

Sistemas Fotovoltaicos Residenciais: Análise de Viabilidade de Investimento e Alterações na Legislação

Jorge Leonardo Pereira de Carvalho¹, Leonardo Rocha Braga¹, Marcos Vinicius Teixeira Lima¹
(Jorge.Leonardo2598@gmail.com; leonardorbraga2010@hotmail.com; marcosvtlima@gmail.com)

Professor orientador: Sérgio Ribeiro

Coordenação de curso de Engenharia Elétrica

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo o estudo e análise de investimento em sistema fotovoltaico conectado a rede (SFCR), e a revisão da legislação. O primeiro passo realizado foi à pesquisa para o entendimento de como funciona a energia fotovoltaica, logo após, o levantamento dos dados antes da implementação do sistema, a fim de analisar a viabilidade da instalação. Após o desenvolvimento deste trabalho, observou-se uma significativa redução no valor da conta de energia e melhor entendimento referente a alteração na legislação. Em vista do trabalho a ser apresentado, como conclusão, pode-se citar que é viável aderir esta nova tendência de microgeração de energia, uma vez que, além de ter um tempo relativamente baixo para o retorno do investimento, é uma energia renovável contribuinte para o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Energia solar. Microgeração, Fotovoltaica.

1. INTRODUÇÃO

O acesso à energia é um importante pilar do bem-estar humano e do desenvolvimento econômico. As economias modernas dependem de um fornecimento de eletricidade confiável e acessível. Ao mesmo tempo, a necessidade de evitar mudanças climáticas dramáticas está causando uma mudança no sistema energético global.

O impacto ambiental comprovado através do processo de obtenção de energia vem sendo discutido ao redor do mundo há muito tempo, devido à gravidade do problema. Por isso, a busca pela sustentabilidade tornou-se uma grande preocupação empresarial e governamental exigindo planejamento e inserção de novos recursos de energia renováveis que têm o menor impacto possível no meio ambiente (COPEL, 2020).

O setor geração de energia elétrica brasileiro é dominado por usinas hidrelétricas, mas também depende de petróleo, carvão e biocombustíveis e, em menor grau, gás natural e energia nuclear. Portanto, a diversidade da matriz energética brasileira mostra que o Brasil está inserido no cenário de discussão do desenvolvimento sustentável. Um dos motivos é que possui um dos setores de energia mais limpa do mundo, mas também porque busca investir na produção de biocombustíveis e tem enorme potencial para expandir as indústrias eólica e solar (EPE 2020).

A expansão líquida da capacidade instalada nacional de geração elétrica em 2021 foi de 11,1 GW. As fontes renováveis foram responsáveis por 89,0% da expansão e participaram com 83,8% da potência instalada nacional de geração. A maior expansão ocorreu com a solar, de 5,48 GW, 49,5% da expansão total com a geração distribuída (GD), assim, a potência instalada brasileira de geração passou a 190,6 GW com GD em 2021, mostrando acréscimo de 6,2% sobre 2020. Destaca-se a expansão da capacidade instalada da GD por solar que aumentou 189,2% e alcançou 8.771 MW, representando 4,6% da matriz da capacidade

¹ Graduação em Engenharia Elétrica – Centro Universitário UNA.

instalada de geração elétrica nacional (MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA RESENHA ENERGETICA BRASILEIRA, PAG 12,2022).

Em 2021, a Oferta Interna de Energia Elétrica – OIEE ficou em 679,2 TWh, montante 3,9% superior ao de 2020. Entre as renováveis, a geração solar apresentou a maior taxa de crescimento em 2021 (55,9%), sendo que a geração distribuída “GD” já contribuiu com 53,8% da geração solar total. Apesar da solar ter aumentado a sua participação na OIEE, as taxas anuais de expansão vão diminuindo: 875,6% em 2017, 316,1% em 2018, 92,2% em 2019, 61,5% em 2020 e 55,9% em 2021. A supremacia da geração hidráulica continua, mas reduziu sua participação na matriz elétrica, de 64,4% em 2020 para 56,8% em 2021, incluindo importação (MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA RESENHA ENERGETICA BRASILEIRA, PAG 9,2022).

A geração de energia solar fotovoltaica é a transformação da energia do sol diretamente em eletricidade, esta forma de geração de energia tem grande potencial, as enormes usinas de energia solar que estão sendo desenvolvidas atualmente têm a possibilidade de um dia ser a fonte essencial de energia (BARBOSA MILTON).

A geração distribuída é definida como uma fonte de energia elétrica conectada ao sistema elétrico de distribuição, situado no próprio consumidor. Este sistema proporciona que o cliente, instale em sua casa, comércio ou fábricas, pequenas usinas geradoras de energia renovável para consumo próprio. Quando a produção é maior que o consumo, a energia gerada é inserida na rede de distribuição da concessionária e contabilizada como crédito pelo medidor bidirecional, este medidor registra a energia gerada e a consumida. Caso a produção seja maior que o consumo da unidade consumidora, o cliente recebe um crédito de energia, que pode ser utilizado na mesma unidade consumidora ou em outra de mesma titularidade (BARBOSA MILTON). Esta tecnologia está em expansão mundial e no Brasil conta com 602.810 sistemas instalados no país no total, isso corresponde a 6,9 GW de potência operacional. Somente nos primeiros 9 meses e meio de 2021, 2,12 GW, em 260 mil unidades consumidoras, foram adicionados (BARBOSA MILTON). Porém esta realidade pode mudar no Brasil, com o Projeto de Lei 5.829/2019 (CAMERA DOS DEPUTADOS, 2019) votado em Agosto deste ano de 2022 que pode deixar com um custo mais elevado a instalação deste sistema, devido à cobrança mensal de algumas taxas, que está sendo chamado nos meios de comunicação de taxaço do sol.

O objetivo deste trabalho é desenvolver o projeto de dimensionamento e realizar o estudo de viabilidade do investimento em energia solar a partir de um estudo de caso. São feitas estimativas de investimento e tempo de retorno considerando também as alterações previstas na legislação e mostrando o impacto que estas terão sobre este tipo de investimento.

2. DESENVOLVIMENTO

O aproveitamento da radiação solar para a geração de uma energia limpa, sem dúvidas é uma das opções mais eficientes quando se considera a sustentabilidade e economia. Vale ressaltar, que não é por acaso que cada vez mais as empresas e residências estejam aderindo a produção de energia sustentável nesta modalidade (PORTALSOLAR , 2022).

O processo de geração da energia solar, chamado de efeito fotovoltaico, utiliza placas que são constituídas de materiais semicondutores, (silício monocristalino, silício policristalino, silício amorfo, disseleneto de cobre e índio, índio de galo e telureno de cádmio), e são utilizadas para captação da luz e calor solar. Quando os fótons (partículas de luz solar) incidir, os elétrons desses materiais semicondutores irão se movimentar, gerando corrente elétrica. Esta eletricidade gerada é transmitida para inversores, que tem como finalidade a transformação da energia corrente contínua para alternada e, então, distribuída para o consumo de diversas cargas (ZILLES, *ETT ALL*).

Existem três tipos de geração de energia a partir da irradiação solar: A fotovoltaica, térmica e heliotérmica. Entretanto, possuem aplicações diferentes. A energia fotovoltaica é

2.3 Resolução Normativa ANEEL n° 482, de 17 de Abril de 2012

- Criou condição de acesso de microgeração para projetos menor que 75 KWac e minigeração para projeto entre 100 KWac e 5 KWac para fotovoltaica conectada ao sistema de distribuição.
- Criou a possibilidade de compensação de energia elétrica que é injetada na rede e rege o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), para projetos de geração distribuídas (CEMIG, 2012).

2.4 Resolução Normativa ANEEL n° 687, de 24 de Novembro de 2015

- Estabelece prazo de 60 meses para compensar créditos na fatura elétrica.
- A energia elétrica gerada em uma unidade geradora pode ser compensada em outro local, cumprindo as condições estabelecidas.
- Estabelece critérios para geração compartilhada em diversos consumidores.
- Estabelece procedimentos técnicos, critérios para conexão e procedimento de acesso de micro e minigeração distribuída.
- Normas do projeto de instalação, procedimento de implementação e vistoria das instalações.
- Procedimento de manutenção operação, segurança de conexão e sistema de medição (BARBOSA MILTON).

2.5 Modificação da Legislação

A ANEEL em 2018 começou a revisão da normativa, onde revisa a retirada das compensações de tarifas concedidas a quem produz sua própria energia elétrica. O projeto foi aprovado em Agosto do ano de 2022 e entra em vigor a partir de 7 de Janeiro de 2023 (CAMERA DOS DEPUTADOS, 2020).

Transformado na Lei Ordinária 14300/2022, O Projeto de Lei 5829/19 estende a cobrança de encargos e tarifas de uso dos sistemas de transmissão e de distribuição aos micro e minigeradores de energia elétrica. Microgeradores são os que geram até 75 kW de energia, e minigeradores, de 75 kW a 3 mil kW. A cobrança, de 50% do encargo normal devido por geradores maiores, valerá para aqueles que solicitarem acesso às distribuidoras de energia, conforme regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), até 31 de março de 2020 (CAMERA DOS DEPUTADOS, 2020).

A medida atinge consumidores que geram sua própria energia, a partir de fontes renováveis e injeta o excedente na rede. As unidades geradoras que já possui o sistema instalado continuaram sem pagar os encargos ate 31 de Dezembro de 2040. Ainda não está definido o percentual cobrado (CAMERA DOS DEPUTADOS, 2020).

2.6 Princípios do dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos

O projeto de um sistema fotovoltaico envolve orientação dos módulos, disponibilidade de área, estética, disponibilidade do recurso solar, demanda a ser atendida e diversos outros fatores. Através do projeto pretende-se adequar o gerador fotovoltaico às necessidades definidas pela demanda. O dimensionamento de um sistema fotovoltaico (SFV) é o ajuste entre a energia radiante recebida do sol pelos módulos fotovoltaicos e a necessidade de suprir a demanda de energia elétrica (MANUAL DE ENGENHARIA FOTOVOLTAICA pág.298,2014).

2.7 Primeiros passos para o cálculo do sistema fotovoltaico

A base do dimensionamento no caso de SFIs é entender que o sistema deve gerar mais eletricidade do que o limite estabelecido para consumo. Deve-se definir um período de tempo e a produção de eletricidade neste período deve ser maior do que a demanda elétrica a ser atendida. Isto deve se repetir nos períodos subsequentes. Dessa forma, o cálculo do sistema fotovoltaico se inicia com o levantamento do consumo médio em KWh dos últimos 12 meses (Equação 01) do local onde o sistema será instalado. Com essa informação, é possível calcular os demais elementos que farão parte do sistema fotovoltaico adequado para suprir a demanda de consumo. É, também, fundamental fazer uma visita técnica preliminar para avaliar a área e as características da edificação (MANUAL DE ENGENHARIA FOTOVOLTAICA pág.302,2014).

$$C_{m\u00e9dio} = \frac{\sum meses}{12}$$

Onde:

$C_{m\u00e9dio}$: Consumo Médio anual;
 $\sum meses$: Somatória dos meses;
12: Constante da formula.

2.8 Indicadores para análise da viabilidade econômica do projeto

Para elaborar um projeto, é necessário realizar um estudo da viabilidade econômica. Neste tópico serão mostrados os principais métodos econômicos utilizados.

O fluxo de caixa indica a relação das entradas e saídas financeiras, sua principal finalidade é prever com maior exatidão quando acontecerá saldo ou ausência de dinheiro em caixa. Esta visão prévia permite tomar cautelas para diminuir a dificuldade da falta de dinheiro para pagar as contas. Deste modo, em uma ocasião de grande saldo de caixa, recomenda-se buscar investimentos para aplica-la (BOTEON RIBEIRO, 2017).

2.9 Cálculos da área para instalação dos painéis fotovoltaicos

A equação (2), é utilizada para determinar a área mínima que os módulos ocuparam para produzir a energia necessária, suprimindo o consumo médio verificado equação (1). (ZILLES, ETT ALL).

$$A = \frac{P_{gerada}}{\eta \cdot H_{t,\beta}} \quad (2)$$

Onde:

A: área útil do módulo [m²];
 $H_{t,\beta}$: irradiância no plano gerador [W/m²].
 P_{gerada} : Energia que precisa ser gerada pelo sistema.
 η : Rendimento do modulo.

2.10 Cálculos dos painéis solares

Para determinar a quantidade de módulos a serem instalados, calcula-se a potência gerada através da diferença da energia suprida sobre a irradiância anual do local a ser instalado. Segundo Fotaic (2017), o número de módulos fotovoltaicos é calculado a partir da equação (3):

$$N_{mod} = \frac{P_{instalada}}{P_{m\u00f3dulo}} \quad (3)$$

$N_{\text{módulos}}$ = Número de módulos;
 $P_{\text{instalada}}$ = Potência nominal do sistema calculado;
 $P_{\text{módulo}}$ = Potência de cada módulo.

Mas pode-se utilizar a formula a seguir onde se faz uma relação entre a área de os módulos devem ocupar e a área que os módulos possuem (ZILLES, ETT ALL).

Utilizando dessas informações temos assim a equação (4) que determina a área do modulo:

$$A_{\text{mod}} = N^{\circ} \text{cel} \times A_{\text{cel}} \quad (4)$$

E a equação 5 onde se faz a razão entre a área mínima necessária a ser ocupada e a área de cada modulo, assim tendo a quantidade de módulos necessários.

$$N^{\circ} \text{mod} = \frac{A}{A_{\text{mod}}} \quad (5)$$

$N^{\circ} \text{mod}$: Número de módulos;
A: Área mínima a ser ocupada pelos módulos;
 A_{mod} : Área do modulo.

2.11 Medindo a radiação solar

A medição da radiação solar, tanto da global como das componentes direta e difusa, na superfície terrestre é de grande importância para o estudo das influências das condições climáticas e atmosféricas, como também para o desenvolvimento de projetos que visam a captação e a conversão da energia solar. Com um histórico dessas medidas, pode-se viabilizar a instalação de sistemas fotovoltaicos em uma determinada região, garantindo o máximo aproveitamento do recurso ao longo do ano, onde as variações da intensidade da radiação solar sofrem significativas alterações (MANUAL DE ENGENHARIA FOTOVOLTAICA pág.85, 2014).

O objetivo da medição dos dados solares é a obtenção experimental do valor instantâneo do fluxo energético solar (irradiância) ou integrado (irradiação) ao longo de tempo (minuto, hora, dia ou ano). É de interesse da engenharia solar, o conhecimento dos valores da irradiância ou irradiação global e de suas componentes direta e difusa incidentes em uma superfície (MANUAL DE ENGENHARIA FOTOVOLTAICA pág.85, 2014).

Medir a radiação solar na área onde o sistema fotovoltaico está instalado é recomendado para cálculos mais precisos. Dessa forma, é possível determinar exatamente qual é o potencial de geração de energia, evitando a subutilização.

Na superfície da Terra, podemos dividir a irradiância solar em três componentes distintos, sendo eles:

- Irradiância Direta Normal (DNI): é aquele incidente diretamente em uma superfície que esteja exposta ao Sol. Assim, não se leva em conta a radiação difusa.
- Irradiância Difusa Horizontal (DIF): é a radiação que se encontra dispersa e refletida de maneira incidente nas superfícies horizontais, excluindo-se a DNI.
- Irradiância Global Horizontal (GHI): é a soma da DNI com a DIF, mais utilizada na prática do cálculo de radiação solar.

Na prática, medições precisas da radiação solar são feitas por piranômetros. Este é o aparelho mais preciso para este tipo de tarefa, embora seja mais prático e portátil. É importante realizar esse cálculo com precisão, levando em consideração os diferentes horários do dia e as variáveis do potencial de geração de energia (MANUAL DE ENGENHARIA FOTOVOLTAICA pág.85, 2014).

O cálculo da Irradiância média anual é dado pela equação (6):

$$I \left(\frac{I_r * A_{mód} * \eta_{mód} * FPG * 365}{P_{máx}} \right) \quad (6)$$

Onde:

I: Irradiância média anual [*kWh kWp /ano*]

I_r: irradiação, obtida através do site Cresesb [*kWh m²/dia*];

A_{mód}: área do módulo utilizado [*m²*];

η_{mód}: eficiência do módulo utilizado [%];

FPG: fator de perdas gerais do sistema;

365: constante, que corresponde à quantidade de dias no ano;

P_{máx}: Potência Nominal do módulo [*kWp*]

2.12 Inversor

O inversor fotovoltaico é um dispositivo eletrônico que tem como objetivo fazer a conversão da energia gerada pelos painéis solares, através deste equipamento a energia de corrente contínua (CC) é transformada em corrente alternada (CA). Os inversores utilizados para SFCR possuem características específicas para atender as exigências das concessionárias de distribuição em termos de segurança e qualidade de energia injetada na rede. Sua principal característica é seu monitoramento para operar valores de frequência e tensão da rede e adequar o sistema conectado para esses valores regulando sua tensão através de um dispositivo chamado de MPPT (Maximum Power Point Tracking) que busca o melhor ponto de tensão e corrente para melhorar o máximo na geração de energia no sistema (PINHO; GAUDINO, 2014).

Outro ponto é em relação ao processo de anti-ilhamento, pois há possibilidade de ocorrência de ilhamentos não intencionais. Esse fenômeno ocorre quando parte de um sistema elétrico de abastecimento de energia, que contém cargas e sistema de geração, é isolada do restante do sistema após detecção de um defeito na rede elétrica, e continua operando. Esta situação pode causar diversos problemas como: grandes excursões de tensão e frequência, problemas relacionados ao religamento e à segurança de trabalhadores do sistema elétrico. Logo, o anti-ilhamento têm esse papel de suma importância para a operação segura da planta solar fotovoltaica e deve ser incorporado ao sistema de controle do conversor CC-CA (ALMEIDA, 2011).

O inversor escolhido para o sistema gerador deve atender a alguns requisitos. Um deles é que o mesmo, tem que suportar, o *V_{oc}* (Open-circuit voltage) a tensão de circuito aberto, que é o valor de tensão máxima que o módulo solar pode entregar a uma carga sob determinadas condições de radiação e de temperatura. Cada tipo de inversor vem com esse valor informado pelo fabricante, bem como, o *I_{sc}* (Short circuit) corrente de curto circuito, que é a corrente elétrica máxima que o módulo pode fornecer. Pode se determinar o valor de *V_{oc}* pela seguinte equação (7)

$$V_{oc_{Total}} = N^{\circ} mod.* V_{oc} \quad (7)$$

Onde:

V_{oc_{Total}}: É a tensão máxima total;

N^o mod: Numero de módulos;

V_{oc}: Tensão máxima do inversor informada pelo fabricante.

A I_{sc} (Short circuit) Total fornecida pelo modulo deve ser igual ou menor ao informado pelo fabricante para um bom funcionamento do inversor, como pode observar na equação (8)

$$I_{sc_{Total}} = I_{sc} \quad (8)$$

Onde:

$I_{sc_{Total}}$: É a corrente de curto do modulo;

I_{sc} : Corrente de curto informada pelo fabricante.

Outro fator que deve ser verificado é a influência da temperatura nas características elétricas dos módulos. O aumento da temperatura influencia a tensão de forma significativa, no entanto os valores devem se manter dentro da faixa de operação do inversor. Por isso deve se considerada a condição extrema de operação onde o módulo fotovoltaico atinge 85°C, equivalente à temperatura máxima de operação segundo o fabricante. Para se obter esse valor, utiliza se a equação (9)

$$V_{oc_T}(T) = V_{oc} * [1 - \beta V_{oc} * (T - 25)] \quad (9)$$

Onde:

$V_{oc_T}(T)$: Valor da tensão máxima so influencia da temperatura;

V_{oc} : Tensão máxima de circuito aberto fornecido pelo fabricante;

1: Constante

βV_{oc} : Coeficiente de temperatura de tensão de circuito aberto;

T: Temperatura

25: Constante de temperatura levando em conta valor ambiente.

2.13 Como calcular o ROI (Retorno sobre o Investimento) das soluções fotovoltaicas

Para calcular o retorno sobre o investimento (ROI) das soluções fotovoltaicas, é necessária a receita líquida do investimento inicial. No entanto, há outros fatores a serem considerados, como a tarifação de energia e sua oscilação. Está é uma variável significativa porque influencia o retorno sobre investimento energia solar.

Segundo a ANEEL, a tarifa é fixada em R\$/kWh e é utilizada para calcular o consumo mensal de energia elétrica. Com isso, cada quilowatt de energia consumida deve ser multiplicado pelo valor do imposto em reais. Quanto maior o valor, menor o tempo necessário para o retorno do investimento.

O cálculo ROI precisa incluir, ainda, a inflação gerada no preço da energia ao longo do período calculado. Isso é relevante porque o preço da energia elétrica não é fixo, ele sofre reajustes durante o ano, sem falar nas eventuais quedas. Além disso, há uma variação do valor da energia conforme a concessionária e a região do país (BOTEON; RIBEIRO, 2017).

2.14 Valor presente líquido

O método do valor atual, mais conhecido como valor presente líquido (VPL), é a expressão que determina o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros, conforme a equação 10 (BOTEON; RIBEIRO, 2017). A equação (10) demonstra a forma matemática do método.

$$VLP = -FC_0 + \sum_{K=1}^N \frac{FC_k}{(1+i)^k}$$

Onde:

FC_k : Fluxos de caixa referente a cada ano no horizonte de planejamento;

FC_0 : Investimento inicial;

$k = (1; n)$: Períodos do horizonte de planejamento;

i : Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

Resumidamente seu critério de decisão constitui-se da seguinte forma: se o VPL for maior ou igual a zero indica que é viável executar o projeto, pois paga o capital investido. Quando o VPL for menor que zero, rejeita-se o projeto (ROSS; WESTERFIELD; JAFF, 2007).

2.15 Payback descontado

O retorno de investimento de um projeto é o tempo para recuperar o dinheiro investido, tendo em vista a alteração de valor do capital no tempo, o qual gera indicativo do risco do investimento, isto é, quanto maior for o payback mais tempo é necessário para se obter o capital investido (GITMAN, 2007).

3. METODOLOGIA

O presente trabalho teve como embasamento um estudo de caso da implantação de um sistema fotovoltaico, para análise realizou-se coleta de dados real em uma instalação residencial, onde o sistema foi instalado desde novembro de 2021. Sendo assim coletou os seguintes dados, planta arquitetônica da residência, média relativa de radiação solar em função das coordenadas geográficas, tipos de painéis solar e inversor utilizado.

A fim de verificar a viabilidade da instalação de uma microusina, foram levantados dados, como o investimento realizado, consumo médio da unidade consumidora onde é a geração de energia, sistema de compensação dos créditos de energia e a economia média mensal.

A partir daí foram estudados os resultados da implantação em torno da energia solar gerada, economia de energia juntamente com os créditos gerados, estimativa baseada no tempo de compensação, custo da instalação e tempo de retorno.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

O dimensionamento dos componentes do sistema de microgeração fotovoltaica é baseado em três fatores específicos: irradiância, temperatura ambiente e potência a ser atendida. Com base nessas informações busca-se a otimização dos módulos fotovoltaicos e do inversor, a partir de suas características elétricas e das condições do ambiente.

4.2 Local da instalação

O sistema fotovoltaico aqui projetado visa atender uma residência no município de Pirapora, cidade localizada na mesorregião do Norte de Minas Gerais. Os valores de latitude e longitude são respectivamente 17°19'47.5"S 44°55'16.7"W. A Figura mostra o local exato da residência, obtida através do Google Earth.

Figura 2: Localização da unidade geradora



Fonte: Os Autores 2022

Pode ser observado que o local apresenta características predominantemente rurais, com pequenas edificações e mais afastada do centro urbano. As perdas na captação da energia proveniente do sol nesses ambientes tendem a serem menores, uma vez que em sistemas instalados em ambiente urbano é mais provável a existência de sombreamento, inclusive sombreamento parcial, e interferência de superfícies reflexivas próximas.

4.3 Avaliação do recurso solar

A tabela 1 apresenta a média mensal e anual, de irradiação e seus respectivos ângulos. Esses dados foram retirados do site Cresesb (Centro de Referência para as Energias Solares e Eólicas Sérgio de S. Brito), a fim de auxiliar no planejamento do projeto.

Tabela 1: Média mensal e anual dos índices de irradiação para a cidade de Pirapora

Mês	Plano Horizontal (Inclinação 0° N) (kWh/m ² /dia)	Ângulo igual à latitude (Inclinação 17° N) (kWh/m ² /dia)	Maior média anual (Inclinação 18° N) (kWh/m ² /dia)	Maior mínimo mensal (Inclinação 12° N) (kWh/m ² /dia)
Janeiro	6,32	5,79	5,75	5,98
Fevereiro	6,62	6,33	6,30	6,46
Março	5,67	5,76	5,75	5,77
Abril	5,49	6,02	6,03	5,90
Mai	4,91	5,76	5,79	5,55
Junho	4,62	5,63	5,67	5,37
Julho	4,91	5,90	5,94	5,65
Agosto	5,64	6,39	6,42	6,21
Setembro	6,05	6,34	6,34	6,30
Outubro	6,09	5,94	5,92	6,02
Novembro	5,62	5,23	5,20	5,38

Dezembro	6,08	5,52	5,48	5,71
Média Anual	5,67	5,88	5,88	5,86
Delta	1,99	1,16	1,22	1,09

Fonte: Cresesb Sundata 2022

4.4 Levantamento do consumo de energia elétrica

Para estimar o consumo mensal da residência obteve-se o histórico dos últimos treze meses na fatura de energia elétrica da distribuidora. A Tabela 2 apresenta esses dados entre Setembro de 2021 e Setembro de 2022.

Tabela 2: Média mensal e anual dos índices

Mês	Consumo (kWh)
Setembro/20	277
Outuro/20	205
Novembro/20	172
Dezembro/20	180
Janeiro/21	290
Fevereiro/21	344
Março/21	385
Abril/21	320
Maio/21	211
Junho/21	260
Julho/21	245
Agosto/21	215
Média	258,66

Fonte: Autores 2022

Utilizando da Equação(1):

$$C_{\text{médio}} = \frac{277+205+172+180+290+344+385+320+211+260+25+215}{12}$$

$$C_{\text{médio}} = 8,62kWh$$

A partir dos dados obtidos, o consumo médio diário equivale a 8,62 kWh. Essas informações serão necessárias para calcular a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos.

4.5 Dimensionamento dos módulos fotovoltaicos

Para dimensionar o gerador fotovoltaico primeiramente verificaram se os modelos comercializados atualmente. Os critérios estabelecidos na escolha do módulo foram potência, eficiência e preço, onde o maior custo-benefício foi obtido pelo modelo fabricado pela Risen Solar Technology. Certificados e garantia também são fatores decisivos na escolha. Os painéis fotovoltaicos da Risen possuem o selo do INMETRO e PROCEL, além de certificados para as principais normas europeias e americanas. A garantia apresentada pelo fabricante é de 12 anos para defeitos de fabricação e 25 anos de produção mínima de energia.

Tabela 3: Dados técnicos do módulo

Fabricante	Modelo	Potência (Wp)	Eficiência (%)	Tecnologia	Preço (R\$)
Reisen	RMS72-6-340P	340	17,50	Si-Poli	950,00

Fonte: Risen solar technology 2022

A Tabela 3 apresenta as características elétricas do módulo escolhido. Os valores são obtidos nas condições padrões de teste (PTC). A tabela 4 apresenta as características térmicas do módulo, conforme informado pelo fabricante. A eficiência mínima de 80% é garantida durante 25%, com decaimento linear, segundo informações do datasheet.

Tabela 4: Características elétricas do módulo

NOTC	C_{mp}	βV_{oc}	α_{Isc}
45,00 °C	-0,39 %/°C	-0,32 %/°C	0,05 %/°C

Fonte: Risen solar technology 2022

Para dimensionar a quantidade de módulos a serem utilizados considera-se a energia que se deseja gerar, a irradiância média no plano inclinado e a eficiência dos módulos, conforme a Equação (2) a qual determina a área mínima dos módulos para produzir a energia determinada anteriormente. (ZILLES, pag30,2012).

$$A = \frac{P_{gerada}}{n \times H_{t,\beta}}$$

$$A = \frac{8,62kWh}{0,175 \times 5,88kWh/m^2}$$

$$A = 8,52m^2$$

O módulo RMS72-6-340P possui setenta e duas células de silício policristalino as quais tem altura e largura de 156,75 mm. A Equação (4) determina a área total do módulo.

$$A_{mod} = N^{\circ}cel \times A_{cel}$$

$$A_{mod} = 72 \times 0,15675^2$$

$$A_{mod} = 1,769m^2$$

A Equação (5) estabelece a quantidade necessária de módulos de acordo com a razão entre área mínima para geração e a área do modulo determinada na Equação (2) e Equação (4)

$$N^{\circ}mod = \frac{A}{A_{mod}}$$

$$N^{\circ}mod = \frac{8,52}{1,769}$$

$$N^{\circ}mod = 4,81$$

$$N^{\circ}mod = 5 \text{ módulos}$$

De acordo com o cálculo, o indicado para essa residência são 5 módulos no mínimo, entretanto o proprietário do imóvel fez a aquisição do plano que contém 10 módulos, visando gerar uma quantidade maior de créditos a serem aplicados em outras residências de mesma titularidade.

4.6 Escolha do inversor

Para determinar o inversor utilizou-se os critérios de potência nominal, certificação conforme normas técnicas, funções de proteção incorporadas e preço.

O inversor escolhido para o projeto é o SWI300H M040 L1 fabricado pela WEG cujo registro no INMENTRO é 003552/2019. O equipamento também atende as normas brasileiras ABNT NBR 16149, 16150 e ABNT NBR IEC 62116. A Tabela 5 apresenta os parâmetros elétricos do inversor.

Tabela 5: Parametros do inversor SWI300H M040 L1

Potência Aparente máxima	4.4000 VA
Tensão de partida	100 V
Tensão de entrada máxima	600 V
Corrente máxima de entrada	12,5 A
Faixa de operação	80 – 600 V
Potência nominal de saída CA	4000 W
Tensão nominal de saída	220 V
Corrente nominal de saída	20 A
Eficiência	98,40 %
Proteção interna	Anti-ilhamento, Sobre/sub tensão, Sobre/sub corrente, Sobre/sub frequência, Proteção contra sobrecarga.

Fonte: WEG-SIW Inversores 2022.

Com os dados de tensão e corrente de entrada máximos do inversor é possível estabelecer a associação dos módulos para atingir tais requisitos. Definiu-se uma ligação série para dez módulos.

$$\begin{aligned}
 V_{OC_{Total}} &= N^{\circ} \text{ mod.} \times V_{OC} \\
 V_{OC_{Total}} &= 10 \times 46,10 \\
 V_{OC_{Total}} &= 461V
 \end{aligned}$$

$$I_{SC_{Total}} = I_{sc} = 9,50A$$

$$\begin{aligned}
 V_{OC_T}(T) &= V_{OC} \times [1 - \beta V_{OC} \times (T - 25)] \\
 V_{OC_T}(85) &= 46,10 \times [1 - 0,0032 \times (85 - 25)] \\
 V_{OC_T}(85) &= 37,25V
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{OC_{Total}}(85) &= 10 \times 37,25 \\
 V_{OC_{Total}}(85) &= 372,5V
 \end{aligned}$$

Mesmo em condições extremas de temperatura o conjunto de módulos permanece dentro da faixa de operação do inversor, atingindo a tensão de 372,5 V.

4.7 Orçamento

Os equipamentos foram adquiridos na WEG Solar Equipamentos Elétricos S/A, o custo do sistema gerador fotovoltaico de 3,4 kWp foi de R\$ 19.990,00 , conforme apresentado na Tabela 6. É importante dizer que o valor apresentado também está incluso a mão de obra para instalação.

Tabela 6: Equipamentos conforme discriminados

Item	Material	Descrição	Quantidade
01	15636399	MODULO SOLAR 340Wp RISEN	10
02	13677909	CABO UP FLEX PO/NH 1X6mm ² 120°C PT 1,5kV	50
03	13677908	CABO UP FLEX PO/NH 1X6mm ² 120°C VM 1,5kV	50
04	14603901	GANCHO FIX C/PARAF PSGANCHOCERAMICA	12
05	14603901	GANCHO FIX C/PARAF PSGANCHOCERAMICA	08
06	15403812	INVERSOR SOLAR SIW300H M040 L1	01
07	15301324	JUNÇÃO PARA PERFIL H	04
08	15301324	JUNÇÃO PARA PERFIL H	02
09	15212254	KIT CONECTOR SOLAR 1500Vcc	03
10	14798382	KIT GRAMPO FIX INTERM UNIV 35/40mm	12
11	14798382	KIT GRAMPO FIX INTERM UNIV 35/40mm	08
12	14798383	KIT GRAMPO FIX TERMINAL UNIV 35/40mm	08
13	14798383	KIT GRAMPO FIX INTERM UNIV 35/40mm	04
14	11422719	MINIDISJUNTOR TERMOMAGN MDWH-C40-2	01
15	14827873	PROTETOR SURTOS SPW02-275-20	02
		R\$ 19.990,00	175

Fonte: WEG Solar Equipamentos Elétricos S/A 2022.

No estudo de caso em questão, a usina foi dimensionada para atender um consumo de 580 Kwh/mês, com uma variação de mais ou menos 20% de acordo com cada estação do ano, como podemos visualizar na tabela 7, obtida da coleta de dados de geração do sistema já implantado.

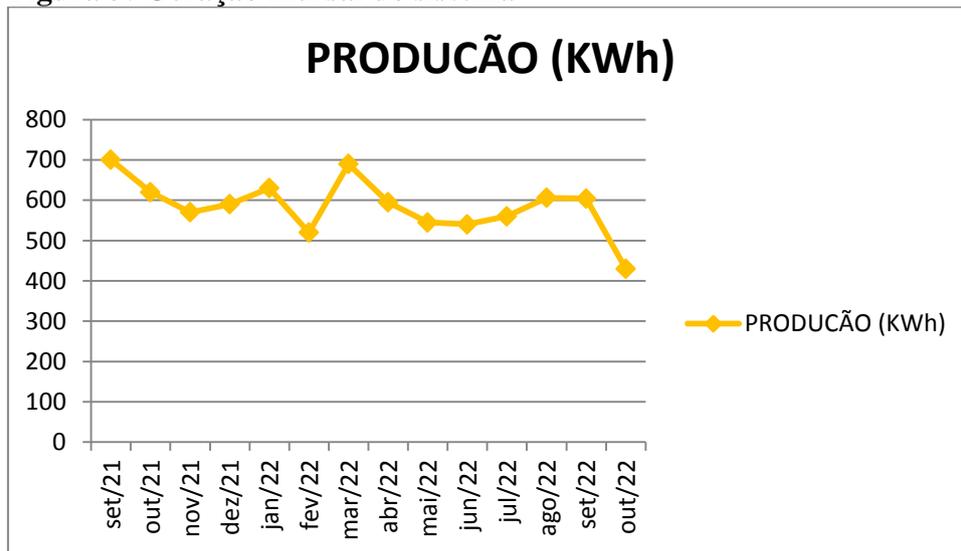
Tabela 7: Geração Mensal do Sistema

MÊS/ANO	PRODUÇÃO (KWh)
set/21	700
out/21	620
nov/21	570
dez/21	590
jan/22	630
fev/22	520
mar/22	690
abr/22	595
mai/22	545
jun/22	540
jul/22	560
ago/22	606
set/22	604
out/22	430

Fonte: Autores, 2022

A figura 3 demonstra graficamente a variação de geração mensal do sistema conforme dados apresentados na tabela anteriormente. É observado que no mês de fevereiro existe uma queda na geração. Estas se devem às variações climáticas com formações de chuvas e dias nublados, interferindo na geração. No mês de outubro que está na estação da primavera, ocorreram essas mesmas variações climáticas na região.

Figura 3: Geração mensal do sistema



Fonte: Os Autores, 2022.

4.8 Consumo e geração da unidade geradora

Na tabela 8, é possível comparar o que é gerado e o que consumido na unidade geradora. No caso em questão a média anual de consumo é de 33% do que é gerada, a energia excedente é inserida na rede elétrica e gerado um crédito para o cliente, que pode ser utilizado mediante Normativa ANEEL n° 687 (BARBOSA MILTON).

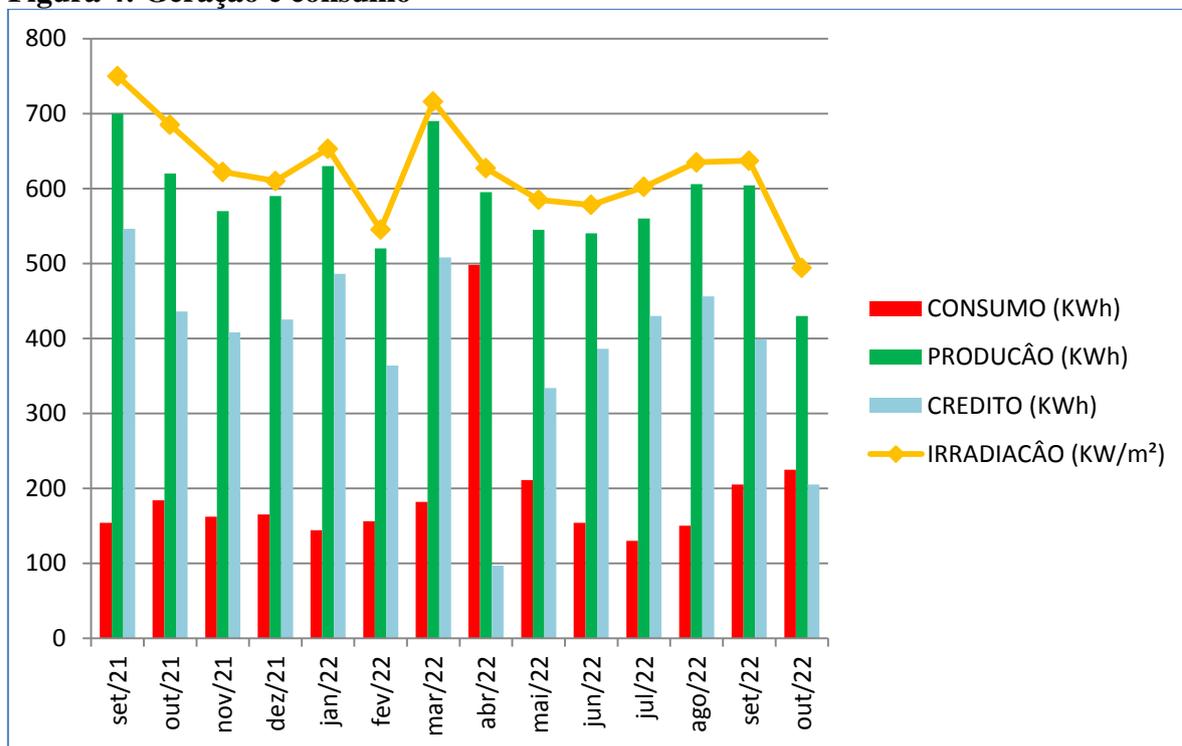
Tabela 8: Geração e consumo

MÊS/ANO	IRRADIACÃO (KW/m ²)	CONSUMO (KWh)	PRODUCÃO (KWh)	CRÉDITO (KWh)
set/21	750	154	700	546
out/21	685	184	620	436
nov/21	622	162	570	408
dez/21	610	165	590	425
jan/22	653	144	630	486
fev/22	545	156	520	364
mar/22	716	182	690	508
abr/22	627	498	595	97
mai/22	585	211	545	334
jun/22	578	154	540	386
jul/22	602	130	560	430
ago/22	635	150	606	456
set/22	637	205	604	399
out/22	494	225	430	205

Fonte: Os Autores, 2022.

A figura 4 é a representação gráfica, onde ilustra o que é apresentado na tabela 7 e conforme apresentado na tabela 6 da geração do sistema, pode se observar que, nos meses de fevereiro e outubro as produções foram mais baixas em comparação aos outros meses do ano. Mas fazendo a análise do gráfico, pode reparar que o consumo não sofre grandes varrições, a não ser pelo mês de abril, com isso, essa baixa na geração desses dois meses não tem um grande impacto para o consumidor.

Figura 4: Geração e consumo



Fonte: Autores, 2022.

4.9 Cálculo do consumo de energia

O consumo médio do consumidor é de 258,66 kWh/mês. Com base na fatura do consumidor na tabela 2, o preço da tarifa do kWh é de R\$ 0,93970866, e os 28 tributos cobrados são: ICMS (30 %), COFINS (3,28 %) e PIS (0,71 %). Na Tabela 9 é apresentado o cálculo do consumo de energia mensal do consumidor e a fórmula da alíquota é apresentada na equação (11) abaixo (CAVALCANTE; ZEPPELINI, 2017).

$$Formula\ da\ Alíquota = \left(\frac{1}{(1-ICMS-PIS-CONFINS)} \right) \quad (11)$$

Tabela 9 : Cálculo do consumo de energia mensal

	Faturado	Tarifas (\$)	Total (\$)	
Consumo	258,66	0,93970866	243,07	
	Alíquota (%)			Fórmula da Alíquota
PIS	0,71%			1,5149
Confins	3,28%			
ICMS	30,00%			
Total	R\$ 368,22			

Fonte : Autores 2022.

O valor total da Tabela 9 de R\$ 368,22 é o preço médio que o consumidor estava sujeito a pagar caso não houvesse um sistema fotovoltaico instalado, esse valor foi obtido multiplicando o valor da alíquota com o resultado do valor da fatura.

Pra saber a economia gerada no ano, após a instalação do sistema fotovoltaico, multiplica se o valor médio que o consumidor estava sujeito a pagar por 12, que é a quantidade de meses de um ano. Com o valor obtido consumidor economiza anualmente R\$ 4.418,64, sendo este o fluxo de caixa esperado no primeiro ano (FC_1).

A taxa de inflação posta para o custo de energia elétrica ao longo dos anos foi à média dos últimos 10 anos, como apresentada na tabela 10.

Tabela 10 : Histórico de metas para inflação do Brasil

Ano	Norma	Data	Meta (%)	Tamanho do intervalo +/- (p.p)	Intervalo de tolerância (%)	Inflação efetiva (Variação do IPCA, %)
1999	Resolução CMN nº 2.615	30/6/1999	8	2	06/out	8,94
2000			6	2	04/ago	5,97
2001			4	2	02/jun	7,67
2002	Resolução CMN nº 2.744	28/06/2000	3,5	2	1,5-5,5	12,53
2003*	Resolução CMN nº 2.842	28/06/2001	3,25	2	1,25-5,25	9,3
	Resolução CMN nº 2.972	27/06/2002	4	2,5	1,5-6,5	9,3
2004*	Resolução CMN nº 2.972	27/06/2002	3,75	2,5	1,25-6,25	7,6
	Resolução CMN nº 3.108	25/06/2003	5,5	2,5	03/ago	
2005	Resolução CMN nº 3.108	25/06/2003	4,5	2,5	02/jul	5,69
2006	Resolução CMN nº 3.210	30/06/2004	4,5	2,0	2,5-6,5	3,14
2007	Resolução CMN nº 3.291	23/06/2005	4,5	2,0	2,5-6,5	4,46
2008	Resolução CMN nº 3.378	29/06/2006	4,5	2,0	2,5-6,5	5,9
2009	Resolução CMN nº 3.463	26/06/2007	4,5	2,0	2,5-6,5	4,31
2010	Resolução CMN nº 3.584	01/07/2008	4,5	2,0	2,5-6,5	5,91
2011	Resolução CMN nº 3.748	30/6/2009	4,5	2,0	2,5-6,5	6,5
2012	Resolução CMN nº 3.880	22/06/2010	4,5	2	2,5-6,5	5,84
2013	Resolução CMN nº 3.991	30/6/2011	4,5	2,0	2,5-6,5	5,91
2014	Resolução CMN nº 4.095	28/06/2012	4,5	2,0	2,5-6,5	6,41
2015	Resolução CMN nº 4.237	28/06/2013	4,5	2,0	2,5-6,5	10,67
2016	Resolução CMN nº 4.345	25/06/2014	4,5	2,0	2,5-6,5	6,29
2017	Resolução CMN	25/06/2015	4,5	1,5	3,0-6,0	2,95

	n° 4.419					
2018	Resolução CMN n° 4.499	30/06/2016	4,5	1,5	3,0-6,0	3,75
2019	Resolução CMN n° 4.582	29/06/2017	4,25	1,5	2,75-5,75	4,31
2020	Resolução CMN n° 4.582	29/06/2017	4,00	1,5	2,50-5,50	4,52
2021	Resolução CMN n° 4.671	26/06/2018	3,75	1,5	2,25-5,25	10,06
2022	Resolução CMN n° 4.724	27/6/2019	3,5	1,5	2,00-5,00	
2023	Resolução CMN n° 4.831	25/06/2020	3,25	1,5	1,75-4,75	
2024	Resolução CMN n° 4.918	24/06/2021	3	1,5	1,50-4,50	
2025	Resolução CMN n° 5.018	23/06/2022	3	1,5	1,50-4,50	

Fonte: Banco Central do Brasil 2022.

A Carta Aberta, de 21/1/2003, estabeleceu metas ajustadas de 8,5% para 2003 e de 5,5% para 2004.

Na tabela 10 pode ser verificado o histórico de metas para a inflação junto com a inflação efetiva, onde foi utilizada a média dos últimos 10 anos de inflação efetiva, entre 2012 a 2021, obtendo uma taxa de inflação média de 6,07 %. No primeiro ano de instalação o consumidor irá economizar R\$ 4.686,85 já com a taxa de inflação imposta nela, na equação abaixo apresenta a equação geral da VPL com os valores e na Tabela 10 é apresentado o valor da VPL em torno dos 25 anos, que é a vida útil de um módulo fotovoltaico operando nos seus 80 % de rendimento.

$$VPL = -19.990 \frac{4.418,64}{(1+0,0607)^1} + \frac{4.686,85}{(1+0,0607)^2} + \dots + \frac{19.279,80}{(1+0,0607)^{25}}$$

Tabela 11 : Valor da VPL em 25 anos

VPL	Fluxo de entrada	Ano	Taxa de inflação
-R\$19.990,00	R\$4.418,64	0	-
-R\$15.571,36	R\$4.686,85	1	6,07%
-R\$11.152,72	R\$4.971,34	2	6,07%
-R6.734,08	R\$5.273,10	3	6,07%
-R\$2.315,44	R\$5.593,18	4	6,07%
R\$2.103,63	R\$5.932,68	5	6,07%
R\$6.522,26	R\$6.292,79	6	6,07%
R\$10.940,89	R\$6.674,77	7	6,07%
R\$15.359,52	R\$7.079,93	8	6,07%
R\$19.778,15	R\$7.509,68	9	6,07%
R\$24.196,78	R\$7.965,52	10	6,07%
R\$28.615,41	R\$8.449,02	11	6,07%
R\$33.034,04	R\$8.961,88	12	6,07%
R\$37.452,67	R\$9.505,87	13	6,07%
R\$41.871,30	R\$10.082,87	14	6,07%
R\$46.289,93	R\$10.694,90	15	6,07%
R\$50.708,56	R\$11.344,08	16	6,07%
R\$55.127,19	R\$12.032,67	17	6,07%
R\$59.545,82	R\$12.763,05	18	6,07%
R\$63.964,45	R\$13.537,77	19	6,07%
R\$68.383,08	R\$14.359,51	20	6,07%
R\$72.801,71	R\$15.231,14	21	6,07%
R\$77.220,34	R\$16.155,67	22	6,07%
R\$81.638,97	R\$17.136,32	23	6,07%

R\$86.057,60	R\$18.176,49	24	6,07%
R\$90.476,23	R\$19.279,80	25	6,07%

Fonte: Autores 2022.

Pode-se notar na Tabela 11, que no ano zero o valor da VPL é o valor do investimento do projeto e o fluxo de entrada é o valor da economia através da geração de energia sem contar com a taxa de inflação, que só começa a contar no primeiro ano. Foi visto que o sistema se pagaria entre os anos 4 e 5, sendo que no final do ano 4 o consumidor já teria um lucro de R\$ 2.103,63, tornando o investimento bem viável. No ano 25 em que os módulos operam com um rendimento de 80 %, nota-se que a VPL chegou a R\$90.476,23, isso quer dizer que o consumidor deixou de pagar esse valor em energia elétrica, acumulado.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho, possibilitou um estudo de caso de uma implementação de um sistema fotovoltaico conectado a rede (SFCR) em uma residência. Baseado na teoria da conversão de energia solar em elétrica, desenvolveu-se os cálculos e dimensionamentos necessários para instalação do sistema fotovoltaico. Outro aspecto relevante foi a análise de investimento, viabilidade e alteração da legislação.

Para que o projeto atenda a produção média estabelecida é necessária uma análise confiável da radiação solar, cálculos dos painéis solares e do espaço a serem instalados e dimensionamento do inversor.

Por opção do cliente, estima-se um sistema que tenha 10 placas com a capacidade de 410W de potência gerando 44,28 kWh/mês cada um, totalizando 487,08 kWh/mês. O que for gerado além do utilizado é convertido em crédito de energia, tendo a disponibilidade de uso para o respectivo consumidor em 60 meses (RN482/12 da ANEEL).

Dessa forma, o estudo da viabilidade econômica para implementação do projeto foi realizado, o investimento necessário para este sistema, é de aproximadamente R\$19.990,00 e seu retorno cerca de 4 a 5 anos.

Vários fatores podem influenciar na melhora do cenário do tempo de retorno do investimento, dentre eles, destaca-se o aumento da eficiência dos módulos solares e dos inversores de frequência como também, a redução de custos dos equipamentos no mercado. Portanto, políticas fiscais de incentivo ao mercado da energia fotovoltaica, sendo criadas, teria um impacto positivo no decorrer do desenvolvimento do setor.

Se tratando da nova lei da energia solar 14.300/2022, também, conhecida como taxaço do sol, apresenta-se uma nova taxaço para cobrir as despesas, geradas devido a utilização da infraestrutura que a distribuidora disponibiliza em períodos em que não há a geração simultânea de energia elétrica. Situação contrária do que ocorria até então, uma vez que a antiga lei 5.829/2019, sanciona o abatimento de até 95% na conta de energia, crédito pertinente a sobra da energia gerada que é injetada na rede. Mas esta nova lei só será válida a partir de 06 janeiro de 2023, porém ainda não foi divulgado o valor exato da taxa que será cobrada. Para quem possuir este sistema fotovoltaico já instalado, terá esta nova taxaço válida a partir do ano de 2040.

Embora o tempo de retorno financeiro ser consideravelmente longo, o investimento da instalação dos sistemas fotovoltaicos residenciais é interessante, porque há uma grande contribuição com o meio ambiente, já que é possível gerar a própria energia elétrica e consumi-la, sem a utilização de resíduos ou gases poluentes que geram o aquecimento global oriundo do efeito estufa.

6. AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por nossas vidas, por nos fortalecer em toda jornada percorrida. A gratidão por conhecer aqueles (as) que se tornaram mais do que companheiros de classe, e sim, amigos. Aos nossos pais e irmãos que nos compreendiam em momentos em que estivemos ausentes dedicando aos nossos estudos. As companheiras que escolhemos para a vida, que também, sempre nos ajudaram em vários momentos importantes dessa trajetória. Deixamos aqui, sinceros agradecimentos aos professores, que nos proporcionou o caminho do aprendizado, tornando mais próximos da vitória.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, P. M.; “**Modelagem e Controle de Conversores Estáticos Fonte de Tensão utilizados em Sistemas de Geração Fotovoltaicos conectados à Rede Elétrica de Distribuição**”. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2011.

Zilles, Roberto; Macêdo, Wilson Negrão; Galhardo, Marcos André Barros; Oliveira, Sérgio Henrique Ferreira De. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012-(Coleção aplicação de energia fotovoltaica). Bibliografia: p, 38-40.

Barbosa, Milton de Almeida. **Tecnologia e Fontes Alternativas de Energia**. Curitiba: Contentus. 2020. Bibliografia: p,19-21.

Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Disponível em: https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/08/REN-482_2012.pdf. Acesso em: Setembro 2022

Projeto cobra encargos de distribuição de micro e minigeração de energia elétrica. Disponível em : <https://www.camara.leg.br/noticias/631158-projeto-cobra-encargos-de-distribuicao-de-micro-e-minigeracao-de-energia-eletrica/> .Acesso em: 13 de Outubro de 2022.

PROJETO DE LEI N.º 5.829, DE 2019. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1834556. Acesso em : Outubro de 2022.

BOTEON, Margarete; RIBEIRO, Renato. **Análise financeira: fluxo de caixa, valor presente, TIR e financiamento agrícola (PARTE I)**, 2017. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2737325/mod_resource/content/4/FINANCEIRO.PDF. Acesso em: Outubro de 2022.

CAVALCANTE, F., ZEPPELINI, P, D. “**A montagem da equação para determinação do preço de venda**”. São Paulo, SP: Cavalcante Consultores – Soluções de Treinamento e Consultoria, 2017.

CRESESB. “**Energia solar princípios e aplicações**”. Rio de Janeiro, RJ: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito – CRESESB, 2022.

Os parâmetros técnicos dos módulos fotovoltaicos foram retirados da Risen Solar Technology disponível em: <https://risenenergy.com> Acesso em : Novembro de 2022.

Os parâmetros técnicos do inversor fotovoltaico foi retirado da Weg Solar disponível em: <https://www.weg.net/solar/.com> Acesso em : Novembro de 2022.

Média mensal e anual dos índices de irradiação para a cidade de Pirapora disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data> . Acesso em: Novembro 2022.



FOTAIC, **Energia Solar. Manual de energia solar.** 1 ed. Fortaleza, 2017. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/368330602/Fotaic-O-Manual-Da-Energia-Solar>. Acesso em: Outubro de 2022.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração financeira.** 10 edição, São Paulo: Harbra. 2007. Disponível em: https://www.academia.edu/45095065/Principios_da_Administracao_Financeira_Gitman. Acesso em: Outubro de 2022.

Banco Central do Brasil. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicometas>. Acesso em Novembro de 2022.

Pinho, João; Galdino, Marco. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** Cepel-Cresesb Edição revisada Rio de janeiro 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em: Outubro de 2022.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração financeira: corporate finance.** 2 ed. São Paulo: Atlas S.A., 2007.

ANEXO1:

Inversor String Monofásico SW300H



Os Inversores da linha premium SW300H possuem uma das maiores eficiências do mercado, com até 98,4% de eficiência. Além disso, contêm interface de armazenamento de energia Plug & Play, possibilidade de conexão híbrida, possibilidade de instalação ao tempo (IPES) e arrefecimento por convecção natural. Por último, possui proteção contra surtos CC e CA e tecnologia AFCI (Arc Fault Circuit Interrupter).

Especificações técnicas	SW300H M030 LI	SW300H M030 LI	SW300H M040 LI	SW300H M050 LI	SW300H M060 LI
	EFiciência				
EFiciência máxima	98,20%	98,20%	98,40%	98,40%	98,40%
	Entrada				
Tensão de entrada máxima	808 V				
Tensão de operação do MPPT	30V - 600V				
Tensão de partida	108 V				
Tensão de tensão MPPT em sistema polifásico	30V - 600V				
Corrente de entrada máxima MPPT	12,5 A				
Corrente máxima de curto-circuito MPPT	18 A				
Número de MPPTs	2	2	2	2	2
Módulo máximo de entrada por MPPT	1	1	1	1	1
	Saída				
Conexão à rede	Microfásica	Microfásica	Microfásica	Microfásica	Microfásica
Potência nominal de saída	2,000W	3,000W	4,000W	5,000W	6,000W
Potência aparente máxima	2,300 VA	3,300 VA	4,400 VA	5,500 VA	6,600 VA
Tensão de saída nominal	228 V				
Frequência de rede CA nominal	50 Hz / 60 Hz				
Corrente de saída máxima	15 A	15 A	20 A	25 A	27,3 A
Fator de potência ajustável	D,0 ajustado/ D,8 atenuado				
Distorção harmônica total máxima	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%
	Proteção				
Proteção contra AFCI	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Proteção anti-furto	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Proteção contra polaridade CC na entrada	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Monitoramento de instalação	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Suporte de curto CC / CA	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Monitoramento de corrente residual	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Proteção contra sobrecorrente CA	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Proteção contra curto-circuito CA	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Proteção contra sobretensão CA	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Proteção contra sobretensão	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Dados gerais				
Faixa de temperatura de operação	-25 - 60 °C				
Umidade relativa de operação	0% RH - 100% RH				
Altitude de operação	D - 4.080 m				
Resfriamento	Convecção natural				
Display	Indicadores LED				
Conexão	RS485, Ethernet, Wi-Fi				
Peso (incluindo suportes de montagem)	12,3 kg				
Dimensões (incluindo suportes de montagem)	365 x 255 x 155 mm				
Gravidade de proteção	IP55	IP55	IP55	IP55	IP55
Carregamento da bateria a partir de rede	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Modo de operação	On-Grid, grid-zero, híbrido				
Otimizador de potência	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível
	Compatibilidade de baterias				
Bateria	LUNA2008-0/10/15-SB	LUNA2008-0/10/15-SB	LUNA2008-0/10/15-SB	LUNA2008-0/10/15-SB	LUNA2008-0/10/15-SB
Tensão de tensão	250 - 500 V cc				
Corrente máxima	15 A				
Conexão	RS485	RS485	RS485	RS485	RS485
	Compatibilidade com acessórios				
Segurança	DW162 021 08-1, DW162 021 80-2				
Normas de conexão à rede	GB/T, GB/T, GB 50438, GB 8-21, VDE-AR-8-403, UL9C 15-713-1, AS 4077, ABNT NBR 15149	GB/T, GB/T, GB 50438, GB 8-21, VDE-AR-8-403, UL9C 15-713-1, AS 4077, ABNT NBR 15149	GB/T, GB/T, GB 50438, GB 8-21, VDE-AR-8-403, UL9C 15-713-1, AS 4077, ABNT NBR 15149	GB/T, GB/T, GB 50438, GB 8-21, VDE-AR-8-403, UL9C 15-713-1, AS 4077, ABNT NBR 15149	GB/T, GB/T, GB 50438, GB 8-21, VDE-AR-8-403, UL9C 15-713-1, AS 4077, ABNT NBR 15149

Nota: garantia de 10 anos

Anexo 2:

**HIGH PERFORMANCE
POLYCRYSTALLINE MODULE**

RSM72-6-325P-345P

72 CELL POLYCRYSTALLINE MODULE

325-345Wp POWER OUTPUT RANGE

1500VDC MAXIMUM SYSTEM VOLTAGE

17.8% MAXIMUM EFFICIENCY



About Risen Energy

Risen Energy is a leading, global tier 1 manufacturer of high-performance solar photovoltaic products and provider of total business solutions for residential, commercial and utility-scale power generation. The company, founded in 1986, and publicly listed in 2010, compels value generation for its chosen global customers. Techno-commercial innovation, underpinned by consummate quality and support, enircle Risen Energy's total Solar PV business solutions which are among the most powerful and cost-effective in the industry. With local market presence and strong financial bankability status, we are committed, and able, to building strategic, mutually beneficial collaborations with our partners, as together we capitalise on the rising value of green energy.

KEY SALIENT FEATURES



Tier 1

Global, Tier 1 bankable brand, with independently certified state-of-the-art automated manufacturing



Industry leading lowest thermal co-efficient of power



12

Industry leading 12 years product warranty



Excellent low irradiance performance



PID

Excellent PID resistance



+

Positive tight power tolerance



2 EL

Dual stage 100% EL inspection warranting defect-free product



Module Imp blinding radically reduces string mismatch losses



Warranted reliability and stringent quality assurances well beyond certified requirements



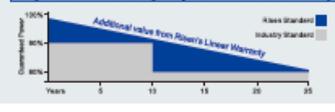
Certified to withstand severe environmental conditions

- Anti-reflective & anti-soiling surface minimise power loss from dirt and dust
- Severe salt mist, ammonia & blown sand resistance, for seaside, farm and desert environments
- Excellent mechanical load 2400Pa & snow load 5400Pa resistance



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

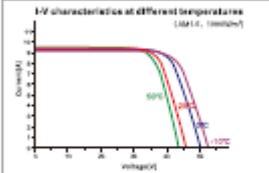
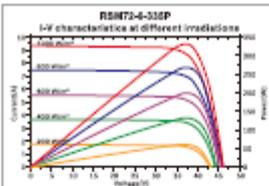
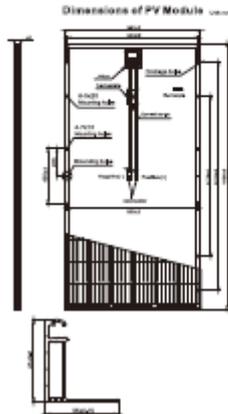
12 year Product Warranty / 25 year Linear Power Warranty



THE POWER OF RISING VALUE



RISEN ENERGY CO., LTD.
 Taishan Industry Zone, Maolin,
 Ninghai 315626, Ningbo | PRC
 Tel: +86-574-89953239
 Fax: +86-574-89953998
 E-mail: marketing@risenenergy.com
 Website: www.risenenergy.com



Our Partners:

RSR72-6-330P-09-11-1-02019

ELECTRICAL DATA (STC)

Model Number	RSR72-6-330P	RSR72-6-330P	RSR72-6-330P	RSR72-6-340P	RSR72-6-340P
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	325	338	338	340	348
Open Circuit Voltage-Voc(V)	45.80	45.70	45.90	46.10	45.30
Short Circuit Current-Isc(A)	8.20	8.33	8.40	8.60	8.83
Maximum Power Voltage-Vmpp(V)	37.40	37.65	37.65	37.80	37.55
Maximum Power Current-Imp(A)	8.70	8.93	8.90	9.00	9.10
Module Efficiency (%)	18.7	17.3	17.3	17.5	17.8

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to IEC 60904-3.

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Model Number	RSR72-6-330P	RSR72-6-330P	RSR72-6-330P	RSR72-6-340P	RSR72-6-340P
Maximum Power-Pmax (Wp)	242.8	248.4	249.9	253.7	257.5
Open Circuit Voltage-Voc (V)	41.80	42.00	42.20	42.40	42.60
Short Circuit Current-Isc (A)	7.58	7.83	7.71	7.79	7.87
Maximum Power Voltage-Vmpp (V)	34.25	34.40	34.50	34.65	34.70
Maximum Power Current-Imp (A)	7.09	7.17	7.25	7.34	7.42

NMOT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 25°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar cells	Polycrystalline 156.75*156.75 mm, 6BB
Cell configuration	72 cells (6*12)
Module dimensions	1665*992*40mm
Weight	22kg
Substrate	3.2 mm, High Transmission, Low Iron, Tempered ARC Glass
Substrate	White Back-sheet
Frame	Anodized Aluminum Alloy type 6063T5, Silver Color
J-Box	Potted, IP67, 1500VDC, 3 Schottky bypass diodes
Cables	4.0mm² (12AWG), 5200mm length
Connector	Risen Twinned PV-SV02, IP67

TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	45°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.32%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.055%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.36%/°C
Operational Temperature	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage	1500VDC
Max Series Fuse Rating	20A
Limiting Reverse Current	25A

PACKAGING CONFIGURATION

Number of modules per container	408	258
Number of modules per pallet	648	270
Number of pallets per container	27	10
Packaging box dimensions (LxWxH) in mm	1980*1130*1130	1980*1130*1130
Box gross weight(kg)	640	640

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.
©2019 Risen Energy. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

THE POWER OF RISING VALUE