

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DA COMPUTAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

BRUNA CRISTINA SATIE ABE

PROJETO DE SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA COM
POTÊNCIA DE 1.004kWp/800kWca

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GOIÂNIA

2018

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC nº 1204/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG):

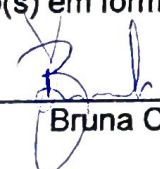
Nome completo do autor: Bruna Cristina Satie Abe

Título do trabalho: Projeto de Sistema de Geração Fotovoltaica com Potência de 1.004kWp/800kWca

2. Informações de acesso ao documento:

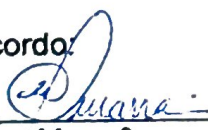
Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF do TCCG.



Bruna Cristina Satie Abe²

Ciente e de acordo:



Enes Gonçalves Marra²

Data: 14 / 12 / 2018

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² As assinaturas devem ser originais sendo assinadas no próprio documento, imagens coladas não serão aceitas.

BRUNA CRISTINA SATIE ABE

**PROJETO DE SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA COM
POTÊNCIA DE 1.004kWp/802kWca**

Trabalho de Conclusão de Curso de
Graduação em Engenharia Elétrica
apresentada como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica da Escola de
Engenharia Elétrica, Mecânica e da
Computação (EEEC) da
Universidade Federal de Goiás
(UFG).

Orientador: Prof. Dr. Enes G. Marra

GOIÂNIA

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Abe, Bruna

Projeto de Sistema de Geração Fotovoltaica com Potência de
1.004kWp/802kWca [manuscrito] / Bruna Abe. - 2018.
LXVII, 67 f.: il.

Orientador: Prof. Enes Marra.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de
Computação (EMC), Engenharia Elétrica, Goiânia, 2018.
Bibliografia. Anexos. Apêndice.

1. Energia solar fotovoltaica. I. Marra, Enes, orient. II. Título.

CDU 621.3



ATA DE AVALIAÇÃO DE PROJETO FINAL

Aos 14 dias do mês de dezembro do ano de 2018,

foi apresentado e defendido o Projeto Final intitulado Projeto de Sistema de Geração Fotovoltaica com Potência de 1004 kWp/802 kWca

perante a banca examinadora composta pelos membros:

1. Emes Gonçalves Manna, orientador e presidente;
2. José Wilson Lima Nerys; 3. Lourivaldo Matias.

Após a exposição do trabalho por parte do(s) autor(es), aluno(s) do curso de Engenharia Elétrica, foram lhe(s) atribuídas as seguintes notas pelos membros da banca:

Aluno(s)	Membro 1	Membro 2	Membro 3
<u>Bruna Cristina Satie Abe</u>	<u>10,0</u>	<u>10,0</u>	<u>10,0</u>
<u>— x —</u>	<u>— x —</u>	<u>— x —</u>	<u>— x —</u>

Nada mais havendo a registrar, eu, José Wilson Lima Nerys, designado secretário "ad hoc" da banca examinadora, lavrei a presente Ata do ocorrido, a qual, lida e considerada conforme, vai assinada por mim e pelos membros da banca.

Goiânia, 14 de dezembro de 2018.

Bruna
José Wilson Lima Nerys
Lourivaldo Matias

LISTA DE SÍMBOLOS

Vca – Volt em corrente alternada

Vcc – Volt em corrente contínua

W – Watt

Wca – Watt em corrente alternada

Wcc – Watt em corrente contínua

Wp – Watt pico

m² - metro quadrado

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre presente proporcionando momentos inesquecíveis, pela saúde e por me dar coragem para concluir o curso de graduação.

Aos meus pais Edson e Vânia, pelo incentivo, esforço e principalmente pelo apoio que me deram quando precisei.

À minha irmã Mailla, pelo apoio, broncas e risadas que fizeram o tempo que passei durante a graduação ser mais leve.

À coordenação, em especial ao professor Lourenço, que sem dúvidas não mediu esforços e me apoiou nos momentos mais difíceis, mostrando que sempre temos pessoas a nos ajudar seja onde for.

Ao meu orientador professor Enes por toda a dedicação e empenho na realização desse projeto.

RESUMO

ABE, Bruna. **Projeto de sistema fotovoltaico para atendimento de indústria de laticínios**. 2018. 80 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2018.

Esta monografia apresenta o projeto executivo de um sistema de geração fotovoltaica com potência nominal de 1.004kWp/800kWca a ser instalado em uma indústria de laticínios, localizada no município de Orizona – GO. O trabalho apresentou a metodologia de projeto de sistemas fotovoltaicos, demonstrando as etapas necessárias para sua elaboração, levando em conta as necessidades de consumo do cliente, o recurso solar disponível e as características físicas da instalação. A metodologia exposta foi aplicada ao caso em estudo, resultando no projeto executivo com a definição física do arranjo fotovoltaico e subarranjos, dimensionamento dos módulos, inversores fotovoltaicos e instalação elétrica com dimensionamento de cabos e dispositivos de manobra e proteção. O sistema foi projetado com potência nominal CC de 1.004kWp e potência nominal CA de 800kW, composto por 13 inversores com potência de 60kW e um inversor com potência de 20kW, conectados a 14 subarranjos que totalizam 2.790 módulos com potência nominal de 360Wp cada. Finalmente, é apresentada uma análise financeira a fim de determinar o valor presente líquido (VPL) e tempo de retorno do investimento a ser realizado.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica. Sistema fotovoltaico. Módulo Fotovoltaico. Inversor Fotovoltaico. Dimensionamento.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1: Matriz energética brasileira.....	14
Figura 1.2: Capacidade de instalada (MW).....	14
Figura 1.3: Número de usinas instaladas.....	15
Figura 1.4: Potência instalada (MW) de sistemas fotovoltaicos por UF.....	15
Figura 2.1: Exemplo de leitura de consumo de uma conta de energia.....	17
Figura:2.2: Composição da radiação global.....	19
Figura 2.3: Radiação solar no plano inclinado brasileiro.....	20
Figura 2.4: Dispositivos necessário na instalação.....	25
Figura 3.1: Planilha consumo com fator de correção grupo A.....	29
Figura 3.2: Modelo de estrutura de fixação.....	29
Figura 3.3: (a) e (b) Fotos do local de instalação da usina fotovoltaica.....	30
Figura 3.4: Local de instalação da usina fotovoltaica.....	31
Figura 3.5: Layout dos arranjos fotovoltaicos.....	34
Figura 3.6: Dados dos sub arranjos.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Principais tópicos das regulamentações publicadas.....	13
Tabela 2.1: Características principais dos módulos fotovoltaicos.....	21
Tabela 2.2: Características principais dos inversores.....	23
Tabela 2.4: Características principais do DPS.....	26
Tabela 3.1: Dados de irradiação solar no plano inclinado.....	31
Tabela 3.2: Principais características do módulo escolhido para o estudo.....	32
Tabela 3.3: Principais características inversor.....	32
Tabela 3.4: Características do projeto executivo.....	33
Tabela 3.5: Características dos DPSs.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

CONFAZ – Conselho Nacional de Política Fazendária

EMC – Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e Computação

FV – Fotovoltaico

ICMS – Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

NOCT – Nominal Operating Cell Temperature

PR – Performance Radio

REN – Resolução Normativa

SFV – Sistema Fotovoltaico

SPPM – Seguimento do Ponto de Potência Máxima

TNOC – Temperatura Nominal de Operação da Célula

UC – Unidade Consumidora

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS.....	9
LISTA DE SÍMBOLOS.....	4
SUMÁRIO	10
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 VISÃO GERAL E JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 OBJETIVOS	15
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 METODOLOGIA DE PROJETO.....	17
2.1 LEVANTAMENTO	17
2.2 DISPONIBILIDADE DO RECURSO SOLAR	18
2.1.1 Conceitos de radiação solar, irradiância solar e irradiação solar.....	18
2.1.2 Irradiação solar e correção por orientação e inclinação.....	19
2.1.3 Obstáculos	20
2.3 DIMENSIONAMENTO DO GERADOR FOTOVOLTAICO (GFV).....	21
2.4 DIMENSIONAMENTO DO INVERSOR.....	23
2.5 DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO	24
2.5.1 Cabos CC.....	24
2.5.2 Cabos CA	25
2.5.3 Dispositivos de proteção e manobra	25
2.6 DIMENSIONAMENTO DE ATERRAMENTO FUNCIONAL.....	26
2.7 PROCEDIMENTOS JUNTO À CONCESSIONÁRIA ENEL GOIAS	26
2.8 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONOMICO-FINANCEIRA	28
3 PROJETO EXECUTIVO	29
3.1 LEVANTAMENTO.....	29
3.2 DISPONIBILIDADE DO RECURSO – ORIZONA (GO).....	30
3.3 DIMENSIONAMENTO DO GERADOR FOTOVOLTAICO E INVERSOR.....	32
3.4 DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO	36
3.4.1 Cabos CA e CC.....	36
3.4.2 Dispositivos de proteção	37
3.5 PROCEDIMENTOS JUNTO À CONCESSIONÁRIA.....	38
3.6 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA FINANCEIRA	38
CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS.....	40
APÊNDICE I - DIAGRAMA UNIFILAR	42
APÊNDICE II - MEMORIAL DESCRITIVO	46
APÊNDICE III - FORMULÁRIOS ENEL GOIÁS	49
APÊNDICE IV – RESUMO DA ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA FINANCEIRA.....	52
ANEXO I – FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO.....	55
ANEXO II – FORMULÁRIO PARA REGISTRO DA CENTRAL GERADORA NA ANEEL	58
ANEXO III – DATASHEET DO MÓDULO FOTOVOLTAICO	60

ANEXO IV – DATASHEET DO INVERSOR	62
ANEXO V – DATASHEET DPS	67

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho será demonstrado as premissas e ações necessárias para a elaboração de um projeto executivo de 1.004kWp localizado no município de Orizona.

1.1 Visão geral e justificativa

O modelo atual do sistema energético brasileiro constituído principalmente por recursos hídricos, que tem como natureza ser um recurso finito, aliado à poluição gerada pelos combustíveis fósseis, têm alimentado o desenvolvimento de outras matrizes energéticas com cunho renovável e sustentável. Neste contexto a energia fotovoltaica se destaca por estar em um movimento crescente no cenário atual.

Este crescimento se dá primeiramente com a publicação da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012. A mesma, foi a responsável por regulamentar e estabelecer o sistema de compensação de energia para microgeração e minigeração distribuída. Posteriormente, houve a publicação da Resolução Normativa nº 687/2015, que alterou alguns itens da RN nº482/2012 no intuito de abranger outras modalidades de minigeração e microgeração distribuída, entre outros itens especificados na tabela 1.1. Além das RN da ANEEL, houve também, por parte do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), a publicação do Convênio 16/2015, em que celebrou entre a União e alguns Estados, a normatização do Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) no sistema de compensação de energia.

Tabela 1.1: Principais tópicos das regulamentações publicadas

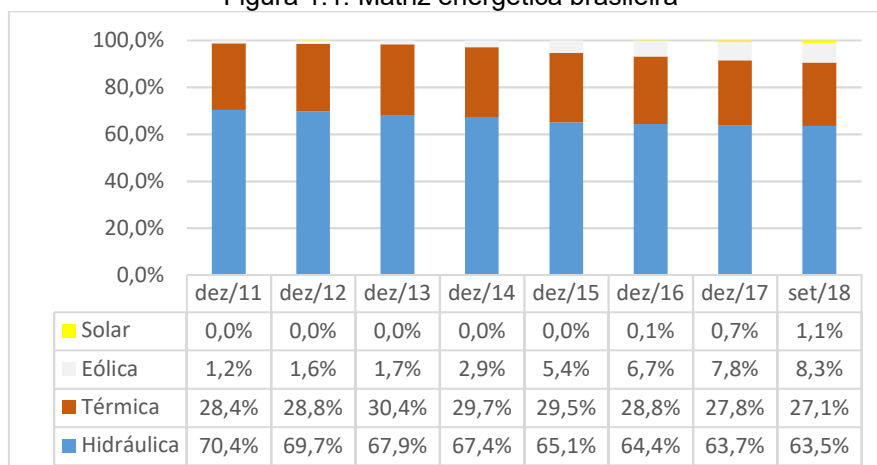
Regulamentações	Principais tópicos
RN Nº 482/2012	• Criou o sistema de compensação de energia • Estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída
RN Nº 687/2015	• Criou as modalidades de autoconsumo remoto, geração compartilhada e empreendimento com múltiplas unidades consumidoras • Elevou o limite da minigeração distribuída de 1MW para 5MW

	Aumentou a validade dos créditos de energia elétrica de 36 para 60 meses
Convênio ICMS 16/2015	Concedeu a isenção do ICMS nas operações relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o sistema de compensação de energia elétrica

Fonte: Autor (2018)

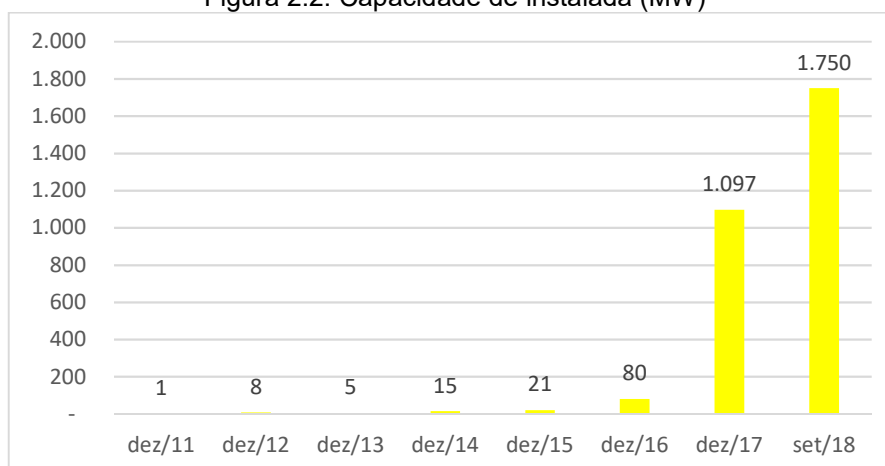
Considerando os dados emitidos pelo Ministério de Minas e Energia (MME) através do boletim mensal de monitoramento do sistema elétrico brasileiro, podemos constatar o forte crescimento da geração fotovoltaica a partir dos marcos regulatórios acima discutidos, apresentado nas figuras 1.1, 1.2 e 1.3.

Figura 1.1: Matriz energética brasileira



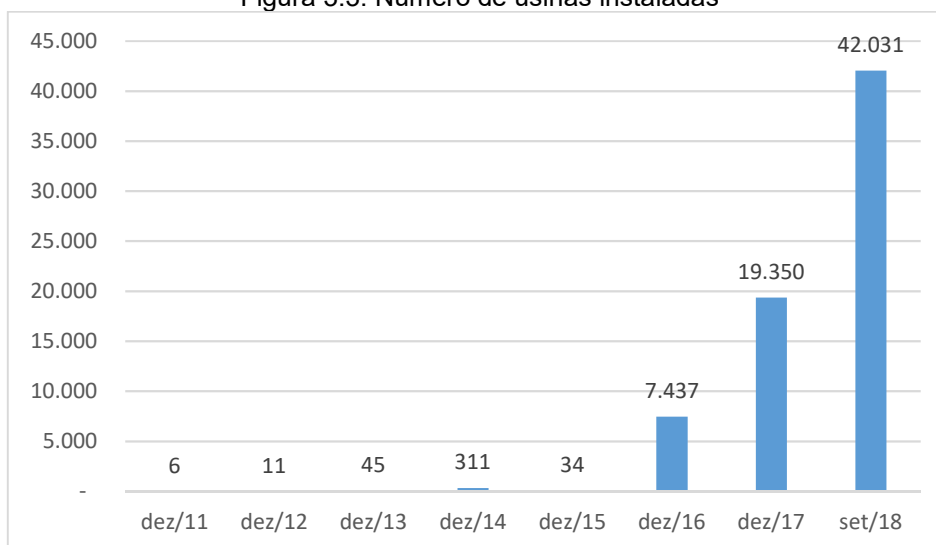
Fonte: Adaptado de MME (2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018)

Figura 2.2: Capacidade de instalada (MW)



Fonte: Adaptado de MME (2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018)

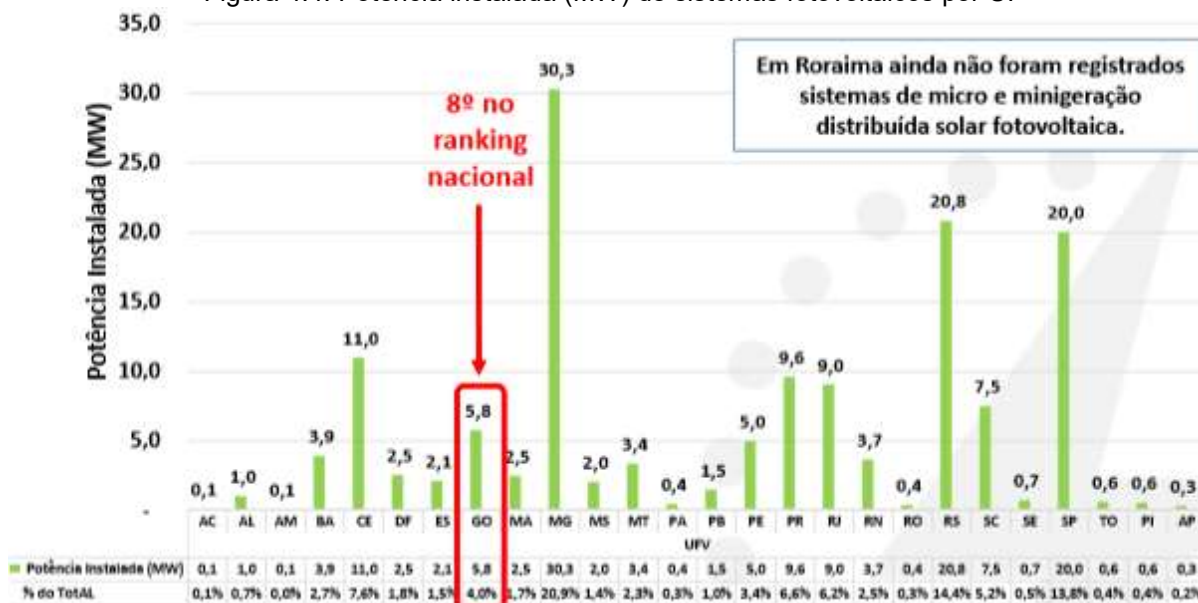
Figura 3.3: Número de usinas instaladas



Fonte: Adaptado de MME (2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018)

No estado de Goiás, além das resoluções já citadas, houve a criação do Programa Goiás Solar. Este programa fomentou ainda mais o mercado de energia solar fotovoltaica na região. Conforme figura 1.4, podemos perceber a relevância que o estado possui no cenário nacional.

Figura 4.4: Potência instalada (MW) de sistemas fotovoltaicos por UF



Fonte: ANEEL/ABSOLAR. 2017

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um projeto contendo os documentos necessários para solicitação de acesso junto a concessionária de energia

elétrica ENEL Goiás. Também como parte deste trabalho, tem-se os conceitos básicos de projeto de uma minigeração distribuída e conceitos econômicos necessários para determinar o sucesso do investimento.

Os objetivos propostos serão realizados através dos seguintes objetivos específicos:

1. Apresentar a metodologia para realizar o projeto executivo, partindo da análise de consumo, dos dados solarimétricos e dados do local
2. Apresentar a metodologia para realizar o estudo de viabilidade econômica, estimando o sucesso do investimento através de indicadores
3. Escolher os equipamentos da instalação e a partir deles, dimensionar o restante dos componentes elétricos necessários.

1.3 Estrutura do trabalho

A presente monografia encontra-se dividida em 4 capítulos, sendo o primeiro, este capítulo introdutório.

O capítulo 2 trata-se da metodologia necessária para a elaboração de um projeto elétrico de minigeração distribuída, bem como a modelagem de viabilidade econômico-financeira e procedimentos para aprovação do mesmo na concessionária de energia ENEL Goiás.

O capítulo 3 apresenta a aplicação da metodologia descrita no capítulo anterior no caso específico da usina fotovoltaica para atendimento de uma fábrica de laticínios.

O capítulo 4 faz as considerações finais, observando as conclusões gerais do trabalho.

Os apêndices A, B, C e D apresentam, respectivamente, o diagrama unifilar, memorial descritivo, formulários da concessionária preenchidos e resumo da análise de viabilidade econômica financeira do projeto.

Os anexos I, II, III, IV e V apresentam respectivamente, os formulários da ENEL Goiás para solicitação de acesso e cadastro da unidade geradora, e os datasheets do módulo fotovoltaico, inversor e DPS's.

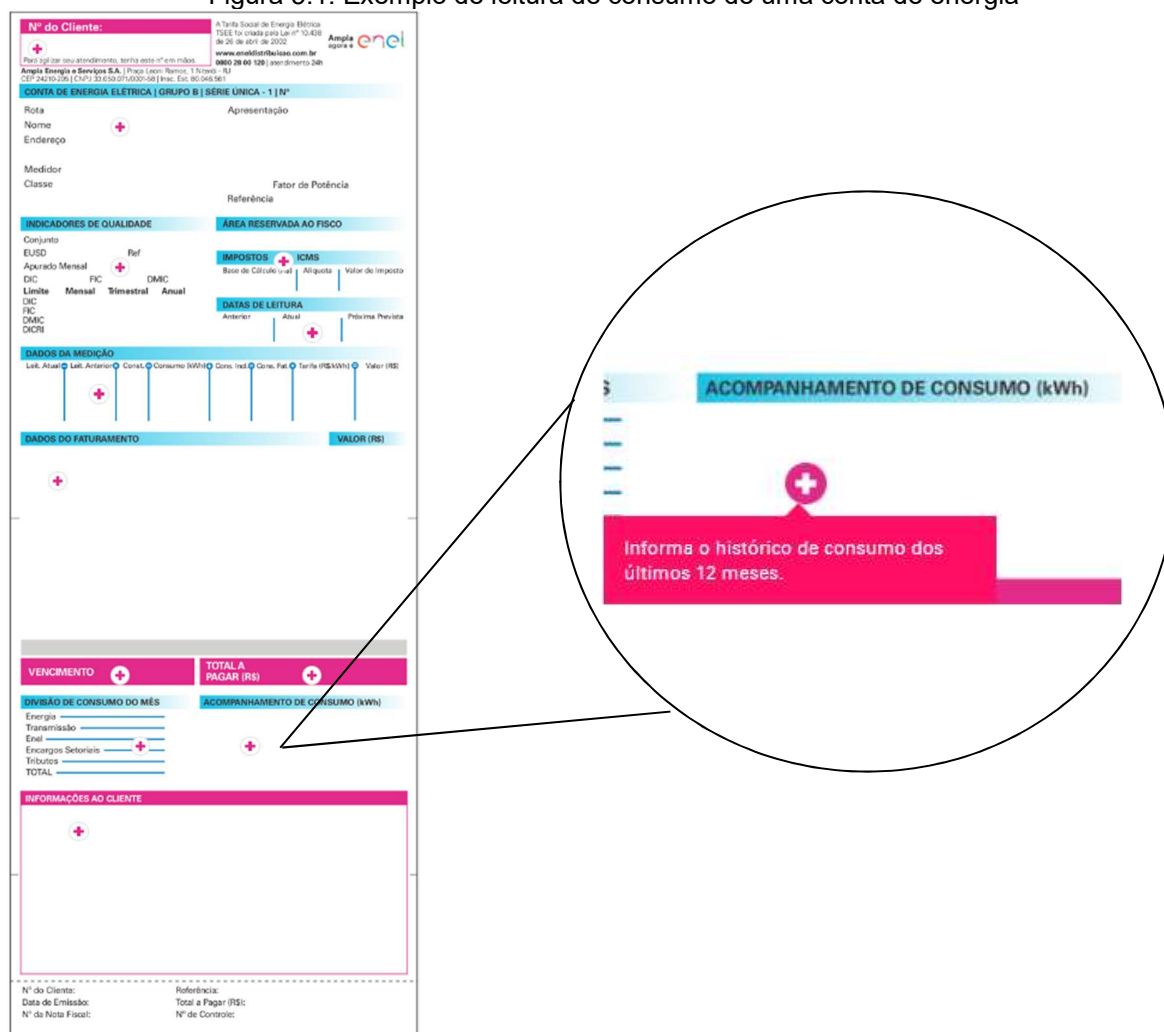
2 METODOLOGIA DE PROJETO

2.1 Levantamento

Para que se tenha o projeto de uma usina fotovoltaica, primeiramente é necessário o levantamento da necessidade do cliente e da disponibilidade da instalação.

A determinação da necessidade é dada pela conta de energia a partir da análise de consumo médio mensal a ser compensado, conforme pode ser visualizado no modelo da figura 2.1. Além disso, deve ser considerado os critérios do cliente como porcentagem de compensação, local de instalação, entre outros.

Figura 5.1: Exemplo de leitura de consumo de uma conta de energia



Fonte: Adaptado de Enel Goiás (2018)¹

¹ Disponível em <<https://www.eneldistribuicao.com.br/rj/EntendaSuaConta.aspx>>, Acesso em nov,2018.

Para consumidores do grupo tarifário A, conforme cartilha da Aneel, deve-se realizar uma correção da quantidade de energia a ser compensada, tratando assim, a diferença tarifária do consumo entre horários diferentes. Para tanto, é importante seguir os seguintes passos:

- Calcular a diferença entre o valor da tarifa no horário de ponta e o horário fora de ponta;
- Com esse fator, multiplicar pelo consumo no horário de ponta;
- O valor encontrado do item anterior, que deve ser somado ao consumo lido no horário fora de ponta e reservado.

Para a determinação da possibilidade é necessário analisar:

- Orientação (norte, sul, leste ou oeste) em que o sol percorrerá na instalação.
- Tipo do local de instalação. São exemplos: telhado de fibrocimento, telhado cerâmico, laje, solo, entre outros.
- Área útil insolada

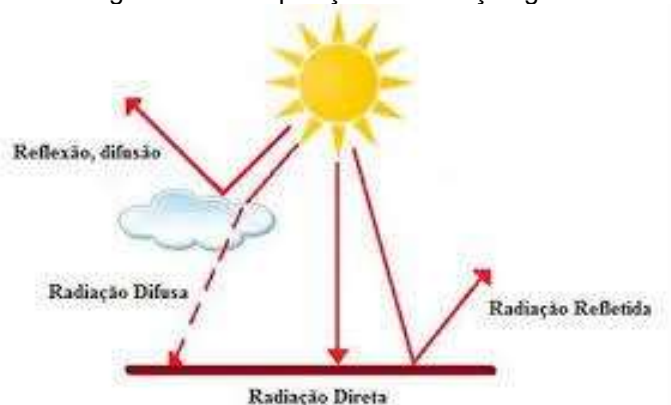
2.2 Disponibilidade do recurso solar

Em seguida são necessários os dados afins de analisar a quantidade de energia disponibilizada para realizar a conversão da energia solar em energia elétrica nos módulos fotovoltaicos.

2.1.1 Conceitos de radiação solar, irradiância solar e irradiação solar

A radiação solar é uma forma de transferência de energia, a qual ocorre, através da propagação de ondas eletromagnéticas, proporcionando assim, luz e calor sobre as superfícies incidentes. É composta pela soma da radiação direta, a difusa e a refletida.

Figura 2.2: Composição da radiação global



Fonte: Explicações Geografia²

A irradiância significa segundo Villalva (2016,p.43) “uma grandeza empregada para quantificar a radiação solar”, e a mesma é expressa em W/m^2 . Já a irradiação solar é a integração da irradiância solar em um determinado intervalo de tempo, portanto, medido em Wh/m^2 .

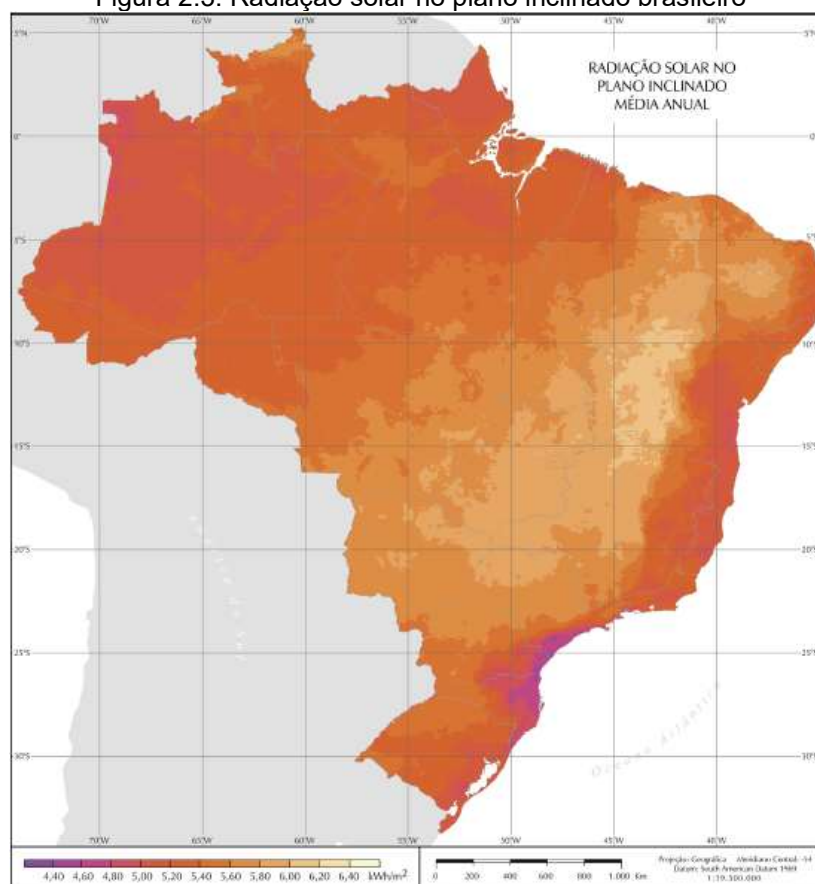
2.1.2 Irradiação solar e correção por orientação e inclinação

A irradiação solar é dada através de medições *in loco* a partir de aparelhos como piranômetro, pireliômetro, entre outros. Hoje em dia há vários repositórios confiáveis que possuem esses dados de acordo com a região desejada, além de softwares como o Radiasol, produzido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Uma dessas base de dados é o Atlas Brasileiro de Energia Solar, o qual será utilizado neste estudo.

Recomenda-se que um arranjo fotovoltaico fixo esteja voltado para o equador com inclinação igual à latitude do local, por isso, os dados necessários para o dimensionamento de uma usina fotovoltaica, são os da irradiação no plano inclinado. Através do método de Liu & Jordan (1962) isotrópico estendido por Klein (1977), esse dado é calculado a partir da conversão da irradiação no plano horizontal, considerando a orientação e inclinação do plano em que será instalado a usina fotovoltaica. No entanto, nesses mesmos repositórios citados anteriormente, há também a informação do plano inclinado.

² Disponível em < <https://aulasdegeografiaodivelas.wordpress.com/2015/06/12/nocoas-radiacao-solar/>>, Acesso em nov,2018.

Figura 2.3: Radiação solar no plano inclinado brasileiro



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017)

Ou seja, é muito importante verificar no local da instalação, a sua orientação (norte, sul, leste ou oeste) e a sua inclinação, pois isso interferirá no cálculo da quantidade de módulos, já que a irradiação solar pode ser menor ou maior, dependendo dos fatores discutidos. Esses fatores tornam-se relevante, principalmente em instalações em telhados, em que é necessário respeitar a orientação e inclinação já existente.

2.1.3 Obstáculos

Além de observar a orientação e inclinação dos módulos fotovoltaicos, é necessário analisar os objetos próximos da futura instalação da usina fotovoltaica, afim de prever possíveis sombreamentos. Esse fato é determinante no dimensionamento das séries fotovoltaicas, pois o sombreamento em apenas um módulo, pode interferir a geração de energia em um arranjo fotovoltaico, prejudicando assim a capacidade de toda a usina fotovoltaica. Esses objetos podem ser, por exemplo, árvores, prédios, sobrados, entre outros.

2.3 Dimensionamento do gerador fotovoltaico (GFV)

Tendo em mãos os dados dos itens 2.1 e 2.2, agora já é possível iniciar o dimensionamento dos arranjos fotovoltaicos em si. Inicialmente calcula-se a potência necessária para o atendimento do consumo determinado no item 2.1, conforme equação 2.1 abaixo.

$$P_{FV} = \frac{E \times G_{STC}}{H_{TOT} \times TD}$$

Em que P_{FV} é a potência teórica do sistema a ser calculada (Wp), E é a energia a ser gerada (Wh), G_{STC} é a irradiância na STC (Standart Test Conditions), que por sua vez é uma constante no valor de 1000W/m^2 , H_{TOT} é a irradiação total do local a ser instalado e, por fim, TD é a taxa de desempenho, situado entre 0,75 a 0,85.

Após definir a potência teórica do sistema, o próximo passo é a definição da marca e modelo do módulo fotovoltaico. Assim é necessário coletar as informações conforme tabela 2.1 abaixo.

Tabela 1.1: Características principais dos módulos fotovoltaicos

Característica	Símbolo
Potência Máxima	P_{max}
Tensão em circuito aberto	V_{oc}
Tensão em potência máxima	V_{MP}
Corrente em curto circuito	I_{sc}
Corrente em potência máxima	I_{MP}
Coeficiente de temperatura para I_{sc}	α
Coeficiente de temperatura para V_{oc}	β
Coeficiente de temperatura para P_{max}	γ

Fonte: Autor. 2018

Escolhido o módulo fotovoltaico a ser utilizado, é necessário dimensionar a quantidade conforme equação 2.2 abaixo.

Equação 1.2

$$N_{mod} = \frac{P_{FV}}{P_{max}}$$

Em que N_{mod} é o número de módulos e as outras duas variáveis são conforme já descritos na equação 2.1 e tabela 2.1, atentando-se para a unidade de medida a ser utilizada, normalmente em kWp. Se a quantidade de módulos não resultar em um número exato, o ideal é acordar com o dono da instalação se é aceitável uma menor ou maior compensação e reajustar o valor da potência da usina, para a potência real (P_{FV_REAL}).

Por último, neste item, é necessário modelar o arranjo fotovoltaico. Lembrando que essa modelagem irá depender muito do que foi discutido no item 2.2³. Para a definição da quantidade de módulos fotovoltaicos em série, é necessário obter a faixa de tensão em que os módulos poderão estar submetidos em funcionamento. Para isso, tem-se as equações 2.3 e 2.4

$$V_{max} = \left(1 - \frac{(25 - T_{min}) \times \beta}{100} \right) \times V_{MP}$$

$$V_{min} = \left(1 - \frac{(25 - T_{max}) \times \beta}{100} \right) \times V_{oc}$$

Em que V_{max} e V_{min} são, respectivamente, a faixa de tensão máxima e mínima de um módulo fotovoltaico nas devidas temperaturas, T_{min} e T_{max} são, respectivamente, a temperatura mínima e máxima em que o sistema, em funcionamento, estará submetido e os outros dados conforme constam na tabela 2.1.

Para a definição do número máximo de séries fotovoltaicas em paralelo, é necessário garantir que o valor da corrente não ultrapasse a corrente suportada na entrada do inversor, por isso será tratado no próximo tópico e a modelagem do arranjo fotovoltaico neste momento não será definitiva.

Além disso, de acordo com a norma NBR 16690, recomenda-se que as séries fotovoltaicas conectadas em paralelo devem possuir uma margem de 5% da tensão de circuito aberto, para evitar a circulação de corrente no arranjo.

³ Exemplo de dependência: caso a instalação seja em uma residência que possui um telhado com duas águas e a quantidade de módulos é suficiente para preencher ambas as águas, é recomendado que tenha pelo menos 2 séries fotovoltaicas, sendo uma em cada água, pois suas orientações são diferentes e, portanto, podem ter diferente geração.

2.4 Dimensionamento do inversor

O dimensionamento do inversor, efetivamente, trata-se da definição do mesmo a partir da potência da usina real, conforme item 2.3. Sabendo-se disso, no caso do inversor, as principais características a serem analisadas, são:

Tabela 2.2: Características principais dos inversores

Característica	Símbolo
Potência máxima CC	P_{nom}
Máxima tensão de entrada	V_{max}
Faixa de tensão SPPM (seguimento do ponto de potência máxima)	$V_{SPPM_min} \sim V_{SPPM_max}$
Corrente máxima por SPPM	I_{SPPM_max}
Corrente de saída	I_{ca_inv}

Fonte: Autor. 2018

Escolhido o inversor, agora é possível definir o arranjo fotovoltaico total. Inicialmente, para definir a quantidade de módulos em série, usa-se a equação 2.6 e 2.7.

$$\text{Equação 2.6} \\ N_{min} = \frac{V_{SPPM_min}}{V_{min}}$$

$$\text{Equação 2.7} \\ N_{max} = \frac{V_{SPPM_max}}{V_{max}}$$

Em que N_{min} e N_{max} são respectivamente, o número mínimo e máximo de módulos na série fotovoltaica.

Para o cálculo da quantidade de séries fotovoltaicas em paralelo, é necessário calcular conforme equação 2.8.

$$\text{Equação 2.8} \\ I_{cc_max} = \left(1 - \frac{(25 - T_{max}) \times \alpha}{100} \right) \times I_{sc}$$

Em que I_{cc_max} é a corrente máxima em que o seguimento do ponto de potência máxima (SPPM) do inversor estará submetido.

Após esses cálculos, pode-se usar das inequações abaixo para que o sistema seja modelado.

$$\text{Inequação 2.1} \\ P_{FV_REAL} \leq P_{nom}$$

Inequação 2.2

$$V_{min} \geq V_{SPPM_min}$$

Inequação 2.3

$$V_{max} \leq V_{SPPM_max}$$

Inequação 2.4

$$I_{sc_serie} \leq I_{sc_max}$$

Caso algum das equações acima descritas não sejam atestadas, deve-se repetir o item 2.3, até que todos os requisitos sejam atendidos.

2.5 Dimensionamento da instalação

Após a definição do arranjo fotovoltaico e dos inversores, é necessário o dimensionamento dos outros itens a ser utilizado na instalação.

2.5.1 Cabos CC

Os cabos CC, são os cabos responsáveis por interligar um módulo ao outro e também interligar a série fotovoltaica ao inversor.

De acordo com a norma IEC 60364-7-712, o cabo de cada série fotovoltaica, deverá ser capaz de suportar 1,25 vezes a corrente de curto circuito na temperatura máxima de operação, além de estar protegido contra falhas de terra e curto circuito, incrementando 10%, o que resulta em 1,35 vezes a corrente de curto circuito máxima. Ou seja, conforme segue na inequação 2.5.

$$I_{cc} > 1,35 \times I_{sc_serie}$$

A partir do valor da corrente encontrado, pode-se escolher a bitola do cabo a partir das informações dos fabricantes, ou calcular sua bitola mínima com a seguinte inequação 2.6.

$$A > \frac{\rho \times 2 \times L \times I \times 10^6}{\Delta V\% \times V_{max_serie}}$$

Em que:

- ρ é a resistividade elétrica do cobre à temperatura de operação.
- L é o comprimento dos cabos do circuito
- I é a corrente máxima do circuito
- $\Delta V\%$ é a queda de tensão a ser utilizada
- V_{max_serie} é a tensão máxima da série fotovoltaica

2.5.2 Cabos CA

Os cabos CA são responsáveis por interligar o inversor ao barramento CA do quadro geral de distribuição. De acordo com a NBR 5410, o cabo deverá suportar 1,25 vezes a corrente nominal, conforme inequação 2.7.

$$I_{ca} > 1,25 \times I_{ca_inv}$$

Para o dimensionamento da bitola, é necessário identificar o tipo de instalação conforme tabela 33 da NBR 5410, e a partir da corrente encontrada na inequação 2.7, verificar nas tabelas 36, 48 e 58 da referida norma, a bitola dos cabos fase, neutro e de proteção, respectivamente.

2.5.3 Dispositivos de proteção e manobra

A norma NTC 71, que encontra-se em revisão, da concessionária Enel Goiás, exige que haja dispositivos de proteção contra surtos tanto no lado CC quanto no lado CA. Além desse dispositivo são necessários os equipamentos conforme figura 2.4.

Figura 2.4: Dispositivos necessário na instalação

EQUIPAMENTO	POTENCIA INSTALADA		
	Menor ou igual a 75 kW	Maior que 75 kW e menor ou igual a 500 kW	Maior que 500 kW e menor ou igual a 5 MW
Elemento de desconexão (1)	Sim	Sim	Sim
Elemento de interrupção (2)	Sim	Sim	Sim
Transformador de acoplamento(3)	Não	Sim	Sim
Proteção de sub e sobretensão	Sim (4)	Sim (4)	Sim
Proteção de sub e sobrefrequência	Sim (4)	Sim (4)	Sim
Proteção contra desequilíbrio de corrente	Não	Não	Sim
Proteção contra desbalanço de tensão	Não	Não	Sim
Sobrecorrente direcional	Não	Sim	Sim
Sobrecorrente com restrição de tensão	Não	Não	Sim
Relé de sincronismo	Sim (5)	Sim(5)	Sim(5)
Anti-ilhamento	Sim (6)	Sim(6)	Sim(6)
Medição	Sistema Bidiecional (7)	Medidor 4 Quadrantes	Medidor 4 Quadrantes

Notas:

- 1) Chave seccionadora visível e acessível que a CELG D usa para garantir a desconexão da central geradora durante manutenção em seu sistema, exceto para microgeradores e minigeradores que se conectam à rede através de inversores.
- 2) Elemento de interrupção automático acionado por proteção, para microgeradores distribuídos e por comando e/ou proteção, para minigeradores distribuídos.
- 3) Transformador de interface entre a unidade consumidora e a rede de distribuição.
- 4) Não é necessário relé de proteção específico, mas um sistema eletroeletrônico que detecte tais anomalias e que produza uma saída capaz de operar na lógica de atuação do elemento de interrupção.
- 5) Não é necessário relé de sincronismo específico, mas um sistema eletrônico que realize o sincronismo com a frequência da rede e que reproduza uma saída capaz de operar a lógica de atuação do elemento de interrupção com a rede após o sincronismo ter sido atingido.
- 6) No caso de operação em ilha do acessante, a proteção de anti-ilhamento deve garantir a desconexão física entre a rede de distribuição e as instalações elétricas internas à unidade consumidora, incluindo a parcela

Fonte: NTC 74, Enel Goiás. 2016

Para tanto, o dimensionamento do disjuntor é realizado a partir da NBR 5410, em que a corrente do equipamento deverá suportar a corrente nominal do circuito e menor ou igual a corrente máxima do cabo, conforme pode ser visto na inequação 2.8.

$$\text{Inequação 2.8} \\ I_{op} < I_{disj} \leq I_{cabo}$$

Em que:

- I_{op} é a corrente de operação nominal do circuito
- I_{disj} é a corrente do disjuntor
- I_{cabo} é a corrente máxima suportada pelo cabo

Os DPSs devem possuir as seguintes características:

Tabela 2.4: Características principais do DPS

Lado	Características
CA	• Classe I • $I_{imp} \geq 10kA$, para cabos de aterramento não-blindados. • $I_{imp} \geq 1kA$, para cabos de aterramento blindados. • Para sistemas de aterramento TN e TT a $U_c \geq 1,1 \times U_0$. Para sistemas IT $U_c \geq \sqrt{3} \times V_0$. Em que U_c é a tensão máxima de operação contínua e V_0 a tensão de fase
CC	• Classe II, Tipo C. • $I_n = 1kA/kWp$ • $I_{max} = 5kA$ (valor mínimo aceitável) • $U_c \geq 1,2 \times V_{ca}$. Em que V_{ca} é a tensão de circuito aberto da série fotovoltaica

Fonte: Autor. 2018

2.6 Dimensionamento de aterramento funcional

O aterramento funcional, é necessário para garantir a segurança das pessoas e da instalação. Por isso, as estruturas do GFV, bem como seus condutores, deverão estar aterradas. Esse aterramento é realizado por meio da conexão do lado CA ao terra através do condutor neutro. Além disso, a carcaça condutora deverá também estar conectada ao terra do circuito. Para tanto, é utilizado hastes de aterramento e os DPS's calculados no item 2.5.3

2.7 Procedimentos junto à concessionária Enel Goiás

Como este trabalho trata-se de um projeto de usina fotovoltaica localizada no estado de Goiás, será trabalhado os procedimentos para a conexão da mesma na

concessionária de energia Enel Goiás, cuja norma regulatória é a NTC-71. As etapas necessárias para a conexão da usina fotovoltaica no sistema de distribuição, está representado na figura 2.5.

Figura 1



Fonte: NTC 71, Enel Goiás. 2016

O processo de inicia-se com a solicitação de acesso. Nesta etapa deverá ser apresentado:

- Formulário de solicitação de acesso (anexo I)
- Anotação de responsabilidade técnica (ART)
- Projeto elétrico e memorial descritivo
- Certificado dos inversores e módulos fotovoltaicos
- Formulário de informações para registro na ANEEL (anexo II)

Existem outros documentos que são particulares quanto ao tipo de solicitação, como por exemplo uma procuração, caso o responsável pela solicitação não seja o proprietário da instalação.

O prazo para a emissão do parecer de acesso, conforme norma, é de:

- Até 15 dias para microgeração distribuída, quando não há necessidade de melhoria no sistema
- Até 30 dias para microgeração distribuída, quando há necessidade de melhoria no sistema

- Até 30 dias para minigeração distribuída, quando não há necessidade de melhoria no sistema
- Até 60 dias para minigeração distribuída, quando há necessidade de melhoria no sistema

2.8 Análise de viabilidade econômico-financeira

A instalação de uma usina fotovoltaica pode ser considerada como um investimento, pois o retorno financeiro adquirido pelo sistema de compensação de energia, permite que o valor investido possa retornar e gerar lucro.

Um dos principais parâmetros de análise é o tempo de retorno do investimento. Por isso, é necessário o cálculo de fluxo de caixa, considerando o valor presente líquido (VPL). O fluxo de caixa é basicamente a relação de entrada e saída do que se pretende investir.

No caso de uma usina fotovoltaica, as saídas são consideradas no primeiro ano, como o custo de implantação da usina (compra de equipamentos, mão de obra da instalação, etc.) e posteriormente o custo das manutenções anuais adicionado da tarifa mínima. A entrada é o valor da tarifa da concessionária multiplicado pela geração da usina fotovoltaica, considerando ao longo dos anos, a inflação energética.

3 PROJETO EXECUTIVO

Neste capítulo será aplicado a metodologia discutida no capítulo 2, considerando o atendimento de uma fábrica de laticínios localizada em Orizona – GO.

A fábrica de laticínios objeto de estudo deste trabalho, encontra-se em expansão e está construindo uma nova unidade. Esta construção será a nova sede da fábrica, pois está em um local que comporta todos os itens de fabricação com margem para novos itens e a antiga será desativada em etapas.

3.1 Levantamento

Considerando que a unidade é nova, não há uma conta de energia vinculada, porém utilizaremos a conta de energia da unidade antiga e que ainda está em funcionamento, para análise de consumo.

Na figura 3.1 observa-se que o consumo a ser compensado é de 248.137,23kWh/mês.

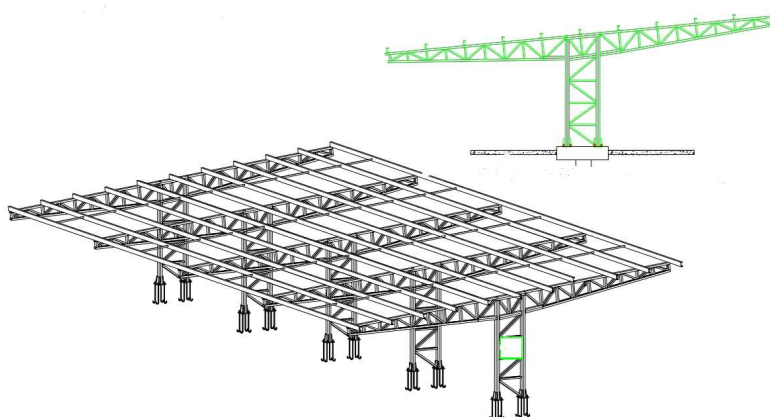
Figura 3.1: Planilha consumo com fator de correção grupo A

CONSUMO (kWh/mês)						
VALORES	DEMANDA		20,42914		FATOR	T.CORRIG. / TOTAL
	1,92838	0,4443	0,4443		4,34	0,78%
PERÍODO	PONTA	FORA PONTA	RESERVADO	TOTAL CONSUMIDO	EXCED.FP	TOTAL CORRIGIDO
JUL	1.424,53	195.878,32	48.583,36	245.886,21	6.182,84	250.644,52
JUN	1.031,69	184.808,32	47.310,72	233.150,73	4.477,81	236.596,85
MAI	906,00	207.794,56	45.637,92	254.338,48	3.932,28	257.364,76
ABR	741,54	202.277,60	47.163,12	250.182,26	3.218,48	252.659,20
MAR	569,08	218.661,20	57.888,72	277.119,00	2.469,96	279.019,88
FEV	403,50	196.642,56	48.888,40	245.934,46	1.751,30	247.282,26
JAN	240,55	207.870,00	53.723,12	261.833,67	1.044,05	262.637,17
DEZ	77,63	195.668,40	51.026,96	246.772,99	336,93	247.032,29
NOV	18,20	201.054,16	46.628,48	247.700,84	78,99	247.761,63
OUT	1.277,88	191.138,72	45.100,00	237.516,60	5.546,34	241.785,06
SET	19,74	185.857,92	41.308,32	227.185,98	85,68	227.251,92
AGO	161,47	187.255,20	39.655,20	227.071,87	700,82	227.611,22
ANO	6.871,81	2.374.906,96	572.914,32	2.954.693,09	29.825,48	2.977.646,76
MEDIA	572,65	197.908,91	47.742,86	246.224,42	2.485,46	248.137,23

Fonte: Autor. 2018

Por questão de espaço disponível e arranjo favorável, definiu-se que a estrutura da usina seria em solo, na forma de garagens de carro, afim de formar um estacionamento coberto para os funcionários da fábrica. Sua estrutura será semelhante à figura 3.2.

Figura 3.2: Modelo de estrutura de fixação



Fonte: Autor. 2018

3.2 Disponibilidade do recurso – Orizona (GO)

A localização da fábrica, conforme dito anteriormente, é no município de Orizona – Goiás. A inclinação definida para a instalação é de apenas 5°, pois como pode ser visto nas figuras 3.2 (a) e (b), o local é um pasto e, portanto, pode-se ter problemas de arrancamento, considerando os ventos incidentes no local.

Figura 3.3: (a) e (b) Fotos do local de instalação da usina fotovoltaica





Fonte: Autor. 2018

Além disso, como a instalação será em solo e tem-se a liberdade da escolha da orientação, foi definido que a usina estará em posição para o norte geográfico.

Assim na tabela 3.1, tem-se a irradiação solar no plano horizontal com os dados corrigidos considerando a orientação norte e a inclinação de 5° a partir do software Radasol 2.

Tabela 3.1: Dados de irradiação solar no plano inclinado

Irradiação média (kWh/m ² /dia)				
Mês	Global	Direta	Difusa	Inclinada
1	6,09	3,25	2,75	6
2	6,21	3,35	2,87	6,22
3	5,77	3,3	2,58	5,87
4	5,38	3,4	2,19	5,58
5	4,71	3,15	1,78	4,92
6	4,29	2,81	1,74	4,54
7	4,45	2,96	1,73	4,68
8	5,35	3,82	1,76	5,58
9	6,13	4,24	2,05	6,29
10	6,49	4,01	2,53	6,53
11	5,61	2,85	2,71	5,56
12	6,06	3,12	2,84	5,95

Fonte: Autor. 2018

No caso da instalação, além das figuras 3.3 (a) e (b), a figura 3.4, apresenta a ausência de obstáculos físicos que precisamos considerar no dimensionamento dos arranjos fotovoltaicos, ou seja, não possui nenhum obstáculo físico capaz de alterar o funcionamento dos módulos fotovoltaicos, por sombreamento.

Figura 3.4: Local de instalação da usina fotovoltaica



Fonte: Autor. 2018

3.3 Dimensionamento do gerador fotovoltaico e inversor

Utilizando-se da equação 2.1, tem-se:

$$P_{FV} = \frac{2.977.646,76 \times 1000}{(5,64 \times 365) \times 0,8} = 1,808MWp$$

Calculada a potência teórica do GFV, determinou-se que a potência a ser instalada seria de apenas 1MWp, por motivos financeiros do cliente.

Os módulos escolhidos para a montagem do GFV são da marca JA Solar e o inversor da marca Huawei, ambos comercializados pela empresa WEG, cujas características constam, respectivamente nos anexos IV e V, e mais detalhados nas tabelas 3.2 e 3.3.

Tabela 3.2: Principais características do módulo escolhido para o estudo

Característica	Dados
Potência Máxima (P_{max})	360kWp
Tensão em circuito aberto (V_{oc})	47,66V
Tensão em potência máxima (V_{MP})	38,96V
Corrente em curto circuito (I_{sc})	9,78A
Corrente em potência máxima (I_{MP})	9,24A
Coeficiente de temperatura para I_{sc} (α)	+0,06%/°C

Coeficiente de temperatura para V_{oc} (β)	-0,30%/°C
Coeficiente de temperatura para P_{max} (γ)	-0,39%/°C

Fonte: Autor. 2018

Tabela 3.3: Principais características inversor

Característica	Dados
Potência máxima CC (P_{nom})	60.000W
Máxima tensão de entrada (V_{max})	1100V
Faixa de tensão SPPM (seguimento do ponto de potência máxima) (V_{SPPM})	200V~1000V
Corrente máxima por SPPM (I_{SPPM_max})	22A
Corrente de saída (I_{ca_inv})	91,2A

Fonte: Autor. 2018

Aplicando-se os dados constantes na tabela 3.2 nas equações de 2.2 a 2.7, tem-se:

$$N_{mod} = \frac{1.000.000}{360} = 2777,78$$

$$V_{max} = \left(1 - \frac{(25 - 0) \times (-0,30)}{100} \right) \times 38,96 = 41,88 \text{ V}$$

$$V_{min} = \left(1 - \frac{(25 - 80) \times (-0,30)}{100} \right) \times 47,66 = 39,79 \text{ V}$$

$$N_{min} = \frac{200}{39,79} = 5,02$$

$$N_{max} = \frac{1000}{41,88} = 23,87$$

$$I_{cc_max} = \left(1 - \frac{(25 - 80) \times 0,06}{100} \right) \times 9,78 = 10,10 \text{ A}$$

Realizado os cálculos definiu-se o sistema conforme tabela 3.4.

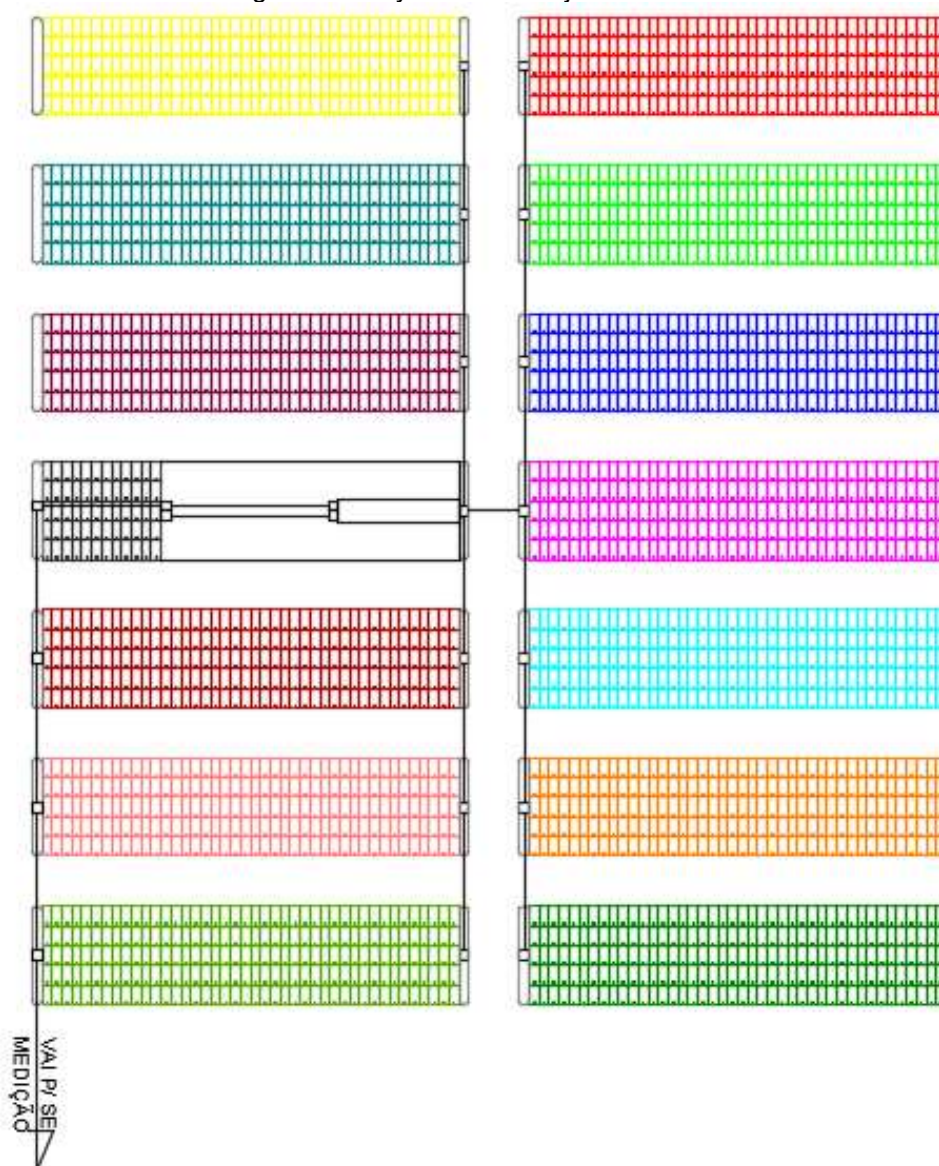
Tabela 3.4: Características do projeto executivo
Potência do sistema 1.004MWp

Módulos fotovoltaicos	• Marca: JA Solar • Potência: 360Wp • Quantidade: 2790
Inversores	• Marca: Huawei • Potência: 60kW/22kW • Quantidade: 13 – 60kW / 1 – 22kW

Fonte: Autor. 2018

O arranjo fotovoltaico escolhido foi de forma a equilibrar a acomodação da maior quantidade de vagas de garagens com a centralização da cabine dos inversores e considerando o tipo de estrutura a ser utilizado. O layout em que cada cor representa um arranjo fotovoltaico, bem como os dados dos sub arranjos, estão apresentados na figura 3.5 e 3.6, respectivamente.

Figura 3.5: Layout dos arranjos fotovoltaicos



Fonte: Autor

Figura 3.6: Dados dos sub arranjos

INVERSOR	SPPM	SÉRIE	QTD MÓD.	
1 a 13	1	A	17	Sub arranjo com 17 módulos
	1	B	17	$V_{oc_Subarranjo}$ 810,22 V
	2	A	17	$I_{sc_Subarranjo}$ 19,56 A
	2	B	17	$V_{MP_Subarranjo}$ 662,32 V
	3	A	17	$I_{MP_Subarranjo}$ 18,48 A
	3	B	17	Sub arranjo com 18 módulos
	4	A	18	$V_{oc_Subarranjo}$ 857,88 V
	4	B	18	$I_{sc_Subarranjo}$ 19,56 A
	5	A	18	$V_{MP_Subarranjo}$ 701,28 V
	5	B	18	$I_{MP_Subarranjo}$ 18,48 A
	6	A	18	
	6	B	18	
INVERSOR	SPPM	SÉRIE	QTD MÓD.	
14	1	A	10	Sub arranjo com 10 módulos
	1	B	10	$V_{oc_Subarranjo}$ 476,6 V
	2	A	10	$I_{sc_Subarranjo}$ 19,56 A
	2	B	10	$V_{MP_Subarranjo}$ 389,6 V
	3	A	10	$I_{MP_Subarranjo}$ 18,48 A
	3	B	10	

Fonte: Autor. 2018

3.4 Dimensionamento da instalação

3.4.1 Cabos CA e CC

Para o cálculo dos cabos da parte CC, utilizaremos as inequações 2.5 e 2.6. Além disso será adotado para o dimensionamento de todos os cabos as seguintes premissas:

- Será considerado a temperatura de 70°C no condutor de cobre, portanto a resistividade corresponde a $2,2 \times 10^{-8} \Omega m$;
- O comprimento dos cabos será de 20m;
- A queda de tensão de 10%;

- Será considerado o sub arranjo que possui 18 módulos em série, com duas séries em paralelo, pois é o sub arranjo que possui os maiores valores dos parâmetros e, portanto, uma vez atendido este, os demais também serão atendidos.

Assim tem-se:

$$I_{cc} > 1,35 \times 9,78 = 13,20A$$

$$A > \frac{2,2 \times 10^{-8} \times 2 \times 20 \times 13,2 \times 10^6}{0,01 \times 740,24} = 1,56mm^2$$

Para o caso dos cabos que conectam um módulo ao outro e conecta a série fotovoltaica ao seu respectivo inversor, iremos optar pelo cabo de 4,0mm², pois é a bitola especificada no datasheet do módulo.

Para os cabos na parte CA na saída do inversor, a partir da inequação 2.7 tem-se:

$$I_{ca} > 1,25 \times 91,2 = 114 A$$

Considerando o tipo de instalação B1, tem-se o cabo de 50mm², e para o barramento CA até o quadro geral de distribuição, tem-se:

$$I_{ca} > 1,25 \times 91,2 \times 14 = 1596 A$$

Neste caso, o cabo escolhido foi o de 240mm² por ser usualmente utilizado. Porém como este cabo suporta 370A e, na realidade, é necessário suportar 1596A, utilizando-se do fator de correção por agrupamento, definiu-se que serão necessários 6 cabos por fase de 240mm², sendo os cabos de neutro e de proteção de 120mm².

3.4.2 Dispositivos de proteção

Utilizando-se da inequação 2.8, e considerando que a máxima corrente que o cabo de 6mm², determinado anteriormente, pode suportar, podemos dimensionar os disjuntores do lado CC.

$$19,56 < I_{disj} < 30$$

Adota-se então o disjuntor CC bipolar de 25A/800Vcc. Para o lado CA, tem-se:

$$I_{op} = 114$$

$$114 < I_{disj} < 134$$

Portanto o disjuntor a ser utilizado após o inversor será o de 125A/1000Vca. Para o dimensionamento do barramento CA, a corrente de operação deve considerar o fator de correção por agrupamento, portanto, tem-se:

$$I_{op} = 370 \times 6 \times 0,78 = 1731,6A$$

$$1596 < I_{disj} < 1731,6$$

Então, o disjuntor será de 1600A/1000Vca. No caso dos DPSs, utilizando-se das configurações da tabela 2.2, foi escolhido o DPS conforme tabela 3.5, mais informações estão no anexo VI.

Tabela 3.5: Características dos DPSs

Lado	Características
CA	• Classe I • $I_n = 30kA$, para cabos de aterramento não-blindados. • $I_{imp} = 12,5kA$ • 385Vca
CC	• Classe II, Tipo C. • $I_n = 20kA$ • $I_{max} = 45kA$ • 1200Vcc

Fonte: Autor. 2018

O aterramento funcional está representado no diagrama unifilar, apresentado no apêndice I. Para compor o projeto, tem-se o memorial descritivo com a lista de materiais no apêndice II.

3.5 Procedimentos junto à concessionária

Os formulários necessários para aprovação do projeto junto à concessionária de energia Enel Goiás, estão melhor detalhados no apêndice III. Os mesmos não se encontram totalmente preenchidos, pois dependem de projetos auxiliares e também para preservação do cliente.

3.6 Análise de viabilidade econômica financeira

Para a usina em questão foi utilizado os dados da empresa WEG, por ser uma referência no mercado e também por se tratar de definição junto ao cliente. Portanto, o custo da usina encontra-se detalhado no apêndice IV.

CONCLUSÃO

Por meio deste trabalho, realizou-se a descrição da metodologia de projeto de uma minigeração distribuída, incluindo o dimensionamento de todos os elementos necessários de proteção e manobra, além de descrever o processo de aprovação junto à concessionária de energia Enel e o processo de análise de viabilidade econômica financeira, o que possibilitou a apresentação da metodologia aplicada em uma usina de 1.004kWp. Também foi possível apresentar o cenário atual do mercado fotovoltaico no Brasil, principalmente no estado de Goiás, que com políticas governamentais, está conseguindo se destacar no cenário nacional.

Foi visto que a região escolhida possui excelentes características, que adicionado ao local livre de sombreamento e a possibilidade de ter a sua orientação para o equador, possibilitou uma expectativa de geração favorável. Além disso, constatou-se que com o mercado em expansão e políticas públicas sendo fortemente trabalhadas, a geração fotovoltaica encontra-se em um cenário atrativo, uma vez que a economia na conta de energia elétrica é compatível com o custo do investimento, resultando em um tempo de retorno razoável.

REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR IEC 61643-1: Dispositivos de proteção contra surtos em baixa tensão. Relatório técnico, Rio de Janeiro, 2007.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10899: Energia Fotovoltaica – Terminologia. Relatório técnico, Rio de Janeiro, 2013.
- [3] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa n° 482 de 17 de abril de 2012. Relatório técnico, 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>.
- [4] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução ANEEL n° 687 de 24 de novembro de 2015. Relatório técnico, 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>.
- [5] CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA. Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015. Relatório técnico, 2015. Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/CV016_15>. Acesso em 27/08/2018.
- [6] PORTAL DA ENEL GOIÁS Disponível em: <<https://www.eneldistribuicao.com.br/rj/EntendaSuaConta.aspx>>. Acesso em: 5 out. 2018.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5410 - 2ª edição, Instalações Elétricas de Baixa Tensão, 2004.
- [8] MME - Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro, Dezembro, 2011. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1832384/Boletim_de_Monitoramento_do_Sistema_Eltrico_-_DEZEMBRO-2011.pdf/7141147a-038a-41a4-9777-89e855a82a6c>. Acesso em 22 nov. 2018.
- [9] MME - Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro, Dezembro, 2012. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1832054/Boletim_de_Monitoramento_do_Sistema_Eltrico_-_Dezembro2_-2012.pdf/0e13bde6-f706-400d-bfa7-2c808c0d301f>. Acesso em 22 nov. 2018.
- [10] MME - Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro, Dezembro, 2013. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1831421/Boletim_de_Monitoramento_do_Sistema_Eltrico_-_Dezembro-2013.pdf/f1bf83d8-337a-435d-8adc-61992b299b7>. Acesso em 22 nov. 2018.
- [11] MME - Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro, Dezembro, 2014. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1833441/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Dezembro+2014.pdf/5e812a4e-fbb6-4f81-9a41-85e9176545e3>>. Acesso em 22 nov. 2018.

- [12] MME - Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro, Dezembro, 2015. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/2027273/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Dezembro-2015.pdf/dee4fa2a-f287-4117-89fe-bb0123997001>>. Acesso em 22 nov. 2018.
- [13] MME - Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro, Dezembro, 2016. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/energia-eletrica/publicacoes/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico/boletins-2016>>. Acesso em 22 nov. 2018.
- [14] MME - Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro, Dezembro, 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/1138781/0/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Dezembro+-+2017.pdf/89e16453-fc2e-46fd-b5fd-aa6951daf934>>. Acesso em: 22 nov. 2018.
- [15] MME - Ministério de Minas e Energia. Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico Brasileiro, Setembro, 2018. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/1138781/0/Boletim+de+Monitoramento+do+Sistema+El%C3%A9trico+-+Dezembro+-+2017.pdf/89e16453-fc2e-46fd-b5fd-aa6951daf934>>. Acesso em: 22 nov. 2018.
- [16] WEG. “Treinamento em Energia Solar Fotovoltaica”. Disponível apenas para integradores WEG.
- [17] SANTANA, F. “Projeto de um sistema de geração fotovoltaica para a UFRJ”. 2014

APÊNDICE I

Diagrama Unifilar

APÊNDICE II

Memorial Descritivo

Memorial Descritivo

Introdução

O presente Memorial Descritivo é referente ao projeto de instalação de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede, de minigeração distribuída, com potência de 802kW, a ser instalado na fábrica Laticínios JL LTDA localizado na GO 330, Orizona – GO.

Descrição do Sistema

O arranjo fotovoltaico será composto por 14 sub-arranjos, sendo 13 com 6 séries de 18 módulos fotovoltaicos e 6 séries com 17, e 1 sub-arranjo com 6 séries de 10 módulos do fabricante JA Solar, modelo JAM72S01-360Wp, com potência de 360 Wp, totalizando uma potência instalada de 1004kkWp. Cada sub-arranjo é conectado a um inversor fotovoltaico através de um disjuntor CC bipolar de 25 A. O arranjo será posicionado sobre o telhado de uma estrutura de garagem, o qual abrigará os quadros de distribuição, inversores e DPS de corrente contínua. Todas os corpos metálicos não-energizados serão conectados a um barramento de aterramento, assim como os condutores de proteção de cada DPS.

Os inversores fotovoltaicos usados serão do fabricante Huawei, modelos SIW500H-ST22 e SIW500H-ST60 , com potência de saída CA 22W e 60W, respectivamente e tensão nominal 380 V. Estes inversores são devidamente certificados. A saída em corrente alternada de cada um dos inversores será conectada a caixa de junção (identificado no diagrama unifilar), através de disjuntor tripolar de 125 A. O quadro seguinte é mais próximo ao quadro geral, portanto terá as mesmas características, sendo que neste o disjuntor principal do permite a desconexão de todo o sistema da rede elétrica e foi dimensionado para 1600 A.

Ponto de Conexão com a Rede de Distribuição

O quadro de distribuição de baixa tensão é conectado a um transformador de potência, responsável por elevar a tensão da unidade consumidora. O medidor de energia encontra-se em uma cabine medidora em média tensão, ponto no qual a unidade geradora se conecta à rede elétrica de distribuição.

APÊNDICE III

Formulários Enel Goiás

APÊNDICE III – Formulário para Registro da Central Geradora na ANEEL

	Dados para Registro da Central Geradora	Agência: _____
		Pág.: 1/1

1 – Identificação da Unidade Consumidora - UC		
Titular da UC: LATICÍCIOS JL LTDA		
Rua/Av.: G0 330	Nº:	CEP:
Bairro:	Cidade: ORIZONA	
E-mail:		
Telefone: ()	Celular: ()	
CNPJ/CPF: 16.005.431/0001-80		
2 – Geração Fotovoltaica		
Quantidade de Módulos: 2790	Fabricante dos Módulos: JÁ SOLAR	
Quantidade de Inversores: 14	Fabricante do Inversor: HAWEI	
Potência dos Módulos (kWp): 1004	Potência dos Inversores (kWp): 802	
Área dos Arranjos (m²): 6975		
3 – Geração Eólica		
Fabricante:	Modelo:	
Eixo do Rotor:	Altura da Pá (m):	
Potência do Inversor (kW):	Potência do Aerogerador (kW):	
4 – Geração Hidráulica		
Rio:	Bacia:	
SubBacia:	Tipo de Turbina:	
Potência da Turbina (kVA):	Potência Aparente do Gerador (kVA):	
Fator de Potência do Gerador:	Potência Ativa do Gerador (kW):	
5 – Geração Com Biomassa, Solar Térmica ou Cogeração		
Potência Aparente do Gerador (kVA):	Fator de Potência do Gerador:	
Potência Ativa do Gerador (kW):	Fonte:	
6 – Solicitante		
Nome/Procurador Legal: Telefone: E-mail:		
_____	_____/_____/_____ Data	_____ Assinatura do Responsável

*O Formulário não foi completamente preenchido por preservar alguns dados do cliente, conforme solicitado.

APÊNDICE III – Formulário de Solicitação de Acesso

	Solicitação de Acesso para Minigeração Distribuída	Agência: _____
		Pág.: 1/2

1 - Identificação da Unidade Consumidora - UC

Código da UC:	Grupo A (☒) Grupo B () Classe: A4
Titular da UC : LATICÍNIOS JL LTDA	
Rua/Av.: GO 330	Nº: CEP:
Bairro:	Cidade: ORIZONA
E-mail:	
Telefone: ()	Celular: ()
CNPJ/CPF: 16.005.431/0001-80	

2 - Dados da Unidade Consumidora

Localização em coordenadas: Latitude: 17.10°	Longitude: 48.32°
Potência instalada (kW): 0	Tensão de atendimento (V): 34,5kV
Tipo de conexão: monofásica () bifásica () trifásica (☒)	
Transformador particular (kVA): 75 () 112,5 () 225 () outro: 1MVA	
Tipo de instalação: Posto de transformação () cabine () subestação (☒)	
Tipo de ligação do transformador: A DEFINIR	
Impedância percentual do transformador: A DEFINIR	
Tipo de ramal: aéreo (☒) subterrâneo ()	

3 - Dados da Geração

Potência instalada de geração (kW): 802
Tipo da Fonte de Geração:
Hidráulica () Solar (☒) Eólica () Biomassa () Cogeração Qualificada ()
Outra (especificar):

4 - Documentação a Ser Anexada

1. ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de minigeração () 2. Projeto elétrico das instalações de conexão, memorial descritivo () 3. Estágio atual do empreendimento, cronograma de implantação e expansão () 4. Diagrama unifilar e de blocos do sistema de geração, carga e proteção () 5. Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede. () 6. Dados para registro da Central Geradora - Formulário CELG-F204 () 7. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012 () 8. Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver) () 9. Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver) ()
--

	Solicitação de Acesso para Minigeração Distribuída	Agência: _____
		Pág.: 2/2

5 - Contato na Distribuidora (preenchido pela Distribuidora)		
Responsável/Área:		
Endereço:		
Telefone:		
E-mail:		
6 - Solicitante		
Nome/Procurador Legal:		
Telefone: ()	E-mail:	
Local:	Data: ____/____/____	Assinatura do Responsável:

*O formulário não foi totalmente preenchido por preservar o cliente e também por ser necessário informações do projeto de conexão que a concessionária pode solicitar, já que o transformador existente é de 300kVA.

APÊNDICE IV

Resumo da análise de viabilidade econômica financeira

SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO					
NOME	840KW(1004,4KWp)		N°	0	
RESPONS.	RESPONSÁVEL		DATA	07/01/2019	
TELEFONE	62-99999-9999		UC	0	
EMAIL	cliente@provedor.com		LONGITUDE	0	
LOCAL	ORIZONA - GO		LATITUDE	0	
DADOS LOCAIS			SISTEMA FOTOVOLTAICO		
ÁREA LAJE			VERIFICAR m2		
ÁREA TELHADO			VERIFICAR m2		
ÁREA GARAGEM			VERIFICAR m2		
CONSUMO MÉDIO MENSAL			254.306,00		
			256.688,99 kWh/mês		
GERADOR FOTOVOLTAICO WEG - 1004,4 kWp			VALOR INVESTIMENTO		
2790 Módulo Policristalino 360Wp			1		
13 Inversor SIW500H ST060			EQUIPAMENTOS - WEG		
1 Inversor SIW500H ST022			R\$ 3.095.285,29		
2 Monitoramento Gateway IoT WEG			1		
0 Base fusível Base Fusível			PROJETO, EXECUÇÃO, COMISSIONAMENTO, HOMOLOGAÇÃO		
4 Protetor surto CA SPW275-20			R\$ 1.058.637,60		
179 Conector MC4 6 mm²			1		
4050 Cabo CC Condumax Solarmax Flex SN 6 mm² PT			ACESSÓRIOS KIT FOTOVOLTAICO		
4050 Cabo CC Condumax Solarmax Flex SN 6 mm² VM			R\$ 180.000,00		
13 Disjuntor CA DWB160B125-3DX			1		
1 Disjuntor CA MDWH-B40-3			OBRA CIVIL COMPLEMENTAR		
62 Estrutura para garagem sol: 6 vagas de garagem - módulo de 72 cél			R\$ 0,00		
			1		
			OBRA ELÉTRICA COMPLEMENTAR		
			R\$ 198.000,00		
			1		
			SEGURANÇA E MONITORAMENTO		
			R\$ 0,00		
			TOTAL		
			R\$ 4.531.922,89		
DETALHES INCLUÍDOS NO ESTUDO:					
MANUTENÇÃO		MANUTENÇÃO, MONITORAMENTO, ALARME :		R\$ 0,00 ANUAL	
		CUSTO FIXO DE DEMANDA :		R\$ 209.421,88 ANUAL	
IMPLANTAÇÃO COMPLEMENTAR		SEGURANÇA E MONITORAMENTO :		R\$ 0,00	
		CIVIL OBRA :		R\$ 0,00	
		ELÉTRICA OBRA:		R\$ 198.000,00	
OUTROS					
PAYBACK SISTEMA					
CONSIDERAÇÕES		TMA (%) :		6,50%	
		TIR (%) :		13,876%	
		REAJUSTE TARIFA ANUAL :		8%	
		REAJUSTE MANUTENÇÃO ANUAL :		8%	
		GERAÇÃO ANUAL MEDIA (VPL) :		R\$ 603.762,68	
		VALOR PRESENTE LÍQUIDO (VPL)		R\$ 10.422.862,41	
		TEMPO RETORNO (ANOS) :		8,0	

GERAÇÃO/CONSUMO

ESPECTATIVA DE REDUÇÃO EM REAIS MENSAIS

RETORNO DO INVESTIMENTO (PAYBACK)

Obs: Gráficos e taxas somente a título de simulação. Condições reais do cliente deverá ser verificada junto as instituições financeiras.

ANEXO I

Formulário de Solicitação de Acesso

ANEXO I – Formulário de Solicitação de Acesso

	Solicitação de Acesso para Minigeração Distribuída	Agência: _____
		Pág.: 1/2

1 - Identificação da Unidade Consumidora - UC

Código da UC:	Grupo A () Grupo B () Classe:	
Titular da UC :		
Rua/Av.:	Nº:	CEP:
Bairro:	Cidade:	
E-mail:		
Telefone: ()	Celular: ()	
CNPJ/CPF:		

2- Dados da Unidade Consumidora

Localização em coordenadas: Latitude:	Longitude:
Potência instalada (kW):	Tensão de atendimento (V):
Tipo de conexão: monofásica () bifásica () trifásica ()	
Transformador particular (kVA): 75 () 112,5 () 225 () outro:	
Tipo de instalação: Posto de transformação () cabine () subestação ()	
Tipo de ligação do transformador:	
Impedância percentual do transformador:	
Tipo de ramal: aéreo () subterrâneo ()	

3 - Dados da Geração

Potência instalada de geração (kW):
Tipo da Fonte de Geração:
Hidráulica () Solar () Eólica () Biomassa () Cogeração Qualificada ()
Outra (especificar):

4 - Documentação a Ser Anexada

1. ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de minigeração () 2. Projeto elétrico das instalações de conexão, memorial descritivo () 3. Estágio atual do empreendimento, cronograma de implantação e expansão () 4. Diagrama unifilar e de blocos do sistema de geração, carga e proteção () 5. Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede. () 6. Dados para registro da Central Geradora - Formulário CELG-F204 () 7. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012 () 8. Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver) () 9. Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver) ()
--

	Solicitação de Acesso para Minigeração Distribuída	Agência: _____
		Pág.: 2/2

5 - Contato na Distribuidora (preenchido pela Distribuidora)	
Responsável/Área:	
Endereço:	
Telefone:	
E-mail:	
6 - Solicitante	
Nome/Procurador Legal:	
Telefone: ()	E-mail:
Local:	Data: ____/____/____ Assinatura do Responsável:

ANEXO II

Formulário para Registro da Central Geradora na ANEEL

ANEXO II – Formulário para Registro da Central Geradora na ANEEL

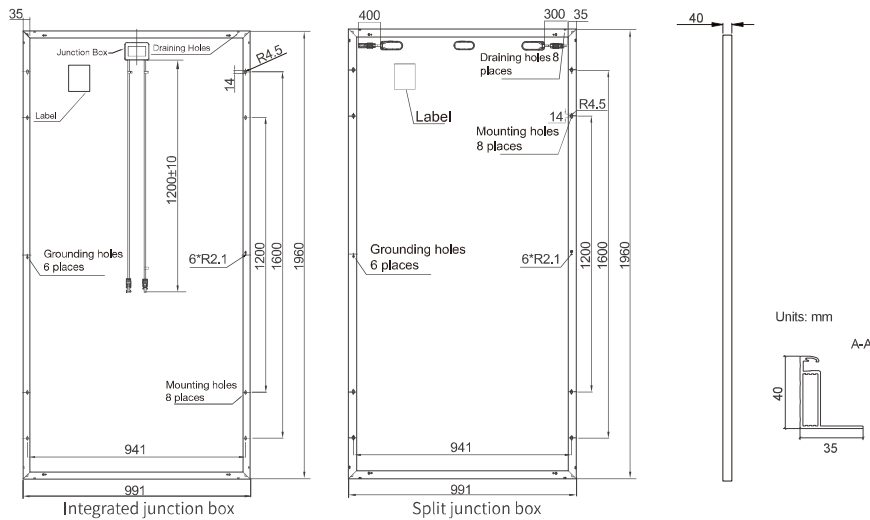
	Dados para Registro da Central Geradora	Agência: _____
		Pág.: 1/1

1 – Identificação da Unidade Consumidora - UC		
Titular da UC:		
Rua/Av.:	Nº:	CEP:
Bairro:	Cidade:	
E-mail:		
Telefone: ()	Celular: ()	
CNPJ/CPF:		
2 – Geração Fotovoltaica		
Quantidade de Módulos:	Fabricante dos Módulos:	
Quantidade de Inversores:	Fabricante do Inversor:	
Potência dos Módulos (kWp):	Potência dos Inversores (kWp):	
Área dos Arranjos (m²):		
3 – Geração Eólica		
Fabricante:	Modelo:	
Eixo do Rotor:	Altura da Pá (m):	
Potência do Inversor (kW):	Potência do Aerogerador (kW):	
4 – Geração Hidráulica		
Rio:	Bacia:	
SubBacia:	Tipo de Turbina:	
Potência da Turbina (kVA):	Potência Aparente do Gerador (kVA):	
Fator de Potência do Gerador:	Potência Ativa do Gerador (kW):	
5 – Geração Com Biomassa, Solar Térmica ou Cogeração		
Potência Aparente do Gerador (kVA):	Fator de Potência do Gerador:	
Potência Ativa do Gerador (kW):	Fonte:	
6 – Solicitante		
Nome/Procurador Legal:		
Telefone:		
E-mail:		
_____ Local	____/____/_____ Data	_____ Assinatura do Responsável

ANEXO III

Datasheet do módulo fotovoltaico

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	22kg±3%
Dimensions	1960mm×991mm×40mm
Cable Cross Section Size	4mm ²
No. of cells	72(6x12)
Junction Box	IP67, 3 diodes
Connector	MC4 Compatible(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Packaging Configuration	27 Per Pallet

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S01 -350/PR	JAM72S01 -355/PR	JAM72S01 -360/PR	JAM72S01 -365/PR	JAM72S01 -370/PR
Rated Maximum Power(P _{max}) [W]	350	355	360	365	370
Open Circuit Voltage(V _{oc}) [V]	47.24	47.45	47.66	47.93	48.18
Maximum Power Voltage(V _{mp}) [V]	38.58	38.76	38.96	39.21	39.45
Short Circuit Current(I _{sc}) [A]	9.61	9.69	9.81	9.85	9.91
Maximum Power Current(I _{mp}) [A]	9.07	9.16	9.24	9.31	9.38
Module Efficiency [%]	18.0	18.3	18.5	18.8	19.0
Power Tolerance	0~+5W				
Temperature Coefficient of I _{sc} (α _{Isc})	+0.060%/°C				
Temperature Coefficient of V _{oc} (β _{Voc})	-0.300%/°C				
Temperature Coefficient of P _{max} (γ _{Pmp})	-0.380%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G				

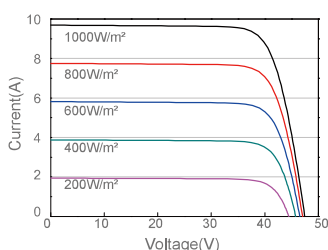
Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

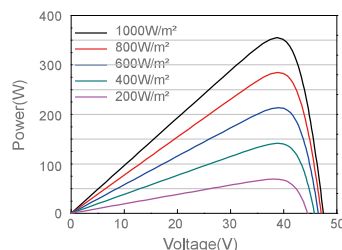
TYPE	JAM72S01 -350/PR	JAM72S01 -355/PR	JAM72S01 -360/PR	JAM72S01 -365/PR	JAM72S01 -370/PR	Maximum System Voltage	1000V/1500V DC(IEC)
Rated Max Power(P _{max}) [W]	257	261	265	268	272	Operating Temperature	-40°C~+85°C
Open Circuit Voltage(V _{oc}) [V]	43.68	43.88	44.10	44.33	44.55	Maximum Series Fuse	20A
Max Power Voltage(V _{mp}) [V]	35.78	35.81	36.03	36.25	36.50	Maximum Static Load,Front	5400Pa
Short Circuit Current(I _{sc}) [A]	7.61	7.68	7.74	7.80	7.86	Maximum Static Load,Back	2400Pa
Max Power Current(I _{mp}) [A]	7.19	7.29	7.34	7.40	7.45	NOCT	45±2°C
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					Application Class	Class A

CHARACTERISTICS

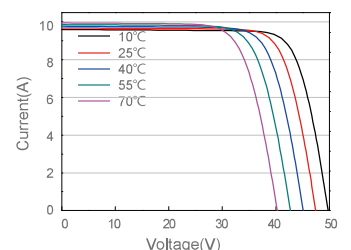
Current-Voltage Curve JAM72S01-355/PR



Power-Voltage Curve JAM72S01-355/PR



Current-Voltage Curve JAM72S01-355/PR



ANEXO IV

Datasheet do inversor

Inversor String SIW500H - ST022

Inteligente

- 3 MPPTs para adaptação versátil a diferentes tipos ou quantidades de módulos construídos com diferentes alinhamentos
- Monitoramento inteligente de 6 *strings* e 80% de economia de tempo na detecção de falhas
- Portas RS485 e USB para conectividade e gerenciamento de dados
- Display LCD gráfico local e monitoramento remoto

Eficiente

- Eficiência máx. de 98,6%, eficiência europeia de 98,3%
- Fácil instalação com peso de 48 kg

Seguro

- Seccionadora CC integrada, segurança e praticidade para manutenção
- Supressores de surto Tipo II para CC e CA
- Proteção contra falta à terra
- Proteção contra corrente de fuga (DR)

Confiável

- Sem necessidade de ventiladores externos, pois conta com tecnologia de resfriamento natural
- Grau de proteção IP65



Curva de Eficiência

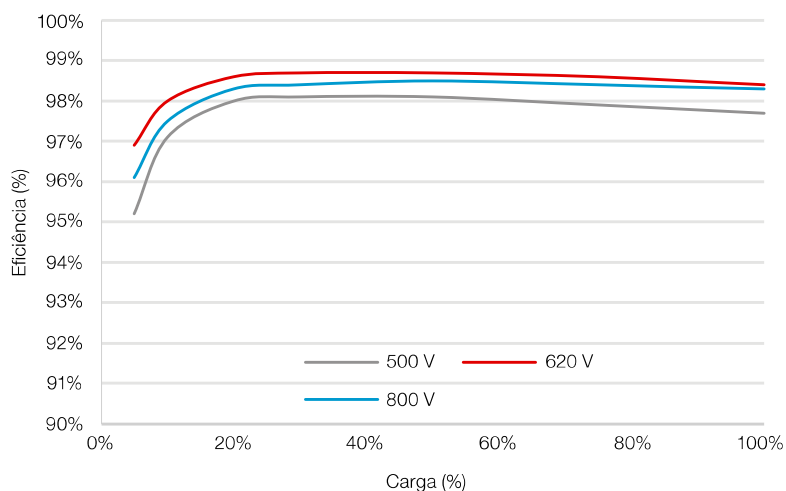
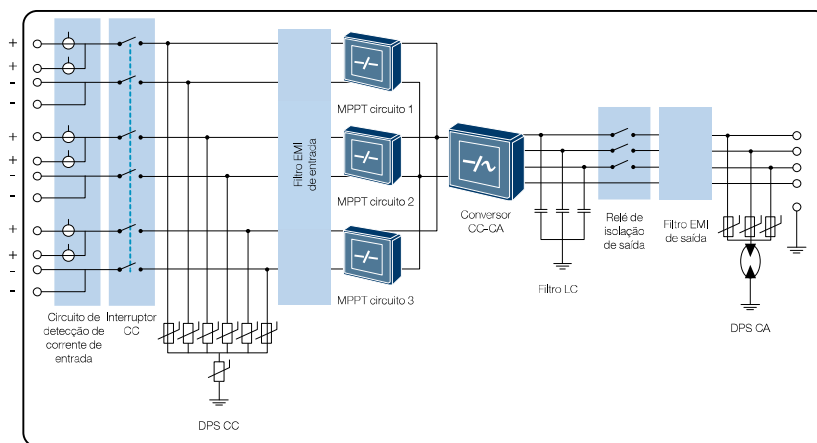


Diagrama do Circuito



SIW500H - ST022

Inversor String SIW500H - ST022

Especificações técnicas	SIW500H - ST022
Eficiência	
Eficiência máxima	98,6%
Entrada	
Tensão de entrada máxima	1.000 V
Corrente máxima por MPPT	18 A
Faixa de tensão MPPT em máxima potência	480 V ~ 800 V
Número máximo de entradas	6
Número de rastreadores MPPT	3
Saída	
Potência ativa CA nominal	22.000 W
Tensão de saída nominal (FN/FF)	220 V (F-N) / 380 V (F-F), 230 V / 400 V, 3F+N+PE
Frequência de rede CA nominal	60 Hz
Corrente de saída máxima	33,4 A
Fator de potência ajustável	0,8 LG ... 0,8 LD
Distorção harmônica total máxima	<3%
Proteção	
Seccionadora no lado de entrada	Sim
Proteção anti-ilhamento	Sim
Proteção contra polaridade CC invertida	Sim
Monitoramento de falha de <i>string</i> no arranjo PV	Sim
Supressor de surto CC	Tipo II
Supressor de surto CA	Tipo II
Monitoramento da isolação	Sim
Deteção de corrente de fuga	Sim
Comunicação	
RS485	Sim
USB	Sim
Geral	
Dimensões (L x A x P)	520 x 610 x 255 mm
Peso	48 kg
Faixa de temperatura de operação	-25 °C ~ 60 °C
Grau de proteção	IP65
Consumo interno noturno	<1 W
Topologia	Sem transformador



Inversor String SIW500H - ST060



Inteligente

- Gerenciamento inteligente de 12 *strings* e rápido diagnóstico de problemas
- Suporta *Power Line Communication* (PLC)
- Suporta Diagnóstico *Smart String* I-V

Efficiente

- Eficiência Máxima de 98,7%, eficiência europeia de 98,5%
- 6 MPPTs para adaptações versáteis a diferentes layouts

Seguro

- Seccionadora CC integrada, segurança e praticidade para manutenção
- Supressor de surto Tipo II para CC e para CA
- Unidade de Monitoramento de Correntes Residuais integrada internamente
- Projeto sem fusíveis

Confiável

- Tecnologia de resfriamento natural
- Grau de proteção IP65

Curva de Eficiência

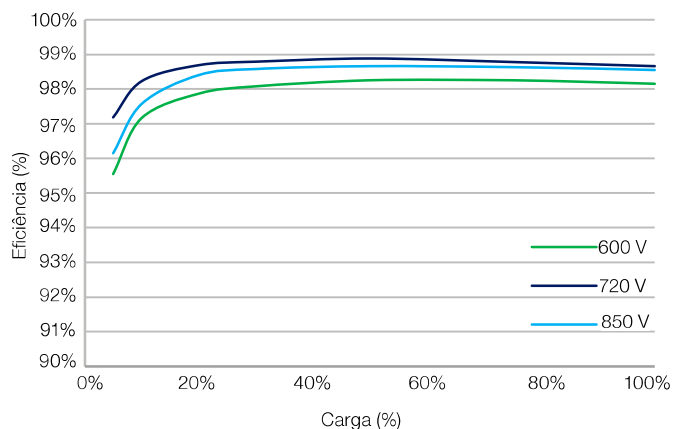
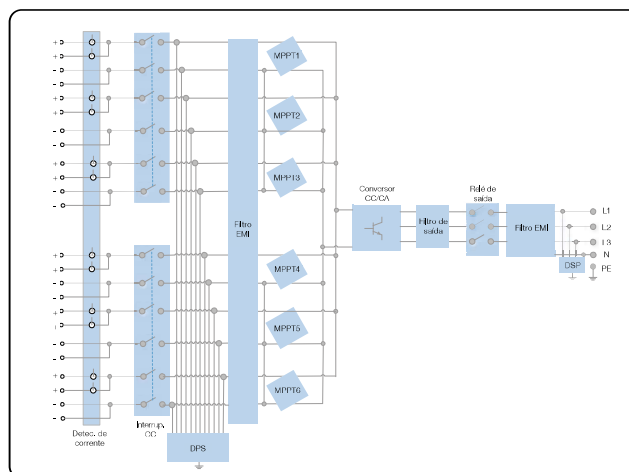


Diagrama do Circuito



SIW500H - ST060

Inversor String SIW500H - ST060

Especificações técnicas	SIW500H - ST060
Eficiência	
Eficiência máxima	98,7%
Eficiência europeia	98,5%
Entrada	
Tensão de entrada máxima	1.100 V
Corrente máxima por MPPT	22 A
Corrente de curto-circuito máxima por MPPT	30 V
Tensão de partida	200 V
Faixa de tensão de operação do MPPT	200 V ~ 1.000 V
Tensão de entrada nominal	600 V
Número máximo de entradas	12
Número de MPPTs	6
Saída	
Potência ativa nominal CA	60.000 W
Potência aparente CA máxima	66.000 VA
Potência ativa CA máxima (cosφ=1)	66.000 W
Tensão de saída nominal	220 V / 380 V, 230 V / 400 V, padrão 3 W+N+PE; 3 W+PE opcional nos ajustes
Corrente nominal de saída	91,2 A @ 380 V ca, 86,7 A @ 400 V ca
Frequência de rede CA nominal	50 Hz / 60 Hz
Corrente de saída máxima	100 A a 380 V ca, 95,3 A a 400 V ca
Fator de potência ajustável	0,8 LG ... 0,8 LD
Distorção harmônica total máxima	≤3%
Proteção	
Seccionadora no lado de entrada	Sim
Proteção anti-ilhamento	Sim
Proteção contra polaridade CC invertida	Sim
Monitoramento de falha de <i>string</i> no arranjo PV	Sim
Supressor de surto CC	Tipo II
Supressor de surto CA	Tipo II
Deteção de isolamento	Sim
Unidade de monitoramento de correntes residuais	Sim
Comunicação	
Display	Indicadores LED, Bluetooth +APP
RS485	Sim
USB	Sim
PLC	Sim
Geral	
Dimensões (L x A x P)	1.075 x 555 x 300 mm
Peso (com placa de montagem)	73 kg
Faixa de temperatura de operação	-25 °C ~ 60 °C
Resfriamento	Convecção natural
Altitude máxima de operação	4.000 m
Umidade relativa	0 ~ 100%
Conector CC	Amphenol helios H4
Conector CA	Terminal PG à prova d'água + conector OT
Grau de proteção	IP65
Topologia	Sem transformador



ANEXO V

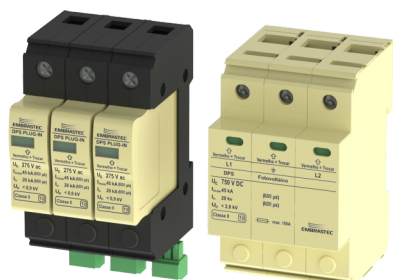
Datasheet DPS

Linha DPS - SFV (Sistema Fotovoltaico) - Classe II

Os Dispositivos de Proteção Contra Surto da Linha DPS SFV, foram desenvolvidos para proteção de equipamentos/instalações alimentadas em corrente contínua (VDC), principalmente para Sistemas Fotovoltaicos. Deverá ser instalado nas 'Strings Box' após os disjuntores ou fusíveis, com fixação em trilho TS 35. Disponíveis nas versões *Ecobox* e *Plug-In*.

Em conformidade com a norma ABNT 5410/2004 e atende as características da Classe II, Norma NBR-IEC 61643-1, assim também como a Norma EN 50539-11.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E MECÂNICAS

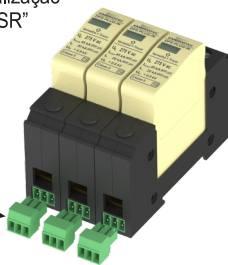


Plug-in
(Tripolar)

DCBox
(Tripolar)

- Caixa plástica, não propagante à chama, injetada em nylon 66 c/ fibra - anti-chama
- Grau : VO- UL94,
- Temperatura: - 40°C até 80°C
- TOV - Sobretensão temporária - Atende a IEC 61643
- Câmara Blindada (evita arco voltaico)
- Sinalização de defeito:
Bandeirola "OFF" = substituir
- Máximo Fusível de back-up: 100 A
(quando o fusível ou disjuntor do quadro em que o DPS for instalado, for maior que 100A, utilizar fusível/disjuntor de 32A em série com o DPS). Veja exemplo na página 11.

- Sinalização Remota: na/nf
Para versões com Sinalização Remota, basta incluir "SR" ao código.
Por exemplo:
Modelo 500Vdc/45kA
Código M135004SR



Borne com conexão
até 1,5 mm²

MODELOS	500 VCC	750 VCC	1000 VCC	1200 VCC	1500 VCC
Código - Ecobox	M135004	M137504	M131K45	M131K24	M131K54
Código - Plug In	P115004	P117504	P111K45	P111K24	P111K54
U _{CPV} - Max.Tensão de Operação (L1-L2 / L1-T / L2-T)	500 VCC	750 VCC	1000 VCC	1200 VCC	1500 VCC
U _p - Nível de Proteção (L1-L2 / L1-T / L2-T)	<2,2 kV	<2,8 kV	<3,5 kV	<4,6 kV	<5,3 kV
Grau de proteção	IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Corrente max. de surto - onda 8/20 µs -	45 kA	45 kA	45 kA	45 kA	45 kA
I _n - corrente nominal - onda 8/20 µs -	20 kA	20 kA	20 kA	20 kA	20 kA
Tempo de resposta	<25 ns	<25 ns	<25 ns	<25 ns	<25 ns
Classe - IEC 61643-1	II / C	II / C	II / C	II / C	II / C
Pólos	Tripolar (*)	Tripolar (*)	Tripolar (*)	Tripolar (*)	Tripolar (*)
Forma de proteção	'Y' (#)	'Y' (#)	'Y' (#)	'Y' (#)	'Y' (#)

Dimensões		
Linha DCbox	Linha Plug-In	
Tripolar	Módulo	Base Tripolar FV Código 310009
Peso: 305 gr	Peso: 52 gr	Peso: 195 gr
Conexão	6 mm ² a 25 mm ²	

(*) Para os modelos da Linha Plug-in, os módulos são individuais, portanto utilizar três módulos conectados em uma base Tripolar FV (Código 310009).

(#) Forma de Proteção 'Y', trata-se de proteção no Modo Comum (L1-T / L2-T) e no Modo Transverso (L1-L2), portanto proporcionando maior proteção.

Exemplo Sistema com Inversor BIFÁSICO

