias.....	40
Tabela 8– Financeira A – Carência 90 dias.....	41
Tabela 9– Financeira A – Carência 120 dias.....	42
Tabela 10– Juros e Real para carências de 30, 60, 90 e 120 dias – Financeira A.....	42
Tabela 11– Financeira B – Carência 30 dias.....	43
Tabela 12– Financeira B – Carência 60 dias.....	44
Tabela 13– Financeira B – Carência 90 dias.....	45
Tabela 14– Financeira B – Carência 120dias.....	46
Tabela 15– Juros e Real para carências de 30, 60, 90 e 120 dias – Financeira B.....	47
Tabela 16– Comparativo: Financeira A x B – Pré Fixada/A x B Pós Fixada.....	48
Tabela 17– Previsão de Gastos Anual com Manutenção Preventiva.....	53
Tabela 18– Cálculo do Investimento Total.....	53
Tabela 19– Consumo médio de Energia Elétrica em 10 anos.....	53
Tabela 20– Viabilização Sistema Solar Fotovoltaico.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Vantagens e Desvantagens	14
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REFERENCIAL TEÓRICO	8
2.1	Fontes de Geração de Energia e o Meio Ambiente.....	8
2.2	Energia Solar	10
2.2.1.	<i>Descoberta e Difusão da Energia Solar</i>	12
2.2.2.	<i>Energia Solar Fotovoltáica</i>	14
2.2.3.	<i>Energia Fotovoltaica - Equipamentos e Elementos do Sistema</i>	15
2.2.4.	<i>Panorama Brasileiro</i>	21
2.2.5.	<i>Panorama Cearense</i>	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1	Método da pesquisa	31
3.2	Materiais Utilizados	32
3.3	Perfil do Usuário.....	32
3.3.1	<i>Características da edificação dos usuários de baixa renda.....</i>	34
3.3.2.	<i>Dimensionamento do sistema</i>	Erro! Indicador não definido.
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
4.1.	Dados Relacionados ao Orçamento	38
4.2.	Proposta de Financiamento – Financeira A.....	39
4.3.	Proposta Financiamento – Financeira B	43
4.4.	Análise das Propostas de Financiamento – Financeira A x Financeira B.....	48
	REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

Ao passar dos anos, vem sendo notado que a tecnologia se encontra em constante evolução. Contudo, apesar de todas as inovações, a partir dos diversos produtos desenvolvidos, ainda existem dois elementos fundamentais à existência humana da atualidade que não podem ser substituídos por nenhum outro: água e energia elétrica. O rápido crescimento populacional exigiu uma maior demanda por esses dois bens, que são fontes esgotáveis e, embora, existem estudos e avanços tecnológicos, os pesquisadores ainda procuram novas alternativas para supri-los de forma sustentável.

Para o setor da construção civil é trazida tal preocupação, de modo a desenvolver soluções que permitam reduzir os impactos ambientais causados em um determinado meio. De acordo com Máximo e Dalri (2017), há diversos recursos que podem ser empregados e reutilizados, visando à minimização do problema citado anteriormente, tais como a reutilização da água das chuvas e o uso da energia solar, por exemplo.

Há a necessidade, até mesmo em âmbito global, de se pesquisar e de dissertar sobre o desenvolvimento sustentável, este relacionado a diferentes dimensões, tais como política, social, técnico econômico e ambiental. O setor energético está relacionado a cada uma das esferas citadas anteriormente (INATOMI e UDAETA, 2005).

Para tanto é dissertado, em sequência, sobre as fontes de energia, assunto este discutido no decorrer deste trabalho, de forma a embasar e contextualizar sobre seus impactos e suas necessidades.

As fontes de energia podem se dividir em dois tópicos: fontes renováveis e fontes não renováveis, as quais podem gerar diversas outras energias, de acordo com a matéria utilizada.

As fontes de energia renováveis são aquelas que se mantêm disponíveis durante um longo período, ou seja, contam com recursos que podem se reconstruir. Também existem aquelas que se mantêm ativas permanentemente. Um caso particular, adotado por esta pesquisa, é a radiação solar, que é uma fonte de energia inesgotável e que pode ser utilizada pela humanidade.

Já as fontes de energias não renováveis também estão disponíveis na natureza, mas diferentemente das renováveis, uma vez esgotada, não seria possível produzir esta fonte de outro modo. Assim, podem ser citados, como exemplo, o petróleo, o qual levou milhões de anos para se formar e sua utilização ainda traz diversos danos ao meio ambiente.

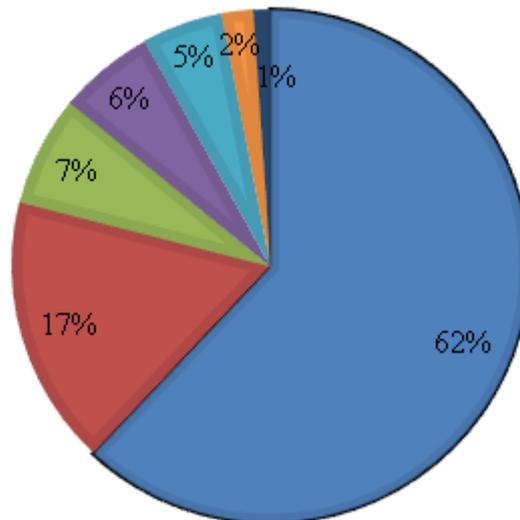
A matriz energética brasileira se dá de acordo com as fontes de energia mencionadas anteriormente, sejam elas renováveis ou não renováveis, sendo diferenciadas a partir da reposição dos recursos utilizados para a conversão de uma dada fonte em energia elétrica (BORGES e JESUS, 2019).

Dado o aumento acelerado pela demanda de energia elétrica, se vê a necessidade de diminuir a dependência de combustíveis fósseis, tomando como preferência fontes de energia mais limpas, que não poluem. Sendo buscados sempre novas fontes para a geração de eletricidade, por exemplo (VILLALVA, 1983).

No Gráfico 1 é possível visualizar as principais fontes de energias renováveis, sendo o maior produtor as hidrelétricas, que suprem, atualmente, mais da metade da demanda brasileira. Essa fonte renovável é de suma importância, mas além de precisar que seus reservatórios estejam cheios para geração de energia, para a construção de novas hidrelétricas é necessário um desgaste ambiental muito grande.

Gráfico 1 - Matriz Energética Brasileira

■ Hídrica ■ Fóssil ■ Eólica ■ Biomassa ■ Importação ■ Solar ■ Nuclear



Fonte: Adaptação da ANEEL, 2020.

Os combustíveis fósseis foram, durante muitos anos, o principal impulsionador da economia, porém é uma fonte esgotável e que exige cautela ao ser usado, pois agride a atmosfera e contribui para degradação ambiental e o efeito estufa.

Existem alternativas de energias renováveis, como a energia eólica, que possui grande potencial, mas exige uma localização dos pontos de instalação das usinas com grandes ventos, como regiões litorâneas. A energia da biomassa, por sua vez, resolve um dos grandes problemas ambientais atuais relacionados à alta produção de lixo e rejeitos, como o bagaço da

cana e demais materiais que não teriam mais utilização. Isto porque usaria essa matéria-prima como uma fonte de energia. No entanto, este tipo de energia precisa de um maquinário muito grande e só pode ser produzida com grandes quantidades de rejeitos. Assim, com a queima desse material, essa energia gerada é transformada em elétrica.

Dentre as fontes alternativas de energias, a que vem ganhando maior destaque é a energia solar devido à facilidade da produção. Este sistema vem sendo aprimorado, fazendo com que a produção seja maior. Isso faz com que esse material tenha seus custos diminuídos e melhorando sua acessibilidade para usuários que até então, não podiam possuí-lo.

Complementando de acordo com Braga (2008, p.2), “a energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão da radiação solar em eletricidade por intermédio de materiais semicondutores. Esse fenômeno é conhecido como Efeito Fotovoltaico”.

Os sistemas fotovoltaicos começaram a chegar ao Brasil na década de 70 quando houve a primeira crise do petróleo e os países perceberam a extrema dependência desta forma de combustível, buscando nas políticas nacionais direcionar o país para a diversificação da base de suprimento energético. Entre o fim da década de 70 e início da década de 80, foram estabelecidas no país duas fábricas de módulos fotovoltaicos. Porém, grupos de pesquisas que atuavam e desenvolviam esta tecnologia, migraram para outras áreas de conhecimento, devido à falta de incentivo. Então, as fábricas reduziram sua produção ou fecharam (CEPEL-CRESESB, 2014).

Desta forma, nos anos que seguiram o governo federal, visando amenizar o problema de acessibilidade à energia elétrica em algumas regiões do país, em especial no meio rural, estabeleceu alguns programas nacionais envolvendo a implementação desses sistemas (ARCHER *et al.*, 2015). Dentre estes programas, destacam-se o Programa Luz do Sol no Nordeste, Programa Luz Solar em Minas Gerais, Luz no Campo e o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), com abrangência nacional.

De acordo com o Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no que diz respeito à existência de energia elétrica, segundo as regiões brasileiras, a Tabela 1 indica algumas características desse fornecimento, como a quantidade de domicílios particulares permanentes e a existência de energia elétrica de outras fontes, como observa-se:

Tabela 1–Existência de energia elétrica em regiões brasileiras.

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Domicílios particulares permanentes	Existência de energia elétrica total	Existência de energia elétrica da companhia distribuidora	Existência de energia elétrica de outra fonte	Existência de energia elétrica não tinham
Brasil	57.324.185	56.595.007	56.044.395	550.612	728.512
Norte	3.975.533	3.724.295	3.547.426	176.869	251.207
Nordeste	14.922.901	14.583.662	14.460.942	122.720	339.087
Sudeste	25.199.799	25.133.234	24.937.720	195.514	66.211
Sul	8.891.279	8.859.224	8.829.870	29.354	31.979
Centro-Oeste	4.334.673	4.294.592	4.268.437	26.155	40.028

Fonte: IBGE, 2010.

Os índices atualizados seriam expostos a partir do Censo Demográfico de 2020, uma vez que ocorre esse levantamento a cada 10 anos. No entanto, devido à pandemia, não foram realizados levantamentos mais atuais, o que indica que pode ter ocorrido mudanças, dado o intervalo de tempo. Isso pode ser comprovado quando se lê:

“Em função das orientações do Ministério da Saúde relacionadas ao quadro de emergência de saúde pública causado pelo COVID-19, o IBGE decidiu adiar a realização do Censo Demográfico para 2021” (IBGE, 2020).

Um dos benefícios advindos da energia fotovoltaica é da possibilidade de economia através da redução nas costas de energia elétrica. Contribuindo, assim, no desenvolvimento de novos projetos de instalação de unidades de geração elétrica fotovoltaica (COSTA *et al.*, 2019).

Dentre essas fontes de energias renováveis a energia proveniente dos raios solares vem se destacado por possuir um grande potencial de geração, e um custo-benefício alto, podendo ser instalada em qualquer lugar. Atualmente, é possível que em qualquer residência gere sua própria energia elétrica.

Outro fator que estimula a implantação desse sistema de geração diz respeito aos altos custos com a conta elétrica. Atualmente, muitos comércios buscam gerar energia a partir dessa fonte, bem como tem sido uma alternativa procurar para ser instalada em residências.

No começo, o custo de instalação do sistema apresenta-se elevado, porém, se for diluído em meses nos quais se paga a tarifa, dependendo da região, a média de retorno é de 5 anos e o sistema de geração produz energia por volta de 25 anos. Ou seja, serão 20 anos sem pagar essa tarifa. Por essa razão, é uma alternativa que atrai muitos consumidores, além do fato de proporcionar mais conforto ao ambiente e ao consumidor.

A geração de energia elétrica a partir da utilização da luz solar apresenta grandes benefícios ambientais e em termos de segurança energética, uma vez que os dispositivos utilizados para esse fim são de simples aplicação, não geram ruídos nem tampouco emitem elementos poluentes durante sua operação.

Ressalva-se que, desde os primórdios, a forma com a qual o ser humano fazia a transformação e o aproveitamento da energia, provocou, desde sempre, direta ou indiretamente, algum impacto com efeitos variados no meio ambiente. Como exemplos disso, tem-se a construção de pequenas represas a grandes barragens ou de um simples moinho de vento até mesmo a grandes parques eólicos. Assim, entende-se que, atualmente, a captação e transformação da energia deve contemplar fontes renováveis e limpas e meios técnicos cujos impactos ambientais negativos sejam reduzidos ao mínimo, evitando-se assim consequências nefastas para a biodiversidade.

A adoção de hábitos que preservem mais o meio ambiente afigura-se como uma das maiores e mais importantes responsabilidades de todos os governos do mundo. Esta atitude deve pautar-se em incentivar fortemente a investigação nas áreas científicas para cada tipo de fonte de energia, bem como incentivar a utilização de tecnologias menos agressivas para o meio ambiente, incentivando a utilização das energias renováveis.

Assim, essa fonte é considerada uma energia renovável mais limpa, pois seus danos ambientais são mínimos, devido a durabilidade do sistema implantado e devido à baixa manutenção, necessitando apenas de limpezas dos módulos.

Outra vantagem desses sistemas, além da preservação do meio ambiente, diz respeito a serem escaláveis, podendo ser empregados em aplicações pequenas ou grandes, sendo mantidos em funcionamento com baixa necessidade de manutenção e com durabilidade de até 25 anos, considerando a tecnologia atualmente disponível (CENGIZ; MAMIS, 2015).

Com relação aos consumidores de energia solar, os maiores consumidores de estão nas grandes indústrias, nos consumidores rurais, comerciantes e residências de alto de padrão. Contudo a maior quantidade de consumidores de energia elétrica são residências populares, ou seja, o maior número de potenciais clientes é de pequena geração. Embora haja desconhecimento desse público-alvo, esse trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade da implantação desse tipo de captação de energia para residências populares.

Assim, no decorrer da pesquisa será analisada uma residência popular e seu consumo energético, com iluminação e alguns eletrodomésticos usuais de necessidades básicas. Será realizado um quantitativo, onde será verificada uma conta de energia para realizar a média anual de quilowatts-horas por mês dentro de Fortaleza. A partir daí, será estudada a localização

desta residência, verificando-se a irradiação para se obter o *kilowatt pico* necessário para abastecer sua demanda.

De posse de tais informações, será realizado o cálculo desse potencial energético, determinando-se os equipamentos necessários para suprir essa demanda, a partir da análise de mercado do valor de projeto, da homologação, do sistema e da montagem. Deste modo, ocorrerá a tentativa de chegar a valores equivalentes ao que o consumidor paga em sua conta mensalmente nas parcelas do financiamento bancário, que, por sua vez, permitirá a implantação do projeto de energia solar.

Será feito um comparativo com duas financeiras, A e B, buscando-se determinar o valor da conta de energia. Para isso, será realizado o cálculo do tempo que essa unidade geradora será ressarcida, analisando em quanto tempo esse investimento produzirá sua própria energia. Com isso, procura-se mostrar a viabilidade financeira para esse público, demonstrando também que são potenciais consumidores e clientes.

Deste modo, o objetivo geral do trabalho é demonstrar a viabilidade financeira da implantação do sistema de energia solar para população de baixa renda através de financiamento privado.

Mediante o objetivo pretendido, esta pesquisa tem como objetivos específicos:

- a) Identificar o perfil do usuário através do consumo energético;
- b) Dimensionar o sistema de abastecimento através das características geográficas, do kwh/mês e do tipo de edificação;
- c) Levantar os custos de implantação a partir do dimensionamento do projeto;
- d) Avaliar e analisar a viabilidade financeira através da simulação de financiamento de duas financeiras.

A presente pesquisa está dividida em seis etapas. Na Etapa1, introdução, é posicionado o tema mediante ao contexto, juntamente com a problemática e a estruturação deste trabalho.

Para a Etapa2 é realizado um levantamento do tipo bibliográfico referente ao assunto abordado, dando embasamento a partir de consultas em livro, normas técnicas e artigos científicos.

Na Etapa3 é descrita a metodologia utilizada, detalhando o tipo de pesquisa e as etapas a serem seguidas no decorrer deste trabalho.

Na Etapa 4 é exposta e detalhada, com ilustrações e tabelas, a caracterização dos materiais utilizados, além dos resultados obtidos.

Na Etapa 5, foi realizada a discussão e exposição dos resultados alcançados mediante abordagem da metodologia mencionada e, na Etapa 6, foram dissertadas as considerações em torno da pesquisa realizada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

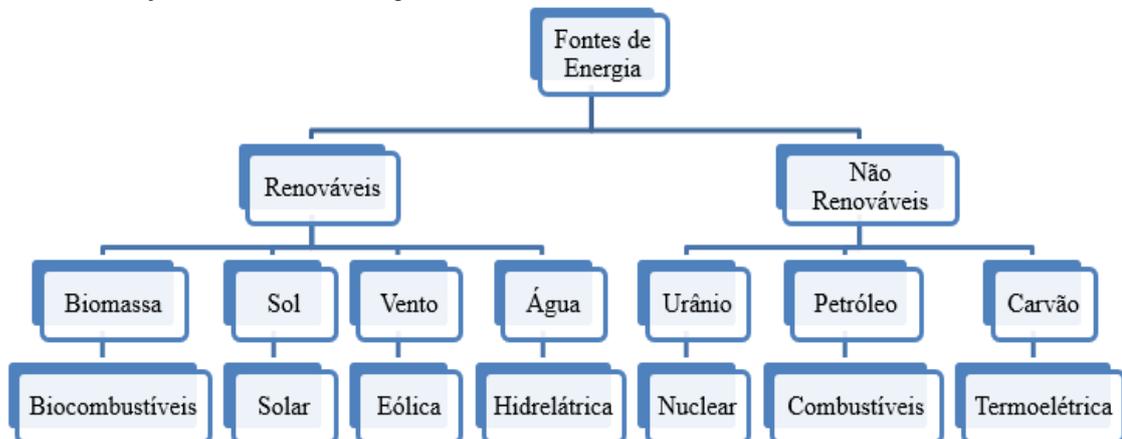
Este capítulo consiste no embasamento teórico do tema da pesquisa. Durante esta seção são dissertados tópicos sobre fontes de geração de energia, meio ambiente, descoberta e difusão da energia solar.

2.1 Fontes de Geração de Energia e o Meio Ambiente

Existem dois tipos de fontes de energia, seja ela renovável ou não renovável. A energia não renovável utiliza de recursos que vão se esgotando ao longo de seu uso, como exemplo o petróleo, gás natural e carvão. Já a energia do tipo renovável usa recursos, de certa forma, ilimitados e cujo uso não causa seu esgotamento. Como exemplos podem ser citados a energia por oriunda do sol, ventos e água (VILLALVA, 1983).

Tal classificação pode ser observada na Figura 1, a qual ilustra os exemplos de cada tipo de energia.

Figura 1 - Derivação das Fontes de Energia



Fonte: Autora, 2020.

Segundo CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (2020), as fontes renováveis, como a força das águas, dos ventos, energia do sol e recursos fósseis, estão entre os combustíveis usados para geração da energia elétrica, sendo que, é por meio de turbinas e geradores que se pode transformá-las em outras formas de energia, como mecânica e a química, e, conseqüentemente, em eletricidade.

Sobre os tipos de geração de energia que se podem obter através de recursos naturais, tem-se:

a) *Hidráulica*: é uma fonte de energia gerada a partir da força do movimento das águas, levando em consideração aspectos como a vazão do rio, a quantidade de água disponível e a topografia, por exemplo (ANEEL, 2008).

b) *Gás Natural*: “é uma mistura de hidrocarbonetos leves que, a temperatura e pressão atmosféricas ambientes, permanece no estado gasoso” (SANTOS, 2007, p.1). Tem como vantagem a redução de despesas domésticas, como na substituição do chuveiro elétrico pelo aquecedor a gás natural, por exemplo. Também pode trazer benefícios no que tange a substituição do diesel, óleo combustível ou carvão. O mesmo pode ser utilizado na geração de eletricidade em termelétricas (SANTOS, 2002). Pode ser encontrado em acumulações de rochas porosas no subsolo, frequentemente sendo associado ao petróleo (SANTOS, 2007).

c) *Energia do Petróleo*: em diversas localidades no mundo, é o principal responsável pela geração de energia elétrica. Apesar da expansão recente da hidroeletricidade e da diversidade das fontes de geração de energia elétrica verificadas nos últimos anos. O petróleo é responsável por cerca de 8% da energia elétrica gerada no mundo (CCEE, 2020).

d) *Carvão*: em participação na matriz energética mundial, o carvão é responsável por cerca de 8% de todo o consumo mundial de energia e de 39% de toda a energia elétrica gerada (CCEE,2020).

e) *Nuclear*: a energia nuclear ou núcleo elétrica é proveniente da fissão do urânio em reator nuclear, sendo seu princípio de funcionamento similar ao de uma termelétrica convencional, na qual o calor gerado pela queima de um combustível produz vapor, que acoplada a uma turbina, gera uma corrente elétrica (CCEE, 2020).

f) *Biomassa*: massa total de organismos vivos, formada essencialmente por hidratos de carbono. Todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica pode ser tanto de origem animal quanto vegetal (CCEE, 2020). Segundo Galdino *et al.* (2000), a utilização da biomassa é tão antiga quanto a própria civilização. Até o século XVIII era a principal fonte de energia, a partir do uso de lenhas. Nos séculos seguintes notou-se a progressiva utilização de combustíveis fósseis, deixando a biomassa em segundo plano.

g) *Eólica*: a energia eólica é a conversão da energia cinética, obtida pelos ventos, em energia mecânica. Uma utilização vista é a de aproveitamento como fonte alternativa da produção de energia elétrica (MARTINS, GUARNIERI e PEREIRA, 2008). O Brasil é favorecido em termos de ventos, onde se caracteriza por uma presença duas vezes maior que a média mundial (CCEE, 2020). De acordo com Galdino *et al.* (2000), a energia eólica começou a ser empregada por volta da década de 90 em locais como na costa oeste dos EUA (Estados Unidos da América) e na Europa. Nos anos seguintes notou-se uma maior intenção de aplicação

desta fonte de energia no Brasil, principalmente na Região Nordeste, dados seus regimes de ventos.

h) Solar: obtida através da luz do sol, sendo sua irradiação na superfície da terra suficiente para atender o consumo mundial de energia (CCEE, 2020).

i) Geotérmica: obtida pelo calor que existe no interior da Terra, sendo necessária a perfuração de um poço, o qual contenha água e, a partir daí, a energia é gerada normalmente (CCEE, 2020).

j) Marítima: obtida a partir da energia cinética produzida pelo movimento das águas ou pela energia derivada da diferença do nível do mar entre mare baixa e alta (CCEE, 2020).

Dentre essas energias renováveis, a energia Solar vem ganhando espaço e destaque por estar em ampla ascensão, por possuir um custo-benefício favorável para a população, além de ser uma energia limpa com menor degradação do meio ambiente. É considerada um importante alternativo para suprir a demanda da energia elétrica, pois o grande aumento da população, além de exigir uma maior demanda, vem junto o aumento da poluição e outros fatores de degradação ambiental. Disseminar alternativas que sejam de fácil acesso para a população e sem muita burocracia é uma grande vantagem econômica e social desse sistema.

Além da energia solar ganhar destaque pela por ser uma alternativa renovável natural, existem aspectos importantes que favorecem essa disseminação, como seu acesso fácil, a possibilidade de ser instalada em qualquer lugar ou ambiente independentemente da área ou estação, e o fato de poder trabalhar junto a concessionária de qualquer país ou estado.

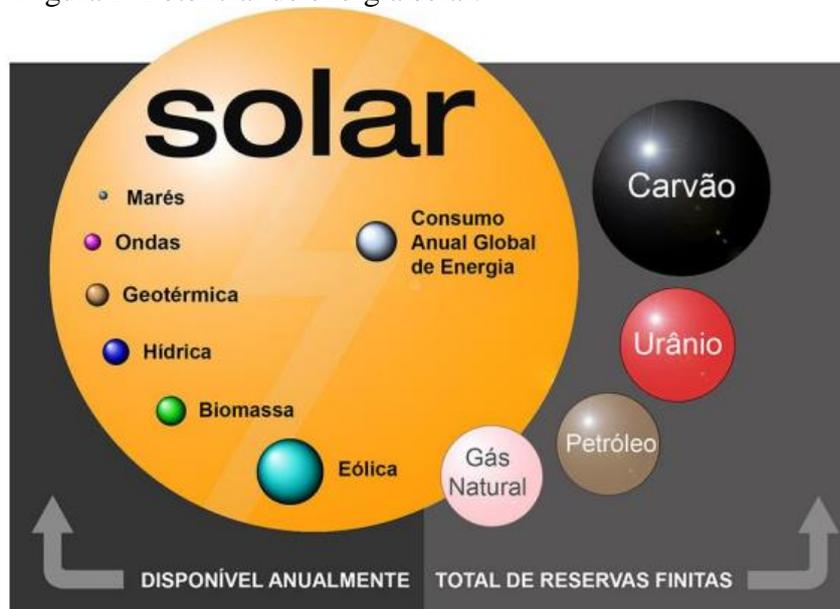
2.2 Energia Solar

O sol é responsável, mesmo que indiretamente, na produção de outras fontes de energia, já citadas anteriormente. Já que o mesmo é a principal fonte de energia para o planeta. Villalva (1983) complementa tal argumento, aliando outras fontes a energia proveniente do sol, como exposto a seguir:

A energia biomassa, ou da matéria orgânica, tem origem na energia captada do Sol através da fotossíntese, que é a conversão da energia da luz solar em energia química. A energia da água dos rios, usada para mover turbinas de usinas hidrelétricas, tem origem na evaporação, nas chuvas e no degelo provocados pelo calor do Sol. A energia dos ventos tem origem nas diferenças de temperatura e pressão na atmosfera ocasionadas pelo aquecimento solar. Os combustíveis fósseis como o carvão, o gás natural e o petróleo também têm origem na energia solar, pois são resultado da decomposição da matéria orgânica produzida há muitos milhões de anos (VILLALVA, 1983, p.1).

A Figura 2 contempla tais citações, expondo o potencial da energia solar derivando outras fontes de energia, dispondo também a disponibilidade de tais recursos.

Figura 2–Potencial de energia solar.



Fonte: Portal Solar, 2016.

Há cerca de 4,6 bilhões de anos, o Sol surge como a maior estrela do sistema solar. Sua composição é de 74% de hidrogênio e 24% de hélio, com a taxa restante formada por oxigênio, carbono e ferro (PORTAL SOLAR, 2016). Desta forma, a energia produzida por ele é originada a partir do processo de fusão nuclear, advindo das altas temperaturas de seu núcleo e de sua grande pressão. O Sol possui um grande potencial energético, visto que é possível transformar suas ondas radiantes em energia elétrica.

Existe uma grande variedade de possibilidades no meio e o uso a longo prazo desta abundante forma de energia renovável: variando desde pequenos sistemas fotovoltaicos independentes a grandes usinas de geração centralizada (FERREIRA, 2016).

O sistema de energia solar integrado às edificações está conectado à rede, oferecendo vantagens tais como “a redução de custos, a redução de investimentos em linhas de transmissão e distribuição, redução de perdas por transmissão e distribuição, baixo impacto ambiental, rápida instalação e a não exigência de área física” (COSTA *et al.*, 2019, p. 3).

A energia solar tem destaque no que diz respeito à conservação do meio ambiente, dado o fator de não poluição, afetando diretamente no efeito estufa, por exemplo. Podem ser citados dois sistemas com a função de captação de energia, o heliotérmico e o fotovoltaico (CABRAL, 2012).

2.2.1. Descoberta e Difusão da Energia Solar

O efeito fotovoltaico foi observado em 1839, por Alexandre Edmundo Becquerel que observou o experimento eletroquímico. Neste experimento, verificou que a luz de eletrodos da platina originava o efeito fotovoltaico. Mais tarde, em 1876, o cientista Richard Evans Day e William Grylls Adams conseguiram desenvolver um dispositivo sólido que produzia energia solar com um filme de ouro. Mesmo assim, a primeira célula solar é construída apenas em 1883, por Charles Fritt que, nessa época, era tido como uma ideia futurista (NAKABAYASHIA, RENNYO, 2015).

Com o avanço dos estudos, em 1921, Albert Einstein levou o Prêmio Nobel pela sua Teoria do Efeito Fotoelétrico, escrito em 1905. No entanto, mesmo com esse prêmio relacionado a estudos com energia solar, a primeira utilização da energia fotovoltaica foi feita em 1958, em função do lançamento do satélite Vanguard I, que utilizava um minipainel solar para alimentar um rádio (SILVA, 2017).

Segundo Freitas (2017), a popularização da energia solar só ocorreu em meados de 1970, devido à crise do petróleo, onde percebeu-se que o uso de combustíveis fósseis como fonte de energia, apresentava grandes prejuízos à natureza, colocando-a em situação delicada quanto ao quesito preservação. Isso impulsionou a busca por fontes renováveis, como a energia solar e a eólica.

A partir dos anos 90, mercados consumidores como a Alemanha e o Japão se destacaram neste setor, impulsionados pelos compromissos firmados com o Protocolo de Quioto. O crescimento deste mercado foi expressivo com a inclusão da produção chinesa a partir dos anos 2000, considerando a sua política econômica favorável baseada em mão-de-obra barata. Atualmente, além da Ásia, Estados Unidos e Alemanha, outros países têm se interessado por esta fonte, principalmente nações estrategicamente localizadas próximas à linha do equador, devido ao grande potencial gerador atribuído a essa característica geográfica, como por exemplo o Brasil (TOLMASQUIM, 2016).

Ainda existem barreiras culturais no que diz respeito ao preço da tecnologia utilizada para energia solar. O sistema fotovoltaico ainda é reconhecido devido seus custos de implantação. Contudo devem ser analisados em longo prazo. Além de ser imprescindível o desenvolvimento de pesquisas que demonstrem a relação entre o custo e benefício de tal investimento, de modo a desmistificar e incentivar o seu uso como alternativa na geração de energia (COSTA *et al.*, 2019).

Um fator que incentivaria essa implantação no Brasil, remete às condições geográficas e climáticas favoráveis do país, bem como à sua imensa biodiversidade, fazendo com que o país tenha um grande diferencial na busca por essas fontes alternativas de energia. Tais características oportunizam a geração de energia por vários recursos, incluindo a energia solar fotovoltaica, que além de beneficiar a diversificação da matriz energética, auxilia na demanda crescente por energia (RUTHER et al., 2008).

No entanto, mesmo com esse diferencial, segundo Machado e Miranda (2015), os países mais desenvolvidos quanto ao aproveitamento da energia solar são a Alemanha, a Itália, o Japão, a Espanha e os Estados Unidos, pois promoveram programas para incentivar a utilização dos sistemas fotovoltaicos, e no ano de 2011 equipararam-se a 88% da potência total instalada no mundo.

No Brasil, desde 2012, com a Resolução Normativa nº 482 da ANEEL, o pequeno produtor pode injetar a energia produzida de forma renovável na rede, porém não recebe pela produção excedente. Além da tarifa da energia produzida pelo pequeno produtor e da rede pública serem a mesma, a pessoa física com esse sistema instalado em sua casa não recebe pelo excedente gerado. Segundo essa Resolução Normativa, o excedente gerado se tornam créditos que expiram em 36 meses. (MACHADO e MIRANDA, 2015, p.139).

Outra previsão normativa sobre a difusão desse tipo de energia, diz respeito a Resolução Normativa nº 687/2015 da ANEEL, onde a geração compartilhada é caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa. Essa geração é composta por pessoa física ou jurídica, que possui unidade consumidora de micro ou mini geração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada (MARTINS, 2018).

Vale ressaltar que a compensação de energia é primeiramente realizada na unidade de geração; se ainda houver excedente, um percentual dos créditos poderá ser utilizado para abater o consumo de outras unidades escolhidas pelo consumidor. No entanto, para o caso de autoconsumo remoto e geração compartilhada, a energia excedente é a diferença positiva entre a energia injetada e a energia consumida (ANEEL, 2016).

2.2.2. Energia Solar Fotovoltaica

Segundo Pereira e Mendes (2018, p.20) “a energia fotovoltaica é a energia elétrica gerada a partir da conversão direta da luz através da radiação solar, onde, quanto maior a incidência de luz, maior a geração de eletricidade”.

Os sistemas fotovoltaicos são trazidos como alternativa para outras fontes de energia elétrica, como aquelas advindas de hidrelétricas e eólicas, as quais são relativamente mais caras no que tange a sua concepção (COSTA *et al.*, 2019).

A partir de dados obtidos por Oliveira (2019) fora elaborado o Quadro 1, o qual expõe as vantagens e desvantagens do uso da energia solar fotovoltaica.

Quadro 1 – Vantagens e Desvantagens

Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • A tecnologia de geração de energia fotovoltaica apresenta qualidades ecológicas, pois o produto final é não poluente, silencioso e não perturba o ambiente; • O custo de operação é baixo, não necessita de combustível ou transporte; • Não utiliza peças móveis, o que facilita a sua utilização em locais isolados; • Permite aumentar a potência instalada através de incorporações de módulos adicionais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ainda possui um custo de fabricação dos módulos fotovoltaicos bastante elevados, embora cada vez mais barato; • O rendimento real de conversão de um módulo é reduzido face ao custo do investimento;

Fonte: Adaptado de Oliveira, 2019.

Costa *et al.* (2019) disserta sobre um dos benefícios trazidos pela utilização do sistema de energia solar fotovoltaica, o mesmo encontra-se disposto no trecho:

“Uma vez instalado, o sistema pode gerar e compensar toda energia consumida pela residência e/ou empresa, minimizando o gasto mensal com a conta de luz, que poderá ser apenas a taxa mínima pelo uso da rede, a taxa de iluminação pública e outros. Esse retorno gerado na conta de luz tem motivado pessoas físicas e jurídicas investirem nessa tecnologia, pois o retorno é percebido desde o momento em que é instalado e conectado à rede da administradora” (COSTA *et al.*, 2019, p.3).

Complementando tais citações, Lopes (2011) fala sobre o emprego deste sistema, reforçando os benefícios em âmbito residencial da utilização de tal energia, com tem-se:

“Este tipo de energia em vários benefícios para o meio ambiente dentre eles: Fonte de energia limpa e renovável; O emprego de painéis solares nas residências ou instituições contribui para a luta as transmissões de gases do efeito estufa; É um tipo de energia livre e produtivo. Diminui o vício dos combustíveis fósseis” (LOPES, 2011, p. 135).

Quando este sistema é utilizado no setor residencial, faz com que o mercado seja cada vez mais impulsionado, dada a sua implantação em diferentes localidades (OLIVEIRA, 2019).

Além de utilizados em sistemas residenciais, segundo Oliveira (2019), a energia solar fotovoltaica pode ser empregue em outros meios, tais como centrais elétricas fotovoltaicas, sistemas de telefonia, satélites e sistemas de bombeamento de água.

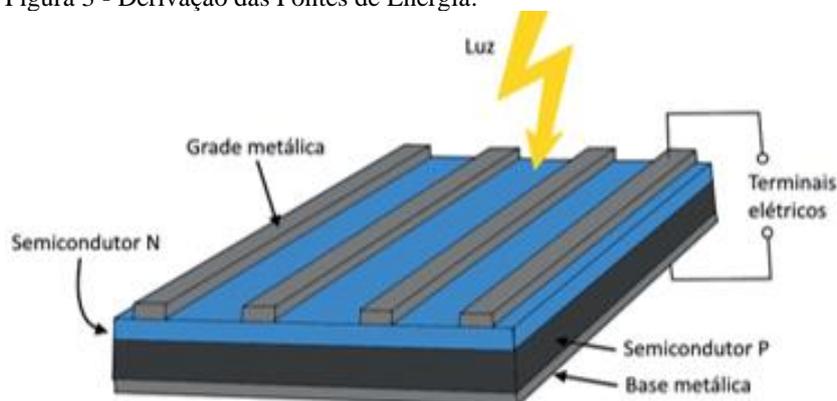
2.2.3. Energia Fotovoltaica - Equipamentos e Elementos do Sistema

O dispositivo utilizado na conversão da energia solar em energia elétrica é a célula fotovoltaica. Brito e Silva (2006) comentam sobre as características de tal aparelho elétrico:

“A célula solar fotovoltaica é o elemento essencial da conversão da radiação solar em energia elétrica. Cada célula individual, com cerca de 100mm², gera aos seus terminais uma tensão entre 0.5 e 1 V, com uma corrente típica em curto circuito de algumas dezenas de miliamperes. Esta intensidade da corrente é razoável, mas a tensão é demasiado pequena para a generalidade das aplicações pelo que normalmente as células são montadas em série em painéis solares, com 28 a 36 células, gerando tensões DC da ordem dos 12V em condições padrão de iluminação. Estes módulos fotovoltaicos podem ser utilizados individualmente ou montados em série e/ou em paralelo, de modo a obterem-se maiores tensões e/ou correntes, conforme as necessidades da aplicação em concreto” (BRITO e SILVA, 2006, p.2).

Em sequência é disposta, na Figura 3, uma ilustração da estrutura de uma célula fotovoltaica.

Figura 3 - Derivação das Fontes de Energia.



Fonte: Oliveira, 2019.

A célula é o principal elemento em um sistema fotovoltaico, a qual acontece sua principal função de conversão da radiação solar em energia elétrica, por meio do efeito fotovoltaico (PEREIRA e MENDES, 2018).

Para se produzir energia elétrica oriunda da energia solar, são utilizadas células solares formadas por duas camadas de materiais semicondutores, uma positiva e outra negativa. Os fótons da luz chegam até os elétrons, agitando-os, e assim gerando eletricidade. Quanto maior a intensidade do sol, maior o fluxo de eletricidade, gerando corrente contínua (AMÉRICA DO SOL, 2015).

Os inversores convertem a corrente contínua em alternada, de modo a permitir a conexão à rede ou a utilização de equipamentos de corrente alternada, sendo também chamado de sistema *Grid Tie* ou conectado à rede. Baterias podem ser utilizadas em sistemas sem conexão à rede, o *Off Grid*, ou isolados, onde existe armazenamento da energia produzida para utilização em momentos em que a radiação solar não estiver disponível. São extremamente modulares, feitas módulo por módulo, cada um produzindo uma quantidade e, que juntos, podem formar sistemas de alguns Watts (W) até dezenas de megawatts (MW) (IEA, 2014).

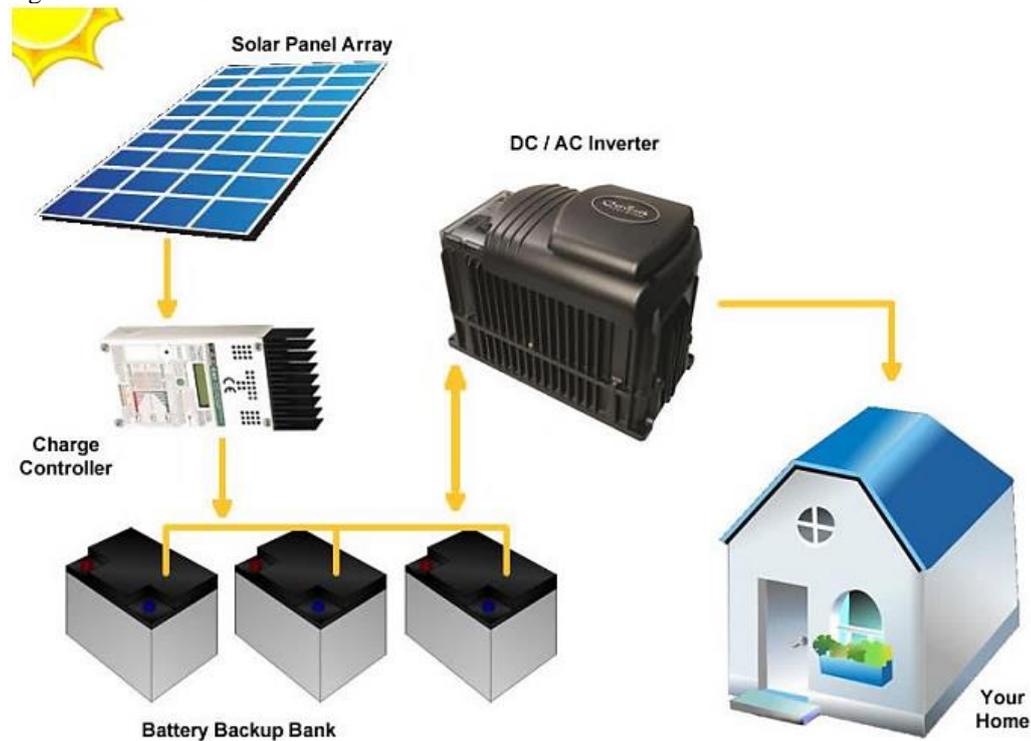
Enquanto um sistema isolado necessita de baterias e controladores de carga, os sistemas conectados à rede funcionam somente com painéis e inversores, já que não precisam armazenar energia (NEOSOLAR, 2020).

Também sobre os sistemas isolados, também pode-se acrescentar que são utilizados em locais remotos ou onde o custo de se conectar à rede elétrica é elevado. Assim, são utilizados em casas de campo, refúgios, iluminação, telecomunicações, bombeio de água, etc. Já os sistemas conectados à rede, por sua vez, substituem ou complementam a energia elétrica convencional, disponível na rede elétrica (SCHERER et al, 2015).

Ainda sobre os sistemas isolados, de acordo com Neosolar (2021), podem ser chamados de autônomos, e são caracterizados por não se conectar à rede elétrica. Estes abastecem de forma direta os equipamentos que utilizarão a energia e são usualmente construídos com um propósito. Deste modo, são mais utilizados em locais distantes por ser, na maioria das vezes, a maneira mais simples, prática e econômica de se obter energia.

Na Figura 4 é exposto um exemplo esquemático de um sistema fotovoltaico isolado.

Figura 4–Sistema fotovoltaico isolado



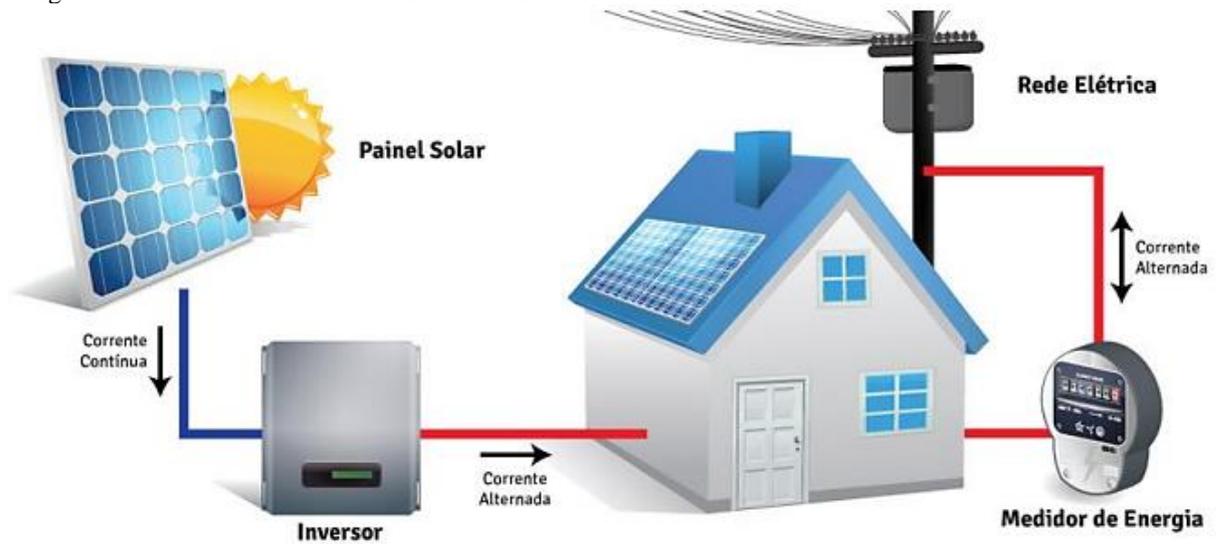
Fonte: Minas Energy, 2020.

Os sistemas *Grid Tie* ou *On Grid*, também definidos como conectados, segundo Neosolar (2021), possui vantagens sobre os isolados pelo fato destes não se fazerem utilizar de controladores de cargas e baterias, tornando-os, aproximadamente, 30% mais dinâmicos. Denominados de autoconsumo quando utilizados para casas e empresas. Isso pode ser corroborado quando se lê:

“Se o proprietário do sistema produzir mais energia do que consome, a energia produzida fará com que o medidor “gire para trás”. Quando produzir menos do que consome, o medidor deverá “girar mais devagar”. Vale observar que o medidor deve ser apropriado para contabilizar o fluxo de energia nos dois sentidos” (NEOSOLAR, 2021).

Na Figura 5, é ilustrado sistema *Grid Tie* ou conectado, demonstrando os elementos que o compõem.

Figura 5 – Sistema fotovoltaico distribuído conectado à rede.



Fonte: Universo Solar, 2020.

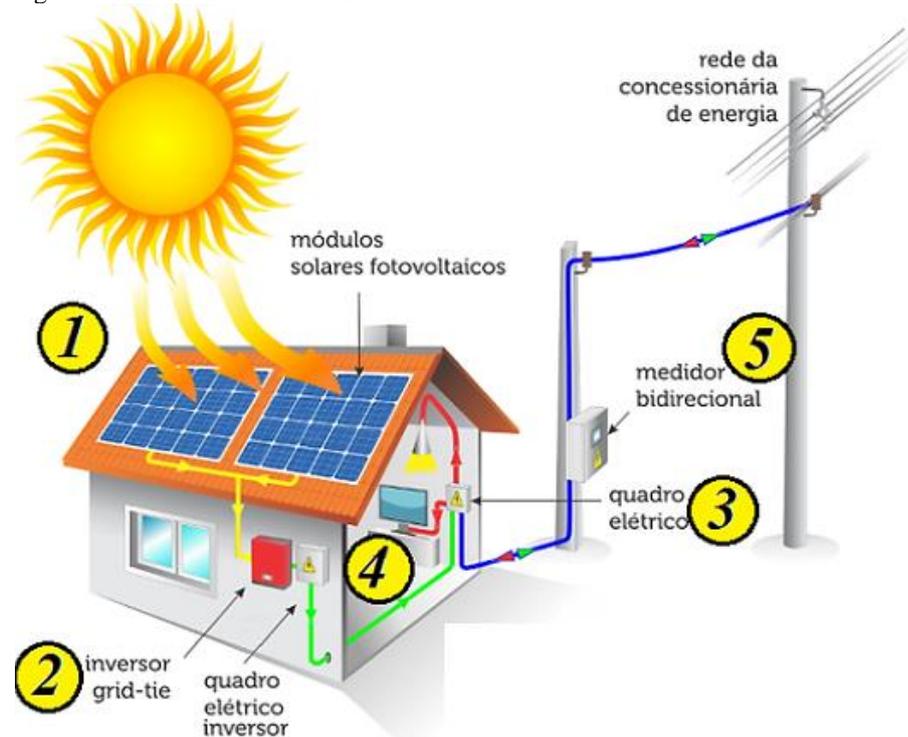
Os sistemas híbridos são representados pela sua capacidade de gerar a energia elétrica solar e concomitantemente armazenar essa energia em baterias. Com relação a esse armazenamento, tem-se:

“Em outras palavras, é um sistema de geração solar conectado à rede elétrica (on grid) integrado com um sistema de armazenamento de energia (sistema off grid). Sendo assim, é capaz de suprir falhas na rede de energia, ser utilizada até mesmo a noite, entre outras funcionalidades. Como resultado, proporcionam economia e uma maior confiabilidade. Por fim, além de permitir o consumidor alcançar a tão sonhada independência energética, permite também que se utilize a eletricidade de forma ininterrupta” (OCA, 2020).

Desta maneira, consegue suprir falhas no sistema de energia e como consequência proporcionam economia e segurança.

Na Figura 6, encontra-se disposto modelo de sistema híbrido.

Figura 6–Sistema fotovoltaico híbrido.



Fonte: Adaptado de Minha Energia Solar, 2020.

Existem ainda duas maneiras de instalar esses sistemas fotovoltaicos. Segundo Toledo (2016), estas definições de aplicações se tornaram comuns com a possibilidade de geração de energia elétrica através das unidades consumidoras. Assim, considerando que o principal foco é a geração de energia solar e não a estética, têm-se os sistemas: BIPV (Building-Integrated Photovoltaics) e BAPV (Building Applied Photovoltaics).

O sistema BIPV é o sistema integrado a edificação e instalado nos telhados das edificações. Já o sistema BAPV é um sistema aplicado a edificação e não necessariamente está unido a edificação como o anterior. Este, por sua vez, pode ser instalado no seu entorno, em estruturas feitas com esse intuito, por exemplo.

Para que os sistemas de energia solar fotovoltaica funcionem de maneira eficiente são necessários alguns componentes, como: Micro inversores, estruturas de fixação, inversores off/on grid, baterias e módulos fotovoltaicos, os quais são definidos no Quadro 2.

Quadro 2 –Painel Fotovoltaico – Componentes

COMPONENTE	DEFINIÇÃO	FUNÇÃO
Micro Inversor	É um inversor grid miniaturizado, dimensionado especificamente para atender placas de energia solar individuais.	Transformar a energia elétrica produzida nos painéis solares, de corrente contínua em corrente alternada e sincronizar o sistema fotovoltaico com a rede elétrica.
Inversor solar grid-tie	Utilizado para converter a energia gerada pelos painéis solares, de corrente contínua em corrente alternada, possibilitando o uso da energia elétrica gerada pela energia solar fotovoltaica.	Tem a função de conectar um sistema fotovoltaico on grid à rede da sua residência ou empresa, sendo projetado para se desligar rapidamente da rede elétrica caso ela venha a sofrer queda.
Inversor solar off-grid	Desenvolvido para sistemas fotovoltaicos que usam baterias e estão, normalmente, em regiões onde não se tem acesso à rede elétrica.	Convertem a corrente contínua a 12, 24 ou 48 Volts para a corrente alternada (CA).
Inversor Solar Híbrido	Utilizado para converter a energia gerada pelos painéis solares, de corrente contínua em corrente alternada, possibilitando o uso da energia elétrica gerada pela energia solar fotovoltaica.	Permite que o usuário opere tanto conectado na rede quanto isolado dela. Na prática eles podem ser programados para injetar energia na rede nos horários onde a energia vale mais e armazenar a energia em baterias quando a energia é mais barata.
Estruturas de Fixação	Sistemas de suporte, placas, para fixação de placas solares.	Utilizadas para garantir uma inclinação ideal para os painéis.
Baterias	Utilizada em sistemas fotovoltaicos como solução para o usuário se desligar da rede elétrica e garantir a estabilidade no fornecimento de energia.	Armazena a energia solar gerada por sistemas fotovoltaicos off-grid ou híbridos para momentos em que há pouca ou nenhuma geração, como em dias nublados e à noite.
Módulo Fotovoltaico	Módulo fotovoltaico é termo técnico para placa solar ou painel solar.	Utilizado para a captação da luz do sol, com a função de converter a luz solar em energia elétrica fotovoltaica.

Fonte: Adaptado de Portal Solar, 2021.

2.2.4. Panorama Brasileiro

Uma em cada cinco pessoas no planeta – ao todo 1,3 bilhão de pessoas - ainda não tem acesso à eletricidade. Cerca de 2,7 bilhões dependem de madeira, carvão, carvão vegetal ou resíduo animal para cozinhar e aquecer. Na economia globalizada, isso é injusto, sendo uma grande barreira para a erradicação da pobreza. Nos países industrializados, o problema de energia está relacionado ao desperdício e à poluição e não ligado diretamente ao abastecimento energético (RIO +20, 2012).

Já no Brasil, segundo Santos (2020), em uma estimativa, atualmente, ainda possui cerca de um milhão de residências sem luz, continuando em sua maioria localizada nas regiões Norte e Nordeste, em comunidades rurais e/ou isoladas.

Costa *et al.* (2019) comenta sobre a alternativa da energia solar fotovoltaica como solução alternativa no Brasil, expondo também dados a partir de diretrizes desenvolvidas para os estados brasileiros, conforme mostrado a seguir.

“No Brasil essa tecnologia é totalmente inovadora, pois a regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que foi aprovada no fim de 2012. A tributação é reduzida na importação dos materiais que compõem o sistema, o que ajuda a diminuir o custo. De acordo com as diretrizes do Convenio ICMS 16/2005 de autoria do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), 24 estados e mais o Distrito Federal possuem isenção de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS), para micro ou minigeração (denominação técnica para quem tem um sistema de energia solar em casa). Além disso, diversas cidades oferecem incentivos fiscais para micro e minigeração fotovoltaicos, como descontos no Imposto de Transmissão de Bens Imóveis (ITBI), imposto sobre Serviços (ISS) e até 20% de desconto no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU)” (COSTA *et al.*, 2019, p.3).

O uso da energia solar traz benefícios em longo prazo para o país, possibilitando o desenvolvimento de regiões remotas onde o custo da energia elétrica pela rede convencional é muito alto em relação ao retorno financeiro do investimento, regulando o suprimento de energia durante períodos de seca.

Existem, também, os conhecidos ganhos ambientais, como a redução de emissões de gases de efeito estufa, redução de emissão de poluentes prejudiciais à saúde, alívio sobre os recursos hídricos cada vez mais escassos, redução da necessidade de terras para a instalação de usinas de geração de energia elétrica, já que telhados, fachadas, estacionamentos e outras áreas já construídas são aproveitadas para gerar eletricidade a partir do sol. Ainda pode-se comentar sobre os diversos outros benefícios estratégicos que, somados, superam, em muito, quaisquer eventuais custos decorrentes da geração distribuída (ABSOLAR,2019).

De acordo com o estudo realizado pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE no ano de 2014, fora analisado que “o potencial de geração de energia solar nas residências e

comércios brasileiros fossem aproveitados com sistemas fotovoltaicos, o país produziria 283,5 milhões de MWh por ano”. Tal volume seria o necessário para abastecer cerca de duas vezes o consumo doméstico para o ano analisado (MAIA, 2018, p.37).

A maior matriz energética do Brasil hoje são as hidroelétricas, mas esse cenário precisa de uma mudança, em busca de um sistema que seja mais sustentável e que promova uma aceleração da produção de energia elétrica através de outros processos de geração. Isto é fundamental para o desenvolvimento do país e seu crescimento econômico.

Complementando, segundo Costa *et al.* (2019), o Brasil possui uma das matrizes elétricas tidas como mais limpas, porém se encontra dependente de fonte hídrica. Dados seus períodos de estiagem atípicos, apresentam quedas contínuas na sua geração.

Devido sua localização, o Brasil, apresenta um cenário propício para aplicação de energia solar fotovoltaica, já que se recebe bastante exposição solar quando comparado a países mais distantes da linha do Equador, os quais possuam menor exposição (FAEDO, 2014).

A posição geográfica do país favorece a implantação do sistema fotovoltaico que, segundo a ABSOLAR (2016) cresce anualmente cerca de 300%. Além de contribuir como fonte renovável de energia, impulsiona o crescimento econômico, permitindo novas oportunidades de mercado, gerando renda e novas profissões.

Tais fatores atraem investidores e o desenvolvimento do mercado interno, demonstrando que a energia fotovoltaica pode ter um papel importante na matriz energética nacional. Entretanto, é possível verificar um baixo aproveitamento da energia fotovoltaica no território brasileiro. Por exemplo, o estado de Santa Catarina é caracterizado por registrar o menor índice de radiação solar do Brasil, com cerca de 4,25 kWh/m² (EPE, 2012); mas corresponde a quatro vezes mais a radiação total da Alemanha, considerada uma das líderes mundiais em aproveitamento de energia fotovoltaica. Por outro lado, a Europa possui instalados 88 GW de energia fotovoltaica, enquanto o Brasil detém em torno de 1GW (PORTAL SOLAR, 2016).

Como forma de incentivo, em uma situação bastante similar à relacionada ao ICMS, o Governo Federal concedeu, por meio da lei nº 13.169 de 06 de outubro de 2015 a redução à zero das alíquotas de contribuição para o Programa de Integração Social e para o Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP) para micro e minigeradores de energia solar fotovoltaica que optam pelos sistemas *on-grid* com compensação de créditos. Da mesma forma, também a este público a isenção da Contribuição para Financiamento da Seguridade Social - COFINS (BRASIL, 2015).

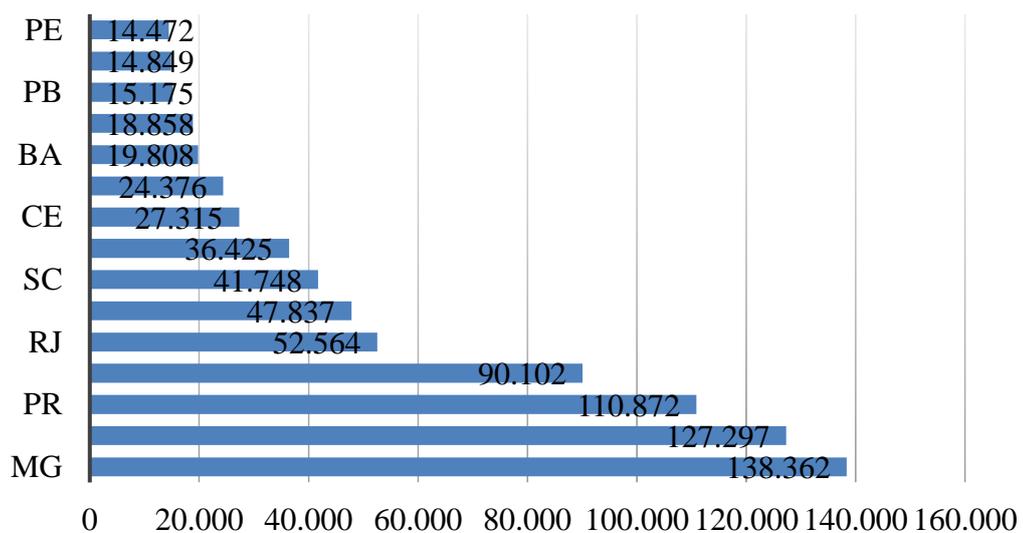
Outra medida tomada com este objetivo, e com uma previsão de investimento na casa dos R\$ 100 bilhões até o ano de 2030, tem-se a criação pelo MME (Ministério de Minas e Energia). Este programa refere-se a um incentivo financeiro à geração de energia solar fotovoltaica em residências, comércios e indústrias brasileiras. A implantação do programa visa não somente o financiamento, como também a regularização dos valores cobrados para a geração distribuída de energia. Com os incentivos implantados no programa, estima-se que seja evitada, pelo país, a emissão de 29 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera terrestre (MME,2015).

Segundo a ABSOLAR (2019), são mais de 136 mil sistemas de geração distribuída no Brasil, todos por iniciativa privada por empreendedorismos dos consumidores e empresários que acreditam no potencial transformador da tecnologia considerada uma das mais promissoras do setor elétrico.

No Gráfico 2 é possível visualizar que, de acordo ANEEL (2020), apesar do maior potencial energético ser na região nordeste, o maior consumo da energia fotovoltaica está na região centro-oeste e sudeste, o estado de maior destaque é Minas Gerais que já possui 138.362 kilowattspico instalados.

Em seguida, vem o estado de São Paulo, bem próximo a esse potencial, com 127.297 kilowattspico de produção. Por conseguinte, vem Paraná, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro. Em nona posição vem o primeiro Estado do Nordeste, o Ceará.

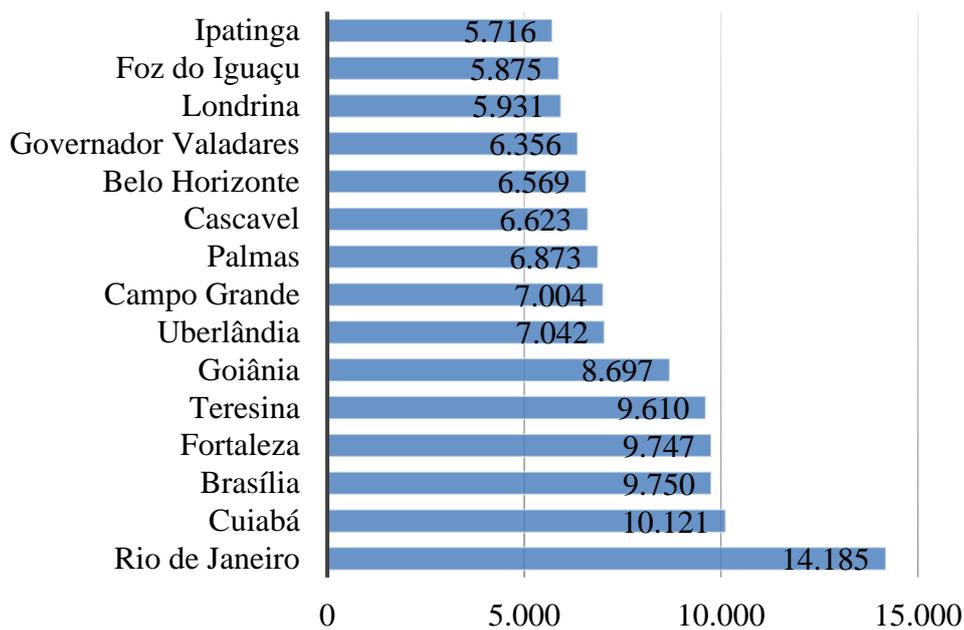
Gráfico 2 - Ranking dos estados em potência [W] instalada



Fonte: Adaptação da ANEEL, 2020.

Já no Gráfico3, também com dados atuais da ANEEL (2020), pode-se observar o ranking de potencias instaladas nas cidades, e a quarta capital com maior número é Fortaleza, possuindo 9.747 *kilowattspico* de produção. Porém, ela possui um potencial energético muito maior, analisa-se que, apesar do mercado está a todo vapor com grande número de usuários, ainda existe muito a crescer. No Ceará totalizam mais de 2,5 milhões de unidades consumidores segundo a ANEEL(2020).

Gráfico 3 -Ranking das cidades por potência [W] instalada



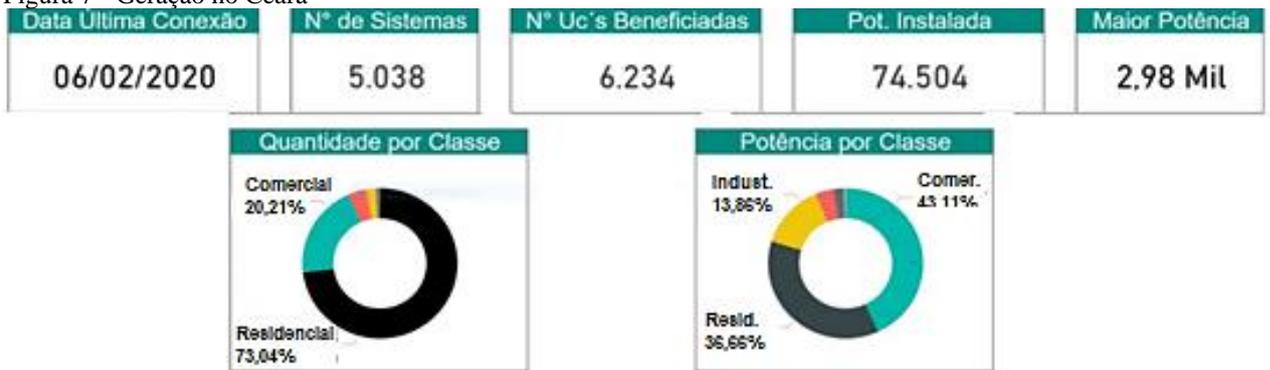
Fonte: Adaptação da ANEEL, 2020.

2.2.5. Panorama Cearense

Esta pesquisa tem como foco analisar o estado do Ceará, no que tange a energia fotovoltaica aplicada a ele. É realizado este subitem de modo a embasar e contextualizar tal temática dentro da localidade escolhida. Para tanto, seguem a seguir informações de modo a ilustrar o panorama cearense.

Na Figura 7 e no Gráfico 4 é possível ver o panorama atual do estado do Ceará apresentando a quantidades de unidades consumidores e potencias instaladas. Percebe-se que a maior quantidade de consumidores é residencial, sendo 73,04% do total. Porém, vale ressaltar que o grande consumidor de potência gerada através da energia solar é comercial, correspondendo a 43,11% do total da geração.

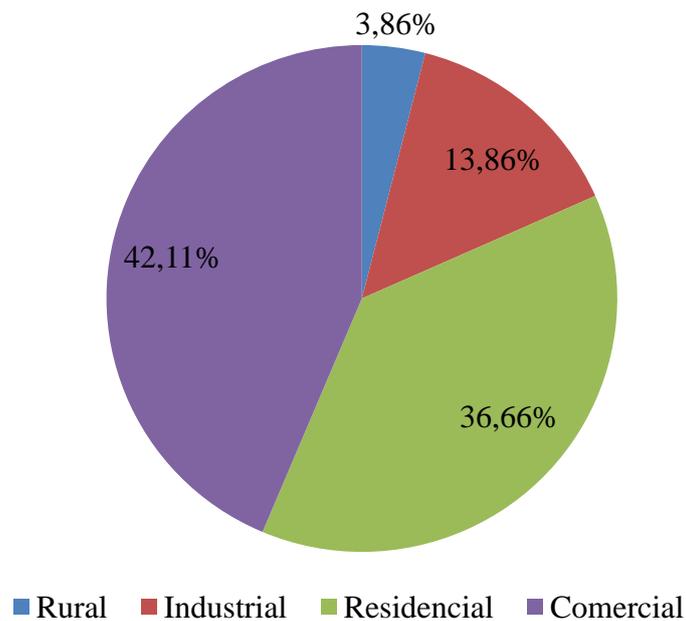
Figura 7 - Geração no Ceará



Fonte: Adaptado de ANEEL, 2020.

O total de sistemas instalados hoje no Ceará é de 5.038 unidades, sendo 6.234 unidades beneficiadas (ANEEL,2020). Observa-se que a energia fotovoltaica tem muito para crescer no estado.

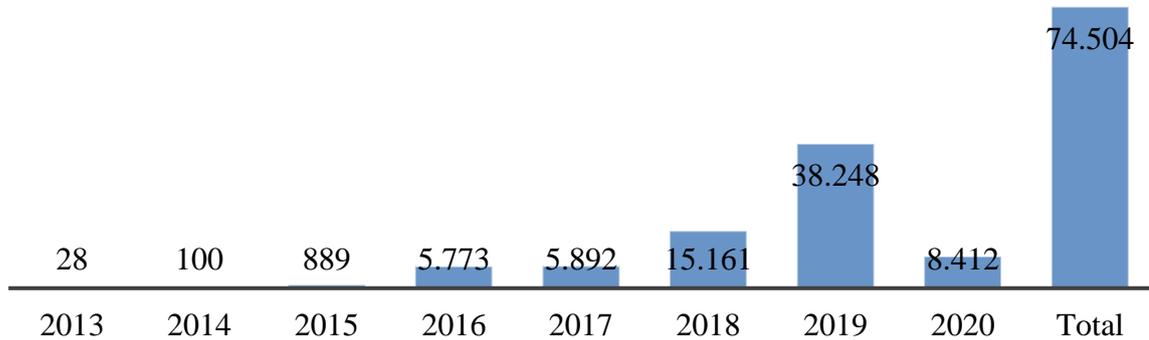
Gráfico 4- Potência instalada no Ceará.



Fonte: Adaptação da ANEEL, 2020.

No Gráfico 5, observa-se a evolução da energia fotovoltaica no Ceará no decorrer dos anos entre 2013 e 2020, ocorreu um grande crescimento entre os anos de 2018 e 2019, e estima-se que entre 2019 e 2020 ocorrerá o dobro de crescimento.

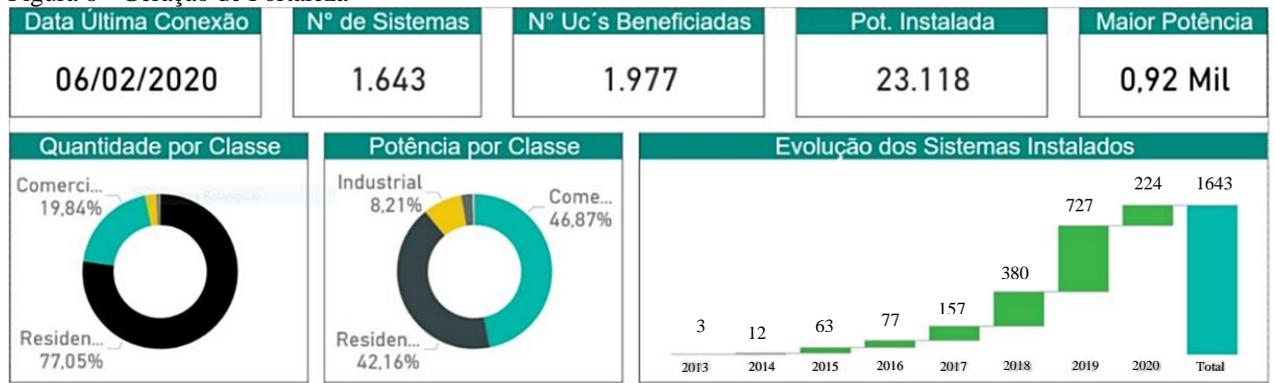
Gráfico 5-Evolução das potências instalada no Ceará



Fonte: ANEEL, 2020.

Na Figura 8, a quantidade de sistemas residências tem percentual maior e a quantidade de potência entre comercial e residencial são quase equivalentes. Apesar da maior quantidade de usuários serem residencial, em potência, estão no mesmo nível, ou seja, as maiores contas de energia buscam alternativas e estão optando pela energia solar, por ser uma fonte mais econômica. Mas ainda assim existe um grande potencial de crescimento quando for avaliar os consumidores de residências.

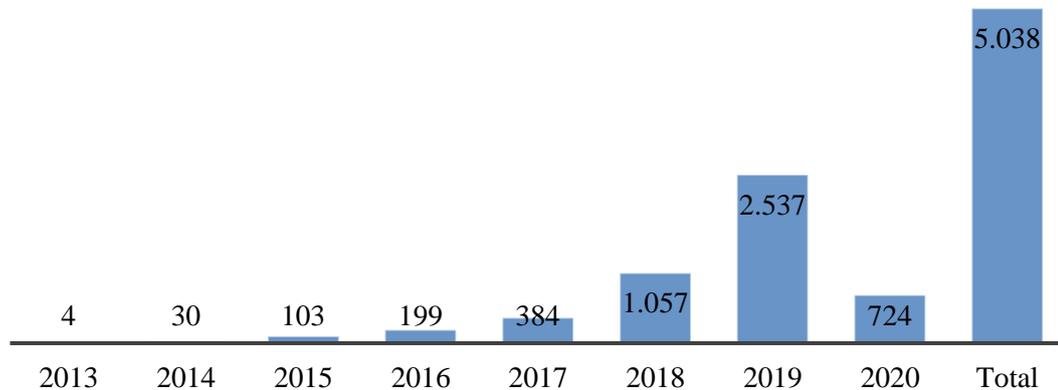
Figura 8 - Geração de Fortaleza



Fonte: Adaptado de ANEEL, 2020.

No Gráfico 6 analisa-se que, anualmente, o crescimento vem dobrando e que nos anos entre 2017 e 2018, o aumento de consumidores foi bem maior. Existe uma estimativa que entre os anos de 2019 e 2020 ocorra um salto de 200% em Fortaleza, e que a maior parte desse avanço seja em unidades residenciais (ANEEL, 2020).

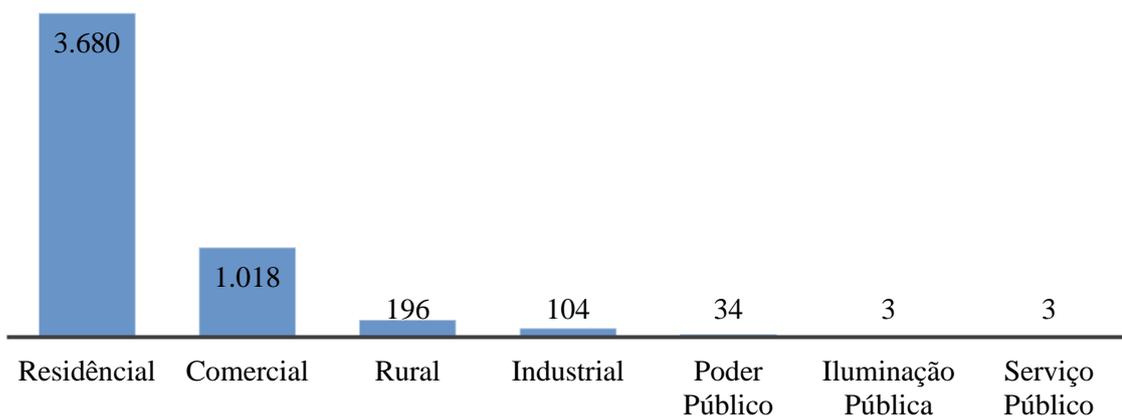
Gráfico 6 - Evolução dos sistemas instalados em Fortaleza.



Fonte: ANEEL, 2020.

As maiores quantidades de sistemas instalados estão nas residências, mesmo sendo equivalente em termos de potência o residencial e comercial. No Gráfico 7, tem-se 3.680 sistemas instalados em Fortaleza, um total bem abaixo do potencial da cidade. Isto ocorre por que esse sistema ainda é visto como um sistema de investimento alto. Mas, tendo em vista um maior conhecimento e uma análise dessa viabilização de instalação, é possível buscar maneiras de torná-la viável economicamente a todos.

Gráfico 7- Quantidade de Sistemas por Classe em Fortaleza.



Fonte: ANEEL, 2020.

2.3. Dimensionamento e *Pay-back*

Para dimensionar um sistema, é necessária uma análise tanto do consumo energético, através da conta de energia, quanto dos elementos que serão acrescentados ao

consumo. Marinho (2018) apresentou em seu curso alguns passos para o dimensionamento de painéis fotovoltaicos, os quais são descritos da seguinte forma:

1º Passo: Definição de Consumo através da Conta do Cliente em função da determinada da média do consumo anual. A partir desse somatório, abate-se a taxa mínima para cada tipo. Para o enquadramento nas fases de alimentação, usa-se o seguinte parâmetro: Monofásica = 30kwh; Bifásico=50kwh; e Trifásico=100kwh.

2º Passo: Definição da Potência Teórica do Sistema Solar Fotovoltaico através da fórmula 1:

– *Fórmula 1:*

$$P_{fv} = (C/Irr/F)$$

Onde:

P_{fv} = Potência do Sistema (kwp)

C = Consumo Anual de Energia (kwh/ano)

Irr = Radiação Solar Local (kwh/m²/ano)

F = Fator de performance do sistema = 0,85

3º Passo: Definição da quantidade de Painéis Fotovoltaicos, através da fórmula 2.

– *Fórmula 2:*

$$Q_p = P_{fv}/P_p$$

Onde:

Q_p = Quantidade de Painéis

P_{fv} = Potência do Sistema (kwp)

P_p = Potência dos painéis

4º Passo: Definição de Inversor – Escolhe-se o modelo de inversor de acordo com a tensão do sistema e número de fase.

5º Passo: Definição de Arranjo de Painéis – Estes painéis devem ser ligados em série ou em paralelo para produzir à potência desejada.

6º Passo: Definição de Protetores e Cabeamento.

O Pay-back, que em português significa retorno, é uma técnica muito utilizada nas empresas para análise do prazo de retorno do investimento em um projeto. Obtém-se esse dado através da formula 3:

– *Fórmula 3:*

$$\text{Payback} = \text{Investimento Inicial} / \text{Ganhos no período}$$

Segundo Reis (2019), a lógica do *payback* é simples: quanto menor for o valor de *pay-back*, menor é o risco e maior é a atratividade do investimento. Do mesmo modo, quanto maior for o tempo de recuperação do investimento realizado, maior é o risco e a possibilidade de prejuízo envolvidos.

2.4. Manutenção em Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica

Os sistemas de geração de energia solar fotovoltaica não necessitam de certa exigência quanto ao nível de manutenção preventiva.

Os sistemas Off-Grid são os que precisam de maior manutenção, justamente por causa das baterias que possuem, porém, os sistemas fotovoltaicos *On-Grid* demandam menos manutenção se comparados aos Off-Grid, devido ao fato de não possuir banco de baterias. O fator que difere de uma manutenção anual da parte elétrica que é previsto para todos, por exemplo, é o painel solar. Estes precisam de uma manutenção de limpeza.

Segundo Souza *et al* (2018) essa afirmação se deve ao fato desse tipo de sistema não ser composto por partes móveis que se submetem a desgastes rotineiros, e devido a isso não necessitam de certo tipo de lubrificação.

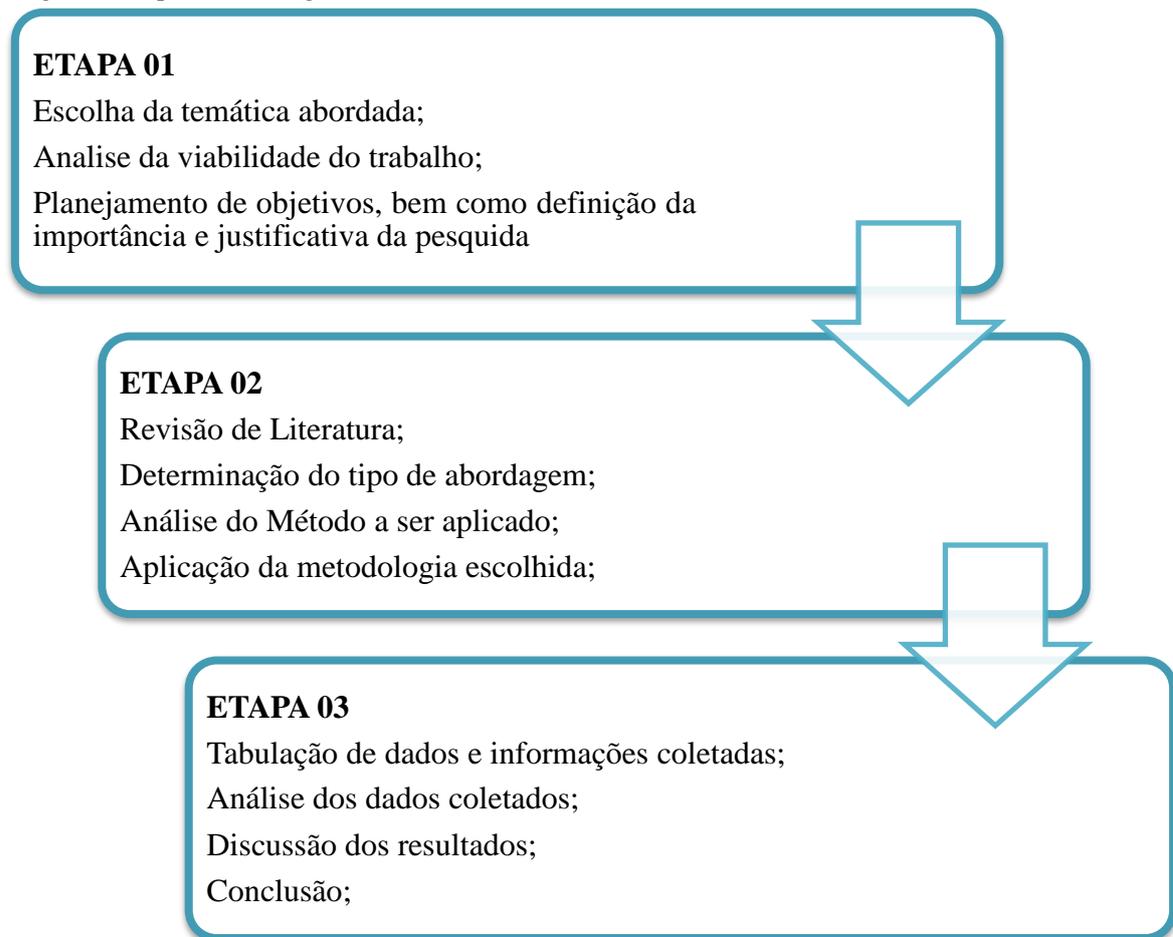
“Entende-se por manutenção de uma estrutura o conjunto de atividades necessárias à garantia do seu desempenho satisfatório ao longo do tempo, ou seja, o conjunto de rotinas que tenham por finalidade o prolongamento da vida útil da obra, a um custo compensador” (Souza e Ripper, 2009).

Porém, sabemos que a manutenção preventiva é fundamental para assegurar o perfeito desempenho de qualquer tipo de sistema.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da presente pesquisa está dividido em três etapas, as quais são apresentadas na Figura 9 a seguir:

Figura 9–Etapas Metodológicas



Fonte: Autora, 2020.

Na primeira etapa definiu-se a temática da pesquisa, bem como sua importância no cenário e delimitados os objetivos específicos, nos quais por intermédio destes, será alcançado o geral.

A segunda etapa foi desenvolvida a partir da leitura de revistas, artigos, monografias, teses, livros, manuais sobre áreas relacionadas a temática abordada, como por exemplo: Energia Solar, Painéis Fotovoltaicos, Tipos de Energia Renováveis, dentre outros.

Na terceira etapa, a pesquisa já vai chegando no seu contexto final e será analisado qualitativamente e quantitativamente os dados e informações coletados e logo discorridos, de

modo a executar o que fora proposto, juntamente com a realização de suas devidas considerações.

Dessa forma, a seguir foi expressa a metodologia abordada, os materiais utilizados e perfil do usuário tomado como exemplo dado o objetivo principal deste trabalho.

3.1 Método da pesquisa

Para este trabalho foi realizada uma abordagem do tipo qualitativa, identificando a importância da inserção de novas tecnologias, tomando como foco o abastecimento de energia solar através de painéis fotovoltaicos.

Pesquisa qualitativa baseia-se em no conhecimento científico, mas o que seria dela senão fosse à argumentação, é necessário expor um conjunto de ciência e experiências do autor, baseada em argumentos que é preciso ter pelo menos uma premissa (CARDANO, 2017).

“Segundo essa perspectiva, um fenômeno pode ser melhor compreendido no contexto em que ocorre e do qual é parte, devendo ser analisado numa perspectiva integrada. Para tanto, o pesquisador vai a campo buscando captar o fenômeno em estudo a partir da perspectiva das pessoas nele envolvidas, considerando todos os pontos de vista relevantes. Vários tipos de dados são coletados e analisados para que se entenda a dinâmica do fenômeno. Partindo de questões amplas que vão se aclarando no decorrer da investigação, o estudo qualitativo pode, no entanto, ser conduzido através de diferentes caminhos” (GODOY, 1995, p. 21).

Também será realizada uma abordagem quantitativa, já que será demonstrada a viabilidade financeira da implantação do sistema de energia solar para população de baixa renda através de financiamento bancário.

A pesquisa quantitativa considera tudo aquilo que pode ser quantificável, traduzindo de forma numérica situações e as informações advindas da mesma, para posteriormente serem analisadas (MORESI et al., 2003).

Para tanto também é realizada uma pesquisa descritiva e bibliográfica de modo a embasar da melhor forma o assunto abordado. Moresi *et al.* (2003) apresenta, conforme a seguir, conceitos para tais metodologias, de modo a esclarecer um pouco mais do que se trata tal abordagem:

“A pesquisa descritiva expõe características de determinada população ou de determinado fenômeno. Pode também estabelecer correlações entre variáveis e definir sua natureza. Não tem compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação. Pesquisa de opinião insere-se nessa classificação [...] Pesquisa bibliográfica é o estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, redes eletrônicas, isto é, material acessível ao

público em geral. Fornece instrumental analítico para qualquer outro tipo de pesquisa, mas também pode esgotar-se em si mesma” (MORESI *et al.*, 2003, p. 9 e 10).

Realizar-se-á, também, um breve estudo de caso, já que o tema constitui de uma análise da viabilidade financeira na implantação de energia solar em residências populares, tomando como foco o estado do Ceará, o qual se encontra já detalhado na seção anterior a esta, contendo seu panorama e dados sobre a potência instalada neste estado e sua capital, como também a evolução das potências já instaladas, por exemplo.

3.2 Materiais Utilizados

A princípio fora realizado uma pesquisa em torno de dados da ANEEL, juntamente com documentos acadêmicos, tais como artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e livros.

Também foram analisadas as contas de energia para fazer o cálculo do sistema necessário para abastecimento de energia, bem como a análise da CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica para valor de irradiação da localidade. A partir daí, será utilizado à plataforma de dois bancos para cálculo de investimento no período de 60 meses e carência de 60 dias.

3.3 Perfil do Usuário

Os principais fatores que influenciam na formação de grupos de consumidores são: o local da residência, classe social, consumo total, distribuição do consumo ao longo do dia. Adicionalmente, outros fatores também impactam na análise e devem ser considerados, como a temperatura e a situação climática, a época do ano, o dia da semana e o tipo de instalação (monofásica ou bifásica). Isto quer dizer que existe um padrão de consumo onde cada classe social tem um média de consumo/mês.

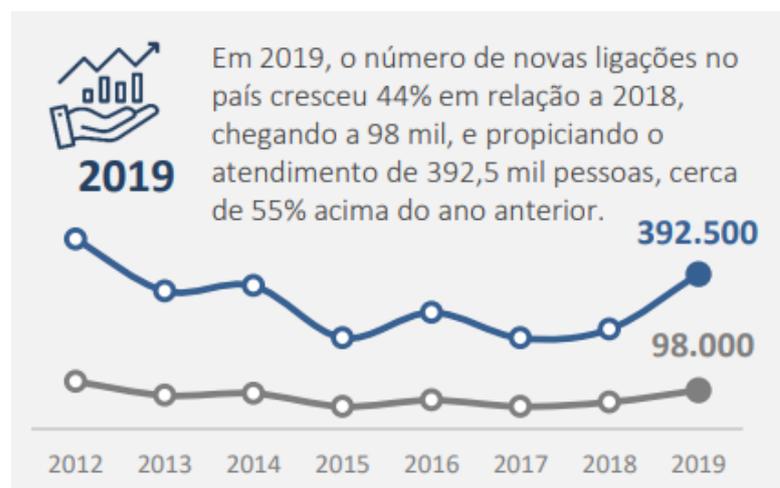
O perfil do usuário selecionado deve ser de baixa renda e que resida em unidades habitacionais populares, estas caracterizadas por terem menores dimensões e com localização menos valorizada. No geral, essas unidades se configuram com dois dormitórios, sala de estar e sala de jantar conjugadas, cozinha, lavanderia e banheiro, segundo Mackenzie (2019).

Deste modo, dados da ANEEL (2019) demonstram que ao analisar a média de kwh/mês, tem-se o maior percentual de consumidores os que se inserem entre uma média de 130 a 250kwh/mês.

Associado a isso, a classe de consumo residencial representa, em números, a maior fatia do mercado, com 61,54 milhões de ligações (84,6%). Por sua vez, os consumidores industriais somam 562,2 mil ligações. O segmento que inclui comércio, serviços e outras atividades totalizam 5,24 milhões de unidades consumidoras (ANEEL, 2013).

Segundo o Anuário estatístico elétrico da EPE, de 2020, realizou-se 57 mil ligações, somente no Nordeste, que se quantifica um total de 231,5 mil pessoas atendidas na região. Na região Norte, 35 mil ligações e na região Centro-Oeste, 4 mil ligações (EPE, 2020). Os dados apurados correspondem aos números relacionados ao ano de 2019. Em 2019, o Brasil teve um crescimento de 44% em relação ao ano de 2018, conforme a figura 10 abaixo:

Figura 10 – Crescimento de novas Ligações.



Fonte: EPE, 2020.

Para atender esses consumidores, ao todo, o Brasil reúne 63 concessionárias e 50 cooperativas de eletrificação rural. As dez distribuidoras com maior número de unidades consumidoras, segundo a agência, concentram 60% do total de ligações.

A maior quantidade de consumidores é residencial apesar se não serem o maior consumidor de energia, porém a quantidade de usuários é bem maior, dentre os usuários de residenciais temos ainda a maior quantidade por kwh/mês que são residenciais populares.

Essa parcela da população tem potencial de serem consumidores de energia fotovoltaica, muitas vezes por falta de conhecimento ou acesso, e muitas vezes por não acharem acessível não se permitem conhecer.

A partir dessa média de consumo será dimensionado um sistema com módulos, microinversor, estrutura, homologação e projeto.

O foco deste trabalho é demonstrar a viabilidade financeira da implantação do sistema de energia solar para população de baixa renda através de financiamento bancário, serão dispostas informações que contemplem as características para este tipo de usuário específico.

3.3.1 Características da edificação dos usuários de baixa renda

Para a caracterização de um consumidor de baixa renda, será considerada uma família com 4 pessoas e que possua alguns eletrodomésticos, dentre os quais, tem-se, geralmente: televisores, geladeira, micro-ondas, celulares e máquina de lavar ou um tanquinho. Uso noturno tem-se o uso de até 3 ventiladores convencionais.

São características de casas populares uma edificação com, no máximo, de 3 a 6 cômodos, com os seguintes cômodos: sala, cozinha, banheiro, 2 quartos, e, às vezes, área de serviço ou um pequeno quintal.

3.3.2 Dimensionamento do Sistema

Para que haja o dimensionamento do sistema são expostas algumas estruturas que serão utilizadas, apresentando, também, suas características utilizadas para este desenvolvimento, a saber:

a) Módulos:

Como o sistema será para o consumo de 200 kwh/mês, será necessário um consumo de piso de 1,44kwp. Dessa forma, será realizada a previsão de utilização de 4 módulos de 360w, onde cada módulo será capaz de gerar, no máximo, 360watts por dia, dependendo da incidência solar ou do sombreamento.

Os módulos possuem, geralmente, 10 anos de garantia de fabricação e 25 anos de garantia de eficiência. No decorrer desses anos, só poderá sofrer um perca de eficiência de 20%.

No que diz respeito ao seu monitoramento será realizado a partir da norma IEC 61724: 2012, a qual regulamenta as condições padrões como as incertezas dos equipamentos de medição, o intervalo de aquisição e o armazenamento das amostras, conforme analisado em trabalhos tais como Schenkel (2015)

b) Escolha dos inversores

Nesse sistema, optou-se por dimensionar utilizando um microinversor, por oferecer dois modelos que podem ser usados micro ou inversor. No mercado, os inversores têm a potência a partir de 3000 W, ou seja, atingem uma demanda de 3,90 kwp. O microinversor não opera por potência e sim por módulos, onde cada equipamento suporta até 4 painéis. Nesse sistema foi dimensionado um microinversor de 1200-MI da Hoymiles.

Isto quer dizer que a potência sugerida do microinversores torna mais em conta do que o inversor tradicional, trazendo também outras vantagens, como o fato de que cada placa será aproveitada para a produção máxima diária. O monitoramento de módulo por módulo e o sombreamento não irá comprometer a produção gerada.

c) Sistemas de instalação

Existem dois tipos comuns de fixação dos painéis, podendo ser em estruturas para solo ou em estruturas para telhados, as quais se modificam de acordo com o tipo de telhado e estrutura de apoio desse telhado, podendo ser para cobertura com material metálico, fibrocimento, cerâmico ou laje.

Considerando-se que as residências populares geralmente não possuem espaço no terreno, optou-se pela escolha do sistema de instalação na cobertura, sendo que as residências populares possuem, em sua grande maioria, um telhado cerâmico.

Para fixação desses módulos, será necessário um kit de fixação para telhados cerâmicos com estrutura de madeira. Todos os itens de fixação são feitos em aço ou alumínio, possuindo o quantitativo de materiais, conforme Tabela 2.

Tabela 2–Quantitativo para fixação

Descrição	Quantidade
Perfil 4,20 m – Solar Group	2
Grampo Terminal – Solar Group	4
Grampo Intermediários – Solar Group	6
Gancho de fixação –Solar Group	4

Fonte: Autora, 2020.

Os kits de fixação são compostos por perfis de alumínio, os quais recebem as placas, e nas extremidades destes perfis são inseridos os ganchos de fixação e grampos. Por sua vez, os grampos são afixados na cobertura da unidade consumidora.

A partir desse material, foi solicitada uma cotação, que inclui também o projeto, a homologação junto a concessionário ENEL-CE e a instalação.

Ao final, será obtido um valor orçamentário e calculado o valor de *Payback* do sistema, o qual define em quanto tempo de utilização o sistema viabiliza o investimento. Será também orçado, em uma empresa de manutenção preventiva X, valores para manutenção do sistema em estudo.

Por fim, estes documentos serão enviados para as financeiras, A e B, em vista do consentimento do financiamento bancário para instalação dos painéis projetados.

3.4 Caracterização das Financeiras

Foram escolhidas as Financeiras A e B, ambas com experiência de mercado, existem outras financeiras atuando no mercado cearense, porém, devido à dificuldade de acesso ocasionado pela pandemia do Covid, optou-se por estas, as quais enviaram propostas através de e-mail. As empresas escolhidas estão caracterizadas na Tabela 3:

Tabela 3 – Caracterização das Financeiras quanto ao tempo de mercado

	A	B
Tempo de atuação do mercado	39 anos	10 anos

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Estes dados são relevantes, de modo a ilustrar o perfil atuante de cada financeira escolhida como amostragem para este trabalho. Informação como seu tempo de atuação no mercado, traz consigo o peso referente à credibilidade e experiência de cada uma, taxas de juros e ranking de melhores unidades financeiras do país.

Destaca-se que tais unidades financeiras estão circunscritas como as mais procuradas no estado do Ceará. Este fator fora utilizado como um dos critérios utilizados para coleta de dados orçamentários, para um estudo mais concêntrico.

A financeira A encontra-se inserida no mercado há 39 anos e possui 21 agências distribuídas pelo estado do Ceará e no Brasil, em torno de 3000 agências, uma cartela de 25,5 milhões de clientes.

A financeira B encontra-se inserida no mercado há 10 anos, possui plataforma digital para investimento em energia solar e chegou a R\$ 100 milhões em volume financiado em 2020, prevendo R\$ 1 bilhão em 2021.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção são apresentados os resultados e suas respectivas discussões em torno da aplicação do objeto deste trabalho.

O objetivo fundamental da geração de energia fotovoltaica é a economia com a despesa da energia obtida da concessionária. O sistema de energia solar viabiliza ao usuário escolher entre instalar um sistema que atenda na íntegra ou parcialmente a sua demanda, uma vez que se pode ampliar o sistema devido a sua modularidade, caso haja necessidade de atender uma demanda maior, o que não se aplica a este estudo de caso, já que o sistema orçado irá contemplar 100% a energia de uma residência.

4.1. Dados Relacionados ao Orçamento

Para este tópico do trabalho apresentar-se-á os dados relacionados ao orçamento feito pela empresa Gama, que tem a expertise no ramo de energia solar no estado do Ceará, e é a empresa que mais tem se destacado no estado.

Foi orçado para este estudo de caso a tipologia de uma unidade de gerador de energia, de modelo *Hoymilesmi-1200 - 1,44kWp*, tipologia classificada como suficiente para atendimento da unidade consumidora familiar de 4 pessoas e pela radiação solar do estado do Ceará, conforme definições adotados no item 3.3 - Perfil do Usuário.

Tabela 4– Orçamento empresa Gama

(continua)

Descrição	UND	QTDE
Cupom para projeto FV e homologação TIPO A	UND	1,00
MicroinversorHoymiles Mi-1200	UND	1,00
Painel Dah Poli. Half Cell 360W	UND	4,00
DTU - W100	UND	1,00
Par de conectotes MC4 - Macho + Fêmea	UND	8,00
Cabo Solar Preto - 4 mm ²	M	10,00
Cabo Solar Vermelho - 4 mm ²	M	10,00
Conector (CA) para cabo PP preto 3 x 4 mm - 1KV - Plug fêmea	UND	1,00
Cabo PP preto 3 x 4 mm - 1KV -	M	30,00

Tabela 4 – Orçamento empresa Gama

(conclusão)

Tampa de proteção para o terminal do microinversor	UND	1,00
Kit de Fixação (gancho solar) para terças de madeira	UND	1,00
Kit de Parafuso com porca para microinversores	UND	2,00
Kit de Componentes CA para monofásico - 220/380V (M1-M25-220)	UND	1,00
VALOR TOTAL (MATERIAL)		R\$ 6.943,00
VALOR TOTAL (MÃO DE OBRA)	R\$	2.500,00
TOTAL DA PROPOSTA	R\$	9.443,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Como mostrado na Tabela 4, tem-se para a execução de uma unidade residencial, uma proposta no valor total de R\$ 9.443,00 (nove mil quatrocentos e quarenta e três reais), valor este onde está incluso a mão de obra e material equivalente para unidade abastecedora de energia com quatro placas solares.

Os valores calculados para manutenção preventiva do sistema fotovoltaico em análise serão tratados, no tópico 4.5, de forma específica.

A partir do orçamento apresentado, após a consulta às duas unidades financeiras para coleta de proposta de financiamento, elas apresentaram as taxas de mercado conforme indicado na Tabela 5, as quais também se apresentam as melhores taxas de juros do mercado.

Tabela 5– Financeiras A e B quanto as Taxas de Juros.

	A	B
Taxas de Juros para Financiamento – ao mês	A partir de 0,79 %	A partir de 0,89 %

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

4.2. Proposta de Financiamento – Financeira A

A financeira denominada como A passou proposta para financiamento do valor orçado, ou seja, R\$ 9.443,00 reais, com carências de 30, 60, 90 e 120 dias, indicando a possibilidade de divisão em parcelas que vão de 12a 84 meses. Assim, diante da proposta, percebe-se que o contratante tem a opção de 4 prazos diferentes para começar a pagar o financiamento. Será percebido que esta escolha pode influenciar no montante final a ser pago.

Assim, na Tabela 6, tem-se os valores e prazos estipulados pela financeira para carência de 30 dias.

Tabela 6– Financeira A – Carência 30 dias

Carência de 30 dias				
Quantidade de Parcelas	Valor a ser pago/mês		Total do financiamento	
12	R\$	916,22	R\$	10.994,64
24	R\$	495,98	R\$	11.903,52
36	R\$	360,04	R\$	12.961,44
48	R\$	293,78	R\$	14.101,44
60	R\$	255,66	R\$	15.339,60
72	R\$	233,77	R\$	16.831,44
84	R\$	221,75	R\$	18.627,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Como observa-se na tabela, conforme a quantidade de parcelas aumenta, torna-se maior também, conseqüentemente, o valor total financiado. Outro fator a ser analisado, refere-se ao período de carência, onde a taxa de juros também irá aumentar. Neste caso, para carência de 30 dias, considerando uma quantidade de 12 parcelas, os juros são de 16% do valor total orçado, enquanto para uma quantidade de 84 vezes os juros sobem para 97% do valor total orçado.

Na Tabela 7, apresenta-se os valores e prazos estipulados pela financeira A para uma carência de 60 dias. Pode-se observar uma diferença com relação aos valores do plano com carência de 30 dias. Assim, para a quantidade mínima de 12 parcelas, existe a diferença de R\$ 205,20 (duzentos e cinco reais e vinte centavos) e para 84 parcelas, aumento no valor de R\$ 320,04 (trezentos e vinte reais e quatro centavos).

Tabela 7– Financeira A – Carência 60 dias

Carência de 60 dias				
Quantidade de Parcelas	Valor a ser pago/mês		Total pago ao final	
12	R\$	933,32	R\$	11.199,84
24	R\$	504,09	R\$	12.098,16
36	R\$	365,80	R\$	13.168,80
48	R\$	298,57	R\$	14.331,36
60	R\$	259,86	R\$	15.591,60
72	R\$	237,68	R\$	17.112,96
84	R\$	225,56	R\$	18.947,04

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Já quando se avalia o plano para financiamento com carência de 90 dias, indicado na Tabela 8, são observados os valores e prazos estipulados pela financeira A. Em comparação com a anterior, a de 60 dias de carência, pode-se perceber um aumento significativo nos valores para a quanto da 12 e para as de 84 parcelas, sendo respectivamente, de R\$ 207,60 (duzentos e sete reais e sessenta centavos) e R\$ 328,44 (trezentos e vinte e oito reais e quarenta e quatro centavos). Já em relação a carência de 30 dias, esses aumentos são de R\$ 412,80 (quatrocentos e doze reais e oitenta centavos) para 12 parcelas e de R\$ 648,48 (seiscentos e quarenta e oito reais e quarenta e oito centavos) para 84 parcelas. Quantia relativamente baixa, diante da quantidade de meses de carência ofertados para o cliente.

Tabela 8– Financeira A – Carência 90 dias

Carência de 90 dias			
Quantidade de Parcelas	Valor a ser pago/mês	Total pago ao final	
12	R\$ 950,62	R\$	11.407,44
24	R\$ 512,40	R\$	12.297,60
36	R\$ 371,76	R\$	13.383,36
48	R\$ 303,35	R\$	14.560,80
60	R\$ 264,07	R\$	15.844,20
72	R\$ 241,69	R\$	17.401,68
84	R\$ 229,47	R\$	19.275,48

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Já na Tabela 9, percebe-se os valores e prazos estipulados pela financeira A para carência de 120 dias. Diante disso, pode-se observar que a diferença em números dessa modalidade de financiamento para de 30, 60 e 90 dias de carência é de, respectivamente, para 12 parcelas: R\$ 625,08 (seiscentos e vinte e cinco reais e oito centavos), R\$ 419,88 (quatrocentos e dezenove e oitenta e oito centavos) e R\$ 212,28 (duzentos e doze reais e vinte e oito centavos). Já para a quantidade de 84 parcelas o total de aumento referente as modalidades de 30,60 e 90 dias de carência é de, R\$ 985,32 (novecentos e oitenta e cinco reais e trinta de dois centavos), R\$ 665,28 (seiscentos e sessenta e cinco reais e vinte e oito centavos) e R\$ 336,84 (trezentos e trinta e seis reais e oitenta e quatro centavos).

Tabela 9– Financeira A – Carência 120 dias

Carência de 120 dias			
Quantidade de Parcelas	Valor a ser pago/mês	Total pago ao final	
12	R\$ 968,31	R\$	11.619,72
24	R\$ 520,80	R\$	12.499,20
36	R\$ 377,73	R\$	13.598,28
48	R\$ 308,24	R\$	14.795,52
60	R\$ 268,27	R\$	16.096,20
72	R\$ 245,69	R\$	17.689,68
84	R\$ 233,48	R\$	19.612,32

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

A Tabela 10 traz uma compilação dos dados obtidos das quatro modalidades de financiamento, ofertados pela financeira A, pela carência.

Tabela 10– Juros e Real para carências de 30, 60, 90 e 120 dias – Financeira A.

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Carência de 30 dias				Carência de 60 dias			
Parcela	Total pago ao final	Juros	Juros adicionais	Parcela	Total pago ao final	Juros	Juros adicionais
12	R\$ 10.994,64	16%	R\$ 1.551,64	12	R\$ 11.199,84	19%	R\$ 1.756,84
24	R\$ 11.903,52	26%	R\$ 2.460,52	24	R\$ 12.098,16	28%	R\$ 2.655,16
36	R\$ 12.961,44	37%	R\$ 3.518,44	36	R\$ 13.168,80	39%	R\$ 3.725,80
48	R\$ 14.101,44	49%	R\$ 4.658,44	48	R\$ 14.331,36	52%	R\$ 4.888,36
60	R\$ 15.339,60	62%	R\$ 5.896,60	60	R\$ 15.591,60	65%	R\$ 6.148,60
72	R\$ 16.831,44	78%	R\$ 7.388,44	72	R\$ 17.112,96	81%	R\$ 7.669,96
84	R\$ 18.627,00	97%	R\$ 9.184,00	84	R\$ 18.947,04	101%	R\$ 9.504,04
Carência de 90 dias				Carência de 120 dias			
Parcela	Total pago ao final	Juros	Juros adicionais	Parcela	Total pago ao final	Juros	Juros adicionais
12	R\$ 11.407,44	21%	R\$ 1.964,44	12	R\$ 11.619,72	23%	R\$ 2.176,72
24	R\$ 12.297,60	30%	R\$ 2.854,60	24	R\$ 12.499,20	32%	R\$ 3.056,20
36	R\$ 13.383,36	42%	R\$ 3.940,36	36	R\$ 13.598,28	44%	R\$ 4.155,28
48	R\$ 14.560,80	54%	R\$ 5.117,80	48	R\$ 14.795,52	57%	R\$ 5.352,52
60	R\$ 15.844,20	68%	R\$ 6.401,20	60	R\$ 16.096,20	70%	R\$ 6.653,20
72	R\$ 17.401,68	84%	R\$ 7.958,68	72	R\$ 17.689,68	87%	R\$ 8.246,68
84	R\$ 19.275,48	104%	R\$ 9.832,48	84	R\$ 19.612,32	108%	R\$ 10.169,32

Observa-se, na Tabela 10, as diferenças relacionadas aos juros em percentuais e em reais de acordo com as diferentes opções de financiamento. Importante ressaltar que, no que tange a escolha da modalidade a ser financiada pelo usuário, esta vai depender das condições financeiras atuais do cliente; se este irá optar por parcelas mais altas e obter uma taxa de juros mais baixa, ou se irá optar por uma parcela de juros mais alta com prazos mais estendidos, porém com parcelas mais acessíveis. Também pode ser observado que a coluna relacionada a

juros adicionais se refere à diferença, em reais, entre o valor inicialmente orçado e o valor final a ser pago no financiamento.

4.3.Proposta Financiamento – Financeira B

A financeira denominada como B passou proposta para financiamento no valor de R\$ 10.000,00 reais, pois este é valor mínimo de financiamento aprovado, com carências de 30, 60, 90 e 120 dias. A quantidade de parcelas vai desde 24 a 120 meses e as opções de parcelas são para o tipo pré-fixadas, que não sofrem nenhum reajuste, e as do tipo pós-fixadas, que são reajustadas anualmente pelo índice de inflação IPCA (Índice de Preços ao Consumidor Amplo). Para as parcelas de 84 e 120 meses, existe apenas a opção de parcelas pós-fixadas. Na Tabela 11, tem-se os valores e prazos estipulados pela financeira para carência de 30 dias para parcelas pré e pós-fixadas.

Tabela 11– Financeira B – Carência 30 dias

Carência de 30 dias							
Tipo da parcela	Nº de Parcelas	Valor a ser pago/mês R\$	Total pago ao final R\$	Tipo de parcela	Nº de Parcelas	Valor a ser pago/mês R\$	Total pago ao final R\$
Pré	24	517,00	12.408,00	Pós	24	499,00	11.976,00
Pré	36	376,00	13.536,00	Pós	36	357,00	12.852,00
Pré	48	307,00	14.736,00	Pós	48	287,00	13.776,00
Pré	60	267,00	16.020,00	Pós	60	246,00	14.760,00
Pré	72	245,00	17.640,00	Pós	72	222,00	15.984,00
-	-	-	-	Pós	84	202,00	16.968,00
-	-	-	-	Pós	120	178,00	21.360,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Pode-se observar, na Tabela 11 uma diferença de R\$ 432,00 (quatrocentos e trinta e dois reais), para a opção de 24 parcelas com relação aos dois tipos, pós e o pré-fixada. Quando se compara com o total de 72 parcelas, observa-se que o valor da parcela diminui, resultando em um valor na faixa dos duzentos reais e a diferença entre os dos tipos de parcela, pós e pré, reduz para R\$ 23,00 (vinte e três reais).

A Tabela 12 demonstra o financiamento para a modalidade com carência de 60 dias, e com as mesmas tipologias de parcelamento da anterior, pré e pós-fixadas.

Tabela 12– Financeira B – Carência 60 dias

Carência de 60 dias							
Tipo da parcela	Nº de Parcelas	Valor a ser pago/mês R\$	Total pago ao final R\$	Tipo da parcela	Nº de Parcelas	Valor a ser pago/mês R\$	Total pago ao final R\$
Pré	24	523,00	12.552,00	Pós	24	503,00	12.072,00
Pré	36	380,00	13.680,00	Pós	36	360,00	12.960,00
Pré	48	311,00	14.928,00	Pós	48	290,00	13.920,00
Pré	60	270,00	16.200,00	Pós	60	249,00	14.940,00
Pré	72	248,00	17.856,00	Pós	72	224,00	16.128,00
-	-	-	-	Pós	84	204,00	17.136,00
-	-	-	-	Pós	120	180,00	21.600,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Observa-se na Tabela 12 percebe-se uma diferença de R\$ 480,00 (quatrocentos e oitenta reais), para a opção de 24 parcelas com relação aos dois tipos de parcela. Nota-se, ao fazer o comparativo para a opção de 72 vezes uma diferença de R\$ 24,00 (vinte e quatro reais) entre as duas opções propostas.

Na Tabela 13 analisa-se o financiamento para a modalidade com carência de 90 dias, e com as mesmas tipologias de parcelamento das anteriores.

Tabela 13– Financeira B – Carência 90 dias

Carência de 90 dias							
Tipo da parcela	Nº de Parcelas	Valor a ser pago/mês R\$	Total pago ao final R\$	Tipo da parcela	Nº de Parcelas	Valor a ser pago/mês R\$	Total pago ao final R\$
Pré	24	528,00	12.672,00	Pós	24	507,00	12.168,00
Pré	36	385,00	13.860,00	Pós	36	364,00	13.104,00
Pré	48	315,00	15.120,00	Pós	48	293,00	14.064,00
Pré	60	274,00	16.440,00	Pós	60	251,00	15.060,00
Pré	72	252,00	18.144,00	Pós	72	226,00	16.272,00
-	-	-	-	Pós	84	206,00	17.304,00
-	-	-	-	Pós	120	182,00	21.840,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Nota-se, na tabela 13, uma diferença de R\$ 504,00 (quinhentos e quatro reais), para a opção de 24 parcelas com relação aos dois tipos de parcelamento, o pós e o pré-fixado. Já para a opção de 72 parcelas, nota-se que a diferença reduz, conforme mostrado anteriormente para outras modalidades de carência, nesta a diferença é de R\$ 26,00 (vinte e seis reais).

A Tabela 14, última opção de parcelamento da financeira B, apresenta os valores ofertados para carência de 120 dias.

Tabela 14 – Financeira B – Carência 120dias

Carência de 120 dias							
Tipo da parcela	Nº de Parcelas	Valor a ser pago/mês R\$	Total pago ao final R\$	Tipo da parcela	Nº de Parcelas	Valor a ser pago/mês R\$	Total pago ao final R\$
Pré	24	534,00	12.816,00	Pós	24	511,00	12.264,00
Pré	36	390,00	14.040,00	Pós	36	367,00	13.212,00
Pré	48	319,00	15.312,00	Pós	48	296,00	14.208,00
Pré	60	277,00	16.620,00	Pós	60	254,00	15.240,00
Pré	72	255,00	18.360,00	Pós	72	229,00	16.488,00
-	-	-	-	Pós	84	208,00	17.472,00
-	-	-	-	Pós	120	185,00	22.200,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Verificou-se, na Tabela 14, uma diferença de R\$ 552,00 (quinhentos e cinquenta e dois reais), para a opção de 24 parcelas com relação aos dois tipos de parcelamento, o pós e o pré-fixado. Fazendo o comparativo para 72 parcelas, observa-se que a diferença entre os tipos de parcelamento ainda gira em torno do valor aproximado de vinte reais, para esta opção é precisamente R\$ 26,00 (vinte e seis reais).

Na Tabela 15, apresenta-se o resumo dos dados obtidos das quatro modalidades de financiamento, ofertados pela financeira B, valores estes que dependem do tipo de carência e do tipo de parcelamento: pós e pré-fixado.

Tabela 15– Juros e Real para carências de 30, 60, 90 e 120 dias – Financeira B

Carência	Parcela	PRÉ			PÓS		
		Total pago ao final	Juros	R\$ - Juros Adicionais	Total pago ao final	Juros	R\$ - Juros Adicionais
30 DIAS	24	R\$12.408,00	24%	R\$2.408,00	R\$11.976,00	20%	R\$1.976,00
	36	R\$13.536,00	35%	R\$3.536,00	R\$12.852,00	29%	R\$2.852,00
	48	R\$14.736,00	47%	R\$4.736,00	R\$13.776,00	38%	R\$3.776,00
	60	R\$16.020,00	60%	R\$6.020,00	R\$14.760,00	48%	R\$4.760,00
	72	R\$17.640,00	76%	R\$7.640,00	R\$15.984,00	60%	R\$5.984,00
	84	-	-	-	R\$16.968,00	70%	R\$ 6.968,00
	120	-	-	-	R\$21.360,00	114%	R\$11.360,00
60 DIAS	24	R\$12.552,00	26%	R\$2.552,00	R\$12.072,00	21%	R\$ 2.072,00
	36	R\$13.680,00	37%	R\$3.680,00	R\$12.960,00	30%	R\$2.960,00
	48	R\$14.928,00	49%	R\$4.928,00	R\$13.920,00	39%	R\$3.920,00
	60	R\$16.200,00	62%	R\$6.200,00	R\$14.940,00	49%	R\$4.940,00
	72	R\$17.856,00	79%	R\$7.856,00	R\$16.128,00	61%	R\$6.128,00
	84	-	-	-	R\$17.136,00	71%	R\$7.136,00
	120	-	-	-	R\$21.600,00	116%	R\$11.600,00
90 DIAS	24	R\$12.816,00	28%	R\$2.816,00	R\$12.264,00	23%	R\$2.264,00
	36	R\$14.040,00	40%	R\$4.040,00	R\$13.212,00	32%	R\$3.212,00
	48	R\$ 15.312,00	53%	R\$5.312,00	R\$14.208,00	42%	R\$4.208,00
	60	R\$16.620,00	66%	R\$6.620,00	R\$15.240,00	52%	R\$5.240,00
	72	R\$18.360,00	84%	R\$8.360,00	R\$16.488,00	65%	R\$6.488,00
	84	-	-	-	R\$17.472,00	75%	R\$7.472,00
	120	-	-	-	R\$22.200,00	122%	R\$12.200,00
120 DIAS	24	R\$12.816,00	28%	R\$2.816,00	R\$12.264,00	23%	R\$2.264,00
	36	R\$14.040,00	40%	R\$4.040,00	R\$13.212,00	32%	R\$3.212,00
	48	R\$15.312,00	53%	R\$ 5.312,00	R\$14.208,00	42%	R\$4.208,00
	60	R\$16.620,00	66%	R\$6.620,00	R\$15.240,00	52%	R\$5.240,00
	72	R\$18.360,00	84%	R\$8.360,00	R\$16.488,00	65%	R\$6.488,00
	84	-	-	-	R\$17.472,00	75%	R\$7.472,00
	120	-	-	-	R\$22.200,00	122%	R\$12.200,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Nota-se, na Tabela 15, as diferenças relacionadas aos juros em percentuais e em reais de acordo com as diferentes opções de financiamento (tanto com relação ao tipo de parcelas, ou seja, pós e pré-fixadas, como em relação à carência) para a financeira B.

No que tange a escolha do tipo de parcelamento, isto vai depender do usuário e suas condições financeiras e de quanto ele está disposto a comprometer da sua renda no momento do fechamento do contrato.

4.4. Análise das Propostas de Financiamento – Financeira A x Financeira B

Realizou-se um comparativo através das Tabelas 16 e 17, com relação aos juros de acordo com as tipologias de carência ofertadas. Tomou-se como amostragem as quantidades de parcelas de 24 e 72 vezes, já que estas são em comum nos dois tipos de parcelamento e são os extremos.

Tabela 16– Comparativo: Financeira A x B – Pré Fixada

Carência	Parcela	A			B - PRÉ		
		Total pago ao final	Juros	R\$ - Juros Adicionais	Total pago ao final	Juros	R\$ - Juros Adicionais
30 DIAS	24	R\$11.903,52	26%	R\$2.460,52	R\$12.408,00	24%	R\$2.408,00
	72	R\$16.831,44	78%	R\$7.388,44	R\$17.640,00	76%	R\$7.640,00
60 DIAS	24	R\$12.098,16	28%	R\$2.655,16	R\$12.552,00	26%	R\$2.552,00
	72	R\$17.112,96	81%	R\$7.669,96	R\$17.856,00	79%	R\$7.856,00
90 DIAS	24	R\$12.297,60	30%	R\$2.854,60	R\$12.816,00	28%	R\$2.816,00
	72	R\$17.401,68	84%	R\$7.958,68	R\$18.360,00	84%	R\$8.360,00
120 DIAS	24	R\$12.499,20	32%	R\$3.056,20	R\$12.816,00	28%	R\$2.816,00
	72	R\$17.689,68	87%	R\$8.246,68	R\$18.360,00	84%	R\$8.360,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

A tabela comparativa acima mostra as diferenças de juros para as tipologias de financiamento da Financeira A e da Financeira B, na modalidade de parcela pré-fixada. Logo abaixo, tem-se outra Tabela 17, comparativa, esta também com valores de financiamento da Financeira A, porém comparando os valores coletados por esta com a da financeira B, para modalidade de pós-fixada.

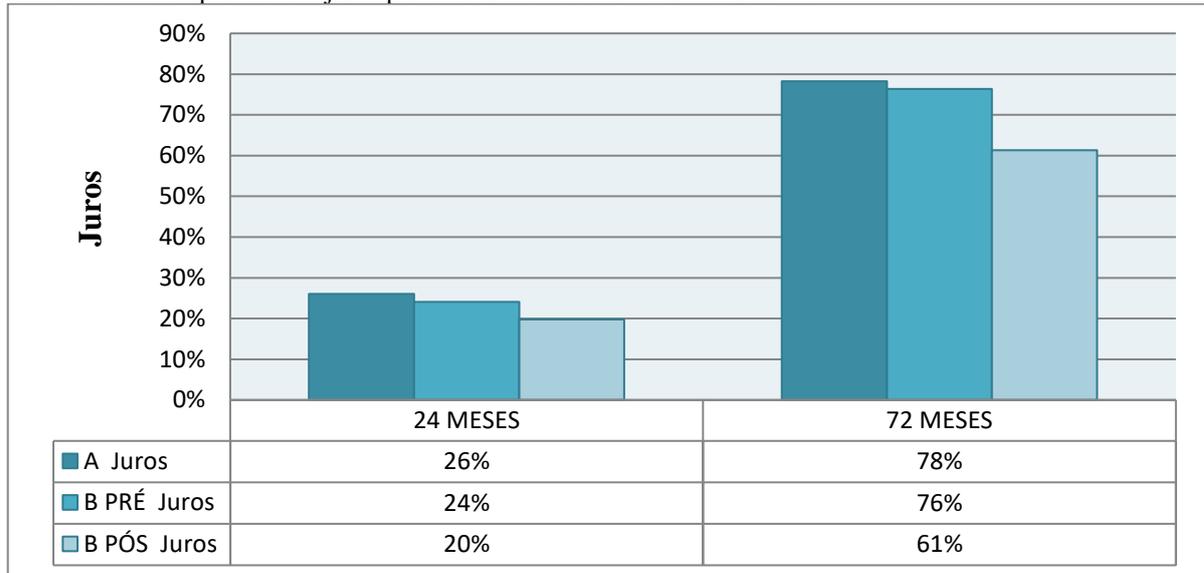
Tabela 17– Comparativo: Financeira A x B – Pós Fixada.

Carência	Parcela	A			B - PÓS		
		Total pago ao final	Juros	R\$ - Juros Adicionais	Total pago ao final	Juros	R\$ - Juros Adicionais
30 DIAS	24	R\$11.903,52	26%	R\$2.460,52	R\$11.976,00	20%	R\$1.976,00
	72	R\$16.831,44	78%	R\$7.388,44	R\$15.984,00	60%	R\$5.984,00
60 DIAS	24	R\$12.098,16	28%	R\$2.655,16	R\$12.072,00	21%	R\$2.072,00
	72	R\$17.112,96	81%	R\$7.669,96	R\$16.128,00	61%	R\$6.128,00
90 DIAS	24	R\$12.297,60	30%	R\$2.854,60	R\$12.264,00	23%	R\$2.264,00
	72	R\$17.401,68	84%	R\$7.958,68	R\$16.488,00	65%	R\$6.488,00
120 DIAS	24	R\$12.499,20	32%	R\$3.056,20	R\$12.264,00	23%	R\$2.264,00
	72	R\$17.689,68	87%	R\$8.246,68	R\$16.488,00	65%	R\$6.488,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Para melhor entendimento e visualização, criou-se os gráficos com as porcentagens dos juros cobrados pelas financeiras para cada tipologia de carência. No Gráfico 08, pode-se visualizar os juros aplicados para carência de 30 dias.

Gráfico 8 – Comparativo de juros para carência de 30 dias - 24 e 72 meses

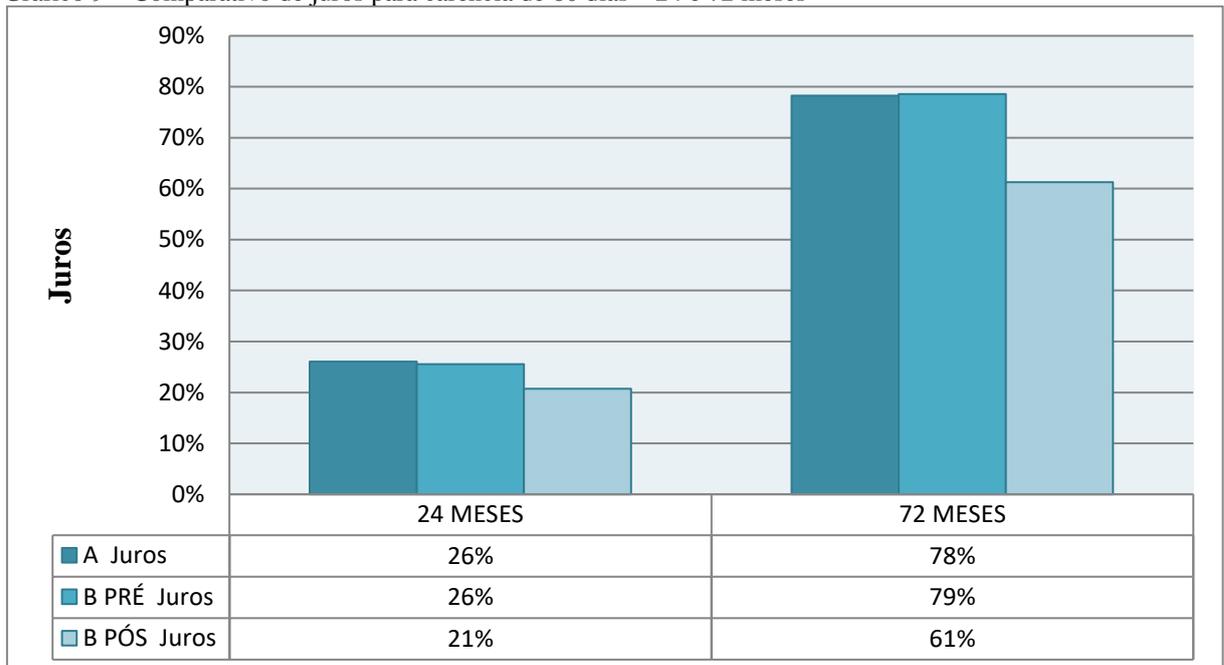


Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Através do gráfico 8 nota-se que para a carência de 30 dias, as porcentagens de juros aplicadas são menores, para a Financeira B, sendo estas 28% e 23%, respectivamente para as modalidades pré e pós fixadas. Desse modo, estas modalidades seriam as mais vantajosas para os clientes em função de apresentarem os menores valores de juros.

Já no Gráfico 09, tem-se o comparativo de juros para carência de 60 dias para as financeiras avaliadas.

Gráfico 9 – Comparativo de juros para carência de 60 dias – 24 e 72 meses

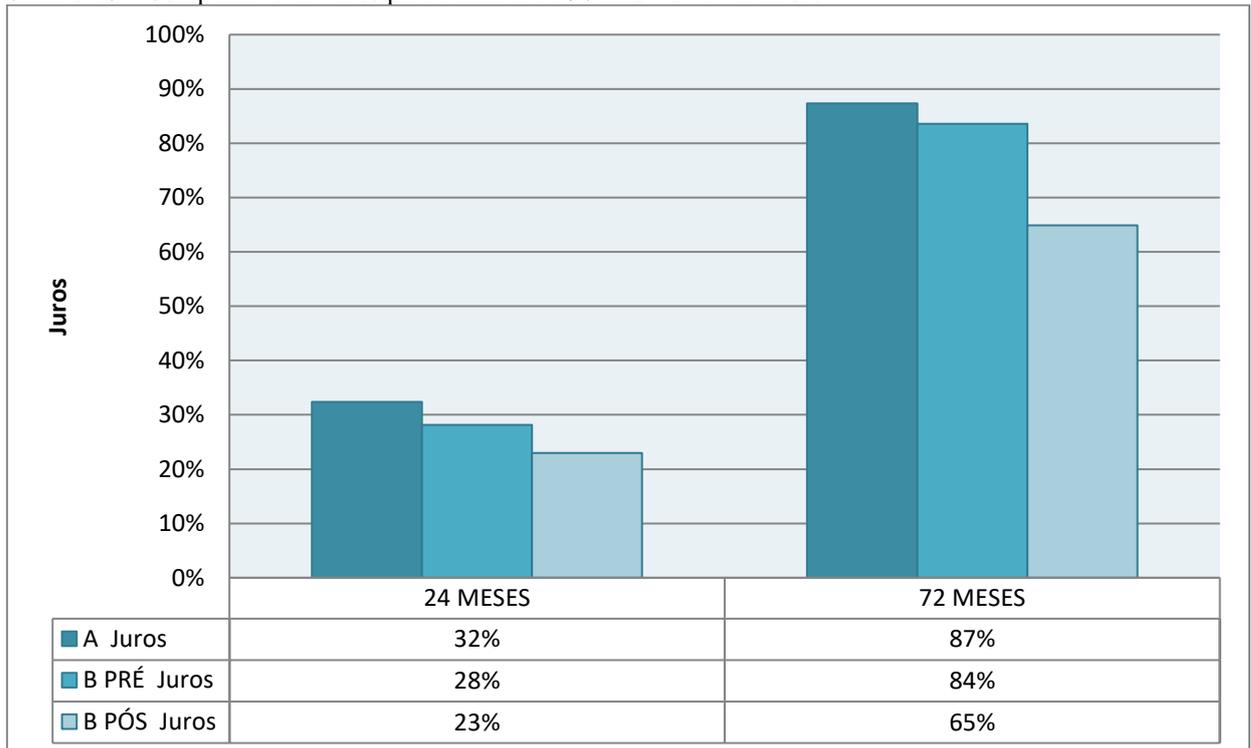


Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Percebe-se que para a carência de 60 dias, as porcentagens de juros aplicados continuam sendo menores, quando se analisa os valores apresentados pela Financeira B, girando em torno dos mesmos valores que para a carência de 30 dias, ou seja, 28% e 23%, respectivamente para as modalidades pré e pós fixadas.

Ao se avaliar a carência de 90 dias, no Gráfico 10 tem-se o comparativo de juros para as financeiras avaliadas, A e B.

Gráfico 10 – Comparativo de Juros para carência de 90 dias – 24 e 72 meses.

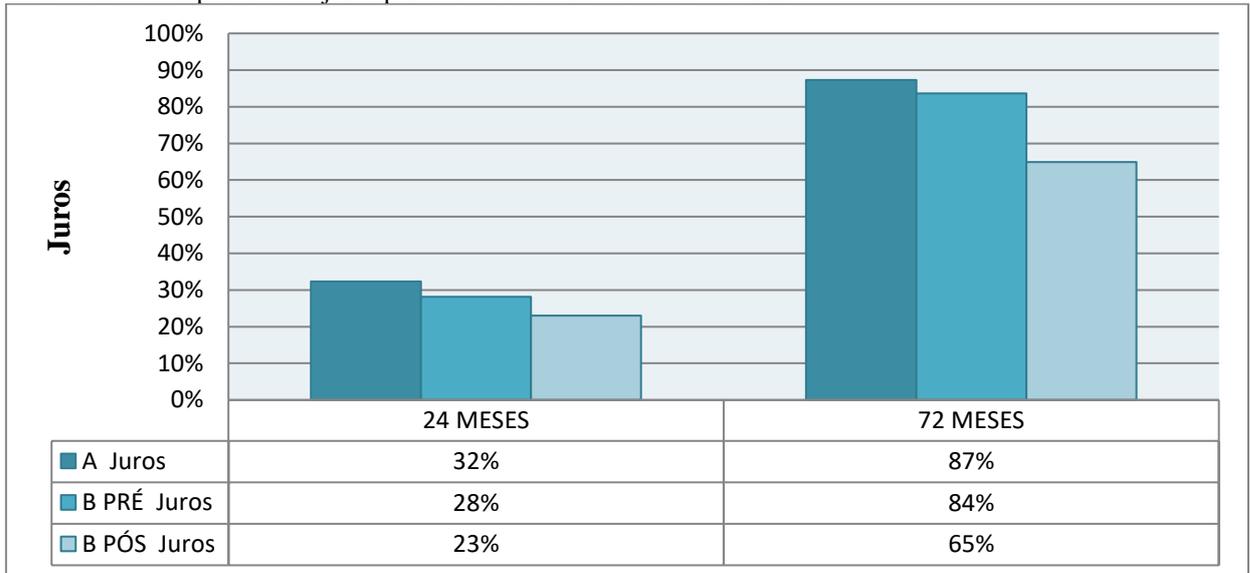


Fonte: Elaborado pela autora, 2021

Identifica-se que, novamente, a financeira B, neste para carência de 90 dias, mantém as porcentagens de juros quando comparado a outros períodos de carência, configurando-se, ainda, em montantes maiores que os da financeira A.

Para a última tipologia de carência, tem-se o Gráfico 11. Efetuando-se o comparativo, dessa vez, para as carências de 120 dias, com os valores apresentados pelas financeiras A e B, pode-se, graficamente, visualizar as variações dos percentuais de juros para 24 meses e para 72 meses.

Gráfico 11 – Comparativo de juros para carência de 120 dias – 24 e 72 meses.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021

Nota-se, mais uma vez, que a financeira B possui uma porcentagem aplicada de juros menor que as da financeira A, mantendo, assim, para todos os valores de carência, os mesmos percentuais de juros.

4.5. Orçamento – Manutenção Preventiva

Conforme mencionado por Souza *et al* (2018), com relação a manutenção dos painéis fotovoltaicos, este cita que devido esse sistema não ser composto por partes móveis que se submetem a desgastes rotineiros, os mesmos não necessitam de lubrificação constante, conseqüentemente, não precisam de manutenções preventivas rotineiras.

Porém, segundo o Solar Prime (2018), os sistemas de energia solar podem durar décadas, chegando até 35 anos. Ainda segundo o autor, apresenta raros problemas quando a instalação é executada de maneira adequada e sendo bem conservado. Estes necessitam apenas de limpeza frequente, com água e sabão neutro, para melhorar a absorção de luz pelos painéis.

Visando um melhor funcionamento do sistema solar, foi orçado manutenção preventiva anual, com a empresa X, que cobrou um valor de R\$ 92,00 por placa. Assim essa empresa executaria a manutenção no sistema como todo, verificando desde a parte de fiação até ações de limpeza e troca de peças. Caso haja necessidade de substituição de peças, a responsabilidade recai sobre o usuário, que deve comprar as peças desgastadas. Assim, a empresa seria responsável pela mão de obra para manutenção e o usuário, pelo material.

A Tabela 17 demonstra a previsão de gasto anual com manutenção preventiva para as quatro placas previstas neste projeto.

Tabela 18– Previsão de Gastos Anual com Manutenção Preventiva

Descrição	Unidade	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Manutenção Preventiva - Painel Fotovoltaico	UND	4,00	R\$ 92,00	R\$ 368,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

Conforme essa tabela e os valores orçados com a empresa de manutenção X, observa-se um gasto anual de R\$ 368,00 (trezentos e sessenta e oito reais) em manutenção preventiva. Se houver a divisão em 12 meses, o usuário teria que gastar de forma mensal, um valor de R\$ 30,67 (trinta reais e sessenta e sete centavos).

4.6. Valor de *Payback*

Seguindo o proposto no referencial, no item 2.3, se calculou o valor de *Payback*, o qual define em quanto tempo de utilização o sistema compensa o investimento.

Na Tabela 18 tem-se os valores considerados para os cálculos do *Payback*, iniciando pelos cálculos de investimento total do usuário.

Tabela 19– Cálculo do Investimento Total

Descrição	Valor investido
Sistema Fotovoltaico	R\$ 10.000,00
Manutenções Preventivas Anuais - Por 10 anos	R\$ 3.680,00
Investimento total	R\$ 13.680,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Observa-se um valor total de R\$ 13.680,00 (treze mil seiscentos e oitenta reais) de investimento inicial, já prevendo as manutenções anuais preventivas.

Ao se comparar esse valor com o consumo médio de energia elétrica, apresenta-se, na Tabela 19, os valores de consumo para 10 anos, considerando-se uma residência com consumo em torno de 150 a 250 kWh.

Tabela 20– Consumo médio de Energia Elétrica em 10 anos

Descrição	Quantidade de Meses	Valor Mensal	Valor Total
Consumo de energia elétrica - Por 10 anos	120,00	R\$ 174,85	R\$ 20.982,00
Gasto Total, em energia elétrica, por 10 anos			R\$ 20.982,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Nota-se ao avaliar essa tabela, que para o período de 10 anos, um usuário que consome entre 150-250 kWh gastará em torno de R\$ 20.982,00 (vinte mil novecentos e oitenta e dois reais). Comparado ao valor de investimento o usuário gastaria em torno de 65% (sessenta e cinco por cento) a mais no abastecimento através de energia elétrica.

Assim, de acordo com essas diferenças entre o valor de investimento e consumo do usuário, na Tabela 20, tem-se a quantidade de meses que o sistema solar leva para que o investimento feito pelo usuário seja pago.

Para chegar no valor de quantidade de meses foi realizada uma conta de divisão, conforme fórmula 4 ilustrada abaixo, onde se pegou o valor total que será financiado pelo consumo mensal médio, fazendo essa divisão chegou-se no valor próximo a 79 meses.

– *Fórmula 4:*

$$Qtde\ de\ meses = Valor\ total\ financiado / Valor\ de\ Consumo\ Mensal\ Médio$$

Tabela 21– Viabilização Sistema Solar Fotovoltaico

Descrição	Quantidade de Meses	Valor Mensal	Valor Total
Consumo de energia solar	79,00	R\$ 174,85	R\$ 13.680,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

Verifica-se que em um período de 79 meses, ou seja, aproximadamente 6 anos e 6 meses, com o mesmo valor gasto mensal de energia elétrica, equipara-se ao valor investido no sistema Solar Fotovoltaico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por meios sustentáveis para suprir o abastecimento de energia elétrica vem crescendo bastante, ocasionando, como consequência, uma agressão menor ao meio ambiente. Dentre as alternativas existentes, neste trabalho, optou-se pelo estudo da utilização de painéis solares fotovoltaicos como fonte de captação de energia.

Este estudo teve como objetivo demonstrar a viabilidade financeira da implantação do sistema de energia solar para população de baixa renda através de financiamento privado. Para isso foi necessário fazer um levantamento da média de consumo de usuários de baixa renda e quantificar a média, mensal, gasta com energia para posteriormente dimensionar o sistema adequado para o perfil do usuário.

Para analisar sua viabilidade econômica, cotou-se propostas com duas financeiras, denominadas A e B e através de planilhas e cálculos matemáticos, identificaram-se o tempo de retorno por meio do *Payback*.

Dentre as duas financeiras a empresa B foi escolhida, na modalidade de parcelas pós-fixadas, que são reajustadas anualmente pelo índice de inflação IPCA (Índice de Preços ao Consumidor Amplo), por possuir juros mais baixos conforme exemplificados em planilhas comparativas.

Comparando os custos relacionados ao sistema convencional de abastecimento de energia elétrica com o sistema fotovoltaico, podemos afirmar que o uso de painéis solares como captação de energia é viável. Além de um tempo de retorno positivo para a implantação, o usuário economizará, em média, R\$ 7.302,00 (sete mil trezentos e dois reais) em dez anos, incluindo nesse custo as manutenções preventivas.

Assim, na expectativa de atender o objetivo geral foram-se delimitados objetivos específicos. Identificar o perfil do usuário através do consumo energético – Definiu – se que os principais fatores que influenciariam na formação do perfil dos usuários seria: local de moradia, classe social, consumo total, distribuição do consumo ao longo do dia produção de energia, produção de energia ao longo do dia, condições climáticas, dessa forma, de acordo com dados coletados na ANEEL identificou-se que o para um consumidor com esse perfil (unidade familiar com 4 pessoas e de baixa renda) a média de consumo é de 130-250 kWh/mês de consumo.

A partir do dado da média de consumo mensal, conseguiu-se atingir o segundo objetivo específico o qual é dimensionar o sistema de abastecimento através das características

geográficas, do kWh/mês e do tipo de edificação – a partir dos dados obtidos da média de consumo. Obteve-se uma estrutura de painéis com quatro placas solares de 360W, cada, juntamente com os componentes necessários para que estes operem com eficiência.

Quanto ao terceiro objetivo, levantar os custos de implantação a partir do dimensionamento do projeto – Orçou-se com a empresa Gama os custos necessários para implantação do sistema em sua totalidade, inclusos no orçamento apresentado: material e mão de obra, que custou R\$ 9.443,00 (nove mil quatrocentos e quarenta e três reais).

Além do orçamento de material e mão de obra foi levantada, também, a previsão de custo de manutenção preventiva com o sistema, valor este que se somou ao total orçado de material e mão de obra, perfazendo um total de R\$ 13.680,00 (treze mil seiscentos e oitenta reais).

Com relação ao quarto objetivo, avaliar e analisar a viabilidade financeira através da simulação de financiamento de duas financeiras, constatou-se a viabilidade do sistema, após simulações em duas unidades financeiras, A e B, e a partir da análise das propostas enviadas identificou-se a melhor proposta apresentada, que foi pela financeira B, cuja apresentou juros e montantes finais mais baixos.

Quanto a viabilidade, identificou-se, através de *Payback* que dentro do prazo de 79 meses o investimento “se paga” ou seja, se torna viável, e os 41 meses restantes ficam de lucro para o usuário, que gastaria, nesses mesmos 41 meses uma quantia de R\$ 7.302,00 (sete mil trezentos e dois reais) para abastecimento de energia elétrica.

Para trabalhos futuros recomenda-se fazer um estudo de caso em residências que já tenham o sistema instalado e sugere-se o acompanhamento de pelo menos 12 meses para analisar a viabilidade do sistema e se o mesmo atende o esperado. Outro tema interessante seria o acompanhamento pelo período de 12 meses nas residências que tem o sistema instalado, visando identificar qual a periodicidade correta para manutenções preventivas e quais os pontos críticos do sistema que mais apresentam problemas durante sua utilização.

REFERÊNCIAS

- ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica. **Energia Solar Fotovoltáica**. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/>>. Acesso em: 03 mar. 2020.
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil) - ANEEL. 3° Ed. Brasília-DF: **Atlas de energia elétrica do Brasil: Energia Hidráulica**. 2008
- ANEEL - Agência Nacional De Energia Elétrica. **Geração distribuída**. Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZjM4NjM0OWYtN2IwZS00YjViLTllMjItN2E5MzBkN2ZlMzVkIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYtctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOjR9>>. Acesso em: 5 Mai. 2020.
- ANEEL - Agência Nacional De Energia Elétrica. **Tarifa branca é nova opção para quem tem consumo acima de 250 KWh/mês**. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/tarifa-branca-e-nova-opcao-para-quem-tem-consumo-acima-de-250-kwh/656877?inheritRedirect=false. Acesso em: 13/03/2021.
- ANEEL - Agência Nacional De Energia Elétrica. **Unidades Consumidoras com Geração Distribuída**. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/outorgas/geracao/-/asset_publisher/mJhnKli7qcJG/content/registro-de-central-geradora-de-capacidade-reduzida/655808?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Foutorgas%2Fgeracao%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_mJhnKli7qcJG%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2>. Acesso em: 5 Mai. 2020.
- ARCHER, R. A. P.; HENRIQUES, S. F.; SALOMAO, B. H. N.; GUERREIRO, R. P.; SA, J. A. S. Estudo comparativo de investimentos governamentais na utilização de placas fotovoltaicas entre Brasil e Alemanha. In: **XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 2015, Fortaleza. Anais eletrônicos... Fortaleza: ENEGEP, 2015.
- BORGES, Monique Maria Silva; JESUS, Regina Jacqueline Brandão de. Efeitos da implantação das energias eólicas e solar fotovoltaica na Bahia. **Anais da 16ª Jornada UNIFACS de Iniciação Científica - JUIC Universidade Salvador**. 2019.
- BRAGA, Renata Pereira. **Energia Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações**. 2008, 80f.. Disponível em <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001103.pdf>> Acesso em 24 Mai. 2018.
- BRASIL, Governo Federal do. **Lei Federal nº. 13.169**, de 06 out. 2015.
- BRASIL. **Lei nº10.438 de 26 de abril de 2002**. 2002. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/lei200210438.pdf/112a82ee-a44e-4198-8cf4-8e157538fff2?version=1.0>>. Acesso em: 26 Mai. 2020.

BRITO, Miguel C; SILVA, José A. Energia fotovoltaica: conversão da energia solar em eletricidade. O instalador, 2006.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. **III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. 2012.

CARDANO, Mario. **Manual da Pesquisa Qualitativa**. 2017

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Fontes**. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/ondeatuamos/fontes?_afLoop=89639461722964&_adf.ctrl-state=10vxkyj6tx_1#!%40%40%3F_afLoop%3D89639461722964%26_adf.ctrl-state%3D10vxkyj6tx_5>. Acesso em: 25 Mai. 2020.

CENGIZ, M. S.; MAMIS, M. S. *Price-efficiency relationship for photovoltaic systems on a global basis*. *International Journal of Photoenergy*, Egito, ID 256101, p. [1-2], 2015.

CEPEL ELETROBRAS. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CRESEB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. 2014. <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=tutorial_solar>

COSTA, Andreise Cardoso *et al.* ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: UMA ALTERNATIVA VIÁVEL?. **Anais do Seminário Científico do UNIFACIG**, n. 5, 2019.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. 2020.

FAEDO, ALESSANDRO. **Viabilidade de um Sistema de Energia Fotovoltaico Residencial Ligado à Rede**. Trabalho de Conclusão de Pós-Graduação em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Gestão Corporativa de Carbono, Curitiba, 2014; <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-19012012-162125/en.php>> . Acesso em: 15/03/2020.

FERREIRA, Ricardo. **Metodologia de Aplicação Eficiente de Energia Solar em Residências**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10016363.pdf>> . Acesso em: 13/03/2020.

GALDINO, Marco AE *et al.* O contexto das energias renováveis no Brasil. **Revista da DIRENG**, p. 17-25, 2000.

GODOY, Arilda S. Pesquisa Qualitativa: Tipos Fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo, v. 35, n.3, p. 20-29. Mai./Jun. 1995
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2020 adiado para 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/novo-portal-destaques.html?destaque=27161&utm_source=covid19&utm_medium=hotsite&utm_campaign=covid_19>. Acesso em: 13Abri. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 2010**. Disponível em: < <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=P13&uf=00>>. Acesso em: 24 Mai. 2020.

INATOMI, Thais Aya Hassan; UDAETA, Miguel Edgar Morales. **Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos**. Brasil Japão. Trabalhos, p. 189-205, 2005.

INFOGRAFO ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar. 2019. Disponível em: < <http://www.absolar.org.br/infografico-absolar-.html> >. Acesso em: 15/04/2020

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **O que é eficiência Energética**. 2018. Disponível em: < http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia >. Acesso em: 05 Mai. 2020.

LIMA, Luiz. **Análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de geração fotovoltaico em uma estação de metrô de Fortaleza**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016; Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/35074/1/2018_tcc_myasampaio.pdf>. Acesso em : 16/03/2020.

LOPES, L. F. da R. **Importância da energia renovável para o meioambiente**. 2011.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. Rev. Virtual Quim., 2015, 7 (1), 126-143. Data de publicação na Web: 14 de outubro de 2014.

MAIA, Rian. **Energia Solar: O desenvolvimento de um novo mercado**. Projeto de graduação apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2018; < <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024980.pdf> > . Acesso em : 17/03/2020.

MACKENZIE, 2019. Disponível em < <https://www.mapadaobra.com.br/negocios/habitacao-social/> > . Acesso em 09 Jul. 2021.

MARINHO, Thiago Raimundo. Curso: Projetando e Dimensionando Sistema Fotovoltaico. Disponível em: < <https://aett.com.br/wp-content/uploads/2020/07/Curso-PROJETANDO-E-DIMENSIONANDO-SISTEMA-FOTOVOLTAICO-Oficial.pdf>>. Acesso em: 09 Jul. 2021.

MARTINS, F.R.; GUARNIERI, R.A., PEREIRA, E.B.. O aproveitamento da energia eólica. **Rev. Bras. Ensino Fís.** [online]. 2008, vol.30.

MÁXIMO, Mariana de Moraes; DALRI, Thais Silveira. **Análise de custos da implantação de tecnologias sustentáveis em residências populares**. Engenharia Civil-Pedra Branca, 2017.

MINAS ENERGY. **Sistema desconectados da rede**. Disponível em: < <https://www.minasenergy.com.br/sistemas-off-grid>>. Acesso em: 26 Mai. 2020.

MINHA ENERGIA SOLAR. **Sistema híbrido**. Disponível em: <<http://minhaenergiasollar.com.br/como-funciona.html>>. Acesso em: 26 Mai. 2020.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Decreto s/nº de 27 de dezembro de 1994**. Disponível em:<http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/legislacao/decreto/1994/Decreto_de_27-12_1994.pdf>. Acesso em: 13/03/2020.

MORESI, Eduardo *et al.* **Metodologia da pesquisa**. Brasília: Universidade Católica de Brasília, v. 108, p. 24, 2003.

NAKABAYASHIA, RENNYO, 2015. **Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Viabilidade Econômica**. Tese de Mestrado, Instituto de Energia e Ambiente da USP, São Paulo;<<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-26012015-141237/en.php>> Acesso: em 15/03/2020

NEOSOLAR. **Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes**. 2020. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>>. Acesso em: 30/03/2020.

NEOSOLAR. **SISTEMAS ISOLADOS – GRID-TIE**. 2021. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-conectados-grid-tie>>. Acesso em: 14/04/20201.

NEOSOLAR. **SISTEMAS ISOLADOS – OFF-GRID**. 2021. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-isolados-off-grid>>. Acesso em: 14/04/20201.

OCA ENERGIA SOLAR. **Sistema fotovoltaico híbrido: entenda o que é**. Disponível em: <<https://www.ocaenergia.com/blog/energia-solar/sistema-fotovoltaico-hibrido-entenda-o-que-e/>>. Acesso em 14/04/2021.

OLIVEIRA, Jaqueline Rezende. **A Importância da Energia Solar para o Desenvolvimento Sustentável**. 2019.

PEREIRA, Fabiana Luzia; MENDES, Marina Alves. **O uso de energia solar fotovoltaica como alternativa à redução da fatura de energia elétrica em blocos universitários**. Engenharia Civil-Tubarão, 2018.

PORTAL SOLAR. **Energia Solar Fotovoltaica**. 2016. Disponível em:<<https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-fotovoltaica.html>>. Acesso em 14Abri. 2021.

PORTAL SOLAR. **História e origem da Energia Solar**. 2016. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/historia-origem-da-energia-solar.html>>. Acesso em: 25 Mai. 2020.

PORTAL SOLAR. **Sistema fotovoltaico: Como funciona.** 2016. Disponível em:<
<https://www.portalsolar.com.br/sistema-fotovoltaico--como-funciona.html>>. Acesso em 26
 Mai. 2020.

REIS, Tiago. Payback: entenda como calcular o prazo de retorno de um investimento. 2019.
 Disponível em: < <https://www.sunos.com.br/artigos/payback/>>. Acesso em 09 Jul.2021.

RIO + 20. **Relatórios da sustentabilidade da Rio + 20.** Rio de Janeiro, 2012. Disponível em
<http://www.rio20.gov.br>. Acesso Mai. 2020.

RUTHER, R.; SALAMONI, I. T.; MONTENEGRO, A. A.; BRAUN, P. e DEVIENNE, R.
 Programa de Telhados Solares Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica Pública no Brasil.
XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC 2008, Fortaleza
 - CE, 2008.

SANTOS, Edmilson Moutinho dos *et al.* Gás natural: a construção de uma nova
 civilização. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 67-90, 2007.

SANTOS, Edmilson Moutinho dos. **Gás natural: estratégias para uma energia nova no
 Brasil.** Annablume, 2002.

SANTOS, Jessica Santiago dos *et al.* Estudo de caso da aplicação de microgeração energética
 por painéis fotovoltaicos para utilização em bombas de captação de água. *Technology
 Sciences*, v. 2, n. 1, p. 43-52, 2020.

SCHENKEL, Gabriela. **Monitoramento e análise de um sistema fotovoltaico conectado à
 rede com uso de microinversor.** 2015.

SCHERER, Lara Almeida.,SESSEGOLO, Maria Eduarda Donatto., BARCAROLO, Taylana
 Borba., EDLER, Marco Antonio Ribeiro. FONTE ALTERNATIVA DE ENERGIA:
 ENERGIA SOLAR. XX Seminário Interinstitucional de Pesquisa e Extensão, 2015.

SILVA, Maria. **Viabilidade Econômica da Energia Fotovoltaica Residencial no Brasil.**
 Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Petróleo da Escola Politécnica,
 Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em:
 <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10021515.pdf>>. Acesso: em
 12/03/2020.

SOLAR PRIME. **INSTALAÇÃO DE ENERGIA SOLAR: TUDO O QUE VOCÊ PRECISA
 SABER**, 2018. Disponível em:<<https://blog.solarprime.com.br/instalacao-de-energia-solar-tudo-o-que-voce-precisa-saber/>>. Acesso em: 10/05/2021.

SOUZA, Wilison; Souza, Rubem; Minori, Américo. **Boas práticas de manutenção
 preventiva em sistemas fotovoltaicos.** XXXVIII Encontro Nacional De Engenharia De
 Produção, Outubro de 2018.

SOUZA, Vicente Custódio de; RIPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1ª edição, 2009.

TOLEDO, CARLOS; LÓPEZ VICENTE, RODOLFO; ABAD LÓPEZ, JOSÉ; URBINAYEREGUI, ANTONIO. **Building Integrated Photovoltaics (BIPV) VS. Building Attached Photovoltaics (BAPV): Balance Between Energy Production and Architectural Design**. Universidad Politécnica de Cartagena, UPCT. 15 de julho de 2016.

TOLMASQUIM, M. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. 1. ed. Rio de Janeiro: 2016 v. 53. 1. ed. Rio de Janeiro: 2016. v. 53.

UNIVERSO SOLAR. **Sistema Fotovoltaicos conectados à rede**. Disponível em: <<https://universosolar.com.br/>>. Acesso em: 26 Mai. 2020.

VILLALVA, Marcelo Gradella. Energia Solar Fotovoltaica. **Saraiva Educação SA**, 1983.