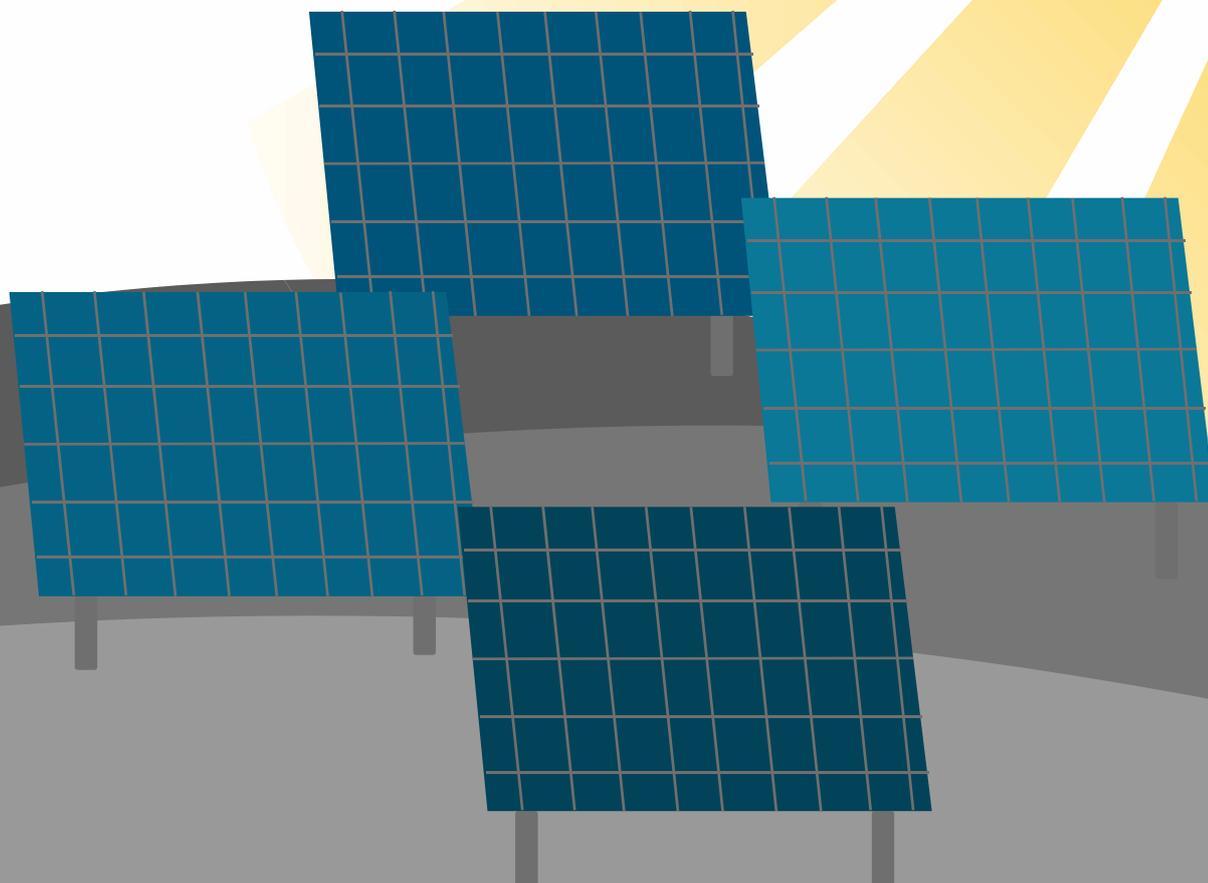


Universidade Federal de Viçosa - UFV  
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - CCE  
Departamento de Engenharia Elétrica - DEL



**Projeto de um sistema fotovoltaico de 40kW conectado à rede  
instalado na cidade de São João Nepomuceno, Minas Gerais**

**ELT 554 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Aluno: Mateus de Oliveira Rabello  
ORIENTADOR: Prof. Me. Rodrigo Cassio de Barros  
Viçosa, 24 de fevereiro de 2022.

Mateus de Oliveira Rabello

**Projeto de um sistema fotovoltaico de 40kW  
conectado à rede instalado cidade de São João  
Nepomuceno, Minas Gerais**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Viçosa para a obtenção dos créditos referentes à disciplina ELT 554 do curso de Especialização em Sistemas Fotovoltaicos Isolados e Conectados à Rede Elétrica.

**Orientador:** Prof. Me. Rodrigo Cassio de Barros

Viçosa, 24 de fevereiro de 2022.

## ATA DE APROVAÇÃO

Mateus de Oliveira Rabello

### **Projeto de um sistema fotovoltaico de 40kW conectado à rede instalado na cidade de São João Nepomuceno, Minas Gerais**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Viçosa para a obtenção dos créditos referentes à disciplina ELT 554 do curso de Especialização em Sistemas Fotovoltaicos Isolados e Conectados à Rede Elétrica.

Aprovada em 24 de fevereiro de 2022.

---

Presidente e Orientador: Prof. Me. Rodrigo Cássio de Barros

Universidade Federal de Viçosa

---

Membro Titular: Prof. Me. William Caires Silva Amorim

Universidade Federal de Viçosa

---

Membro Titular: Prof. Me. João Marcus Soares Callegari

Universidade Federal de Viçosa

# DEDICATÓRIA

## Dedico este trabalho

*Aos meus pais, a minha irmã, a minha namorada e a toda minha família,  
que sempre me apoiam e incentivam a seguir em frente.*

## AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de agradecer aos meus pais pelo apoio incondicional que me permitiu estudar longe de casa e chegar a essa conquista.

À minha irmã, por toda preocupação que tens comigo, sempre zelando por mim.

À minha namorada, que me acompanha desde o início do curso. Por você me permitir continuar meus estudos, mesmo de longe.

À Universidade Federal de Viçosa por proporcionar um ensino de qualidade e excelência.

Agradeço ao meu orientador e professor Rodrigo Cássio de Barros, por todas as valiosas orientações e ensinamentos.

## RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar o projeto de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica, para que a energia elétrica gerada, e não consumida no momento da geração, seja injetada na rede de distribuição. Esse sistema possui algumas vantagens, entre elas o aproveitamento energético do sol e a redução da emissão de gases prejudiciais a camada de ozônio e a diminuição no valor da conta de energia do usuário. O sistema proposto é projetado para compensar um consumo anual de um clube de 71218 KWh. São detalhados os componentes básicos e critérios para otimização do sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica. Além disso, é realizada análise de viabilidade econômica e a realização do projeto elétrico.

**Palavras-chave:** Módulo Fotovoltaico, Resolução Normativa, Sistema Fotovoltaico.

## Lista de Figuras

Figura 1: Histórico de consumo do local. ....	12
Figura 2: Localização da unidade geradora e localização dos módulos fotovoltaicos. ....	13
Figura 3: Padrão e poste com transformador da unidade consumidora. ....	14
Figura 4: Telhado em que será realizado a instalação dos módulos fotovoltaicos. ....	15
Figura 5: Irradiação solar diária média mensal de São João Nepomuceno. ....	16
Figura 6: Módulos a serem instalados a usina. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 7: Transformador a seco instalado da usina. ....	19
Figura 8: Quadro de proteção do lado de baixa do transformador e controle do transformador. ....	20
Figura 9: Quadro de proteção do lado de alta do transformador. ....	21
Figura 10: Sistema TT. ....	22
Figura 11: Mini Trilho. ....	23
Figura 12: Processo de instalação dos módulos fotovoltaicos da usina. ....	23
Figura 13: Instalação do inversor fotovoltaico e o sistema de proteção. ....	24
Figura 14: Dados de geração da usina no ano de 2021. ....	24
Figura 15: Dados de contribuição social da usina FV. ....	25
Figura 16: Investimento da usina FV. ....	26
Figura 17: Planta de localização. ....	31
Figura 18: Planta de localização no Google Maps. ....	32
Figura 19: Simbologia e legenda utilizada em projetos de usinas fotovoltaicas. ....	33
Figura 20: Padrão de entrada com caixa de medição e medidor bidirecional. ....	34
Figura 21: Placa de advertência que deve ser instalada na usina FV, próxima à caixa de medição (medidas 20 x 15 cm). ....	34
Figura 22: Diagrama unifilar da UC após a instalação da usina solar fotovoltaica. Simbologia adotada conforme Figura 19. ....	36

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Especificações técnicas do módulo fotovoltaico. ....	17
Tabela 2 : Especificações técnicas do inversor. ....	18
Tabela 3 : Cálculo de dimensionamento cabeamento AC. ....	22
Tabela 4 : Consumo de energia e variáveis financeiras. ....	27
Tabela 5 : Projeto dos equipamentos escolhidos. ....	28
Tabela 6 : Custo de manutenção e limpeza do sistema. ....	28
Tabela 7 : Custos e despesas durante 10 anos. ....	29
Tabela 8 : Fluxo de caixa em 10 anos. ....	30

## Lista de Abreviação

SF	Sistema Fotovoltaico
CRESESB	Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito
CC	Corrente Contínua
SF	Sistema Fotovoltaico
CA	Corrente Alternada
MPPT	Do inglês, <i>Maximum Power Point Tracking</i>
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surto
RMS	Root Mean Square/Raiz média quadrada

## Lista de Símbolos

$\eta_m$	Eficiência do Módulo Fotovoltaico
$L$	Demanda de Energia da Unidade Consumidora
$L_1$	Comprimento do Módulo Fotovoltaico
$L_2$	Largura do Módulo Fotovoltaico
$I_{sc}$	Corrente de Curto Circuito do Módulo Fotovoltaico
$V_{oc}$	Tensão de Circuito Aberto do Módulo Fotovoltaico
$N_{T,m}$	Número Total de Módulos Fotovoltaicos
$I_R$	Irradiação do Local de Instalação
$W_{\text{modulo}}$	Produção de energia do módulo

## Sumário

1-	Análise do Local da Instalação .....	12
1.1	ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA .....	12
1.2	LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	13
1.3	ANÁLISE DO EFEITO DE SOMBREAMENTO E PERDAS.....	14
2-	Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico.....	16
2.1	DIMENSIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	16
2.2	DIMENSIONAMENTO DOS INVERSORES.....	18
2.3	TRANSFORMADOR .....	19
2.4	DIMENSIONAMENTO DA PROTEÇÃO .....	20
2.5	DIMENSIONAMENTO DOS CABOS CC.....	21
2.6	DIMENSIONAMENTO DOS CABOS CA.....	21
2.7	ATERRAMENTO .....	22
2.8	ESTRUTURA DE FIXAÇÃO.....	23
2.9	ESTUDO DE CASO .....	23
3-	Análise de Viabilidade Econômica .....	26
3.1	COMPRA DO MATERIAL .....	27
3.2	ANÁLISE DE DESPESAS: MANUTENÇÃO, LIMPEZA, CONCESSIONÁRIA, TROCA DE EQUIPAMENTOS.....	28
3.3	ANÁLISE DA VIABILIDADE.....	29
4-	Projeto Elétrico.....	31
4.1	PLANTA DE LOCALIZAÇÃO .....	31
4.2	PROJETO ELÉTRICO: DIAGRAMA UNIFILAR.....	32
4.3	MEMORIAL DESCRITIVO.....	36
5-	Referências Bibliográficas.....	38
6-	Anexos.....	39

# 1- Análise do Local da Instalação

Este capítulo tem como objetivo apresentar o local da instalação para participar do programa de microgeração distribuída obtendo créditos com a geração de energia fotovoltaica. O objetivo deste estudo é dar condições e viabilizar a implantação do SF (Sistema Fotovoltaico) do ponto de vista técnico, para que o instalador possa se referenciar no momento da instalação, afim de corrigir possíveis falhas de execução.

## 1.1 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA

Como etapa inicial do projeto, é necessário analisar o consumo de energia da unidade consumidora. Neste contexto, será analisada o consumo mensal médio da unidade no decorrer de um período de doze meses (outubro de 2018 a outubro de 2019). Neste contexto, obteve-se o histórico de consumo através da conta de energia do cliente (disponibilizado pela concessionária ENERGISA), como mostrado na Figura 1 a seguir.

Consumo dos últimos doze meses				
MÊS/ANO	HISTÓRICO DE CONSUMO (kWh)			
	CONVENCIONAL	PONTA	INTERMEDIÁRIO	FORA DE PONTA
OUT/19	6488			
SET/19	5676			
AGO/19	5855			
JUL/19	6906			
JUN/19	5362			
MAI/19	5440			
ABR/19	5534			
MAR/19	5012			
FEV/19	5307			
JAN/19	6671			
DEZ/18	6772			
NOV/18	5393			

Figura 1: Histórico de consumo do local da instalação.

Através dos dados mostrados, a média de consumo do cliente ( $L$ ) é em torno de 5938 KWh. Este cliente, por ser um Clube de grande porte, tem cargas específicas que impactam diretamente no consumo. Um exemplo é a iluminação. É necessário iluminar várias áreas comuns como visto na Figura 2, consumindo um volume considerável de energia.

O aquecimento da piscina de 250 m<sup>2</sup> também é outro fator que implica diretamente no consumo elevado desta unidade. Neste contexto, tem-se as bombas e os aquecedores que geram um consumo extremamente alto. Vale ressaltar que já existe um projeto para substituição desse sistema de

aquecimento por um mais novo e econômico. A economia de energia não está ligada apenas na geração de energia, mas também na economia energética.

## 1.2 LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Como citado acima, a instalação da usina será em um Clube chamado Botafogo F.C, cuja a unidade está localizada na cidade de São João Nepomuceno, Minas Gerais. As coordenadas e a indicações dos módulos e do padrão são indicados na Figura 2 a seguir.

**Coordenadas: -21.535369217118763, -43.01618732069842**



Figura 2: Localização da unidade geradora e localização dos módulos fotovoltaicos.

Observou-se na Figura 2 que os módulos fotovoltaicos serão instalados sobre o telhado metálico que cobre a quadra esportiva. Esse local foi escolhido devido apresentar dois pontos importantes: a facilidade de instalação em telhado metálico, comparado a outros tipos de telhado, e a questão econômica, visto que o suporte para telhas metálicas é mais barato que os outros tipos. Mais detalhes sobre esse tipo de telhado será apresentado no capítulo 2.

O atendimento do cliente é feito por um transformador exclusivo para o clube de 75 KVA em baixa tensão e possui ramal de ligação com condutores de 95mm<sup>2</sup>/1kV, com disjuntor trifásico de 200 A. Além disso, na Figura 3 a seguir e possível ver o transformador da concessionária e o padrão de entrada do cliente. A concessionária de energia da região é a Energisa.



Figura 3: Padrão e poste com transformador da unidade consumidora.

A escolha do local de instalação do inversor, caixas de proteções e transformador são pontos também de muita importância devido eles precisarem estar em local limpo, arejado e protegido. Neste contexto, foi decidido usar uma sala em baixo do telhado onde serão instalados os módulos, proporcionando também, uma distância menor até os módulos, economizando uma boa quantidade em cabos CC (Corrente Contínua).

### 1.3 ANÁLISE DO EFEITO DE SOMBREAMENTO E PERDAS

A Figura 4 mostra o telhado da quadra de esportiva em que irão ser instalados os módulos fotovoltaicos. Como pode-se observar, é uma área relativamente longe de grandes construções civis. Vale ressaltar, que o prédio a direita não é considerado um possível ponto de sombreamento. Tal fato foi verificado por meio de observações em várias épocas do ano. Além do mais, a localização mais precisa da instalação dos módulos fotovoltaicos estão também mostrados na Figura 2.



Figura 4: Telhado em que será realizado a instalação dos módulos fotovoltaicos.

Este capítulo 1 permite entender melhor quais as características de carga da unidade consumidora e também onde será fixado e instalados os módulos e inversor da usina. Com todos esses dados agora é possível projetar a usina através dos dados técnicos dos equipamentos e do projeto.

## 2- Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Este capítulo tem como objetivo detalhar todos os equipamentos utilizados no sistema de geração de energia solar, como módulos, inversores, proteções, cabeamento, transformador e etc. Além do mais, tem-se o objetivo de mostrar os principais cálculos utilizados para dimensionamentos dos equipamentos e dos cabos CC e CA.

### 2.1 DIMENSIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

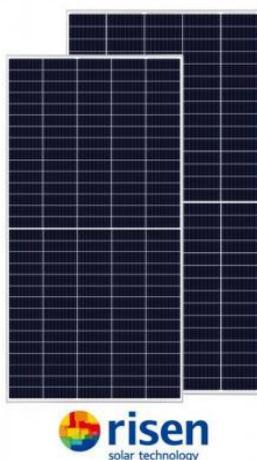
Primeiramente para o dimensionamento dos módulos, foi usado a irradiação solar ( $I_R$ ) do local da instalação fornecida pelo CRESESB, mostrado na figura 5 abaixo. Foi considerada através do CRESESB o ângulo igual a latitude de 22° norte e o valor médio da irradiação solar média diária mensal no plano inclinado foi de 4,89 kWh/m<sup>2</sup>.

Estação: Sao Joao Nepomuceno  
Município: Sao Joao Nepomuceno , MG - BRASIL  
Latitude: 21,5° S  
Longitude: 43,049° O  
Distância do ponto de ref. ( 21,53549° S; 43,015478° O) :-5,3 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,81	6,00	4,97	4,34	3,63	3,44	3,62	4,39	4,72	5,00	4,86	5,62	4,70	2,56
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	22° N	5,25	5,71	5,08	4,85	4,39	4,36	4,52	5,11	5,00	4,87	4,48	5,02	4,89	1,35
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	19° N	5,36	5,78	5,10	4,81	4,32	4,26	4,42	5,05	4,99	4,92	4,56	5,13	4,89	1,52
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	24° N	5,18	5,65	5,07	4,87	4,44	4,42	4,58	5,15	5,00	4,84	4,42	4,95	4,88	1,23

Figura 5: Irradiação solar diária média mensal de São João Nepomuceno.

Os módulos fotovoltaicos usados foram da marca Risen, com potência nominal de 500 W. Na Tabela 1 abaixo são exibidas as demais informações dos módulos.



ESPECIFICAÇÕES DO MÓDULO FOTOVOLTAICO	VALOR
Potência máxima	500 W
Eficiência ( $\eta_m$ )	20,3%
Comprimento do módulo ( $L_1$ )	2,22 m
Largura do módulo ( $L_2$ )	1,108 m
Corrente de curto-circuito ( $I_{sc}$ )	12,5 A
Tensão de circuito aberto ( $V_{oc}$ )	51 V

Tabela 1 – Especificações técnicas do módulo fotovoltaico.

O próximo passo é encontrar a quantidade de módulos necessário para atender a unidade consumidora. Através da Equação (1) é possível encontrar a energia gerada por cada módulo fotovoltaico.

$$E_m = I_R L_1 L_2 \eta_m \eta_{stm} \quad (1)$$

Onde  $L_1$  e  $L_2$  são o comprimento e a largura do módulo fotovoltaico, respectivamente.  $\eta_m$  é a eficiência dos módulos fotovoltaicos e  $\eta_{stm}$  é a eficiência do sistema fotovoltaico como um todo. Para o projeto em questão, foi adotado uma eficiência do sistema de 81% e eficiência do módulo de 20,3% (conforme disponibilizado pelo fabricante). Além, do mais, o comprimento e largura do módulo é de 2,22 m e 1,108 m, respectivamente.

Aplicando a Equação (1), é possível encontrar a energia gerada por dia em cada módulo, sendo de 1,9778 kWh/dia o valor encontrado. Neste contexto, para determina o total de módulos fotovoltaicos que serão usados, tem-se:

$$N_{T,m} = \frac{L}{E_m} \quad (2)$$

Aplicando a Equação (2), foi encontrado um total de 100 módulos aproximadamente. O dimensionamento de *strings* tanto em série quanto em paralelo será visto no próximo tópico, tendo em vista a necessidade das informações do inversor fotovoltaico para o detalhamento de tal configurações.

## 2.2 DIMENSIONAMENTO DOS INVERSORES

Os módulos serão ligados em um único inversor. O inversor escolhido foi da marca Deye, modelo SUN-40K-G, sendo que cada *MPPT* (do inglês, *Maximum Power Point Tracking*) irá receber seis *strings*. A tabela 2 exibe as demais informações do inversor.



ESPECIFICAÇÕES DO INVERSOR	VALOR
Tensão CA de saída	380 V
Potência nominal (CA)	40 kW
Potência de pico	44 kVA
Máxima potência PV	52 kW
Máxima tensão PV	1000 Vcc
Corrente Máxima PV	33+33+33 A
Eficiência do inversor	98,7%
Peso	54 kg

Tabela 2 : Especificações técnicas do inversor.

Através dos valores de tensão e corrente CC máxima do inversor, é possível chegar no dimensionamento dos módulos FV (Fotovoltaicos) em série e paralelo. Afim de assegurar o funcionamento seguro do inversor e aumentar a eficiência do sistema, foi definido que as *strings* terão a quantidade mais próximas possível de módulos fotovoltaicos. A configuração escolhida para esse sistema foi de 4 *strings* de 17 módulos e 2 *strings* de 16 módulos ligados em série, sendo que esse inversor possui 3 MPPTs com 2 entradas por MPPT ligadas em paralelo. Neste contexto, pode-se perceber que a combinação fotovoltaica atendem os seguintes requisitos:

- 1) Potência PV instalada é menor que a potência máxima CC do inversor. Pode-se perceber que a máxima potência CC é de 52 kW e a potência PV instalada é de 50 kW (100x500W).
- 2) A corrente de curto circuito das *strings* são menores que a corrente máxima CC do inversor. Percebe-se que a corrente máxima CC do inversor é de 33 A e a corrente máxima CC pra cada MPPT será de 25 A (12,5Ax2).

- 3) A tensão máxima CC do inversor é menor que a tensão de circuito aberto de cada *string* dos módulos fotovoltaicos. A tensão máxima CC do inversor é de 1000 V e a tensão máxima de cada string será de 867 V.

Este inversor tem a característica de ter uma tensão de saída de 380V, requerendo um autotransformador 220/380V, que será detalhado no tópico seguinte.

### 2.3 TRANSFORMADOR

Será usado um autotransformador a seco com potência nominal de 40 kVA e tensões 380/220 V para conectar o inversor, cuja tensão de saída entre fases é 380 V.

Afim de otimizar e economizar energia, foi instalado, juntamente com a proteção CA, um contator e um *timer* para acionar o transformador apenas no horário de 6 horas da manhã até 18 horas da noite, devido as características desse transformador consumir uma potência a vazio, sendo uma energia considerável nesse nível de potência.



Figura 6: Transformador a seco instalado da usina.

## 2.4 DIMENSIONAMENTO DA PROTEÇÃO

Para proteção dos equipamentos instalados e dos circuitos já existentes na instalação, serão instaladas três *stringboxes*:

- Uma entre os módulos fotovoltaicos e o inversor, contendo, cada uma, duas chaves seccionadoras com tensão máxima de 1000 V (CC) e corrente máxima de 16 A. Além disso, tem-se dois DPS (Dispositivo de Proteção contra Surto) CC Classe II, com tensão máxima de 1000 V (CC) e corrente máxima de 40 kA.
- Também será instalada uma caixa com dispositivos de proteção CA entre o Inversor e o transformador 380/220 V, contendo um disjuntor tripolar de 80 A.
- Entre o transformador 380/220 V e o padrão de entrada, haverá outra caixa de proteção CA, contendo um disjuntor tripolar de 125 A e DPS CA de 275V.

É válido ressaltar que todos os equipamentos de proteção foram dimensionados considerando o limite de operação do inversor, módulos fotovoltaicos e do transformador.



Figura 7: Quadro de proteção do lado de baixa do transformador e controle do transformador.



Figura 8: Quadro de proteção do lado de alta do transformador.

## 2.5 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS CC

O cabo utilizado para interligar os módulos fotovoltaicos ao inversor, passando pela *stringbox*, será o AtoxSil Solar 1,8K. Recomendado para instalações elétricas que necessitem de condutores elétricos resistentes à radiação UV, expostos ao tempo. Em relação a bitola do cabo foi definido através da recomendação do fabricante que o cabo usado na instalação será o 6mm<sup>2</sup>.

## 2.6 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS CA

É possível visualizar na Figura 2 que o inversor ficará em uma distância considerável do padrão onde será conectada a ligação CA. Porém, a critério do cliente, visando uma ampliação futura e o aumento de cargas no local da instalação, ele assumiu a obra de infraestrutura subterrânea, levando os cabos CA até o inversor. O cabo escolhido por ele descartando a possibilidade de queda de tensão e viabilizando a ampliação foi de 70mm<sup>2</sup>. Mesmo assim um cálculo de cabeamento foi feito para confirmar que o cabo de 70mm<sup>2</sup> seria

satisfatório e através da Tabela 3 e possível determinar que qualquer seção acima de 50mm<sup>2</sup> atenderia a usina.

Dados da usina FV	Valor	Unidade
Potência CA	40000	W
Tensão RMS de linha	220	V
Tipo de sistema	Trifásico	-
Corrente RMS nominal	104,9727762	A
Corrente de projeto	104,9727762	A
Distância do transformador	100	m
Queda de tensão admissível do ponto de entrega	2	%
Impedância mínima nestas condições	0,419156295	V/Akm

Critério seção mínima	2,5	mm <sup>2</sup>
Critério da capacidade de condução de corrente	35	mm <sup>2</sup>
Critério da queda de tensão	50	mm <sup>2</sup>
<b>Seção final</b>	<b>50</b>	<b>mm<sup>2</sup></b>

Tabela 3 : Cálculo de dimensionamento cabeamento AC.

## 2.7 ATERRAMENTO

O método de aterramento escolhido foi o tipo TT conforme a figura 10, este tipo de sistema combina os dois em um só, onde em uma parte do circuito o Terra e o Neutro são separados. Para aterramento da estrutura metálica de fixação dos módulos fotovoltaicos, da carcaça dos módulos, do transformador, e para o aterramento do inversor será usado o aterramento feita na propriedade, contendo 3 hastes de cobre de com seção de 16mm<sup>2</sup> e comprimento de 2,4m.

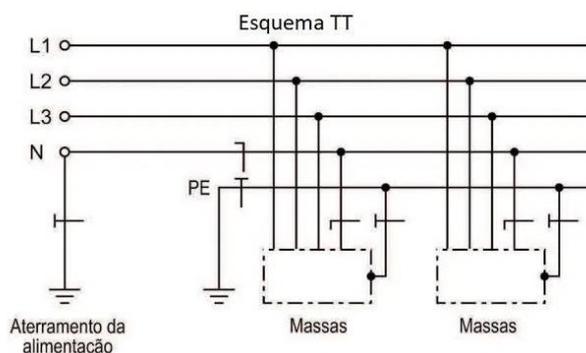


Figura 9: Sistema TT.

## 2.8 ESTRUTURA DE FIXAÇÃO

Para a fixação dos módulos no telhado foram utilizadas um perfil denominado Mini Trilho. O Mini Trilho é o suporte para a utilização em telha metálica, que substitui o perfil de alumínio convencional, conforme observado na Figura 11. O mini trilho é instalado em telha metálica trapezoidal, podendo obedecer a orientação do painel na vertical ou na horizontal.



Figura 10: Mini Trilho que será utilizado na instalação.

## 2.9 ESTUDO DE CASO

Por fim, após todo processo de instalação, a usina entrou em operação no dia 10/05/2021, sendo homologada e aprovada pela concessionária de energia local (Energisa). A figura 12 e 13 a seguir mostram o processo de instalação da usina e a parte elétrica finalizada.



Figura 11: Processo de instalação dos módulos fotovoltaicos da usina.



Figura 12: Instalação do inversor fotovoltaico e o sistema de proteção.

Com a usina em funcionamento e através do software de monitoramento (Solarman), os dados da usina foram totalmente satisfatórios e atendendo a necessidade do cliente e cumprindo com a geração esperada.

A Figura 14 a seguir mostra os dados de geração da usina do dia 10/05/2021 até 31/12/2021. Vale ressaltar que os três primeiros meses, a conexão com a internet no local era comprometida e os dados de geração não estão reais. Entretanto, a partir do mês de agosto até dezembro, a conexão foi resolvida e os dados estão atualizados.

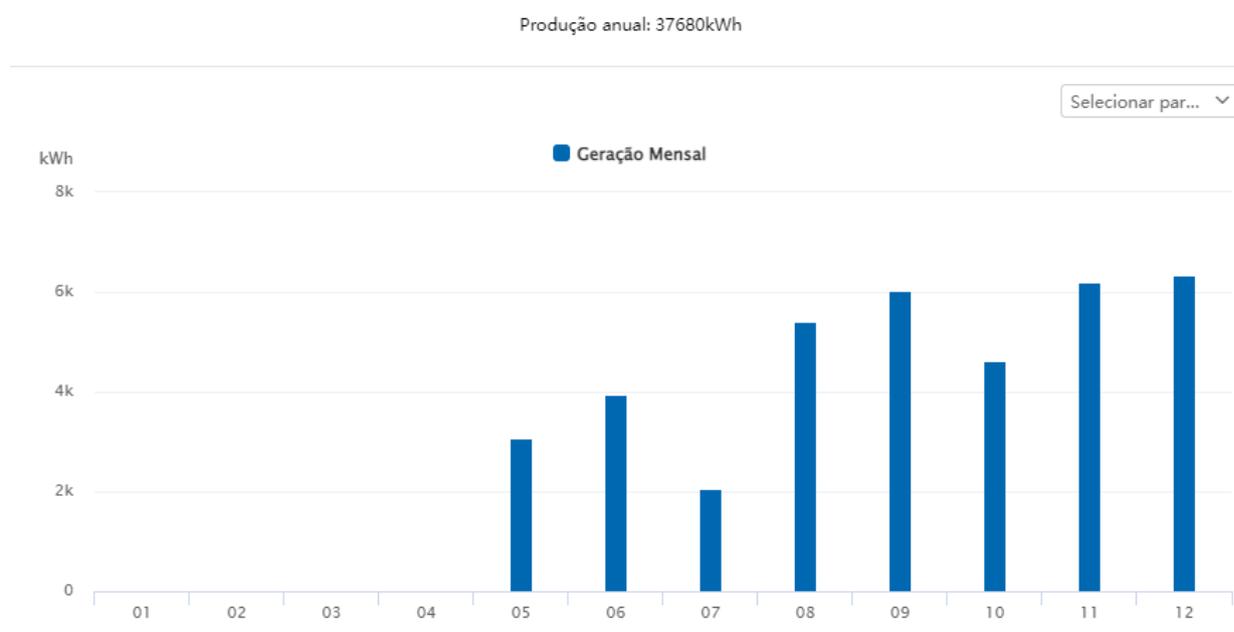


Figura 13: Dados de geração da usina no ano de 2021.

Além da contribuição financeira, a usina solar fotovoltaica retribui de outras formas para a natureza. Essa usina com potência de 40 kW já gerou 48 MWh e reduziu a emissão de 53 toneladas de CO<sub>2</sub>, aproximadamente 144 árvores plantadas. O cálculo desses dados é feito através do Software do inversor que é disponibilizado para o cliente de acordo com a Figura 15.



Figura 14: Dados de contribuição social da usina FV.

Após virmos toda parte técnica e como a usina está hoje, também é necessário apresentarmos a viabilidade econômica e analisar o retorno e a viabilidade dos investimentos, e o que será abordado no próximo Capítulo 3.

### 3- Análise de Viabilidade Econômica

Este capítulo tem objetivo verificar e analisar a viabilidade econômica do sistema projetado, onde será realizado um levantamento financeiro levando em base o consumo do cliente e o custo de toda a usina.

Com base nos dados coletados, o sistema proposto para o Clube Botafogo F.C. em estudo é composto dos equipamentos descritos na Figura 15, com o respectivo investimento necessário.

<b>Descrição do Sistema:</b>	
<b>Produto:</b>	<b>Quantidade</b>
Painel Fotovoltaico Risen 500W	100
Inversor Deye 40kW 380V 3MPPT	1
Transformador 380/220V 40kVA	1
Stringbox CC	1
Quadro de proteção e distribuição CA	1
Estrutura completa de fixação dos painéis	1
<b>Preço total:</b>	<b>R\$ 171.000,00</b>
<b>Proposta sem o cabeamento da quadra até o padrão de energia.</b>	
Cabeamento AC Quadra->Padrão (Cobre 70mm <sup>2</sup> XLPE) : Incluindo tubulação com caixas de passagem e mão de obra	R\$25.000,00

Figura 15: Investimento da usina FV.

### 3.1 COMPRA DO MATERIAL

Primeiramente é importante analisar as variáveis da conta de energia do cliente. O primeiro passo é detalhar o consumo, tarifa, iluminação pública entre outros parâmetros, como o reajuste da conta de energia e TMA (Taxa mínima de atratividade), como mostra na Tabela 4.

		Consumo de energia (kWh)	
		Mês	kWh
Ano	Janeiro		6.671
	Fevereiro		5.307
	Março		5.012
	Abril		5.534
	Maio		5.400
	Junho		5.362
	Julho		6.906
	Agosto		5.855
	Setembro		5.678
	Outubro		6.488
	Novembro		6.233
	Dezembro		6.772
		Média (mês)	<b>5.935</b>
		Média (dia)	<b>195,1</b>
		Consumo anual - kWh	<b>71.218</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>71.218</b>
Variáveis Financeiras			
Reajuste da conta de energia:		5%	
Número de trafos		1	
Taxa de juros do financiamento		9%	
TMA		9%	
Tarifa Energia (R\$)		0,864	
Iluminação pública (R\$)		21,59	
Mínimo - Trifásico		100	

Tabela 4 : Consumo de energia e variáveis financeiras.

Com os valores de consumo do cliente, o dimensionamento da usina foi feito, e através dos equipamentos selecionados como visto no capítulo 2, um orçamento foi finalizado e a compra do Kit foi feita como visto na Tabela 5.

Projeto - Telhado - Equipamento Escolhidos		
Kit projetado	Potência do módulo (Wp)	500
	Número de módulos	100
	Potência do inversor (kW)	40
	Número de inversores	1
	Potência dos inversores (kW)	40
	<b>Preço do kit</b>	R\$ 112.589,26
	Custo da instalação (R\$ / W)	1,4602685
	<b>Mão de obra (R\$)</b>	R\$ 58.410,74
<b>Custo total</b>		R\$ 171.000,00

Tabela 5 : Projeto dos equipamentos escolhidos.

### 3.2 ANÁLISE DE DESPESAS: MANUTENÇÃO, LIMPEZA, CONCESSIONÁRIA, TROCA DE EQUIPAMENTOS

Um dos custos que se deve levar em consideração e a manutenção preventiva e corretiva da usina que é de grande importância para o sistema FV. Foi determinado, junto com o cliente, uma visita técnica de um profissional qualificado a fim de promover um comissionamento de todo o sistema. Essa visita será periódica juntamente com a limpeza prevista 2 vezes por ano como mostra na Tabela 6. Neste contexto, observa-se que o gasto com manutenção e limpeza será de 300 reais no primeiro ano com o reajuste anual de 5%.

Limpeza	
<b>Mão de obra - Valor da diária</b>	R\$ 150,00
Número de dias	1
Número de vezes por ano	2
Reajuste no preço por ano	5%
<b>Total</b>	R\$ 300,00

Tabela 6 : Custo de manutenção e limpeza do sistema.

O kit mencionado no parágrafo anterior inclui uma garantia de 10 anos sobre o inversor fotovoltaico, no entanto, afim de manter uma segurança foi levantado o custo de um inversor novo após 10 anos do sistema a um valor de R\$ 20.000,00 reais.

### 3.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE

O estudo objetivou analisar a viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética em um Clube. A Tabela 8 a seguir mostra as despesas durante 10 anos. Os valores da tarifa, iluminação pública, mínimo e despesas foi levada em consideração os reajustes demonstrados na Tabela 7, a produção de energia também foi considerado uma perda de 1% de geração por ano.

Ano	Invest. R\$	R\$/kWh	Iluminação pública R\$	Pagamento Mínimo	Despesa Manutenção R\$	Produção kWh
0	R\$ 171.000,00	0,86	R\$ 259,08	R\$ 1.036,80	R\$ 300,00	77.379
1	-	0,91	R\$ 272,03	R\$ 1.088,64	R\$ 315,00	76.605
2	-	0,95	R\$ 285,64	R\$ 1.143,07	R\$ 330,75	75.839
3	-	1,00	R\$ 299,92	R\$ 1.200,23	R\$ 347,29	75.080
4	-	1,05	R\$ 314,91	R\$ 1.260,24	R\$ 364,65	74.330
5	-	1,10	R\$ 330,66	R\$ 1.323,25	R\$ 382,88	73.586
6	-	1,16	R\$ 347,19	R\$ 1.389,41	R\$ 402,03	72.850
7	-	1,22	R\$ 364,55	R\$ 1.458,88	R\$ 422,13	72.122
8	-	1,28	R\$ 382,78	R\$ 1.531,83	R\$ 443,24	71.401
9	-	1,34	R\$ 401,92	R\$ 1.608,42	R\$ 465,40	70.687
10	R\$20.000,00	1,41	R\$ 422,01	R\$ 1.688,84	R\$ 488,67	69.980

Tabela 7 : Custos e despesas durante 10 anos.

Após todo detalhamento de custo agora e possível traçar um payback para a usina em questão. A Tabela 8 mostra a fluxo de caixa já com todos os parâmetros analisados nos tópicos anteriores e o resultado para um payback para essa usina ficou em torno de 2 anos apresentando um retorno ótimo e satisfatório.

Receita R\$	Despesa Total R\$	Fluxo de Caixa	Saldo Acumulado	Fluxo Descont.	Fluxo Descont.	Ano
61.532	1.596	- 111.064	- 111.064	- 111.064	- 111.064	0
64.609	1.676	62.933	- 48.130	57.737	- 53.327	1
67.839	1.759	66.080	17.950	55.618	2.292	2
71.231	1.847	69.384	87.334	53.577	55.869	3
74.793	1.940	72.853	160.187	51.611	107.480	4
78.533	2.037	76.496	236.683	49.717	157.197	5
82.459	2.139	80.321	317.003	47.893	205.089	6
86.582	2.246	84.337	401.340	46.135	251.224	7
90.911	2.358	88.553	489.893	44.442	295.666	8
95.457	2.476	92.981	582.875	42.811	338.477	9
99.482	2.600	76.149	653.364	32.166	366.818	10

Tabela 8 : Fluxo de caixa em 10 anos.

Os resultados revelaram que o projeto da implantação de energia solar fotovoltaica como alternativa para redução de custos e de diversificação energética é viável para o período analisado, considerando os dados projetados conclui-se que, além de reduzir custos e de apresentar viabilidade econômico financeira para o Clube Botafogo F.C., a energia solar, uma das mais importantes dentre as fontes de energias renováveis, gerará benefícios inestimáveis também ao meio ambiente.

## 4- Projeto Elétrico

Este capítulo tem objetivo detalhar como será feito o projeto elétrico FV, detalhando o diagrama unifilar e memorial e também apresenta a planta de localização.

### 4.1 PLANTA DE LOCALIZAÇÃO

A localização da instalação e de grande importância para a concessionária de energia local e deve estar presente no memorial descritivo. No projeto executado para essa instalação a planta de localização (mostrada na Figura 17) estará presente tanto no diagrama quanto no memorial, sendo que uma pratica muito funcional e a utilização de fotos como a figura 18 do Google Maps indicando onde será a usina.

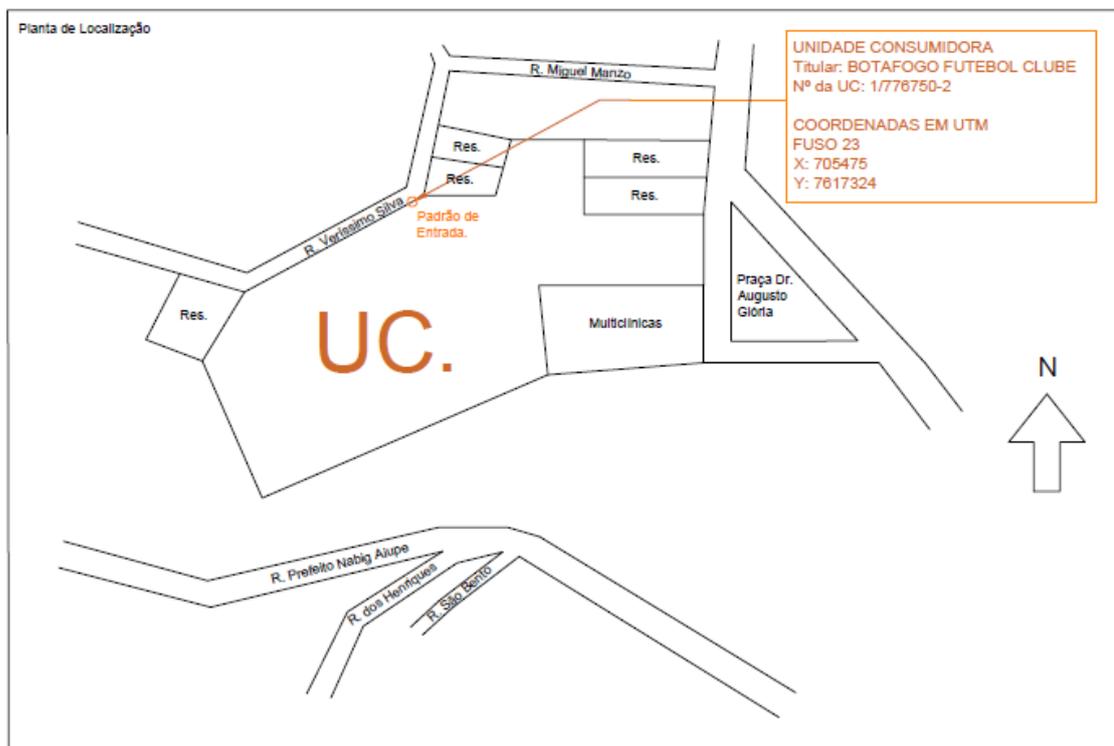


Figura 16: Planta de localização.



Figura 17: Planta de localização no Google Maps.

## 4.2 PROJETO ELÉTRICO: DIAGRAMA UNIFILAR

Com o objetivo de simplificar e generalizar o entendimento dos projetos elétricos fotovoltaicos, símbolos gráficos são utilizados para representar os diversos componentes destes sistemas. Toda planta elétrica deve conter: margem, conforme norma; etiqueta com todas as identificações do proprietário e informações básicas; legenda com a simbologia e especificação técnica; esquema unifilar ou multifilar, quando aplicável; detalhes de montagem, quando necessário; e especificação dos componentes elétricos. A Figura 18 apresenta a simbologia e a legenda comumente adotada em projetos elétricos fotovoltaicos.

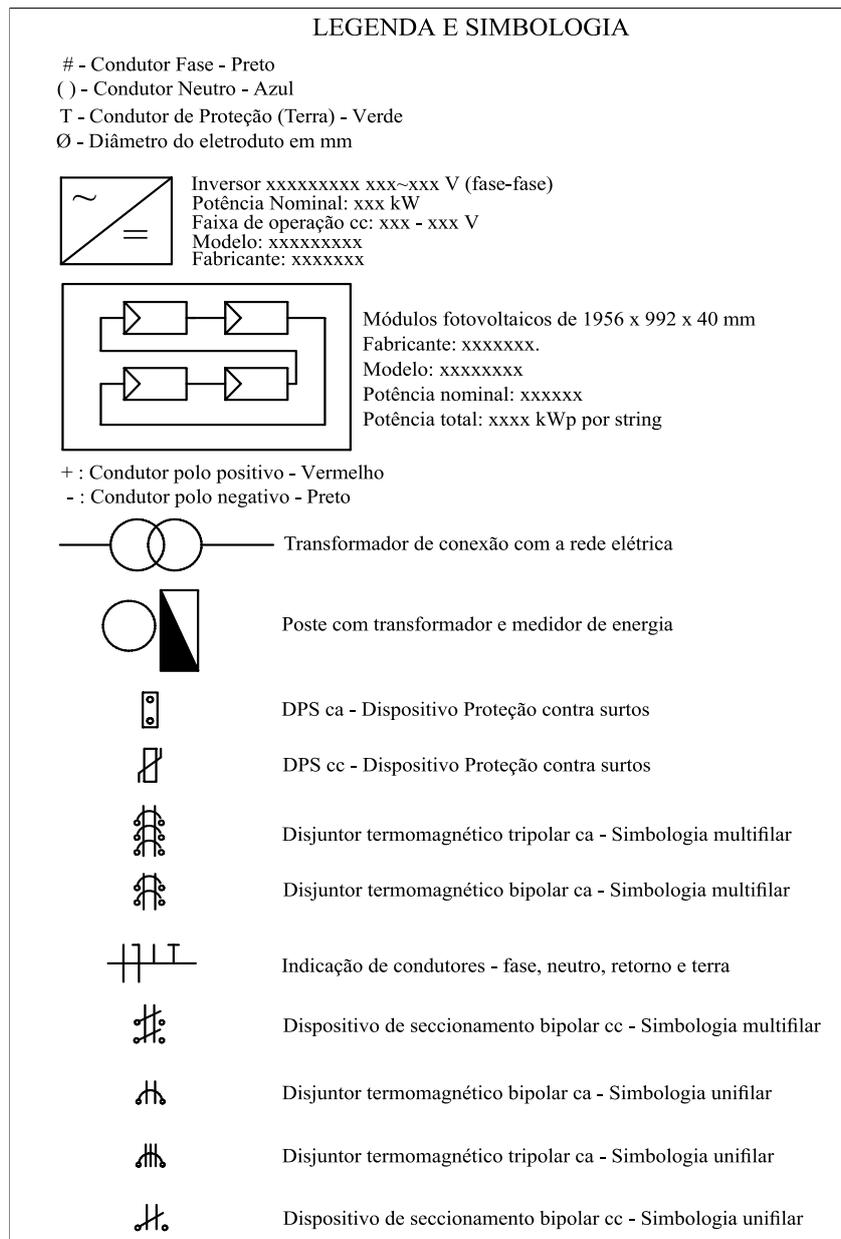


Figura 18: Simbologia e legenda utilizada em projetos de usinas fotovoltaicas.

O sistema de medição de energia deve ser bidirecional para as unidades consumidoras (UC) que aderirem ao sistema de compensação de energia. A energia ativa injetada e a consumida da rede são apuradas, para gerar descontos e créditos na fatura de energia da UC.

Antes da adesão ao sistema de compensação de energia, o padrão de entrada da unidade consumidora deve estar de acordo com as normas das concessionárias competentes. No caso da Energisa, as normas de distribuição NDU 019 e 020 precisam ser atendidas para o acesso à rede de distribuição. A Figura 19 apresenta o padrão de entrada de acordo com as exigências da

Energisa. Caso seja constatado qualquer procedimento irregular do padrão de entrada, ele deve ser readequado.

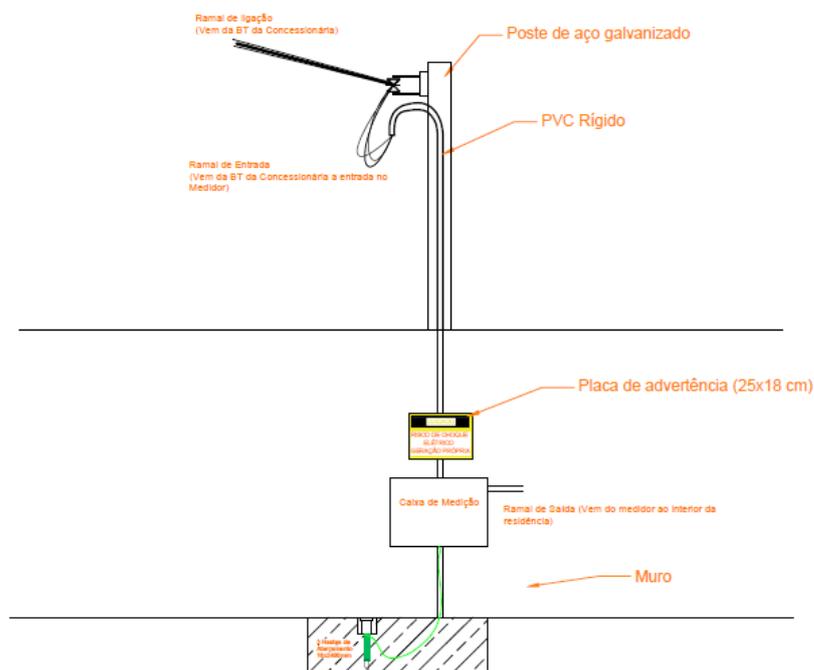


Figura 19: Padrão de entrada com caixa de medição e medidor bidirecional.

É possível notar a caixa de medição com medidor bidirecional. O dispositivo de seccionamento poderá ser instalado tanto na parte inferior quanto na lateral direita da caixa de medição. Além disso, junto ao padrão de entrada de energia próximo à caixa de medição, deverá ser instalada uma placa de advertência conforme mostrado na Figura 20.



Figura 20: Placa de advertência que deve ser instalada na usina FV, próxima à caixa de medição (medidas 20 x 15 cm).

O planejamento de interconexão dos diversos componentes do sistema de forma eficiente; a adequação do projeto com relação aos requisitos de segurança sob ponto de vista elétrico; e a verificação do cumprimento das normas e regulamentos técnicos aplicáveis constituem o projeto elétrico de uma usina FV. A escolha do tipo de condutores e bitola, dimensionamento do arranjo e inversores FV, especificação dos dispositivos de proteção e representação em planta baixa fazem parte das etapas do projeto elétrico.

A Figura 21 apresenta o digrama unifilar da instalação elétrica trifásica (3F+N) com tensão fase-fase (ou de linha) de 220 V eficaz. Uma usina solar fotovoltaica é conectada à esta UC, de onde as seguintes características elétricas do sistema podem ser enumeradas:

- ✓ Disjuntor tripolar ca de 200 A do padrão de entrada;
- ✓ Carga instalada existente na unidade consumidora de 60 kW;
- ✓ Condutores ca fase de bitola 95 mm<sup>2</sup> e neutro 95 mm<sup>2</sup>, isolação HEPR 1000 V em eletrodutos de 70 mm, no padrão de entrada;
- ✓ Medidor de energia bidirecional;
- ✓ Dispositivo de proteção contra surtos de 175 V (fase-terra), classe 2, corrente nominal (corrente projetada, na qual é capaz de desviar para o aterramento de proteção) de 20 kA;
- ✓ Condutores CA fase de bitola 70 mm<sup>2</sup>, isolação HEPR 1000V, dispostos em eletroduto de 5" (conecta a saída CA do inversor ao quadro geral da instalação);
- ✓ Disjuntor CA de 125 A no lado CA da string box;
- ✓ Condutores CC polos positivo e negativo de bitola 6 mm<sup>2</sup>, isolação XLPE 1000V (conecta o arranjo FV à entrada CC do inversor);
- ✓ Dispositivo de seccionamento CC de 16 A, tensão máxima de 1000 V de isolação no lado CC da string box;
- ✓ Dispositivo de proteção contra surtos CC de 1200 V, classe 2, corrente nominal (corrente projetada, na qual é capaz de desviar para o aterramento de proteção) de 20 kA;
- ✓ Inversor FV 40 kW CA, 380V CA, e faixa de operação CC 200-850V, com três MPPTs;
- ✓ Módulos fotovoltaicos 500 Wp dispostos em duas strings de 16 módulos e 4 strings de 17 módulos FV cada, totalizando 50 kWp de potência cc instalada.

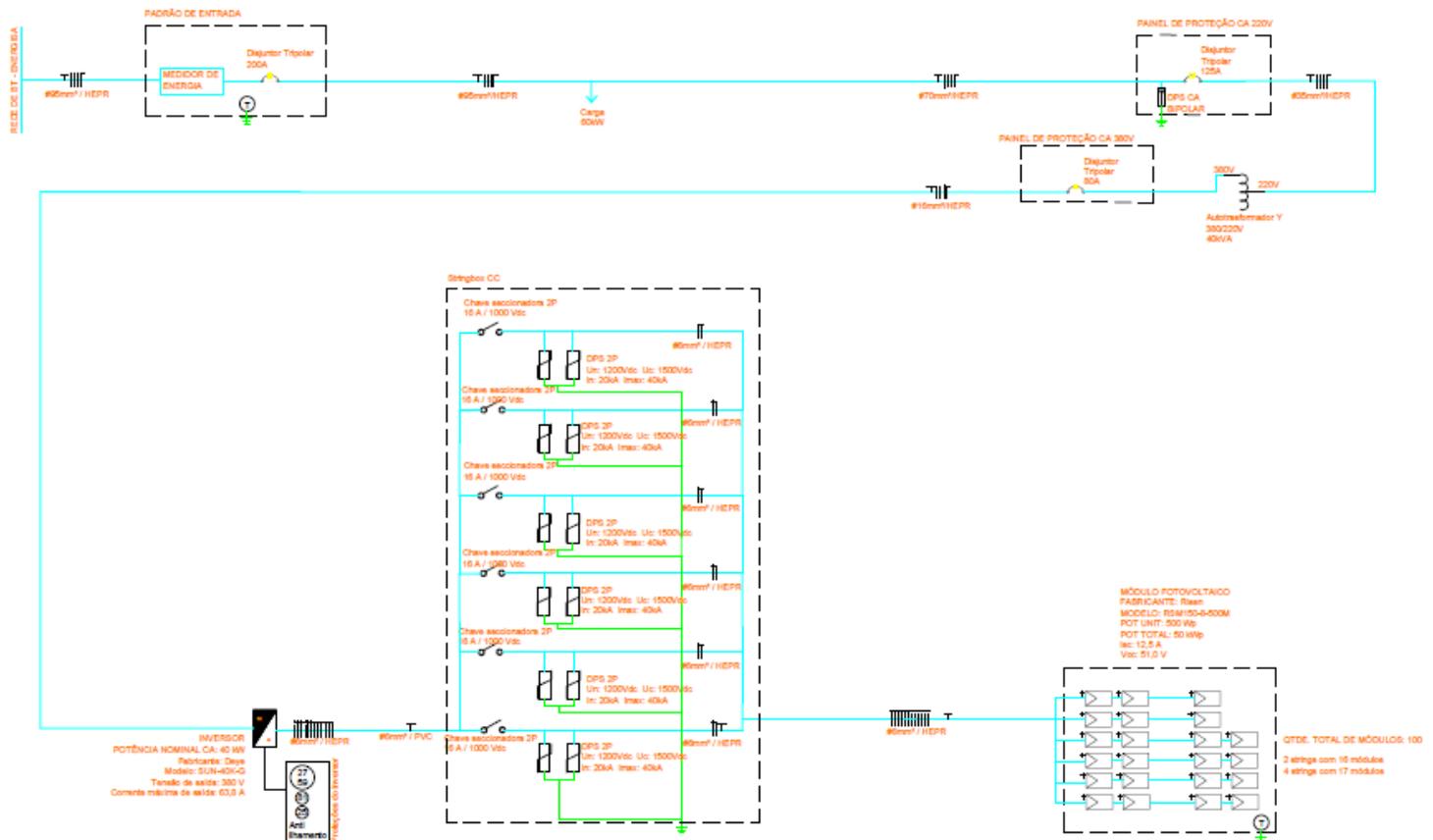


Figura 21: Diagrama unifilar da UC após a instalação da usina solar fotovoltaica. Simbologia adotada conforme Figura 18.

De acordo com a norma o diagrama requisitado pela Energisa e apenas o diagrama unifilar, não sendo necessário juntamente com os outros documentos enviar e projetar o diagrama multifilar.

### 4.3 MEMORIAL DESCRITIVO

O memorial descritivo é um documento elaborado antes de efetuar a instalação da usina solar fotovoltaica, na qual as informações do projeto devem estar descritas de forma detalhada e aprofundada. O objetivo, portanto, consiste em descrever os componentes presentes no sistema de microgeração ou minigeração de energia solar fotovoltaica em uma unidade consumidora de pessoa física. Os seguintes itens devem ser abordados neste documento:

- ✓ Dados do projetista, devidamente registrado no Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CREA), e da empresa responsável pelo projeto (se aplicável);

✓ Dados do titular da unidade consumidora e localização da UC (coordenadas geográficas, número da instalação, classe e característica de atendimento). O tipo de atividade desenvolvido na UC também é exigido, isto é, se é uma residência, escritório, escola, comércio, zona rural ou industrial, granja ou outra atividade econômica. O histórico ou média anual de consumo da UC pode ser anexado, em kWh/mês;

✓ Se o cliente enquadrar no fornecimento de BT, uma foto nítida do disjuntor do padrão de entrada deve ser anexada ao documento (deve permitir a identificação da corrente nominal do disjuntor);

✓ Descrição detalhada técnica dos módulos fotovoltaicos, inversores, estruturas de fixação, dispositivo de proteção, aterramento e outros componentes pertinentes;

✓ Previsão da produção energética da usina solar fotovoltaica anual;

✓ Anexos: folha de dados dos módulos fotovoltaicos, inversores, certificação de conformidade do inversor, formulário de solicitação de acesso, projeto elétrico e ART.

## 5- Referências Bibliográficas

- [1] Greener, “ESTUDO ESTRATÉGICO MERCADO FOTOVOLTAICO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA,” 2019.
- [2] ANEEL, [Online]. Available: <https://www.aneel.gov.br/a-aneel>.
- [3] ANEEL, [Online]. Available: <https://www.aneel.gov.br/prodist>.
- [4] SistemaOCB, “Formação de Cooperativas de Geração Distribuída,” 2017. [Online]. Available: <http://www.cbgd.com.br/2017/AUDA2610/Marco%20Morato%20%20OCB.pdf>. [Acesso em 09 12 2018].
- [5] ENERGISA. [Online]. Available: <https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/normas-tecnicas.aspx>.
- [6] Cresesb. [Online]. <http://www.cresesb.cepel.br/>.
- [7] Deye. [Online]. Available: <http://deyeinvestores.com.br/produto-categoria/inversor-string/>.
- [8] Risen. [Online]. <https://risenenergy.com/index.php?c=category&id=18>.

# 6- Anexos

## Anexo 1: Conta de energia do cliente

**BOTAFOGO FUTEBOL CLUBE**



**energisa**  
LIGADA NA SUA ENERGIA

Matriz - Energia Minas Gerais - Distribuidora de Energia S/A  
Av. Manoel Inácio Peixoto, 1200 - Distrito Industrial  
Cataguases / MG - CEP 36771-000  
CNPJ 19.527.439/0001-56 - Insc. Est. 153.056023-0000  
Nota Fiscal/Conta de Energia Eletrônica  
Série: B - NF: 002.356.843  
Emissão autorizada pelo Regime Especial/PTA nº  
16.000470247.01 - SEF/MG

Atendimento ao Cliente ENERGISA  
Ao ligar, tenha sempre em mãos a conta. **0800 032 0196** ligação gratuita [Acesse: www.energisa.com.br](http://www.energisa.com.br)

Emissão: 31/12/2019 Identificador para Débito Automático: 0000776750-2

CONTA REFERENTE A	APRESENTAÇÃO	DATA PREVISTA DA PROXIMA LEITURA	UC - UNIDADE CONSUMIDORA
<b>Dezembro/2019</b>	<b>06/01/2020</b>	<b>28/01/2020</b>	<div style="background-color: black; width: 100px; height: 20px;"></div>

DEMONSTRATIVO										
CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R\$)	Base Calc. ICMS (R\$)	Aliq. ICMS	ICMS (R\$)	Base Calc. PIS/COFINS (R\$)	PIS(R\$) COFINS(R\$) (1,0845%)	COFINS(R\$) (4,9955%)
0601	Consumo em kWh	6.042,000	0,864520	5.223,45	5.223,45	25	1.305,86	5.223,45	56,64	260,94
0601	Adic. B. Amarela			110,39	110,39	25	27,60	110,39	1,20	5,51
0601	Adic. B. Vermelha			22,80	22,80	25	5,70	22,80	0,25	1,14
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS										
0607	CONTRIBUICAO ILUM PUBLICA			21,59	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Código de Classificação do Item				Total	5.378,23	5.356,64	1.338,16	5.356,64	58,09	267,59

COMPOSIÇÃO DO CONSUMO		
DISCRIMINAÇÃO	VALOR (R\$)	%
DISTRIBUICAO ENERGISAMG	1.028,54	19,12
ENERGIA	1.988,77	36,98
DE TRANSMISSÃO	329,63	6,13
ENCARGOS SETORIAIS	444,86	8,27
IMPOSTOS DIRETOS E ENCARGOS	1.686,43	31,36
OUTROS SERVIÇOS	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>5.378,23</b>	<b>100,00</b>

<b>VENCIMENTO</b>	<b>TOTAL A PAGAR</b>
<b>14/01/2020</b>	<b>R\$ 5.378,23</b>
Reservado ao Fisco	

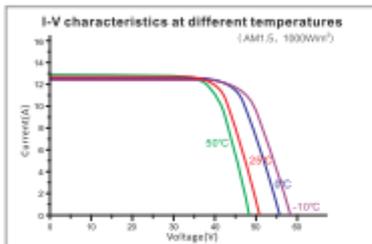
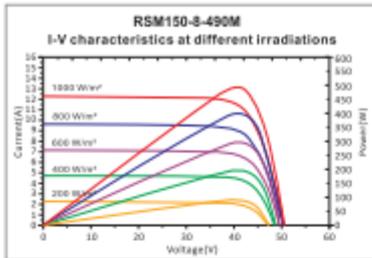
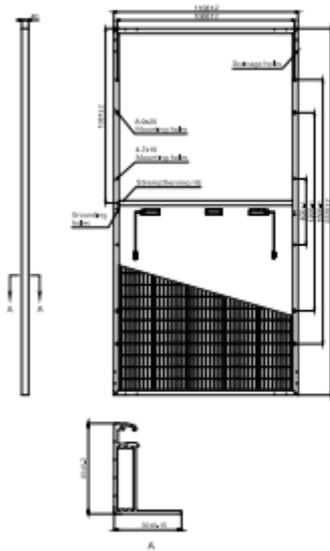
315d.977b.a4de.a339.ed17.4698.8fbb.2538

S100063182815 130120 007 0103.....5.378,23 0401

Matriz - Energia Minas Gerais - Distribuidora de Energia S/A - (Ref: 10/2019) - R\$ 2.049,16

## Anexo 2: Datasheet do módulo fotovoltaico

Dimensions of PV Module Unit: mm



**Our Partners:**

RSM150-M-9BB-EN-H1-2-2020

### ELECTRICAL DATA (STC)

Model Number	RSM150-8-480M	RSM150-8-485M	RSM150-8-490M	RSM150-8-495M	RSM150-8-500M
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	480	485	490	495	500
Open Circuit Voltage-Voc(V)	50.72	50.79	50.86	50.93	51.00
Short Circuit Current-Isc(A)	12.10	12.20	12.30	12.40	12.50
Maximum Power Voltage-Vmpp(V)	42.17	42.24	42.31	42.38	42.45
Maximum Power Current-Imp(A)	11.40	11.50	11.60	11.70	11.80
Module Efficiency (%) *	19.5	19.7	19.9	20.1	20.3

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.  
 \* Module Efficiency (%): Round-off to the nearest number

### ELECTRICAL DATA (NMOT)

Model Number	RSM150-8-480M	RSM150-8-485M	RSM150-8-490M	RSM150-8-495M	RSM150-8-500M
Maximum Power-Pmax (Wp)	359.3	363.1	366.8	370.6	374.4
Open Circuit Voltage-Voc (V)	46.86	46.73	46.79	46.86	46.92
Short Circuit Current-Isc (A)	9.92	10.00	10.09	10.17	10.25
Maximum Power Voltage-Vmpp (V)	38.63	38.69	38.76	38.82	38.88
Maximum Power Current-Imp (A)	9.30	9.38	9.47	9.55	9.63

NMOT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

### MECHANICAL DATA

Solar cells	Monocrystalline 210×70mm
Cell configuration	150 cells (5×15+5×15)
Module dimensions	2220×1108×40mm
Weight	28.5kg
Superstrate	High Transmission, Low Iron, Tempered ARC Glass
Substrate	White Back-sheet
Frame	Anodized Aluminium Alloy type 6063T5, Silver Color
J-Box	Potted, IP68, 1500VDC, 3 Schottky bypass diodes
Cables	4.0mm² (12AWG), Positive(+) 270mm, Negative(-) 270mm
Connector	Risen Twinsel PV-SY02, IP68

### TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	44°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.29%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.05%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.37%/°C
Operational Temperature	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage	1500VDC
Max Series Fuse Rating	25A
Limiting Reverse Current	25A

### PACKAGING CONFIGURATION

	40ft(HQ)
Number of modules per container	540
Number of modules per pallet	27
Number of pallets per container	20
Packaging box dimensions (LxWxH) in mm	2250×1130×1240
Box gross weight[kg]	825

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.  
 ©2020 Risen Energy. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

THE POWER OF RISING VALUE

## Anexo 4: Datasheet do inversor



SUN-30 / 33 / 35 / 40 / 50 K-G

## Especificações Técnicas

Modelo	SUN-30K-G	SUN-33K-G	SUN-35K-G	SUN-40K-G	SUN-50K-G
Fonte de Energia	Ligado à Rede FV				
<b>Lado de Entrada</b>					
Max. Potência de Entrada CC (kW)	36	36	39.6	52	65
Max. Tensão de Entrada CC (V)	1000				
Tensão de Entrada CC inicial (V)	250				
Faixa de operação MPPT (V)	200~850				
Max. Corrente de Entrada CC (A)	33+33	33+33	33+33+33	33+33+33	33+33+33+33
Número de MPPT / Strings por MPPT	2/3	2/3	3/3	3/3	4/3
<b>Lado de Saída</b>					
Potência de Saída Nominal (kW)	30	33	35	40	50
Máx. Potência Ativa (kW)	33	36	38.5	44	55
Tensão Nominal da Rede CA (V)	380/400				
Faixa de Tensão da Rede CA (V)	277~460				
Frequência da Rede Nominal (Hz)	50/60 (Opcional)				
Fase de Operação	Tri Fásico				
Corrente Nominal de Saída da rede CA (A)	43.5	48	50.7	58	72.4
Max. Corrente de Saída CA (A)	47.85	52.8	55.8	63.8	79.64
Fator de Potência de Saída	>0.99				
Corrente da Rede THD	<3%				
Corrente de Injeção CC (mA)	<0.5%				
Faixa de Frequência da Rede	47~52 or 57~62 (Opcional)				
<b>Eficiência</b>					
Eficiência Máx.	98.7%				
Eficiência Euro	98.3%				
Eficiência MPPT	>99%				
<b>Proteção</b>					
Proteção Contra Polaridade Reversa CC	Sim				
Proteção Contra Curto-circuito CA	Sim				
Proteção de Sobrecorrente de Saída CA	Sim				
Proteção de Sobretensão de Saída	Sim				
Proteção de Resistência de Isolamento	Sim				
Monitoramento de Falha à Terra	Sim				
Proteção Contra Surtos	Sim				
Proteção de Isolamento	Sim				
Proteção de Temperatura	Sim				
Interruptor CC Integrado	Opcional				
<b>Dados Gerais</b>					
Tamanho (mm)	700Lx575Ax297P				
Peso (kg)	54				
Topologia	Sem Transformador				
Consumo Interno	<1W(Noite)				
Temperatura de Funcionamento	-25~60 C				
Índice de Proteção	IP65				
Emissão de Ruído (Típica)	<30 dB				
Conceito de Refrigeração	Arrefecimento Inteligente				
Máx. Altitude de Operação Sem Desclassificação	2000m				
Vida Útil Projetada	>20 anos				
Padrão de Conexão à Rede	EN50549, IEC61727				
Umidade do Ambiente de Operação	0-100%				
Segurança EMC / Padrão	IEC62109-1/-2, AS3100, EN61000-6-1				
<b>Características</b>					
Conexão CC	MC-4				
Conexão CA	IP65 Plugue Classificado				
Display	LCD 240 x 160				
Interface	RS485/RS232				

