

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



UNITAU

VITOR RAMOS

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA PROJETOS DE MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

**TAUBATÉ
2020**

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

VITOR RAMOS

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA PROJETOS
DE MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA NO BRASIL**

Trabalho de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de Taubaté, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica e Eletrônica.

Orientador (a): Prof. Marcelo Pinheiro Werneck

TAUBATÉ
2020



Universidade de Taubaté

Autorquia Municipal de Regime Especial
pelo Dec. Fed. nº 78.924/76
Recredenciada Reconhecida pelo CEE/SP
CNPJ 45.176.153/0001-22

Departamento de Engenharia Elétrica
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi
Taubaté-Sp 12060-440
Tel.: (12) 3625-4190
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA PROJETOS DE MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

VITOR RAMOS

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “GRADUADO EM
ENGENHARIA ELÉTRICA”

BANCA EXAMINADORA:

Marcelo Werneck

Prof. Me. MARCELO PINHEIRO WERNECK
Orientador/UNITAU-DEE

Prof. Dr. WILTON NEY DO AMARAL PEREIRA
Membro Externo

Prof. Me. SANDRO BOTOSSO DOS SANTOS
UNITAU-DEE

dezembro de 2020

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Paulo e Isabel, pelo incentivo e suporte. A todos os professores e orientadores que contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais e meus irmãos, pelo incentivo e companhia nesta trajetória, e principalmente por serem meu maior exemplo.

Gostaria de agradecer a todos os professores e orientadores que contribuíram para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Gostaria de agradecer a todas as empresas e comunidades que me ofereceram a oportunidade de atuar em seus processos, possibilitando aplicar os conhecimentos acadêmicos, agregando experiência e vivência profissional.

A vocês, muito obrigado!

RESUMO

A energia elétrica é fundamental para a sobrevivência e desenvolvimento da população mundial, fontes de geração de energia ecologicamente sustentável são fundamentais para o desenvolvimento consciente. Esse trabalho apresenta um estudo de viabilidade econômica para o setor de Microgeração de energia, com a fonte de energia solar fotovoltaica, o setor de energia renovável no Brasil vem sofrendo melhorias no quesito de normativas e leis para viabilizar o uso e implantação de fontes de energia limpa e sustentável, diversificando a matriz energética do país, com alternativas e novas tecnologias que impactam cada vez menos o meio ambiente.

Para uma solução ser economicamente viável, alguns parâmetros devem ser levados em consideração, o objetivo desse trabalho é comprovar a viabilidade da solução de geração de energia solar fotovoltaica no país, e mostrar que esse setor possibilita aos brasileiros investir em economia e sustentabilidade.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica, sustentabilidade, viabilidade econômica.

ABSTRACT

Electricity is fundamental for the survival and development of the world population, sources of ecologically sustainable energy generation are fundamental for conscious development. This work presents an economic feasibility study for the energy micro-generation sector, with the source of photovoltaic solar energy, the renewable energy sector in Brazil has been improving in terms of regulations and laws to enable the use and implementation of energy sources clean and sustainable, diversifying the country's energy matrix, with alternatives and new technologies that less and less impact the environment.

For a solution to be economically viable, some parameters must be taken into account, the objective of this work is to prove the viability of the photovoltaic solar energy generation solution in the country, and to show that this sector allows Brazilians to invest in economy and sustainability.

Keywords: photovoltaic solar energy, sustainability, economic viability.

SUMÁRIO

1.Introdução.....	12
1.1. Objetivo.....	13
1.2. Justificativa.....	14
1.3. Passos metodológicos.....	14
2.Referencial teórico.....	14
2.1. Fontes renováveis de energia.....	15
2.2. Energia solar fotovoltaica no Brasil	15
2.3. Oportunidades de modelos de negócio para o setor de energia solar fotovoltaica na geração distribuída.....	16
2.4. Geração junto a carga.....	16
2.5. Autoconsumo remoto.....	16
2.6. Geração compartilhada.....	16
2.7. Múltiplas unidades consumidoras.....	17
2.8. Microgeração e minigeração.....	17
2.9. Parâmetros que interferem na eficiência e viabilidade de sistemas de geração de energia solar fotovoltaica.....	17
2.10. Radiação solar incidente.....	17
2.11. Reajuste tarifário no setor de energia elétrica.....	18
2.12. Preço de equipamentos.....	19
2.13. Serviços de integração.....	21
2.14. Preço para o cliente final.....	21
2.15. Retorno do investimento – Payback.....	23
2.16. Eficiência dos painéis fotovoltaicos ao longo do tempo.....	25
2.17. Condições de pagamento.....	25
2.18. Fluxograma do processo de homologação de sistemas de microgeração na concessionária de energia local.....	25
3. Estudo de caso para viabilidade econômica de um projeto de microgeração de energia solar fotovoltaica conectado à rede	27
3.1. Base de cálculo para o dimensionamento do sistema de geração de energia solar fotovoltaica	28
3.2. Compatibilidade do sistema projetado com a área de telhado disponível.....	31
3.3. Diagrama de blocos do sistema projetado.....	32
3.4. Diagrama unifilar do sistema projetado.....	33
3.5. Valor da solução completa para o cliente final.....	34
3.6. Análise de retorno do investimento - payback.....	34
3.7. Instalação do sistema de geração de energia solar fotovoltaica na residência abordada no estudo de caso.....	36
3.7.1. Distribuição dos painéis no telhado.....	36
3.7.2. String box CC – Dispositivos eletromecânicos de proteção CC....	36
3.7.3. String box CA - Dispositivos eletromecânicos de proteção CA....	37
3.7.4. Inversor central RENOVIGI instalado.....	37
3.7.5. Dispositivos de proteção CC e CA interligados ao inversor central	38
3.7.6. Conexão do sistema de geração de energia solar fotovoltaica	38

conectado à rede.....	
3.7.7. Aterramento do sistema de geração de energia solar fotovoltaica	39
3.7.8. Placas de sinalização de geração própria	39
4. Conclusão.....	23
5. Referências bibliográficas.....	43
6. Anexos	45
6.1. Datasheet do Inversor de 4KW RENOVIGI.....	46
6.2. Datasheet do painel de 340W RISEN.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Matriz elétrica brasileira, fonte ABSOLAR.....	12
Figura 2 - Evolução do setor de energia solar fotovoltaica no Brasil nos últimos anos, fonte Greener.....	13
Figura 3 - Comparativo de HSP para o município de Pindamonhangaba SP, fonte CRESESB.....	18
Figura 4 - Comparativo do histórico da tarifa residencial com IPCA e IGP-M, fonte ANEEL.....	19
Figura 5 - Comparativo do histórico da tarifa média por função de custo (R\$/MWh), fonte ANEEL.....	19
Figura 6 - Média de preços dos kits fotovoltaicos no Brasil em 2020, fonte Greener.....	20
Figura 7 - Média de preços dos kits fotovoltaicos no Brasil em 2020, fonte Greener.....	20
Figura 8 - Média de preços de serviço de instalação para diferentes potências de sistemas, fonte Greener.....	21
Figura 9 - Média de preços de sistema de geração de energia solar fotovoltaica no Brasil em 2020, fonte Greener.....	22
Figura 10 - Média de retorno do investimento para todos os estados do Brasil, em anos, para sistemas residenciais de 4 KWp, fonte Greener.....	23
Figura 11 - Média de retorno do investimento por estado no Brasil para sistemas comerciais de 50 KWp, fonte Greener.....	24
Figura 12 - Média de retorno do investimento por estado no Brasil para sistemas industriais de 300 KWp, fonte Greener.....	24
Figura 13 - Fluxograma do processo de homologação de microgeração, fonte EDP.....	26
Figura 14 - Localização da residência abordada no estudo de caso.....	27
Figura 15 - Informações sobre o local para dimensionamento, fonte tabela de dimensionamento interno.....	28
Figura 16 - Gráfico de HSP de Pindamonhangaba SP, fonte CRESESB.....	29
Figura 17 - Estimativa de geração de energia ao longo do ano, fonte tabela interna de dimensionamento.....	30

Figura 18 - Gráfico comparativo de consumo e geração, fonte tabela interna de dimensionamento.....	30
Figura 19 - Distribuição das placas na área telhado disponível.....	31
Figura 20 - Diagrama de blocos do sistema projetado.....	32
Figura 21 - Diagrama unifilar do sistema projetado.....	33
Figura 22 - Gráfico de retorno sobre o capital investido, fonte tabela interna de dimensionamento.....	35
Figura 23 - Tabela de dados e resultados da análise de retorno de investimento, fonte tabela interna de dimensionamento.....	35
Figura 24 - Distribuição dos painéis no telhado.....	36
Figura 25 – String Box CC.....	36
Figura 26 – String Box CA.....	37
Figura 27 – Inversor central instalado na residência.....	37
Figura 28 – Dispositivos de proteção CC e CA interligados ao inversor central.....	38
Figura 29 – Conexão à rede.....	38
Figura 30 - Aterramento do sistema de geração de energia solar fotovoltaica.....	39
Figura 31 - Placas de sinalização de geração própria.....	39
Figura 32 - Fonte XP investimentos, adaptado pelo autor.....	40
Figura 33 - Como funciona o efeito estufa, fonte Brasil Escola.....	41
Figura 34 - Relação do plantio de árvores à compensação de cada tonelada de Gás Carbônico (CO ₂) emitido na atmosfera. Fonte Comissão Permanente de Gestão Ambiental (PGAS)	42

1.INTRODUÇÃO

A utilização da energia elétrica está em todos os segmentos, é fundamental para funcionamento e crescimento de empresas, para o setor da saúde, para as residências, entre outras finitas aplicações, quase tudo é movido ou dependente de energia elétrica para exercer a sua função.

A demanda de energia elétrica é elevada, e dependente das fontes geradoras, sem os recursos ou matérias-primas para realizar a transformação da energia elétrica, irá impactar em todos os processos. Por isso, é fundamental que a matriz energética do país seja equilibrada e ofereça confiabilidade para todos que dependem dela.

As principais fontes de energia utilizadas no Brasil, são as renováveis, em torno de 80% da matriz energética nacional, sendo que 70,8% é proveniente das fontes hidrelétricas, solar e eólica, segundo a Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR) apresentado na Figura 1, se destacando entre a média mundial.

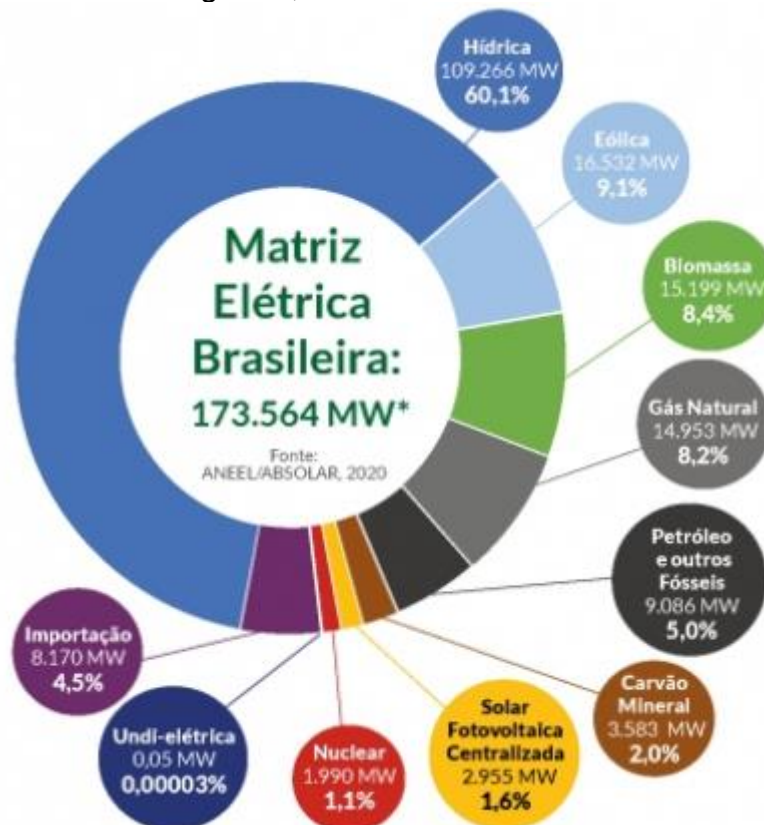


Figura 1: Matriz elétrica brasileira, fonte ABSOLAR.

Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR), no segundo semestre de 2020, já são mais de 400 mil unidades consumidoras na geração distribuída solar fotovoltaica, com mais de 330 mil sistemas instalados, somando mais de 4GW de potência instalada. Nos últimos 7 anos, a geração distribuída solar fotovoltaica cresceu a uma taxa média de 231% ao ano, conforme Figura 2.



Figura 2: Evolução do setor de energia solar fotovoltaica no Brasil nos últimos anos, fonte Greener.

1.1. OBJETIVO

O estudo a seguir tem como objetivo demonstrar que é possível investir em sustentabilidade e economia no Brasil, análises comprovam que a energia solar fotovoltaica é integralmente viável para o cliente final, seja ele de perfil residencial ou empresarial. A geração distribuída atualmente disponibiliza uma gama de oportunidades de modelos de negócio que contribuem à inserção da energia solar fotovoltaica no país, com uma fonte de energia limpa, renovável e inesgotável.

A Agência Internacional de Energia (IEA), informou que a capacidade mundial de energia renovável deve aumentar em 50% até 2024, liderada pela energia solar fotovoltaica e eólica.

Analisando o ponto de vista econômico as fontes de energia eólica e solar estão entre as mais competitivas no mercado. Analisando do ponto de vista socioambiental se destacam entre as demais.

1.2. JUSTIFICATIVA

Embora a resolução nº REN482 tenha 8 anos, o crescimento do setor de geração de energia solar fotovoltaica no Brasil nos últimos dois foi muito expressivo.

Comprovar a viabilidade de projetos de microgeração de energia solar, irá oferecer uma visão mais aprofundada do motivo do crescimento do setor, e analisar o cenário atual.

A implementação do sistema tem impacto social e ambiental positivo, uma vez que a economia com os gastos energéticos para residências contribui para uma melhor qualidade de vida das famílias, e para as empresas representa o aumento da lucratividade em seus processos.

Analisando pelo lado ambiental, a fonte de energia solar fotovoltaica é considerada uma das fontes de energia mais sustentáveis, o sol é um recurso inesgotável, a geração dessa fonte energética não emite gases poluentes na atmosfera como o CO₂, contribuindo para a preservação da camada de ozônio e minimização do efeito estufa.

1.3. PASSOS METADOLÓGICOS

Para exemplificar as diretrizes do estudo, foi necessário compreender o cenário de energia solar fotovoltaico no Brasil atualmente e o histórico do setor, as alternativas e oportunidades para as fontes renováveis de energia, e quais as variáveis impactam na viabilidade econômica da solução, serão apresentadas no capítulo 2 – Referencial teórico.

A aplicação de um estudo de caso real será apresentada no capítulo 3, para análises da viabilidade econômica de um projeto de microgeração para uma residência em Pindamonhangaba São Paulo, o objetivo é comprovar e demonstrar que a solução de geração de energia própria através da energia solar fotovoltaica é uma alternativa de investimento econômico e sustentável.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Algumas informações são fundamentais para a análise de viabilidade econômica da solução, a geração de energia solar fotovoltaica depende de parâmetros de normativas, leis, condições climáticas, eficiência e custo de equipamentos, modelos de negócio para o setor, entre outros pontos que impactam diretamente no setor, este capítulo irá aprofundar nas principais variáveis desse seguimento.

2.1. FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA

As fontes de energia renováveis são todos os recursos naturais considerados inesgotáveis e usados para a geração de energia, podendo utilizá-las continuamente e nunca se acabam, pois sempre se renovam, como as hidrelétricas, eólica, energia solar, aproveitada diretamente para a geração de eletricidade ou aquecimento, biomassa, oceânica e geotérmica.

O sol é a principal fonte de energia em nosso planeta. A superfície terrestre recebe anualmente uma quantidade de energia solar nas formas de calor e luz, suficiente para suprir milhares de vezes as necessidades mundiais no mesmo período, porém apenas uma pequena parte dessa energia é aproveitada.

Com poucas exceções, praticamente toda energia utilizada pelo ser humano é originada pelo sol.

A energia da biomassa, ou matéria orgânica, depende da energia captada do sol através da fotossíntese, convertendo a energia da luz solar em energia química. A energia dos ventos tem origem nas diferenças de pressão na atmosfera e temperatura ocasionadas pelo aquecimento solar. Os combustíveis fósseis como o gás natural, petróleo e carvão têm origem na energia solar, como resultado da decomposição da matéria orgânica há milênios.

2.2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

A um tempo atrás a energia solar fotovoltaica no Brasil era utilizada exclusivamente para pequenos sistemas isolados (autônomos) instalados em locais que não eram atendidos pela rede elétrica.

Algumas residências brasileiras passaram a utilizar a energia elétrica de sistemas fotovoltaicos autônomos através do programa Luz Para Todos, criado pelo Governo Federal em 2003.

Embora a solução com sistemas isolados de energia solar fotovoltaica ainda sejam uma alternativa, a viabilidade econômica era um limitante, além dos equipamentos com um preço elevado, a vida útil das baterias também era uma limitação.

O número de sistemas de energia solar fotovoltaica começou a aumentar com a aprovação do uso de sistemas de geração de energia conectados à rede de distribuição pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) através da resolução nº 482 de 2012.

Com o objetivo de estabelecer as condições gerais de acesso de minigeração e microgeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica junto com o sistema de compensação de energia.

2.3. OPORTUNIDADES DE MODELOS DE NEGOCIO PARA O SETOR DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Atualmente o setor de energia solar fotovoltaica no Brasil oferece algumas oportunidades de modelos de negócios na geração distribuída, como os modelos de compensação de créditos, que estão diretamente interligados a Geração Junto à Carga, Autoconsumo Remoto, Geração Compartilhada e Múltiplas Unidades Consumidoras.

2.4. GERAÇÃO JUNTO A CARGA

A geração junto a carga, é o modelo de negócio onde a geração e consumo estão na mesma unidade consumidora, o excedente de energia é injetado na rede como créditos e podem ser utilizados para abater as futuras contas de energia, a validade dos créditos são de 5 anos. As principais aplicações desse modelo de negócio são para residências e comércios, não exclusivamente.

2.5. AUTOCONSUMO REMOTO

No autoconsumo remoto, a geração de energia é em um local e o consumo em outro local distinto, para que esse modelo de negócio ocorra, todas as unidades consumidoras têm que estar obrigatoriamente no nome do mesmo titular, CPF ou CNPJ, e ambas as unidades, geradora e consumidoras devem ser abastecidas pela mesma concessionária de energia.

2.6. GERAÇÃO COMPARTILHADA

Para o modelo de geração compartilhada, o titular da unidade consumidora é o consórcio ou cooperativa, isso permite que diferentes CPF/CNPJ usufruam da geração de energia. Eles podem estar em regiões diferentes, porém devem ser atendidos pela mesma concessionária.

Algumas características da geração compartilhada com cooperativas, no mínimo 20 pessoas físicas, tem que ser criado um plano de negócios, criação de um estatuto com a distribuição de contas, formalização com 3 registros, um para a junta comercial, um para a recita federal e o último para a organização das cooperativas brasileiras.

Para a geração compartilhada através de consórcio, é regida pelo código civil, a associação de pelo menos pessoas jurídicas com objetivo comum, o restante podem ser empresas (PJ) ou pessoas físicas, dependendo do modelo do consórcio.

2.7. MÚLTIPLAS UNIDADES CONSUMIDORAS

Para um sistema com múltiplas unidades consumidoras, permite a instalação de um sistema de geração, e todos os moradores do local podem usufruir da energia gerada, podendo ser utilizada para suprir o consumo da área comum do prédio, e/ou ser dividido entre os inquilinos.

2.8. MICROGERAÇÃO E MINIGERAÇÃO

Segundo a resolução normativa N° 687, de 24 de novembro de 2015, a microgeração distribuída são todas as centrais geradoras de energia elétrica, com potência instalada de até 75 KW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamento da Agência Nacional de Energia Elétrica, ou fontes renováveis de energia elétrica.

É considerada minigeração distribuída, toda central geradora de energia elétrica com potência superior a 75 KW ou menor e igual a 5 MW.

2.9. PARÂMETROS QUE INTERFEREM NA EFICIÊNCIA E VIABILIDADE DE SISTEMAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Diversos fatores podem contribuir ou prejudicar à eficiência de geração de energia de sistemas fotovoltaicos, e com isso impactar diretamente no retorno do investimento para implantação do projeto. Eficiência

2.10. RADIAÇÃO SOLAR INCIDENTE

Os níveis de radiação solar incidente (irradiação solar) são diferentes ao redor do globo terrestre, mesmo no território nacional existem variações de irradiação solar entre os estados e cidades, o CRESEB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S.Brito) oferece informações da irradiação solar diária média mensal em qualquer ponto do território nacional, como uma ferramenta de suporte para o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

Com esse banco de dados de irradiação solar no território nacional, é possível dimensionar o projeto com informações mais precisas do impacto da orientação e ângulo que as placas serão instaladas em um determinado local, com as informações de latitude e longitude é possível obter a irradiação solar diária (KWh/m².dia) conforme Figura 3, que consideramos para efeito de projeto como HSP (Horas de Sol Pleno).

Estação: Pindamonhangaba
 Município: Pindamonhangaba , SP - BRASIL
 Latitude: 22,901° S
 Longitude: 45,449° O
 Distância do ponto de ref. (22,9236° S; 45,4698° O) : 2,7 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	5,40	5,53	4,74	4,33	3,58	3,38	3,48	4,44	4,51	4,99	5,10	5,62	4,59	2,24
✓	Ângulo igual a latitude	23° N	4,89	5,27	4,86	4,90	4,41	4,39	4,41	5,26	4,80	4,87	4,69	5,02	4,81	,88
✓	Maior média anual	21° N	4,96	5,32	4,88	4,87	4,36	4,32	4,34	5,21	4,80	4,90	4,75	5,09	4,82	1,00
✓	Maior mínimo mensal	28° N	4,72	5,14	4,82	4,95	4,52	4,54	4,54	5,36	4,79	4,77	4,54	4,82	4,79	,84

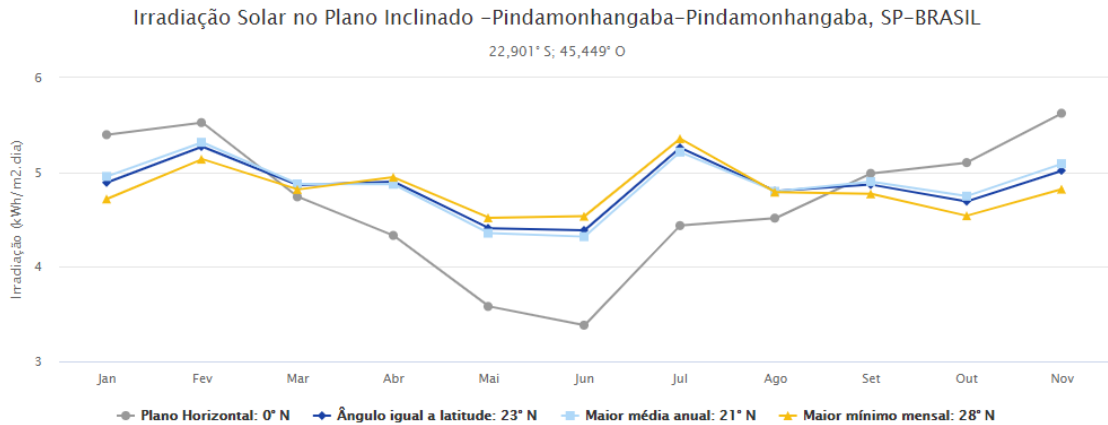


Figura 3: Comparativo de HSP para o município de Pindamonhangaba SP, fonte CRESESB.

2.11. REAJUSTE TARIFÁRIO NO SETOR DE ENERGIA ELÉTRICA

O reajuste tarifário na conta de energia dos brasileiros, ocorre com certa frequência, todos os anos os valores sofrem reajustes. Para clientes que geram a própria energia, é uma alternativa para driblar e fugir dos grandes impactos que o aumento tarifário pode causar.

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o objetivo do reajuste anual tarifário é para restabelecer o poder de compra da concessionária. Uma das variáveis da fórmula de reajuste, são repassadas as variações de custos de Parcela A, em que a distribuidora tem pouca ou nenhuma gestão.

A evolução da tarifa residencial nos últimos anos, é detalhada na Figura 4 apresentando um comparativo da tarifa residencial (R\$/MWh) com IPCA e IGP-M, a Figura 5 apresenta o histórico da tarifa média por função de custo (R\$/MWh), graficos disponibilizados pela ANEEL.

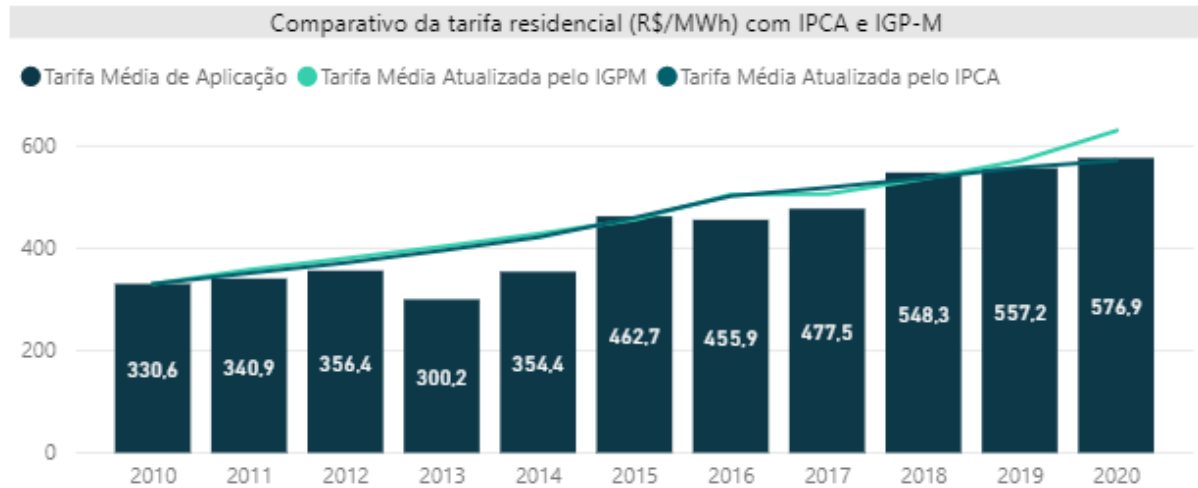


Figura 4: Comparativo do histórico da tarifa residencial com IPCA e IGP-M, fonte ANEEL.

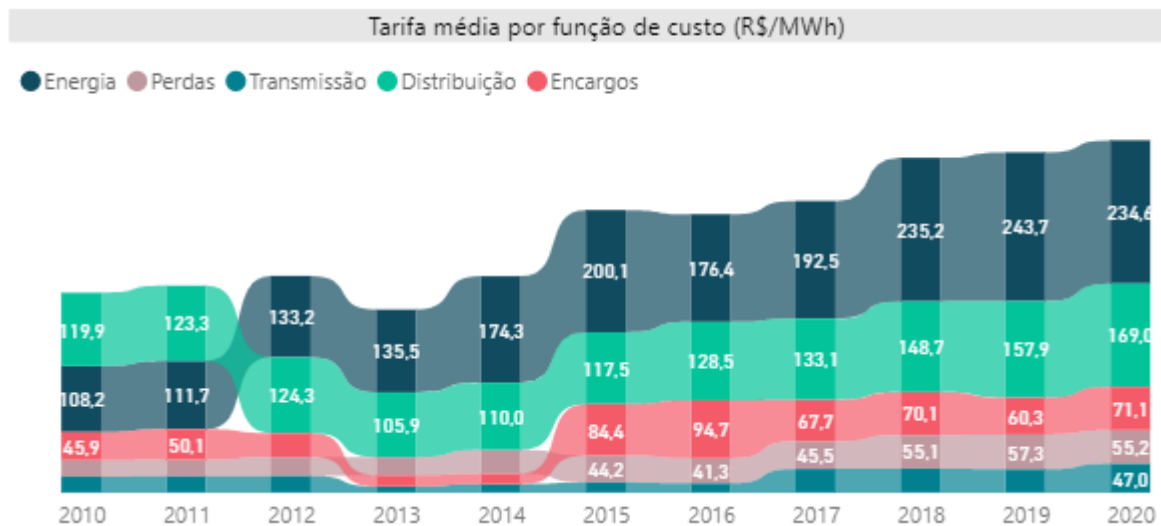


Figura 5: Comparativo do histórico da tarifa média por função de custo (R\$/MWh), fonte ANEEL.

Outros fatores impactam para esse reajuste, como a inflação. Segundo o relatório de evolução das tarifas disponibilizados pelo banco de dados da ANEEL, com base de análise do histórico do comportamento da inflação no Brasil, e consultas a empresas e profissionais que atuam no segmento de energia solar fotovoltaica, a tarifa de energia (KWh) sofre um reajuste médio anual em torno de 7 a 8%.

2.12. PREÇO DE EQUIPAMENTOS

Os preços dos equipamentos para o setor de energia solar fotovoltaica, vem caindo gradativamente comparado a 10 anos atrás, as novas tecnologias vêm proporcionando placas mais eficientes, o tempo de garantia dos equipamentos vem aumentando, atualmente temos fabricantes que oferecem 25 anos de garantia para os módulos fotovoltaicos, e inversores com até 15 anos de garantia contra defeitos

de fabricação, esses fatores estão contribuindo para que a solução de geração de energia solar fique cada vez mais viável.

O preço dos equipamentos necessários para o sistema de geração de energia solar fotovoltaica, impacta diretamente na viabilidade econômica da solução, o estudo realizado pela Greener no primeiro semestre de 2020, apresenta os valores médios dos equipamentos (kits fotovoltaicos) no mercado nacional, conforme Figura 6 e 7.

Preços dos kits fotovoltaicos

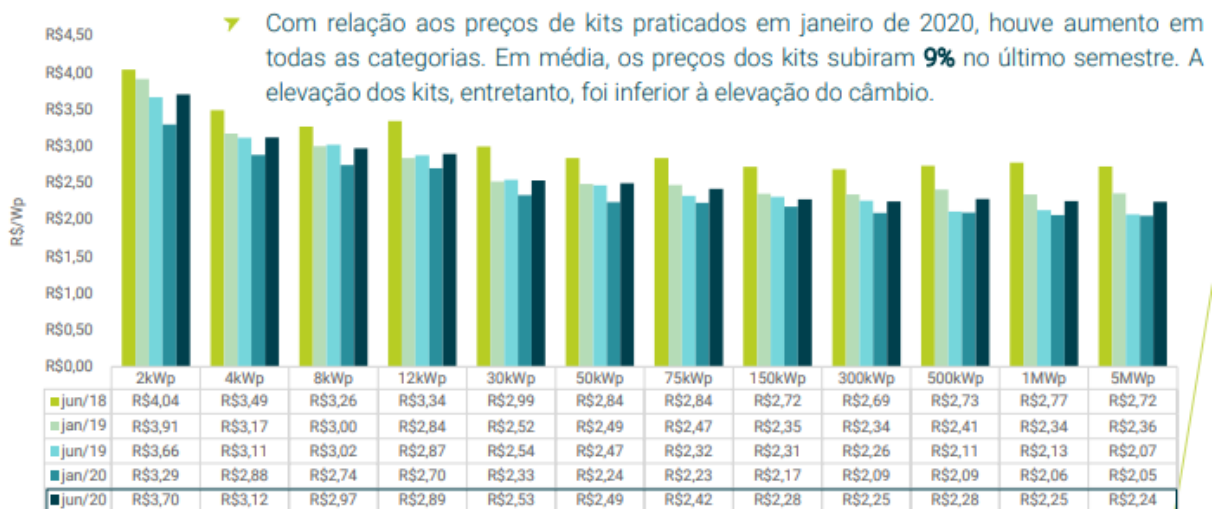
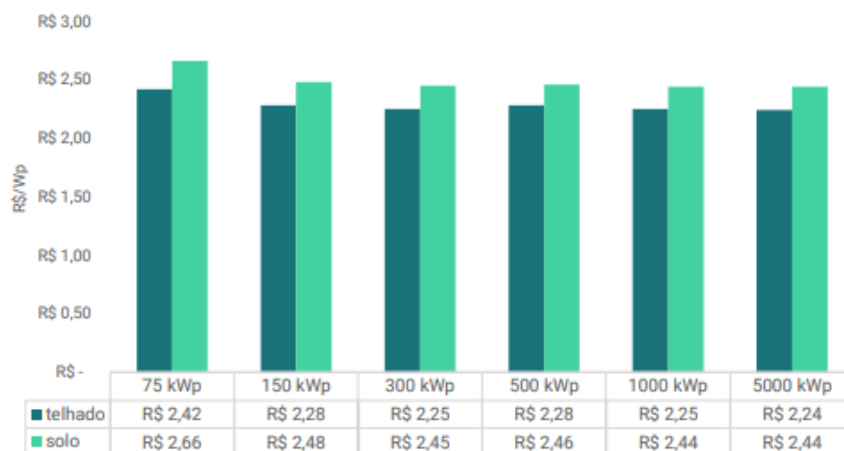


Figura 6: Média de preços dos kits fotovoltaicos no Brasil em 2020, fonte Greener

Preços dos kits fotovoltaicos

Telhado e solo



A diferença média entre um kit no solo e em telhado é da ordem de **9%**, em média. No início do ano, em janeiro, quando essa diferença foi medida pela última vez, estava em torno de **6%**.

Greener

Figura 7: Média de preços dos kits fotovoltaicos no Brasil em 2020, fonte Greener.

2.13. SERVIÇOS DE INTEGRAÇÃO

Os serviços de integração ou instalação é um parâmetro que também impacta diretamente no tempo de **payback** da solução, o estudo de Greener apresenta o preço médio cobrado pelas empresas no mercado nacional para o primeiro semestre de 2020, conforme Figura 8.

Preços de serviços de integração

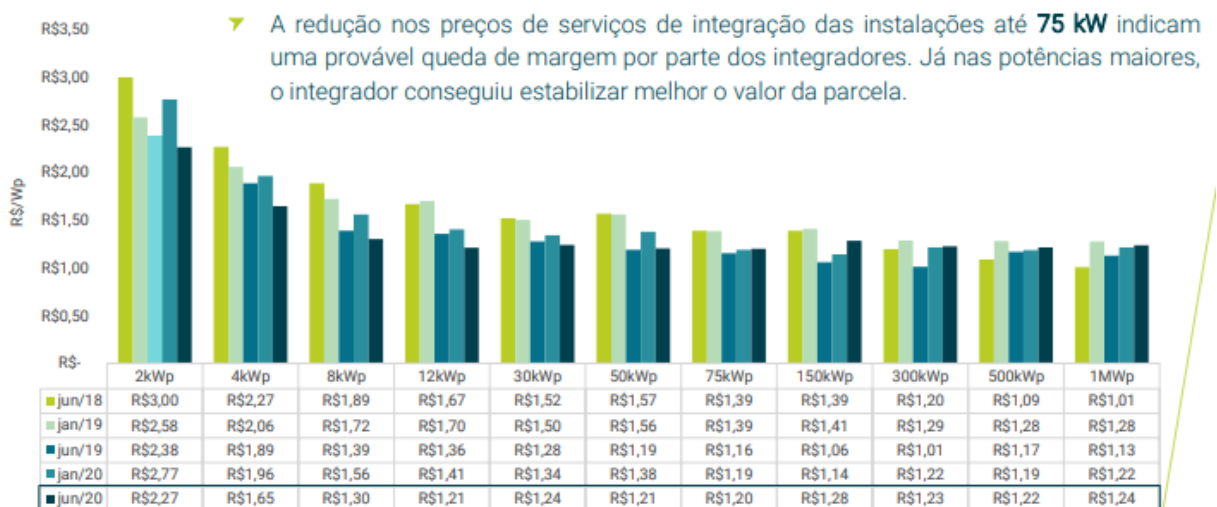


Figura 8: Média de preços de serviço de instalação para diferentes potências de sistemas, fonte Greener.

2.14. PREÇO PARA O CLIENTE FINAL

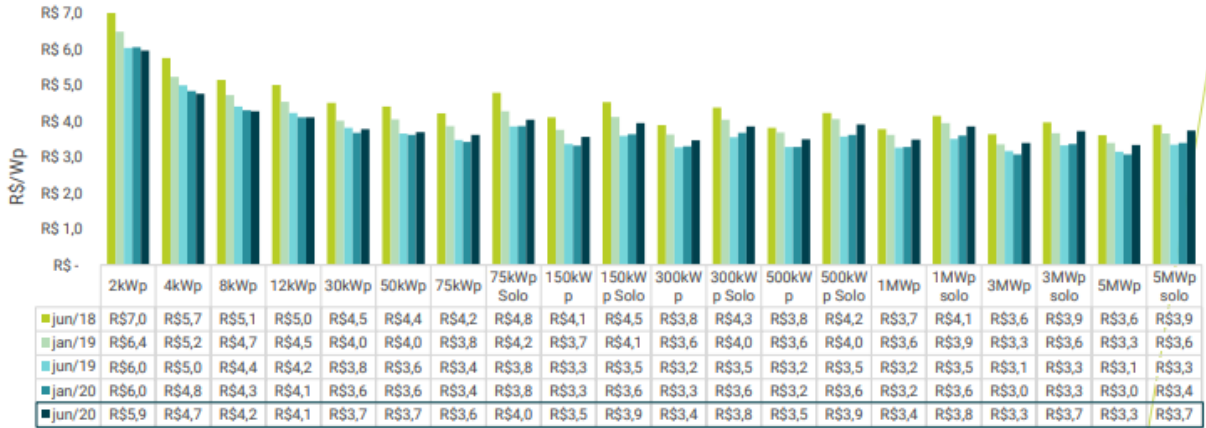
A média do preço da solução para o cliente final está ficando mais atrativa ao longo do tempo, em 2019 e 2020 os valores para o cliente final estão os mais atrativos do histórico do setor.

Com o crescimento da mão de obra especializada, e o número de empresa que operam no setor de energia solar fotovoltaica no país, contribui para a queda do valor de serviço de instalação, junto com a queda dos preços dos equipamentos o cenário fica ainda mais atrativo.

A Greener, demonstra o preço da solução para o cliente final referente ao primeiro semestre de 2020, pela relação da potência do sistema e o valor do watt instalado (R\$/Wp), conforme Figura 9.

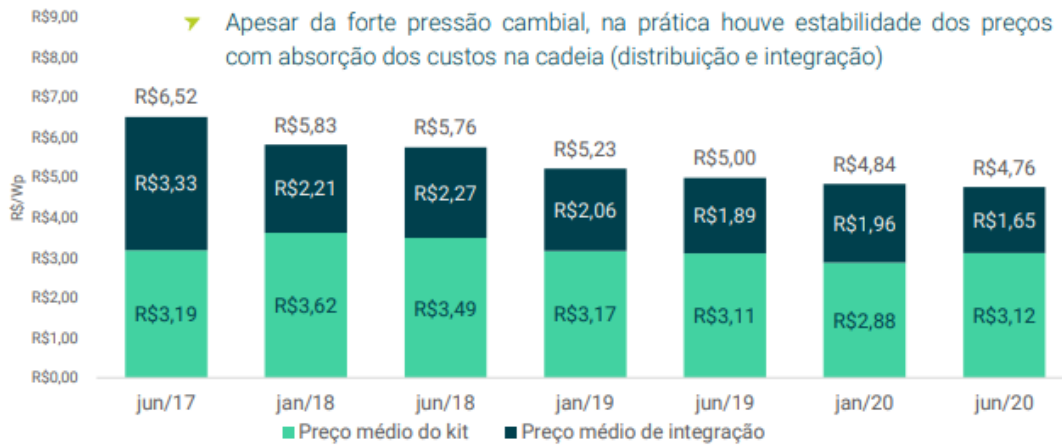
Preços para o cliente final

- Houve ligeira redução nos preços dos sistemas até **8 kWp**, ficando estável em **12 kWp**. Para potências de **30 kWp** ou mais, houve aumento nos preços, com variações mais significativas para potências mais altas.



Preços de sistemas fotovoltaicos

Sistema residencial (4 kWp)



Greener

Figura 9: Média de preços de sistema de geração de energia solar fotovoltaica no Brasil em 2020, fonte Greener.

2.15. RETORNO DO INVESTIMENTO – PAYBACK

O retorno do investimento, é o principal fator de convencimento para o cliente final, é o que demonstra que o projeto se trata de um investimento, e quando comparado ao quanto o cliente irá economizar durante o tempo de garantia dos equipamentos, comprova a viabilidade do projeto.

A Greener, empresa especializada em pesquisa de mercado do setor de energia solar fotovoltaica no Brasil, elabora todos os anos o Estudo Estratégico de Geração Distribuída, a Greener conta com a colaboração de milhares de integradores que dedicam seu tempo para responder um questionário, de distribuidores que contribuem com referência de preços de seus kits de todas as empresas em maneira geral, distribuidores e fabricantes.

A pesquisa sobre o mercado fotovoltaico de geração distribuída referente ao 1º semestre de 2020, entrevistou 2.104 empresas integradoras. Um dos temas abordados foi a realização de estimativas de payback médio por unidade federativa, para os setores residencial (Figura 10), comercial (Figura 11) e industrial (Figura 12).

A Greener concluiu que o valor dos sistemas residenciais foi de R\$ 4,76/Wp para sistemas de 4 KWp. O cálculo leva em consideração a produtividade do local (irradiação solar), o custo médio dos sistemas, a tarifa das concessionárias, um PR (Performance Ratio) de 75% e índice de simultaneidade de 30%.

- Em relação à última pesquisa GD, o **tempo de payback** de um sistema fotovoltaico de porte residencial diminuiu, em média, **4,6%**. Nos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo, líderes em potência instalada, a redução foi de **2,9%**, **3,6%** e **6,1%**, respectivamente.



*PR = PerformanceRatio

Greener

Figura 10: Média de retorno do investimento para todos os estados do Brasil, em anos, para sistemas residenciais de 4 KWp, fonte Greener.

O valor dos sistemas comerciais foi de R\$ 3,70/Wp para sistemas de 50 KWp. O cálculo leva em consideração a produtividade do local (irradiação solar), o custo médio dos sistemas, a tarifa das concessionárias, um PR (Performance Ratio) de 75% e índice de simultaneidade de 70%.

- Em relação à última pesquisa GD, o **tempo de *payback*** de um sistema fotovoltaico de porte comercial aumento, em média, **13%**. Nos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo, líderes em potência instalada, o aumento foi de **14%**, **15%** e **11%**, respectivamente.

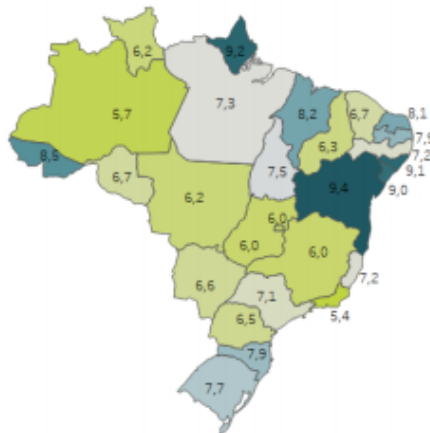


Greener

Figura 11: Média de retorno do investimento por estado no Brasil para sistemas comerciais de 50 KWp, fonte Greener.

O valor dos sistemas industriais foi de R\$ 3,47/Wp para sistemas de 300 KWp. O cálculo leva em consideração a produtividade do local (irradiação solar), o custo médio dos sistemas, a tarifa das concessionárias, um PR (Performance Ratio) de 75% e índice de simultaneidade de 50%.

- Sistemas industriais tiveram aumento significativo sendo, em média, **23%**. Nos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo, o aumento foi de **21%**, **23%** e **20%**, respectivamente.



Greener

Figura 12: Média de retorno do investimento por estado no Brasil para sistemas industriais de 300 KWp, fonte Greener.

2.16. EFICIÊNCIA DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS AO LONGO DO TEMPO

Os painéis solares fotovoltaicos, durante a sua vida útil sofrem uma queda de eficiência ao longo do tempo, essa queda de eficiência impacta diretamente na capacidade de geração, e para analisar o tempo de retorno de investimento ou a energia que o sistema irá gerar ao longo do tempo de garantia do fabricante, é necessário levar esse parâmetro em consideração.

A maior parte dos fabricantes de painéis fotovoltaicos, oferecem um tempo de garantia de 25 anos de geração de energia, com a eficiência superior a 80%.

2.17. CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

Atualmente existe uma flexibilidade para facilitar a aquisição de sistemas de energia solar fotovoltaica no Brasil, grande parte do Bancos oferecem linhas de financiamento exclusivas para esse setor.

As taxas das linhas de financiamento para esse setor, são diferenciadas em relação as linhas de financiamentos de outros setores.

Taxas que oscilam entre 0,5% a 1,4% ao mês estão sendo oferecidas nos principais bancos e instituições, além das taxas atrativas, os bancos também estão oferecendo um período de carência de até 120 dias, na média de 90 dias para começar a pagar.

O principal motivo do tempo de carência, é proporcionar que o cliente final inicie os pagamentos após o sistema de geração de energia solar fotovoltaica estar instalado, fazendo com que a própria economia que o sistema irá oferecer para o cliente pague as parcelas do financiamento. É possível adquirir um sistema de geração de energia solar fotovoltaica sem investimento inicial, e financiar em até 120 meses para o pagamento.

Em cada região do Brasil, alguns bancos e instituições se destacam, mas em geral, as condições são parecidas.

2.18. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE HOMOLOGAÇÃO DE SISTEMAS DE MICROGERAÇÃO NA CONCESSIONÁRIA DE ENERGIA LOCAL

O fluxo de implementação de sistemas de micogeração de energia solar fotovoltaica no Brasil é basicamente o mesmo em todas as concessionárias do país, podendo

existir algumas peculiaridades no quesito de documentações necessárias por exemplo.

O primeiro passo é solicitar o parecer de acesso, esta etapa é de responsabilidade da empresa integradora que está oferecendo a solução para o cliente final.

Dentre as documentações necessárias para que o parecer de acesso seja liberado, o projeto elétrico do sistema do sistema junto com as ARTs de projeto e instalação, são obrigatórias para a concessionária de energia EDP no estado de São Paulo, as demais concessionárias do país podem solicitar ou exigir algumas informações diferentes, porém as diferenças são mínimas.

O fluxograma do processo de homologação do sistema de microgeração junto a concessionária de energia EDP no estado de São Paulo, é apresentado na Figura 13.



Figura 13: Fluxograma do processo de homologação de microgeração, fonte EDP.

O processo completo, desde a contratação da empresa integradora até o cliente estar gerando a sua própria energia e gerando créditos na concessionária local, oscila na média de 30 a 40 dias. O tempo do processo completo pode variar e prolongar devido ao tempo de entrega dos equipamentos, falhas na documentação para a solicitação de acesso, falhas nos padrões de instalação estabelecidos pela concessionária local identificado no momento da vistoria.

3. ESTUDO DE CASO PARA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM PROJETO DE MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADO À REDE

Como estudo de caso, foi realizada uma análise de viabilidade econômica para o projeto de um sistema de microgeração de energia solar fotovoltaica para uma residência, localizada na cidade de Pindamonhangaba – São Paulo.

Com a conta de energia da residência, foi possível analisar o histórico do último ano de consumo de energia do local, observamos que o consumo tinha uma pequena variação ao longo do ano, com isso, através de média aritmética, chegamos no valor médio de consumo da residência de 601,5 KWh mês, para que o gasto mensal com a conta de energia elétrica seja apenas a tarifa mínima da concessionária, tarifa cobrada pelas concessionárias por disponibilizar a energia para o cliente final, como a residência tem o padrão de entrada bifásico, a tarifa mínima será de 50 KWh por mês, o sistema deverá gerar a média de 551,5 KWh mês.



Figura 14: Localização da residência abordada no estudo de caso

3.1. BASE DE CÁLCULO PARA O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Para o dimensionamento do sistema de geração de energia solar fotovoltaica, consideramos variáveis mencionadas anteriormente nesse trabalho, a base de cálculo para o dimensionamento, é apresentado na formula a seguir, as informações complementares da residência também foram levadas em consideração como apresentado na Figura 15:

$$\text{SISTEMA NECESSÁRIO} = \frac{\text{CONSUMO MÉDIO (KWh)}}{\text{HSP X 30 X PERDAS}}$$

LOCALIDADE DA UC	
ESTADO:	SP
CIDADE:	PINDAMONHANGABA - SP

CONSUMO DA UC - "KWH"	
JANEIRO:	615,000
FEVEREIRO:	595,000
MARÇO:	602,000
ABRIL:	633,000
MAIO:	578,000
JUNHO:	599,000
JULHO:	604,000
AGOSTO:	594,000
SETEMBRO:	586,000
OUTUBRO:	574,000
NOVEMBRO:	611,000
DEZEMBRO:	627,000

INSTALAÇÃO	
SISTEMA:	Bifásico
TELHADO:	Cerâmico

TABELA RESUMO:			
MÉDIA DO CONSUMO:	601,5	POSIÇÃO	LATITUDE: -22,92666873
BASE DE CÁLCULO:	551,5	GPS:	LONGITUDE: -45,46204885
ORIENTAÇÃO:	22,92° Norte	PERDAS DO SISTEMA:	5%
MÉDIA HSP ANUAL:	4,970	PERDAS NOCT:	25,88%
KIT NECESSÁRIO:	4,89 KW	ACRÉSCIMO DE KIT:	0

Figura 15: Informações sobre o local para dimensionamento, fonte tabela de dimensionamento interno.

Consideramos 25,88% de perdas de NOCT (Normal Operating Cell Temperature), pois a potência de pico dos painéis em condições de laboratório STC (Standard Test Conditions) disponibilizadas pelos fabricantes são diferentes das condições reais e normais de operação em campo.

Adicionamos 5% de perda para a geração do sistema, visando minimizar a diferença de geração mensal pela variação de horas de sol pleno (HSP) por dia ao longo do ano, entre outras variações climáticas, visando garantir que a demanda de energia do sistema seja atendida.

As condições de irradiação solar que foram consideradas e aplicada para o dimensionamento, foi referente a cidade de Pindamonhangaba em São Paulo, local onde o sistema será instalado.

O HSP representa a quantidade de horas de sol pleno diária em que a radiação solar ofereça 100W por metro quadrado, os dados foram retirados do banco de dados do CRESESB, ilustrado na Figura 16.

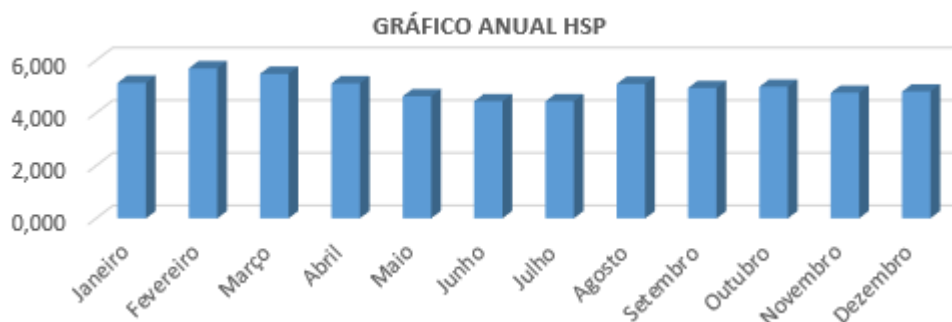


Figura 16: Gráfico de HSP de Pindamonhangaba SP, fonte CRESESB.

O sistema dimensionado para atender a demanda necessária de energia da residência, é de no mínimo 4,89 KWp, para essa aplicação estamos oferecendo um sistema de 5,44 KWp de potência, visando garantir a demanda necessária de energia.

O sistema de 5,44 KWp, será composto por 16 placas de 340W de potência, e um inversor central de 4 kW de potência. Conforme informado pelo fabricante RENOVI, o inversor de 4 kW é compatível com o sistema projetado, pois a potência máxima CC é de 6.000W, o sistema de 16 placas de 340W entrega 5.440W de potência.

O sistema projetado para a residência terá a média de geração mensal de 612,65 KWh, conforme tabela ilustrada na Figura 17:

INFORMAÇÕES DO SISTEMA			
MÊS:	HSP:	CONSUMO KWh	GERAÇÃO KWh:
Janeiro	5,149	615	634,7
Fevereiro	5,700	595	702,6
Março	5,491	602	676,8
Abril	5,130	633	632,3
Maiο	4,636	578	571,5
Junho	4,446	599	548,0
Julho	4,446	604	548,0
Agosto	5,111	594	630,0
Setembro	4,950	586	610,2
Outubro	4,997	574	616,0
Novembro	4,769	611	587,9
Dezembro	4,817	627	593,8
MÉDIA MENSAL DE CONSUMO		601,50	
MÉDIA MENSAL DE GERAÇÃO:		612,65	
GERAÇÃO ANUAL ESTIMADA:		7351,77	

Figura 17: Estimativa de geração de energia ao longo do ano, fonte tabela interna de dimensionamento.

O comparativo entre o histórico de consumo mensal da residência e a projeção de geração do sistema de 5,44 KWp é apresentado no gráfico ilustrado da Figura 18:

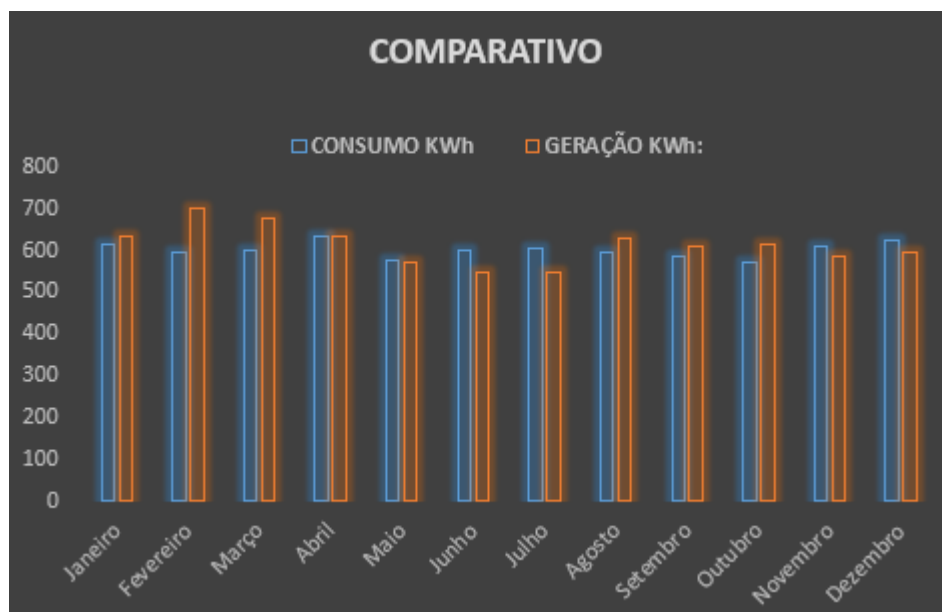


Figura 18: Gráfico comparativo de consumo e geração, fonte tabela interna de dimensionamento.

3.2. COMPATIBILIDADE DO SISTEMA PROJETO COM A ÁREA DE TELHADO DISPONÍVEL

Analisando a área de telhado disponível na residência para instalação, foi levado em consideração parâmetros para otimizar a geração de energia do sistema ao longo do ano, a orientação ideal para o Brasil é para o norte, com a inclinação próxima da latitude, a área de telhado disponível na residência e elevada para o sistema projetado, porém visando as melhores condições para otimização de geração, as placas serão instaladas na parte em que o telhado possui orientação para o norte.

Foi realizado durante a visita técnica a escolha do melhor local para instalação, a medição da área de telhado disponível com orientação para o norte é compatível com a área necessária para instalação das 16 placas de 340W, a definição da distribuição das placas no telhado está conforme Figura 19 a seguir:

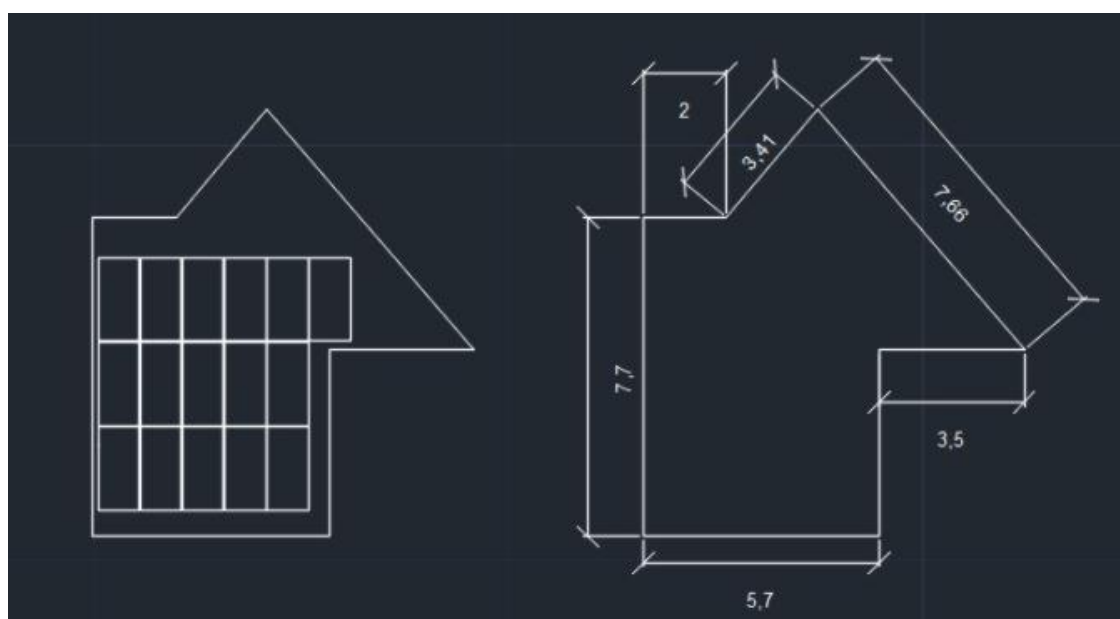


Figura 19: Distribuição das placas na área telhado disponível

As placas de 340W utilizadas no projeto, possui como características mecânicas as dimensões por placa são de 2010x992x40 mm, pesando 23 Kg. Como carga total sobre o telhado, consideramos por placa fotovoltaica incluindo o sistema de fixação o valor de 15 kg/m². Analisando a estrutura do local, concluímos que o sistema projetado é compatível.

3.3. DIAGRAMA DE BLOCOS DO SISTEMA PROJETADO

O diagrama de blocos, representa a sequência de interligação dos componentes do sistema fotovoltaico projetado. Desde as placas (módulos) a conexão na rede elétrica, o diagrama de blocos apresenta uma visão geral, para o detalhamento das interligações e componentes do sistema de geração de energia solar fotovoltaica projetado é necessário a elaboração do diagrama unifilar.

DIAGRAMA DE BLOCOS

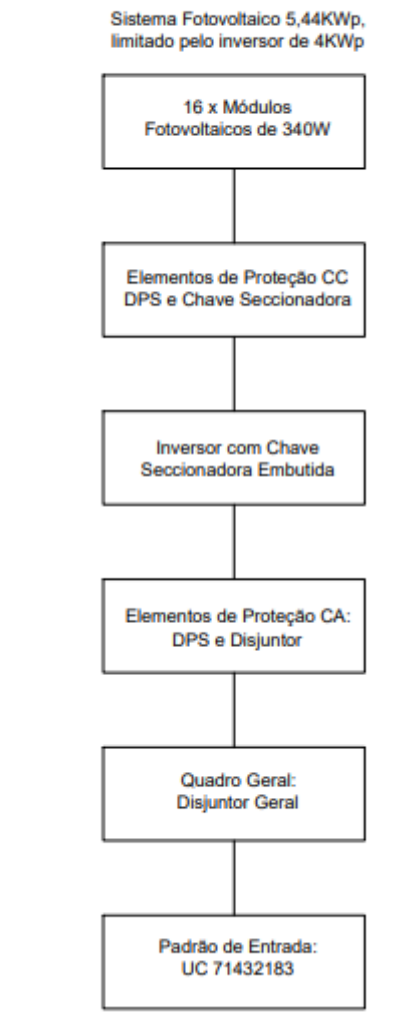


Figura 20: Diagrama de blocos do sistema projetado

3.4. DIAGRAMA UNIFILAR DO SISTEMA PROJETADO

O diagrama unifilar apresenta com detalhamento as especificações das interligações do sistema completo, o diagrama unifilar é um dos documentos necessários para o processo de homologação do sistema junto a concessionária de energia local.

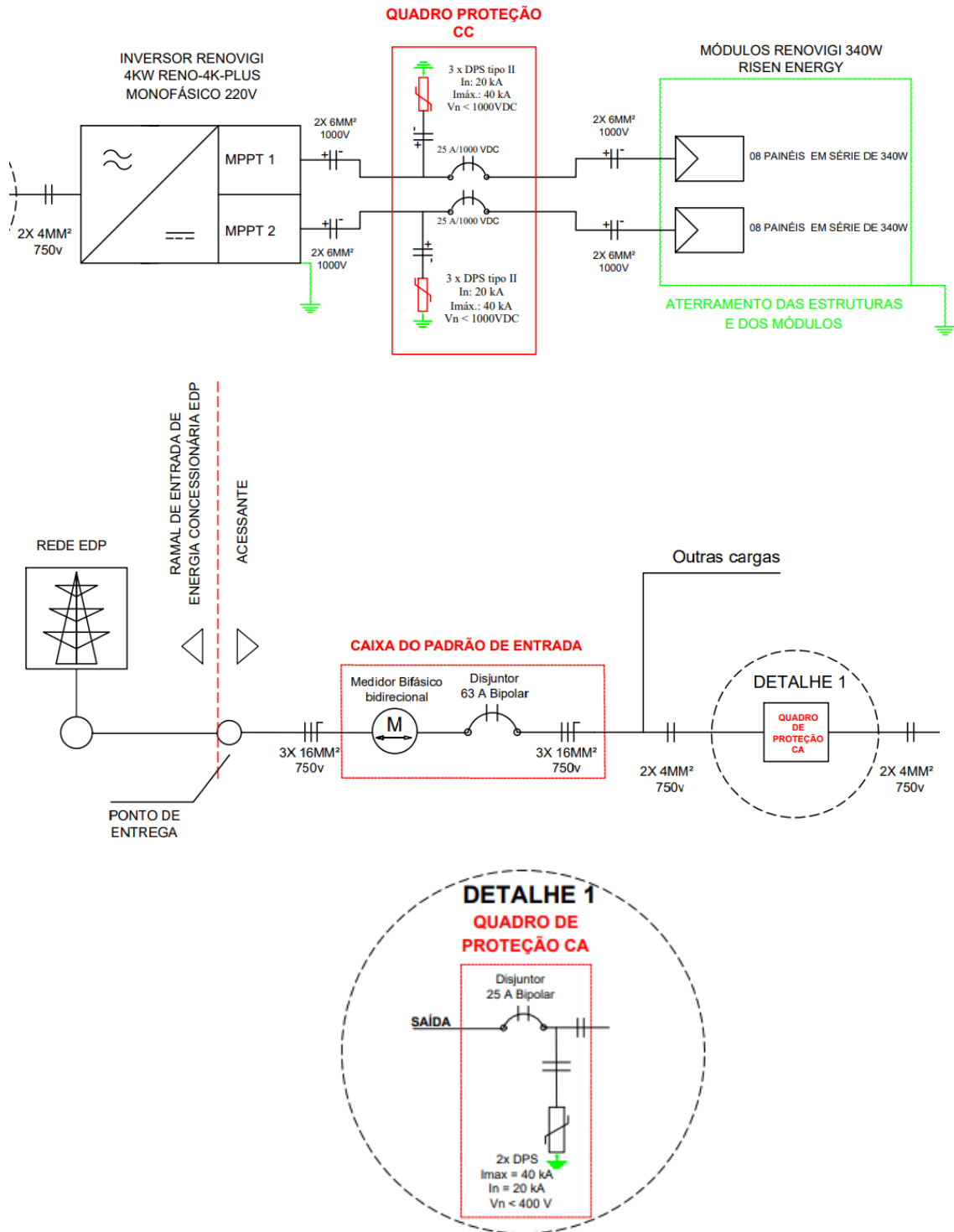


Figura 21: Diagrama unifilar do sistema projetado

3.5. VALOR DA SOLUÇÃO COMPLETA PARA O CLIENTE FINAL

A solução completa do sistema de geração de energia solar fotovoltaica, engloba a aquisição dos equipamentos ou kit de energia solar, incluindo as 16 placas solares, o inversor central, cabeamento solar para corrente contínua, estrutura de fixação das placas, dispositivos de proteção eletromecânicos para a parte AC e CC do sistema, entre outros acessórios.

Além dos equipamentos e acessórios necessário para a instalação, a elaboração do projeto para homologação junto a concessionária também faz parte dos custos, junto com o serviço de instalação do sistema, o serviço de instalação e projeto elétrico deve possuir atestado de responsabilidade técnica (ART).

O valor da solução completa para o sistema projetado à residência, foi de R\$ 25.894,40 para o cliente final.

Kit solar : 16 Placas de 340W, 1 inversor 4KW, estrutura de fixação, cabeamento CC, String box CC.	R\$ 19.693,76
Projeto e homologação junto a concessionária .	R\$ 599,00
Serviços de instalação e componentes para interligação do sistema.	R\$ 5.601,64
Valor total:	R\$ 25.894,40

Fonte: Energy Brasil de Pindamonhangaba

O pagamento a vista da solução, apresenta o melhor tempo de retorno de investimento, uma vez que as opções de linhas de financiamento possuem taxas de juros, mesmo que taxas de juros baixas, porém as linhas de financiamento ainda é uma alternativa viável.

3.6. ANÁLISE DE RETORNO DO INVESTIMENTO – PAYBACK

A análise de retorno de investimento é a principal informação que demonstra que a solução é viável, o quanto a solução irá oferecer de rentabilidade ao longo do tempo de garantia dos equipamentos, os parâmetros que levamos em consideração para esse estudo foi a estimativa da média de aumento tarifário anual, a queda de eficiência das placas fotovoltaicas em relação ao tempo de garantia de 25 anos das placas solares.

Como resultado, concluímos que o retorno do investimento para o sistema de 5,44 KWp de potência de geração oferecido à residência será no 5º ano após a instalação. O gráfico (Figura 22) e tabela (Figura 23) a seguir demonstram os resultados obtidos junto com a projeção de economia para os próximos anos após a instalação.

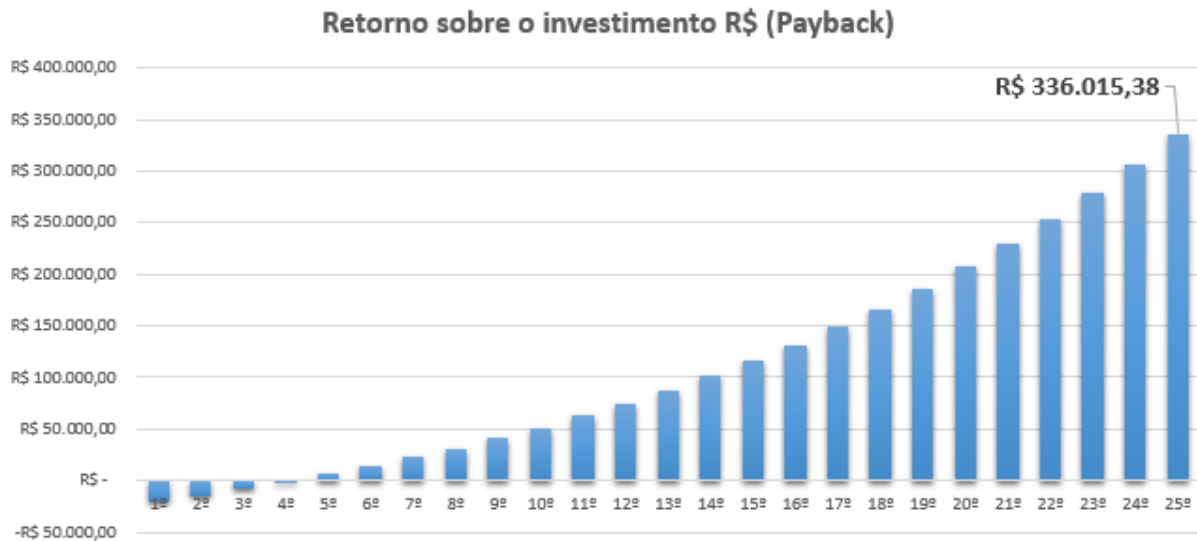


Figura 22: Gráfico de retorno sobre o capital investido, fonte tabela interna de dimensionamento.

A estimativa de economia ao longo de 25 anos após a instalação é em torno de R\$ 336.015,38 após o retorno do investido que ocorre no 5º ano.

ANO	Eficiência dos Painéis	Geração anual de energia (KWh/ano) Considerando perdas.	Geração acumulada de Energia (KWh)	% De reajuste da tarifa de energia anual (estimado)	Economia gerada/ano em R\$	Retorno sobre o investimento R\$ (Payback)	Economia acumulada R\$
1º	99,40%	7307,66	7307,66	8%	R\$ 5.524,59	-R\$ 20.369,81	R\$ 5.524,59
2º	98,70%	7256,51	14564,17	8%	R\$ 5.924,79	-R\$ 14.445,02	R\$ 11.449,38
3º	98,01%	7205,71	21769,88	8%	R\$ 6.353,98	-R\$ 8.091,03	R\$ 17.803,37
4º	97,33%	7155,27	28925,15	8%	R\$ 6.814,27	-R\$ 1.276,77	R\$ 24.617,63
5º	96,65%	7105,18	36030,33	8%	R\$ 7.307,89	R\$ 6.031,12	R\$ 31.925,52
6º	95,97%	7055,45	43085,78	8%	R\$ 7.837,28	R\$ 13.868,40	R\$ 39.762,80
7º	95,30%	7006,06	50091,84	8%	R\$ 8.405,01	R\$ 22.273,41	R\$ 48.167,81
8º	94,63%	6957,02	57048,85	8%	R\$ 9.013,87	R\$ 31.287,27	R\$ 57.181,67
9º	93,97%	6908,32	63957,17	8%	R\$ 9.666,83	R\$ 40.954,10	R\$ 66.848,50
10º	93,31%	6859,96	70817,13	8%	R\$ 10.367,10	R\$ 51.321,20	R\$ 77.215,60
11º	92,66%	6811,94	77629,07	8%	R\$ 11.118,09	R\$ 62.439,29	R\$ 88.333,69
12º	92,01%	6764,26	84393,32	8%	R\$ 11.923,48	R\$ 74.362,77	R\$ 100.257,17
13º	91,36%	6716,91	91110,23	8%	R\$ 12.787,22	R\$ 87.149,99	R\$ 113.044,39
14º	90,72%	6669,89	97780,12	8%	R\$ 13.713,53	R\$ 100.863,52	R\$ 126.757,92
15º	90,09%	6623,20	104403,32	8%	R\$ 14.706,93	R\$ 115.570,45	R\$ 141.464,85
16º	89,46%	6576,84	110980,15	8%	R\$ 15.772,30	R\$ 131.342,76	R\$ 157.237,16
17º	88,83%	6530,80	117510,95	8%	R\$ 16.914,85	R\$ 148.257,61	R\$ 174.152,01
18º	88,21%	6485,08	123996,03	8%	R\$ 18.140,16	R\$ 166.397,77	R\$ 192.292,17
19º	87,59%	6439,69	130435,72	8%	R\$ 19.454,24	R\$ 185.852,00	R\$ 211.746,40
20º	86,98%	6394,61	136830,33	8%	R\$ 20.863,50	R\$ 206.715,50	R\$ 232.609,90
21º	86,37%	6349,85	143180,18	8%	R\$ 22.374,85	R\$ 229.090,36	R\$ 254.984,76
22º	85,77%	6305,40	149485,57	8%	R\$ 23.995,69	R\$ 253.086,04	R\$ 278.980,44
23º	85,17%	6261,26	155746,84	8%	R\$ 25.733,93	R\$ 278.819,98	R\$ 304.714,38
24º	84,57%	6217,43	161964,27	8%	R\$ 27.598,10	R\$ 306.418,08	R\$ 332.312,48
25º	83,98%	6173,91	168138,18	8%	R\$ 29.597,31	R\$ 336.015,38	R\$ 361.909,78

Figura 23: Tabela de dados e resultados da análise de retorno de investimento, fonte tabela interna de dimensionamento.

3.7. INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA RESIDÊNCIA ABORDADA NO ESTUDO DE CASO.

Com as referências de projeto mencionadas neste trabalho, o sistema foi instalado na residência onde foi aplicado o estudo de caso. Será apresentado algumas imagens do sistema instalados.

3.7.1. DISTRIBUIÇÃO DOS PAINÉIS NO TELHADO



Figura 24: Distribuição dos painéis no telhado

3.7.2. STRING BOX CC - DISPOSITIVOS ELETROMECÂNICOS DE PROTEÇÃO CC



Figura 25: STRING BOX CC

3.7.3. STRING BOX CA - DISPOSITIVOS ELETROMECAÂNICOS DE PROTEÇÃO CA



Figura 26: STRING BOX CA

3.7.4. IVERSOR CENTRAL RENOVIGI INSTALADO



Figura 27: Inversor central instalado na residência

3.7.5. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CC E CA INTERLIGADOS AO INVERSOR CENTRAL



Figura 28: Dispositivos de proteção CC e CA interligados ao inversor central

3.7.6. CONEXÃO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADO À REDE



Figura 29: Conexão à rede

3.7.7. ATERRAMENTO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Foi instalado um sistema de aterramento isolado para o sistema de geração de energia solar fotovoltaica, conforme figura 30.



Figura 30: Aterramento do sistema de geração de energia solar fotovoltaica

3.7.8. PLACAS DE SINALIZAÇÃO DE GERAÇÃO PRÓPRIA



Figura 31: Placas de sinalização de geração própria

4. CONCLUSÃO

Conforme as análises obtidas, o estudo de viabilidade econômica para o sistema de geração de energia solar fotovoltaica da residência em Pindamonhangaba São Paulo, irá proporcionar um retorno de investimento dentro de 5 anos após a instalação do sistema e homologação do mesmo junto a concessionária.

Comparando a rentabilidade do sistema de geração de energia solar fotovoltaica em relação a outras linhas de investimento tradicionais no mercado nacional, como a poupança, tesouro direto e outras linhas de investimento, o investimento com geração de energia solar fotovoltaica é a mais viável, conforme demonstrado no gráfico a seguir:

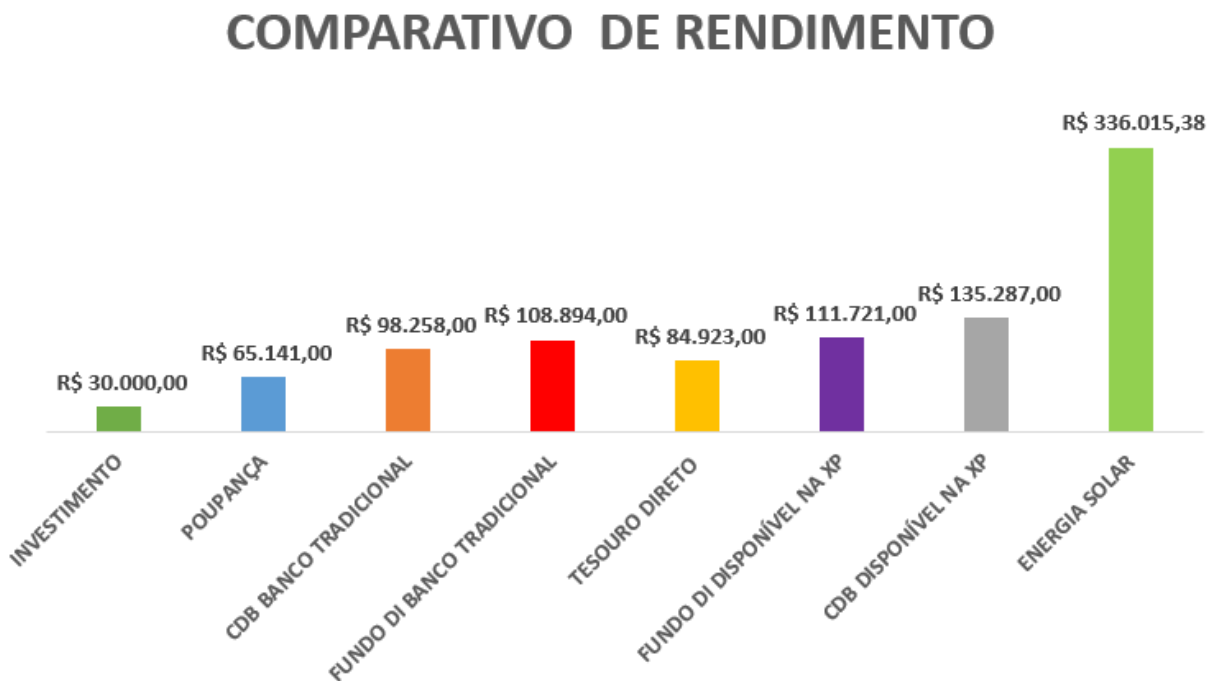


Figura 32: Fonte XP investimentos, adaptado pelo autor.

Levando em consideração, que sem o sistema de geração de energia solar fotovoltaica próprio, o cliente da residência estudada, irá gastar com as futuras contas de energia nos próximos 5 anos, o mesmo que seria necessário para o investindo do projeto oferecido, analisando que o tempo de garantia e a vida útil dos equipamentos superior a 25 anos, comprova a viabilidade econômica do investimento.

Analisando do ponto de vista ambiental, a quantidade de energia que o sistema irá gerar ao longo do ano é de 7.351,77 KWh, comparando com as fontes de energia utilizadas e disponibilizadas pelas concessionárias de energia para o cliente final

atualmente, a geração de energia limpa através da fonte solar fotovoltaica para o sistema da residência aplicado no estudo de caso, irá deixar de emitir em torno de 2,16 toneladas de CO₂ na atmosfera.

A emissão de Gás Carbônico (CO₂) na atmosfera é prejudicial, provocando alterações climáticas em todo o planeta com gases de efeito estufa. O efeito estufa é um fenômeno natural fundamental à existência de vida no planeta terra, é responsável por manter as temperaturas médias globais, evitando uma grande amplitude térmica e possibilitando o desenvolvimento dos seres vivos.

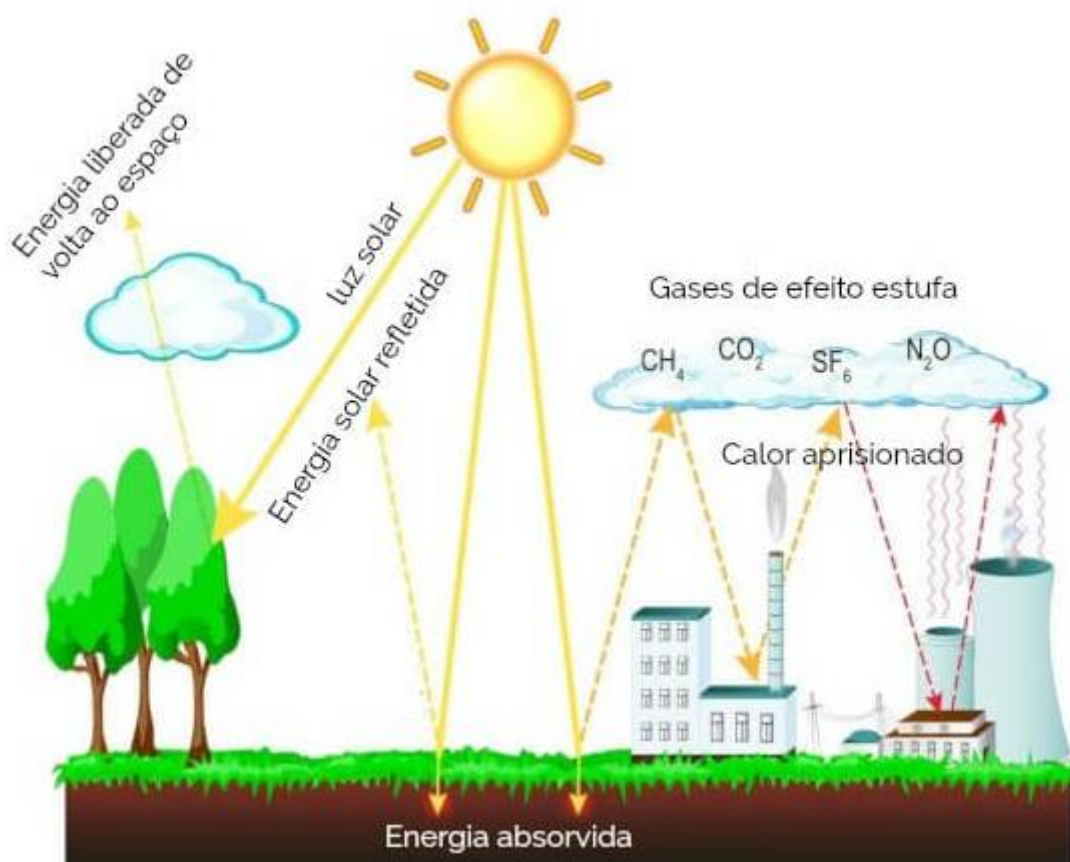


Figura 33: Como funciona o efeito estufa, fonte Brasil Escola.

Para compensar a emissão de Gás Carbônico (CO₂) que as fontes de energia atualmente disponibilizada pelas concessionárias emitem, para a mesma quantidade de energia gerada ao longo do ano de 7.351,77 KWh, seriam necessárias o plantio de 15,49 árvores.

Estudos revelam que a cada tonelada de emissão de Gás Carbônico (CO₂) na atmosfera é necessário o plantio de 7,14 árvores, para que o planeta não sofra com

os danos causados por esta emissão segundo a Comissão Permanente de Gestão Ambiental (PGAS), apresentado na Figura 34.



Figura 34: Relação do plantio de árvores à compensação de cada tonelada de Gás Carbônico (CO₂) emitido na atmosfera. Fonte Comissão Permanente de Gestão Ambiental (PGAS).

Com o estudo de caso apresentado, foi possível concluir que a solução para sistemas de microgeração de energia solar fotovoltaica no Brasil em 2020 é uma alternativa viável, como investimento financeiro, uma vez que os gastos com a conta de energia vêm aumentando ao decorrer dos anos, a solução do cliente final gerar a própria energia é uma forma de não ser impactado com os aumentos tarifários e reduzir custos em até 95% comparada a energia elétrica fornecida pela concessionária de energia local, analisando pelo lado ambiental é uma solução que contribui com meio ambiente, gerando menos impacto que as demais fontes de energia disponibilizadas atualmente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Energia Solar - ABSOLAR

<http://absolar.org.br/noticia/artigos-da-absolar/a-transicao-energetica-avanca.html>

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL

<https://www.aneel.gov.br/relatorio-evolucao-tarifas-residenciais>

Livro Energia Solar Fotovoltaica Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à rede , Marcelo Gradella Villalva.

Portal Solar

<https://www.portalsolar.com.br/aumento-do-custo-energia-eletrica-com-tempo>

Greener

https://www.greener.com.br/entrar/?redirect_to=https%3A%2F%2Fwww.greener.com.br%2Festudo%2Festudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-1-semester-de-2020%2F

CRESESB – Centro de Referências para as Energias Solar e Eólica S. S. Brito

<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>

XP Investimentos

<https://www.xpi.com.br/>

RENOVIGI

<https://renovigi.com.br/>

IEA – International Energy Agency

<https://www.iea.org/>

Resolução normativa nº 482, 17 de abril de 2012

<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>

Resolução normativa nº 687,24 de novembro de 2015

<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>

Canal solar

<https://canalsolar.com.br/artigos/opiniao/item/1300-desafios-e-oportunidades-para-o-setor-de-energia-solar-fotovoltaica-em-2020>

Gestão Ambiental – TJPR

<https://www.tjpr.ius.br/web/gestao-ambiental/calculadoraco2>

Brasil Escola

<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/efeito-estufa.htm>

EDP – Microgeração e minigeração distribuída

<https://www.edp.com.br/distribuicao-es/saiba-mais/informativos/microgeracao-e-minigeracao-distribuida>

Heliuss Energy

<https://www.heliussenergy.com.br/avaliacao-previa-dos-telhados-antes-da-instalacao-dos-sistemas-fv/>

6. ANEXOS

6.1. Datasheet do inversor de 4KW RENOVIGI

6.2. Datasheet do painel de 340W RISEN



INVERSOR ON-GRID

RENOVIGI
ENERGIA SOLAR

CARACTERÍSTICAS RENO 4K plus

- Monofásico
- Garantia Até 6 anos
- É possível instalar até 6000W_p
- Design compacto, inteligente e moderno
- Dois MPPT's



Modelo de Inversor	RENO 4K PLUS
Entrada (CC)	
Potência máxima CC (W)	6000
Tensão máxima CC (V)	600
Faixa de tensão MPPT (V)	90-520
Tensão de Inicialização (V)	120
Máxima corrente de entrada por MPPT (A)	11
Máxima corrente de curto circuito por MPPT (A)	172
Número MPPT/Strings por MPPT	2 / 1
Saída (CA)	
Potência nominal de saída (W)	4000
Máxima potência de saída (W)	4400
Máxima potência aparente de saída (VA)	4400
Tensão nominal da rede (V)	220
Faixa de tensão de operação por fase (V)	176 - 242
Frequência nominal da rede (Hz)	60
Máxima corrente de saída (A)	21
Fator de potência (ajustável)	-0.8...1...+0.8
Harmônicas	<1.5%
Eficiência	
Máxima eficiência	98.1%
Euro eficiência	97.3%
MPPT eficiência	99.5%
Dados Gerais	
Dimensões (L*A*P) (mm)	310*543*160
Peso (kg)	11.5
Temperatura ambiente (°C)	-25 ~ 60
Proteção	IP65
Emissão de ruído (dBA)	< 20
Tipo de resfriamento	Convecção natural
Consumo interno (noite) (W)	< 1
Topologia	Sem isolamento
Display	LCD
Comunicação	WiFi, USB, RS-485
Normas	INMETRO, (ABNT) NBR 16149, NBR 16150 NBR IEC 62116
Monitoramento	Reno Up
Comunicação	Wifi plug II

SUPOORTA ATÉ
6 kW_p

MONITORAMENTO
EM PLATAFORMA
EXCLUSIVA DA
RENOVIGI

GARANTIA DE
6 ANOS

RENOUP
ATUALIZAÇÕES REMOTAS DE PARÂMETROS

NOSSOS INVERSORES SÃO DESENVOLVIDOS ESPECIALMENTE PARA O MERCADO BRASILEIRO

MÓDULO POLICRISTALINO HALF CELL

**144 Células/340W
RISEN ENERGY**

CARACTERÍSTICAS painel solar policristalino

EXCELENTE QUALIDADE

- Processo de fabricação das células e painéis totalmente automatizado
- Mais de 18 programas de testes da norma IEC no State-Level PV Laboratory da Risen
- ISO9001, ISO14001 e sistema de gerenciamento HSAS18001
- Resistência à corrosão por salinidade (IEC 61701:200)
- Resistência à corrosão por amônia
- Resistência à corrosão por poeira e areia
- PID FREE
- Certificação mIEC 61215/IEC 61730: VDE/CE/CEC AU
- UL 1703: CSA



RENOVIGI
ENERGIA SOLAR

25 anos de
garantia direto
com a Renovigi



Qualified: IEC61215
Qualified: IEC61730



CARACTERÍSTICAS elétricas

Modelo	Pm (Wp)	Tolerância	Vm (v)	Im (A)	Voc (V)	Isc (A)	Eficiência
RSM144-6-340P	340W	0~+3W	38,7	8,8	46,3	9,4	>17,1%

Valores nas Condições Padrão de Teste (AM 1,5; 1.000 W/m²; 25°C)
REGISTRO N° 000706/2020

FÁCIL INSTALAÇÃO

- Baixo peso
- Aplicável para instalações verticais e horizontais
- Compatível com todos os padrões de coberturas

COEFICIENTES de temperatura

• Coeficiente de Temperatura de Voc (β)	- 0,32% / °C
• Coeficiente de Temperatura de Isc (α)	0,05% / °C
• Coeficiente de Temperatura Pmáx	- 0,39% / °C
• Temperatura de Operação Nominal da Célula (NOCT)	45±2°C

CONDIÇÕES DE operação admissíveis

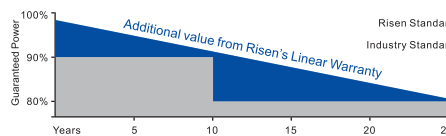
Tensão máxima do sistema em CC	1500V
Temperatura de Operação Nominal da Célula (NOCT)	40°C +85°C
Carga Máxima de neve	5400 Pa
Carga máxima de vento	120 km/h

CARACTERÍSTICAS mecânicas

Número de células solares policristalinas	144 pçs x6"
Moldura de Alumínio, Dimensões	2010x992x40 mm
Espessura do vidro	3,2 mm
Peso	23 kg
Caixa de junção	IP68
Módulo	IP68
Tolerância	0~ + 3%
Número de diodos bypass	3

GARANTIA renovigi

- 12 anos contra defeitos de fabricação
- 12 anos com 90% da potência de saída
- 25 anos com 80% da potência de saída



Dimensions of PV Module Unit: mm

