

**SOCIEDADE EDUCACIONAL LEONARDO DA VINCI
FACULDADE METROPOLITANA DE RIO DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

MILENA DA SILVA SANDRI

ESTUDO DE CASO DE UMA USINA SOLAR FOTOVOLTAICA:

Rio do Sul

2020

MILENA DA SILVA SANDRI

ESTUDO DE CASO DE UMA USINA SOLAR FOTOVOLTAICA:

Artigo apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Elétrica, pelo Curso de Engenharia Elétrica da
Sociedade Educacional Leonardo da Vinci –
UNIASSELVI/FAMESUL

Orientador Prof. Mestre Wilson Massami Ishihara

Rio do Sul

2020

ESTUDO DE CASO DE UMA USINA FOTVOLTAICA

Milena da Silva Sandri

Orientador Wilson Massami Ishihara

Faculdade Metropolitana de Rio do Sul – UNIASSELVI/FAMESUL

Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Elétrica

Resumo: Com a crise ambiental/econômica atual, este trabalho irá apresentar as vantagens da utilização das energias renováveis, mais especificadamente a energia solar fotovoltaica, com suas vantagens de construção e rentabilidade, expondo também como está o mercado atual presente no Brasil. O trabalho tem como objetivo mostrar o dimensionamento de uma usina solar fotovoltaica de microgeração distribuída em uma residência de Gaspar – Santa Catarina. Foi feita uma análise do local, definição dos equipamentos, retorno financeiro e investimento. Por fim, será demonstrado o real desenvolvimento do sistema fotovoltaico.

Palavras-chave: Energia Solar. Inversor. Módulo. Investimento.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem cada ano se desenvolvido mais, principalmente quando retratamos o setor industrial, utilizando e implementando novos equipamentos elétricos, provocando assim, um aumento na demanda de energia elétrica, no qual, não foi acompanhada pelo setor de energia e abastecimento do país.

Diante de todo esse cenário, deu-se por necessário estudar a viabilidade de outras fontes geradoras, possibilitando a produção das fontes de energia renováveis em pequena escala, diminuindo também o impacto ambiental.

Cerca de 84% da energia elétrica produzida e utilizada no Brasil atualmente é feita por fontes renováveis, onde mais da metade da geração elétrica é movida pelas águas, que com períodos de grande estiagem, alto custo e novas tecnologias sendo desenvolvidas a cada dia, perde cada vez mais espaços para novas fontes renováveis de energia elétrica.

A energia solar fotovoltaica é a fonte renovável que mais cresce na década, pois além de se tratar de uma energia elétrica que não emite gases causadores do efeito estufa, não degrada a natureza, ainda traz um retorno rápido ao investidor que a escolheu e o país tem um grande potencial de geração de energia fotovoltaica, devido à sua localização intertropical, pois dispõem de altos níveis de radiação solar em seu território.

O objetivo principal desse trabalho é apresentar o dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico necessário para abastecer uma residência, sendo levantados aspectos técnicos e financeiros, assim como o retorno que o investidor terá.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo serão apresentados conceitos e características importantes para o entendimento do assunto, além de bases históricas para conhecer a origem dessa tecnologia.

2.1 Desenvolvimentos Históricos da Geração de Energia Solar Fotovoltaica

2.1.1 A origem da Energia Solar

O grande primórdio da energia solar fotovoltaica é o Sol, maior estrela do sistema solar, surgiu há cerca de 4,6 bilhões de anos, sendo o grande responsável por diversos fenômenos.

A origem deu-se pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel, em 1839, quando verificava a exposição à luz de eletrodos de platina, observando pela primeira vez o efeito fotovoltaico. Mas foi somente no ano de 1883 que ocorreu o surgimento da primeira célula fotovoltaica.

Calvin Fuller, químico do *Bell Laboratories*, desenvolveu no ano de 1954, o processo de dopagem de silício, apresentado ao mundo na reunião da *National Academy of Sciences* no dia 25 de abril de 1954, dando início a nova era da história da energia solar fotovoltaica.

Figura 1 – Reunião da *National Academy Of Sciences*



Fonte: Instituto Superior Técnico de Lisboa (2016)

Em 1958, houve a primeira aplicação da energia fotovoltaica, sendo na aeroespacial. Um painel de 1W foi acrescentado ao satélite *Vanguard 1*, enviado ao espaço, sendo atualmente o mais antigo que ainda permanece em órbita.

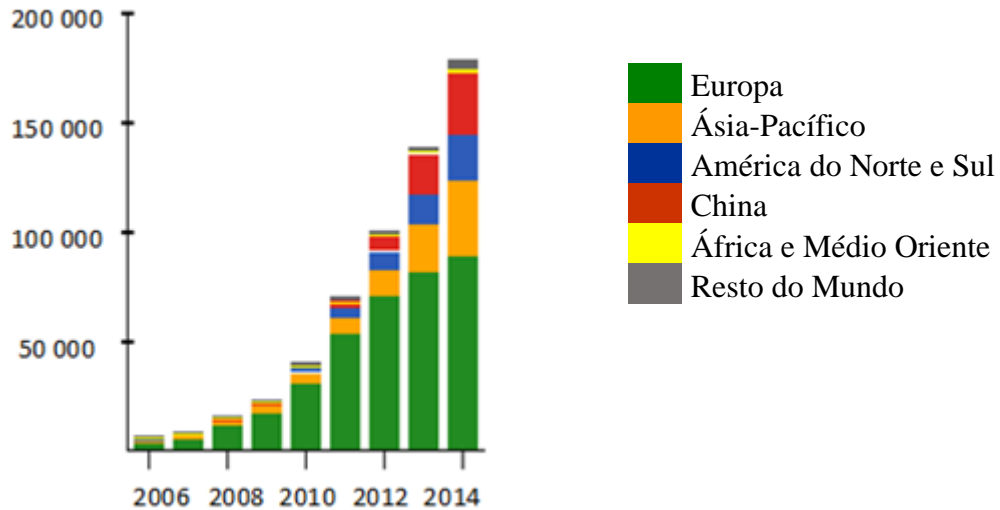
Figura 2 – Vanguard 1



Fonte: Portal Solar (2016)

Contudo, a comercialização de um sistema solar fotovoltaico deu-se somente no ano de 2000, com sistemas conectados à rede (on-grid), mas começou a se popularizar apenas em 2006.

Figura 3 – Potência Fotovoltaica Mundial em Megawatts



Fonte: Projeto Avançado de Usina Solares para Geração Distribuída (2019)

2.1.2 Histórico Brasileiro

Somente no ano de 2012 que a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) instituiu a Resolução Normativa N° 482, de 17 de abril. Ela se refere ao acesso das micro e mini geração distribuída as concessionárias de energia elétrica, sistema de compensação de energia elétrica (as condições gerais dos créditos de energia em kWh), permitindo gerar sua própria energia e conectar seu sistema a rede, onde estabelece todas as regras e critérios.

Figura 4 – Unidades Consumidoras com Geração Distribuída

UNIDADES CONSUMIDORAS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA			
UF	Quantidade	Quantidade de UCs que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)
AC	280	285	3.929,63
AL	1.581	2.329	19.488,52
AM	951	1.137	13.956,22
AP	203	248	4.644,54
BA	9.339	11.975	95.201,67
CE	6.842	8.681	107.355,64
DF	1.695	1.818	24.632,93
ES	4.471	5.446	63.058,79
GO	10.836	14.340	168.593,06
MA	2.826	3.522	34.821,50
MG	53.453	83.479	653.470,27
MS	8.074	10.613	98.731,44
MT	9.501	10.630	185.551,67
PA	3.375	3.777	35.565,95
PB	3.772	6.125	52.827,17
PE	4.341	6.450	65.499,07
PI	4.033	5.309	47.683,59
PR	17.344	17.440	276.491,43
RJ	14.247	16.304	134.853,30
RN	3.979	4.538	61.135,88
RO	504	633	15.047,43
RR	135	177	1.760,73
RS	34.252	41.374	403.030,48
SC	12.476	16.942	156.732,22
SE	1.290	1.512	14.155,75
SP	40.545	51.344	385.104,75
TO	2.250	2.315	25.738,73

Fonte: ANEEL Geração Distribuída (2020)

3 COMPONENTES E NORMATIVAS DE UMA USINA SOLAR FOTOLTAICA

Os principais componentes e equipamentos que compõem um sistema solar fotovoltaico são:

3.1 Módulo Fotovoltaico

O principal componente de um sistema fotovoltaico, o módulo fotovoltaico realiza a transformação da luz do Sol em energia elétrica e representam a maior parte do custo da instalação de um sistema fotovoltaico. A figura 05 representa o esquema de uma célula fotovoltaica, que é a grande responsável pela conversão direta da energia referente a radiação solar em eletricidade. As células fotovoltaicas, que são células de silício, transformam a luz que incide sobre o módulo em energia elétrica de corrente contínua (CC).

Como os módulos fotovoltaicos dependem da existência da luz solar para seu funcionamento, não se consegue manter um valor constante de potência, ou seja, a tensão em seus terminais pode variar bastante.

Figura 5 – Relação Entre Corrente e Tensão de um Módulo Fotovoltaico



Fonte: Bluesol (2019)

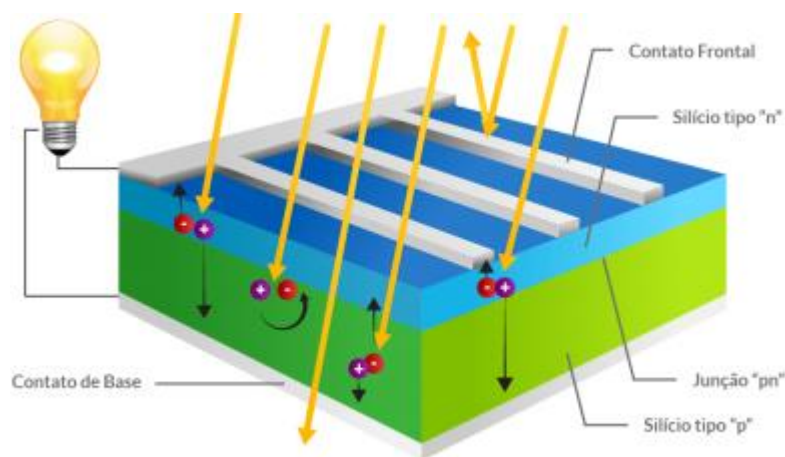
Para dimensionar o painel e a quantidade relacionando a geração que a investidor desejará gerar, é necessário escolher a tecnologia e o local da instalação que melhor atenderá ao projeto. Existem muitos modelos e tecnologias diferentes para a fabricação dos módulos,

todavia, os dois tipos mais comuns de painéis solares são os Policristalinos e os Monocristalinos.

Se compararmos módulos fotovoltaicos da tecnologia Monocristalino e Policristalino de mesma potência (Wp), a diferença entre os níveis de eficiência são quase imperceptíveis. Analisando a ficha técnica e todo o histórico de geração, nota-se que a maior diferença está quando são colocados em testes em melhores condições de trabalho – *STC Standart Test Condition* – (“condições padrão de teste”)

Sob condições de teste padrão (STC) considera-se irradiância de $1000\text{W}/\text{m}^2$, massa absoluta do ar de 1.5 e temperatura média da célula de 25°C . Em ambos os módulos, sob mesmas condições de teste padrão, variam muito pouco entre si. Além disso, as eficiências dos módulos de mesma potência são iguais.

Figura 6 – Célula Fotovoltaica



Fonte: Bluesol (2019)

Além disto, existem vários tamanhos de módulos com quantidades e tamanhos de células diferentes, onde os mais comuns são os módulos com 60 células e os de 72 células. Nos últimos anos, tem que tornado comum o modelo com 144 células Half-Cell, que basicamente consiste em dividir as células ao meio, para que assim, caso haja algum sombreamento sob o módulo, somente parte dele seja prejudicado

A principal característica de um módulo é a sua potência medida em Watts (W). Normalmente um módulo com 60 células tem uma potência que varia entre 250 a 290W e os de 72 células ou 144 células Half-Cell variam entre 300 e 450W, onde quanto mais potente um

módulo for, maior tende a ser sua eficiência na produção de energia e menor a necessidade de espaço para sua instalação, porém, seu custo por Watt é consideravelmente maior.

3.2 Inversor

Os inversores são o cérebro do sistema, convertendo a energia, analisando e se ajustando aos padrões da rede da concessionária e desligando o sistema fotovoltaico caso haja algum problema. Um exemplo prático do uso do inversor no dia a dia é um carregador de celular ou laptop, que tem como função não só conectar o aparelho na tomada, como também de transformar e regular a energia elétrica para que chegue de forma correta no aparelho eletrônico.

A mesma coisa acontece com a inversor solar, onde a energia solar é captada pelos módulos fotovoltaicos em corrente contínua (CC) e é injetada no inversor, transformando em corrente alternada (CA) para distribuir na rede da concessionária, injetando potência na rede, ou seja, funcionando como um adaptador de energia para o sistema fotovoltaico. O inversor deve possuir potência suficiente para o sistema, podendo ser igual a potência gerada ou superior.

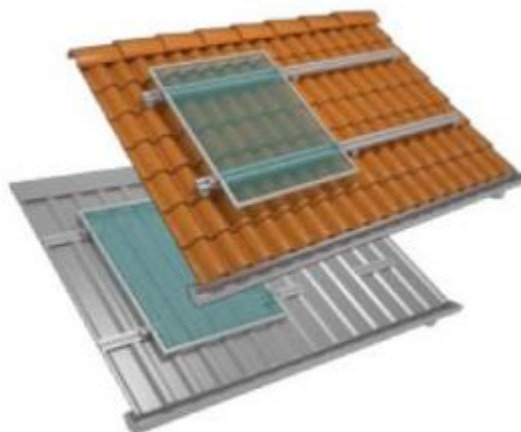
Os inversores também podem operar para a proteção de todo o sistema fotovoltaico, supervisionando a forma de onda da tensão vinda da concessionária de energia elétrica, entrando em funcionamento somente quando os valores estão adequados para sua operação, isso garante que qualquer queda de energia, ele desligue, impedindo também que ele injete energia gerada quando a rede é desligada para uma manutenção, por exemplo.

3.3 Estruturas de Fixação

Para a instalação dos painéis solares é indispensável a utilização de uma estrutura de fixação de qualidade. Ela deve ser durável o bastante para acompanhar a vida útil dos painéis, que é de 25 a 30 anos, resistente a chuva, maresia e produtos corrosivos, além de suportar cargas de ventos entre 120 e 200 km/h sem colocar em risco o sistema e quem estiver ao redor dele.

Em estruturas montadas em cima de telhados, o mais comum é fixar os painéis com grampos de pressão em cima de duas barras paralelas por fileira de painel, com suportes de fixação ao telhado chamados de “pés” em alumínio anodizado, que além de ser leve e muito durável, passa por um processo chamado de anodização que o reveste de uma camada resistente contra corrosão. Os parafusos e fixadores costumam ser de aço inoxidável, com vedações em borracha, para evitar infiltrações no telhado.

Figura 7 – Estrutura de Fixação em Telhado



Fonte: Projeto Solar (2018)

Cada tipo de cobertura de telhado possui uma estrutura específica para sua instalação, com preços e tempos de instalação diferentes.

- Coberturas de telhas cerâmicas: normalmente se utiliza as barras paralelas em alumínio, com os suportes em formato de “Z” ou “G”, que são parafusados nas estruturas de madeira embaixo das telhas, colocando o peso da instalação nas vigas e caibros, ao invés na telha.

- Coberturas de telhas de fibrocimento ondulada: Neste tipo de cobertura o mais comum é a utilização de um pé em formato de “L” com um parafuso de inox de 20 a 30 cm que atravessa a telha na parte alta da sua onda e fixa o sistema diretamente na estrutura abaixo de concreto, madeira ou metal.

- Coberturas de telha metálica: Estas coberturas podem ser de telhas em formato ondulado ou em trapezoidal, que é o mais comum. Neste tipo específico de telha, normalmente a estrutura de suporte é parafusada diretamente sobre as telhas, em que se pode utilizar as barras paralelas de alumínio com um suporte em formato “L” com a aba inferior mais comprida, de forma a distribuir o peso e com vários parafusos presos a telhas. A instaladora pode optar por utilizar o chamado mini trilho, que ao invés de utilizar dois trilhos paralelos contínuos do início ao fim da fileira de painéis, utiliza pequenos segmentos de trilho fixados diretamente sobre a telha nos pontos de apoio dos painéis. Esta última forma tem se tornado a preferida dos instaladores por ser mais prática, rápida e barata.

- Estrutura de Solo: O alumínio também pode ser utilizado, mas como o peso da estrutura nesse caso não é tão impactante e as cargas de vento tendem a ser maiores, muitas vezes se opta por estruturas de aço galvanizado com sapatas em concreto. Os módulos podem ser presos com grampos de pressão ou parafusados diretamente na estrutura.

Figura 8 – Estrutura de Fixação em Solo



Fonte: Projeto Solar (2020)

3.4 Rede de Aterramento

O aterramento elétrico é a referência entre os circuitos elétricos, sendo usado como via de retorno para um circuito elétrico. Sua principal finalidade é a segurança, permitindo que quaisquer picos de eletricidade sejam diretamente encaminhados para o solo (terra).

São fundamentais nos sistemas de proteção contra descargas visando a dissipação de energia na terra de forma rápida. Em um projeto fotovoltaico, a malha de aterramento é o primeiro elemento construído e todos os equipamentos interligados a ela, tornando o sistema equipotencializado. Todos os sistemas metálicos não energizados devem ser conectados ao

sistema de aterramento, uma vez que a vida útil projetada dos sistemas são de no mínimo 25 anos, além da proteção a vida humana.

Assim, junto com o sistema solar fotovoltaico, é instalado uma haste de aterramento, sendo enterrada o mais próximo possível dos inversores e quadros de proteção, sendo conectada a todo o sistema CC e CA.

Um cabo de cobre, com espessura superior a utilizada nos condutos elétricos do sistema, deve ser ligada a todos os módulos fotovoltaicos, além da estrutura metálica de fixação e interligado com hastes de aterramento no solo para oferecer um caminho de menor resistência a passagem de descarga elétrica.

3.5 DPS

Os DPS (Dispositivo de proteção contra surtos) ou descarregadores de sobre tensão, tem a aparência similar a um disjuntor e é um dispositivo destinado a proteger os equipamentos elétricos contra picos de tensão geralmente causados por descargas atmosféricas na rede de energia elétrica. O DPS funciona como uma espécie de “descarga” do excesso de energia elétrica, direcionando essa eletricidade para a terra através do aterramento.

Um DPS regula a tensão fornecida a um dispositivo elétrico, em geral, absorvendo e enviando para a terra as tensões que ultrapassam um limite de segurança. Estes dispositivos possuem padrões específicos de trabalho com níveis e modelos diferentes, que devem ser instalados em cada cabo da rede CC para proteger os sistemas de descargas que ocorram nos painéis e na rede CA.

3.6 Disjuntores

A função de um disjuntor é interromper a passagem de uma corrente elétrica, seja quando ela ultrapassar a capacidade definida para ele (que é medida em amperes (A)) ou quando se desejar desligar manualmente esta rede por algum motivo. Deve ser um próprio para sistema fotovoltaico, insensíveis a polaridade, dimensionado para suportar sobrecorrente.

3.6 Seccionadoras

É um dispositivo para seccionamento (conexão e desconexão) da parte CC do sistema que permite um seccionamento seguro para o usuário e sem risco de incêndio provocado por

faíscas no momento da desconexão. Pode ser usada para a conexão de somente uma parte como para todo o sistema fotovoltaico.

3.7 Fusíveis

Tem uma função similar a dos disjuntores, interrompendo um circuito quando ocorrer uma sobrecorrente, a diferença é que o fusível é mais sensível e atua mais rápido que um disjuntor, porém uma vez que atuou ele precisa ser substituído enquanto um disjuntor pode ser rearmado.

3.8 Datalogger

Equipamento utilizado para que se tenha monitoramento online e acompanhamento da geração. Conectado à internet do cliente e ao aplicativo disponível.

3.9 Normativa ANEEL

Como já comentado, em 17 de abril de 2012, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) publicou a Resolução Normativa Nº 482, no qual, visa “estabelecer as condições gerais para o acesso a micro e minigeração distribuída ao sistema de distribuição” ou seja, permitindo que consumidores gerem sua própria energia, injetando a energia excedente na rede da concessionária, podendo até mesmo a realização de compensação em outra unidade consumidora.

Com essa normativa, foi estabelecido requisitos e normas próprias dependendo da potência instalada pelo consumidor. Fica-se dividido entre dois grandes grupos:

- Microgeração: Sistema gerador de energia solar fotovoltaico com potência nominal instalada inferior ou igual 75kW.
- Minigeração: Sistema gerador de energia solar fotovoltaico com potência nominal instalada superior a 75kW.

Nela também é determinado o funcionamento do sistema de compensação de energia elétrica, que trata justamente com o “crédito” que o consumidor tem com a concessionária de energia elétrica, sendo emprestado gratuitamente à distribuidora local e posteriormente

compensada sobre o consumo de energia elétrica ativa, podendo ser na mesma localidade da geração ou em outra.

Para que outra unidade consumidora tenha acesso a esses créditos, será necessário enviar um pedido de compensação a concessionária responsável (geradora e beneficiada devem estar sob a mesma distribuidora) e ambas devem estar sob a mesma titularidade da geradora.

Nessa normativa, é estabelecido também a taxa mínima cobrada para cada grupo de consumidor:

- Grupo A: Valor mínimo referente a demanda contratada.
- Grupo B – Trifásico: Taxa mínima de 100kWh/mês.
- Grupo B – Bifásico: Taxa mínima de 50kWh/mês.
- Grupo B – Monofásico: Taxa mínima de 30kWh/mês.

Cada concessionária também tem sua normativa e peculiaridades para a conexão de micro e mini geração, sendo responsabilidade do engenheiro responsável a adequação do projeto para cada caso.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como este trabalho tem por objetivo um estudo de caso de um sistema solar fotovoltaico, neste capítulo será demonstrado seu dimensionamento em uma residência localizada na Rua Angelina Motter, Nº 479, Gaspar/SC , conectada na rede da concessionária de energia elétrica CELESC, a fim de gerar energia elétrica e fornecer o excedente à rede elétrica da concessionária sempre que a demanda da planta for menor que a energia gerada.

4.1 Análise de Consumo e Análise Geográfica

Utilizamos o histórico de consumo abaixo para o dimensionamento:

Figura 9 – Histórico de Consumo

Consumo mensal em kWh	Faturas		
	Unidade Cons.:	21526720	
	Ligação:	Monofásica	
	Disjuntor:	30A	
Janeiro	508	508	
Fevereiro	547	547	
Março	404	404	
Abril	351	351	
Maio	347	347	
Junho	206	206	
Julho	292	292	
Agosto	340	340	
Setembro	327	327	
Outubro	325	325	
Novembro	371	371	
Dezembro	348	348	
Total	4.366	4.366,00	
Média	364	363,83	

Fonte: Autor (2020)

As coordenadas geográficas da residência são: -26.92201273567102, 48.93748173743438. A quantidade de horas de Sol do local implica diretamente na geração do sistema fotovoltaico, seja assim, é necessária uma avaliação do histórico da radiação solar no local desejado para a instalação. Neste projeto utilizamos o banco de dados do *SunData*, do CRESESB – CEPEL.

Figura 10 – Tempo de horas de Sol

Latitude do local (veja em: www.maps.google.com.br)

Estado	SANTA CATARINA
Radiação solar	Gaspar
Janeiro	5,43
Fevereiro	5,18
Março	4,49
Abril	3,63
Maio	2,99
Junho	2,46
Julho	2,61
Agosto	3,22
Setembro	3,36
Outubro	3,78
Novembro	4,99
Dezembro	5,46
Média	3,97

Fonte: Autor (2020)

4.1 Dimensionamento dos Equipamentos

4.1.1 Módulos Fotovoltaicos

Para o sistema residencial escolhido, utilizamos módulos da marca *Risen Energy*, modelo 340W de Silício Policristalino – Half Cell. Resistente à corrosão por salinidade, amônia, poeira e areia.

O fato de ser Half Cell possui grandes vantagens. As células normais têm perdas significativas de energia durante o transporte da mesma, já com a vantagem da tecnologia Half Cell, essas células podem ser divididas ao meio, gerando metade da corrente de uma célula padrão, reduzindo assim as perdas da interligação dos módulos. Isso pode ser claramente percebido quando há sombreamento no local da instalação dos módulos, onde a perda de geração não prejudica o módulo inteiro.

Segue abaixo as especificações técnicas do módulo obtidos no catálogo do fabricante:

Tabela 1 – Dados Fabricação Módulo Fotovoltaico

Tensão Máxima do sistema em CC	1500v
Temperatura de Operação Nominal da Célula	Entre 40°C até 85°C
Nº de células policristalinas	144 peças x 6''
Peso	23 Kg
Carga Máxima de neve	5400 Pa
Carga Máxima de vento	120 km/h
Caixa de junção	IP67
Nº de diodos Bypass	3

Fonte: Catálogo Renovigi Solar (2020)

Para dimensionar a quantidade de módulos para produzir a quantidade de energia desejada consideremos a seguinte equação:

$$Q_{total} = Pot\acute{e}ncia\ do\ m\acute{o}dulo \times Tempo\ de\ horas\ do\ Sol \times Rendimento$$

Onde:

$$Q_{total} = 340 \times 3,97 \times (1 - 0,20) = 1,08kWh/dia$$

$$1,08 \times 30 = 32,4 kWh / m\acute{e}s$$

Em um m\acute{e}s com 30 dias, o m\acute{o}dulo de 340W fornece 32,4kWh.

O cliente precisa em m\acute{e}dia de 363,9 kWh por m\acute{e}s.

$$Q_{total} = \frac{363,9}{32,4} = 11,23$$

Sendo assim, a quantidade de m\acute{o}dulos necess\aria para suprir a resid\encia estudada \e de 11 m\acute{o}dulos fotovoltaicos com dire\c\ao Norte (N), com ocupa\c\ao no telhado cer\amico de cerca de 24m². Neste caso em espec\ifico o cliente optou por instalar 14 m\acute{o}dulos de mesma pot\encia por conta de futuro aumento de consumo, chegando a suprir 129% do consumo m\acute{e}dio e 31m² de ocupa\c\ao do telhado.

4.1.2 Inversor Fotovoltaico

Para o dimensionamento do inversor, foi utilizado o crit\erio de pot\encia, que, segundo a norma NBR 15149, os inversores devem estar na faixa de pot\encia de 80%-120% da pot\encia nominal dos m\acute{o}dulos fotovoltaicos.

Optamos por utilizar o inversor da marca *Solis* da Renovigi Energia Solar Reno-4K Plus, monof\asico, que teve como crit\erios a fabrica\c\ao, assist\encia t\ecnica, garantia e efici\encia. Esse inversor disp\oem uma garantia de 6 anos, dois MPPT's e datalogger para o monitoramento online.

Segue abaixo as informa\c\oes t\ecnicas no inversor:

Tabela 2 – Dados Fabricação Inversor

Entrada CC	
Potência máxima CC (W)	6000
Tensão máxima CC(V)	600
Faixa de tensão MPPT (V)	90 – 520
Máxima Corrente de Entrada por MPPT (A)	11 + 11
Tensão de partida (A)	120

Saída CA	
Potência nominal CA (W)	4000
Tensão nominal CA (V)	220
Potência aparente CA (VA)	4000
Faixa de tensão de operação por fase (V)	176-242
Frequência de rede CA (Hz)	60
Corrente máxima de saída (A)	18,2

Dados gerais	
Máxima eficiência	98,1%
Peso (kg)	11,5
Temperatura Ambiente °C	-25~60
Consumo interno (noite) (W)	< 1

Fonte: Catálogo Renovigi Solar (2020)

4.2 Investimento

4.2.1 Geração Estimada

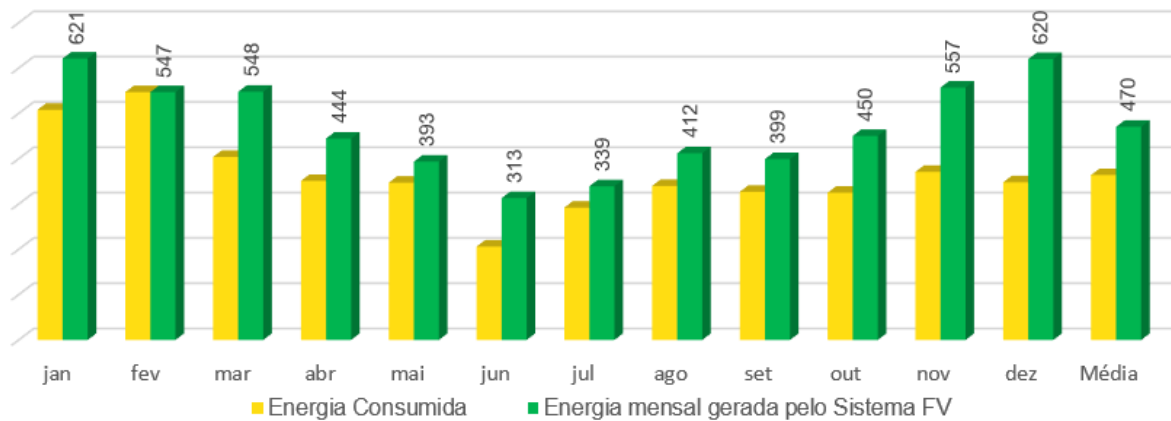
Na análise de geração, levamos em conta o consumo do cliente, a energia a ser compensada pelo sistema fotovoltaico, radiação solar em horas, temperatura média, perda por sombreamento (se houver), horas de sol considerando a orientação e perda/ganho considerando a inclinação dos módulos.

Figura 11 – Tempo de horas de Sol

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	média
Energia Consumida	508	547	404	351	347	206	292	340	327	325	371	348	364
Consumo compensável (consumo - consumo mínimo mensal) em função do tipo de conexão à rede	478	517	374	321	317	176	262	310	297	295	341	318	334
Consumo mensal a ser compensado pela geração fotovoltaica (base para o dimensionamento)	478	517	374	321	317	176	262	310	297	295	341	318	333,83333
Radiação Solar: Horas de Sol Equivalente	5,5	5,2	4,5	3,7	3,0	2,5	2,6	3,3	3,4	3,8	5,0	5,5	4,0
Temperatura média	22,4	22,4	21,5	19,5	16,3	15,0	14,4	15,7	16,6	18,5	20,2	21,8	
Perda por sombreamento (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	
Aproveitamento (%) = 100% - Perda	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Horas de sol/dia corrigida - considerando efeitos do sombreamento	5,5	5,2	4,5	3,7	3,0	2,5	2,6	3,3	3,4	3,8	5,0	5,5	4,0

Fonte: Autor (2020)

Figura 12 – Comparativo Energia Gerada e Consumida



Fonte: Autor (2020)

4.2.2 Valores

O investimento total do sistema fotovoltaico, considerando mão de obra, equipamentos, projetos e estruturas é de R\$18.700,00, onde cerca de R\$11.850,00 é referente aos equipamentos, proteções e cabeamentos, tendo como tempo de retorno estimado cerca de 4,5 anos e uma economia média mensal na fatura da energia elétrica no primeiro ano de R\$289,69, como mostra a imagem abaixo.

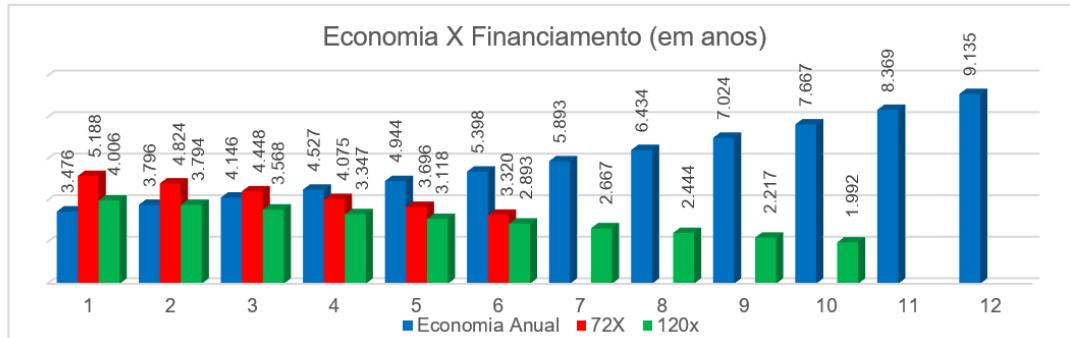
Figura 13 – Estimativa de Tempo de Retorno

Estimativa do Tempo de Retorno do Investimento

Para o cálculo do tempo de retorno, consideramos o investimento como sendo com recurso próprio, na forma de pagamento á vista. O valor do kWh de energia no primeiro ano é o mesmo da fatura atual e após isto consideramos um aumento no valor do kWh de 10% ao ano, abaixo da média histórica dos últimos 5 anos. O valor da geração de energia pode variar de acordo com as condições climáticas.

Tempo de Retorno Estimado: **4,5 Anos**

1º Ano		6º Ano	
Taxa de retorno ao mês:	1,55%	Taxa de retorno ao mês:	2,40%
Economia média mensal:	R\$ 289,69	Economia média mensal:	R\$ 449,80
Valor do kWh:	R\$ 0,632	Valor do kWh:	R\$ 1,017



Fonte: Autor (2020)

4.3 Instalação

A instalação contou com meu acompanhamento e de três técnicos trabalhando durante um dia inteiro, sendo finalizada ao final da tarde. O inversor ficou localizado na parte inferior exterior da residência, protegido de chuva e Sol excessivo.

Figura 14 – Instalação do Inversor



Fonte: Autor (2020)

Figura 15 – Instalação dos Módulos Fotovoltaicos



Fonte: Autor (2020)

4.4 Resultados

Como mostrado anteriormente, caso o cliente faça um financiamento de 72 meses, no quarto ano já haverá o retorno do investimento, ou seja, o cliente já terá uma diferença de R\$452,00 positivamente com o sistema fotovoltaico. Se optar por financiar 120 meses, o retorno virá ainda mais rápido, no terceiro ano. Nesses casos, o cliente pagará uma total de parcela de R\$3.569,00 e terá economizado na fatura de energia elétrica R\$4.146,00

Abaixo temos um comparativo da fatura de energia elétrica de 2019 (sem o sistema fotovoltaico instalado) e 2020 (já com o sistema fotovoltaico), ambas no mesmo período de faturamento.

No faturamento de 2019, o cliente consumiu 347kWh da rede da concessionária, pagando R\$239,84 de consumo e cosip + R\$37,21 de doação assistencial.

Figura 16 – Fatura de Energia Elétrica 2019

Celesc Distribuição S.A. Av Itamarati, 160 - Florianópolis CNPJ: 08.336.783/0001-90 Insc.Est.: 255266626		Conta de Energia Elétrica	
EMISSÃO: 06/05/2019 APRES.: 06/05/2019 NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE ÚNICA: 000.035.201.190 - FAT:01-20190010983488 REF.:05/2019			
IVO [REDACTED]	Nº DA UNIDADE CONSUMIDORA [REDACTED]	VENCIMENTO 21/05/2019	
CPF [REDACTED]	ATENDIMENTO AO CLIENTE LIGUE 0800 480120	CONSUMO TOTAL FATURADO 347 kWh	
CX 01 - 7 DE SETEMBRO - GPR - GASPAR - SC - 89114-805		VALOR ATÉ O VENCIMENTO R\$ 277,05	
Classificação: RESIDENCIAL / CONVENCIONAL / MONOFASICO			
Tensão nominal ou contratada (V): 220			
Limites adequados de tensão (V): 202 a 231			
Grupo de Tensão: B	Tipo de Tarifa: Convencional		
DADOS DA MEDIÇÃO		Dados do Faturamento	
Equipamento: MD 1482084		Faturado	Tarifa (R\$)
Unidade de medida: kWh		Consumo	Valor (R\$)
Origem da leitura atual: LIDA		150	0,595800
Data da leitura anterior: 04/04/2019		Consumo	197
Data da leitura atual: 06/05/2019		Adic. Band. Amarela	0,700203
Data da próxima leitura: 04/06/2019		Subtotal (R\$)	228,04
Número de dias faturados: 32		Lançamentos e Serviços	
Leitura atual: 58080		Cosip	11,80
Leitura anterior: 57733		Dicor Conv. Assist 47 3332 6891	37,21
Constante de faturamento: 1,00		Subtotal (R\$)	49,01
Consumo medido no mês: 347			
Consumo faturado no mês: 347			
Fator de potência:			

Fonte: Segunda Via CELESC (2020)

Já com o faturamento de 2020, o cliente consumiu 249kWh da rede da concessionária, mas injetou 219kWh pagando assim somente a diferença da taxa mínima de ligação do monofásico, com 30kWh, equivalente a R\$29,84, com COSIP de R\$11,80 e a doação de R\$37,21. Ressaltando que a fatura não contabiliza o autoconsumo, quando o cliente consumiu instantaneamente o que gerou.

Contabilizando o total gerado entre os dias 02 de abril até 05 de maio, temos 536kWh, que caso o investidor não tivesse optado pela energia fotovoltaica, resultaria em uma fatura no valor de R\$307,15.

Figura 17 – Fatura de Energia Elétrica 2020

Celesc Distribuição S.A. Av Itamarati, 160 - Florianópolis CNPJ: 08.336.783/0001-90 Insc.Est.: 255266626		Conta de Energia Elétrica	
EMISSÃO: 07/05/2020 APRES.: 11/05/2020 NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE ÚNICA: 000.030.812.478 - FAT:01-20205947615587-11 REF.:05/2020			
IVO [REDACTED]	Nº DA UNIDADE CONSUMIDORA 21526720	VENCIMENTO 21/05/2020	
CPF [REDACTED]	ATENDIMENTO AO CLIENTE LIGUE 0800 480120	CONSUMO TOTAL FATURADO 249 kWh	
CX 01 - 7 DE SETEMBRO - GPR - GASPAR - SC - 89114-805		VALOR ATÉ O VENCIMENTO R\$ 78,85	
Classificação: RESIDENCIAL / CONVENCIONAL / MONOFASICO			
Tensão nominal ou contratada (V): 220			
Limites adequados de tensão (V): 202 a 231			
Grupo de Tensão: B	Tipo de Tarifa: Convencional		
DADOS DA MEDIÇÃO		Dados do Faturamento	
Equipamento: RG 4569899		Faturado	Tarifa (R\$)
Unidade de medida: kWh		Consumo TUSD	Valor (R\$)
Origem da leitura atual: LIDA		150	0,261200
Data da leitura anterior: 02/04/2020		Consumo Te	99
Data da leitura atual: 05/05/2020		150	0,290600
Data da próxima leitura: 03/06/2020		Consumo Te	99
Número de dias faturados: 33		99	0,342828
Leitura atual: 683		Energia Injetada TUSD	-150
Leitura anterior: 434		0,228933	-34,34
Constante de faturamento: 1,00		Energia Injetada TUSD	-69
Consumo medido no mês: 249		0,228841	-15,79
Consumo faturado no mês: 249		Energia Injetada Te	-150
Fator de potência:		0,290600	-43,59
		Energia Injetada Te	-69
		0,342899	-23,66
		Subtotal (R\$)	29,84
		Lançamentos e Serviços	
		Cosip	11,80
		Dicor Conv. Assist 47 3332 6891	37,21
		Subtotal (R\$)	49,01

Fonte: Segunda Via CELESC (2020)

Relembrando que o mês de maio não é o mais propício para a geração fotovoltaica e mesmo assim obteve-se uma economia de R\$289,66.

5 CONCLUSÃO

O crescimento do sistema elétrico do Brasil não tem acompanhado o crescimento das indústrias, criando uma insuficiência de energia, como consequência temos que comprar energia elétrica de outros países, encarecendo o valor final para o contribuinte. Isso ocorre principalmente nas épocas de seca, pois nossa matriz nacional de energia elétrica é de maioria de fonte hídrica, proveniente de reservas de água.

O Brasil tem um dos melhores fatores para a produção de energia solar fotovoltaica do mundo, onde além de tudo, gerou no ano de 2019 mais de 130 mil empregos em todo território nacional. Desde a criação da Resolução Normativa Nº 482, da ANEEL, o Brasil já conta com mais de 2.928MW instalados, apresentando 1,6% de toda a matriz elétrica e esse número cresce cada dia mais.

Como visto na residência estudada, além de contribuirmos com o meio ambiente, a Energia Solar Fotovoltaica também traz um retorno do investimento de forma consideravelmente rápida, ou seja, lucrativa e sustentável ao mesmo tempo.

O cliente ainda havia feito outro orçamento para comparar valores, dispondo de 14 painéis de 335W com um inversor *Fronius* de 4kW, com cerca de R\$26.200,00 ao total, mas optou pela Projeto Solar justamente por preços e benefícios concebidos, como garantia blindada, Pós-Vendas e garantia de geração.

REFERÊNCIAS

CELESC. **Micro e Mini Geração**. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/micro-mini-geracao>. Acesso em: 22 jun. 2020

CRESESB. **Radiação**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/>. Acesso em: 22 jun. 2020

RENOVIGI ENERGIA SOLAR. **Inversores**. Disponível em: <https://www.renovigi.com.br>. Acesso em: 22 jun. 2020

PORTAL SOLAR. **Energia solar no Brasil**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-brasil.html>. Acesso em: 22 jun. 2020

PORTAL SOLAR. **História da Energia Solar**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/historia-origem-da-energia-solar.html>. Acesso em: 22 jun. 2020

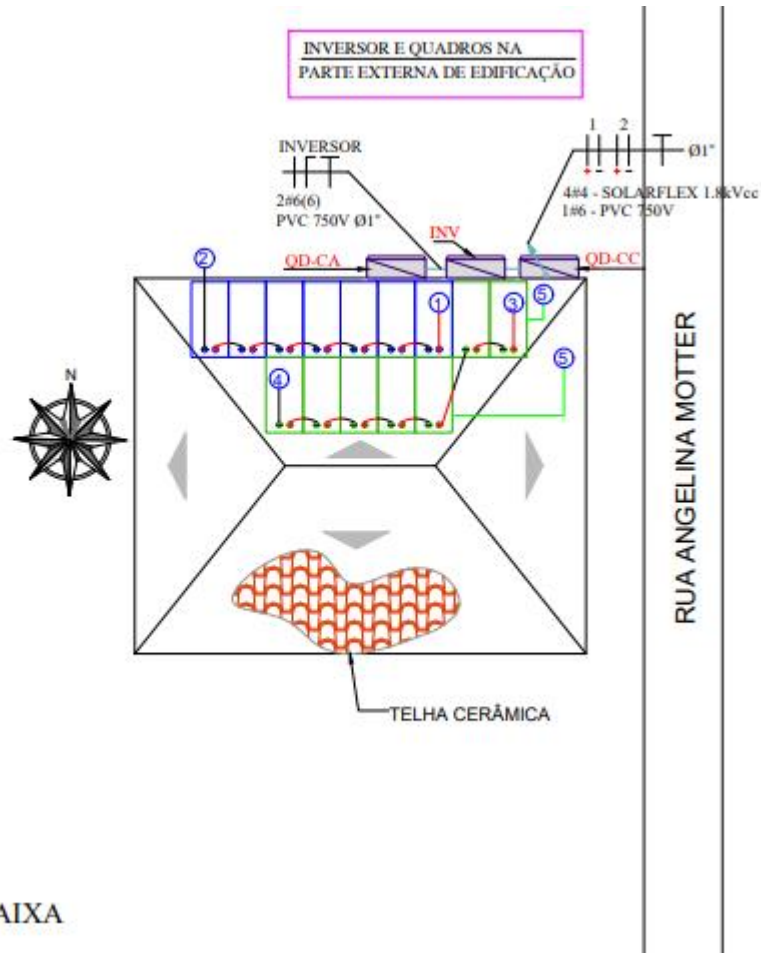
HENRIQUE, Bruno. **Projeto Avançado de Usinas Solares para Geração Distribuída**. Acesso em: 22 jun. 2020

ANEEL, Agencia Nacional de Energia Eletrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 3°. ed. Brasília, 2008. 81 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 482: **Condições Gerais Para o Acesso de Micro e Minigeração Distribuída**. Rio de Janeiro, 2012.

ANEEL. **Energia fotovoltaica**. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Estadual.asp. Acesso em: 22 jun. 2020

ANEXO A – PROJETO ELÉTRICO








PLANTA BAIXA

ESCALA: 1:150

ANEXO B – PROJETO ELÉTRICO

SIMBOLOGIA



-  - QUADRO INDICADO
-  - ELETROCALHA
-  - ELETRODUTO OU ELETROCALHA QUE SOBE, DESCE OU PASSA.
-  - CONDUTOR SOLAR FLEX 1.8kVcc
- 

LEGENDA

- ① VAI PARA INVERSOR 4k - PV1 - STRING 1+
- ② VAI PARA INVERSOR 4k - PV1 - STRING 1-
- ③ VAI PARA INVERSOR 4k - PV2 - STRING 2+
- ④ VAI PARA INVERSOR 4k - PV2 - STRING 2-
- ⑤ ATERRAMENTO ESTRUTURAS VAI P/ QD-CC