



**FUNDAÇÃO
UNIVERSIDADE
FEDERAL DE
MATO GROSSO DO SUL**

**FACULDADE DE ENGENHARIAS,
ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA**

ENGENHARIA ELÉTRICA

ESTUDO DO CASO: DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE PARA UM CONSUMIDOR RESIDENCIAL

Raika Fernando da Costa Martins

Campo Grande - MS
Fevereiro de 2022



FUNDAÇÃO
UNIVERSIDADE
FEDERAL DE
MATO GROSSO DO SUL

FACULDADE DE ENGENHARIAS,
ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA

ENGENHARIA ELÉTRICA

ESTUDO DO CASO: DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE PARA UM CONSUMIDOR RESIDENCIAL

Raika Fernando da Costa Martins

Orientador: Valmir Machado Pereira

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Campo Grande - MS
Fevereiro de 2022

ESTUDO DO CASO: DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE PARA UM CONSUMIDOR RESIDENCIAL

Monografia apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, para obtenção da Graduação em Engenharia Elétrica.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Valmir Machado Pereira
Orientador

Prof. Dr. Paulo Irineu Koltermann

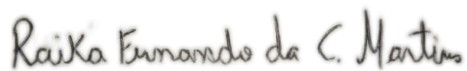
Prof. Dr. Marcio Luiz Magri Kimpara

Campo Grande MS
Fevereiro de 2022

DECLARAÇÃO DE AUTORIA E RESPONSABILIDADE

Raika Fernando da Costa Martins, residente e domiciliado na cidade de Campo Grande, Estado do Mato Grosso do Sul, portador do RG de nº 1.698.378 SSP/MS e CPF nº 046.015.221-10, declaro que o “Trabalho de Conclusão de Curso” apresentado, com o título “Estudo do Caso: Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico conectado à rede para um Consumidor Residencial” é de minha autoria e assumo a total responsabilidade pelo seu conteúdo e pela originalidade do texto. Declaro que identifiquei e referenciei todas as fontes e informações gerais que foram utilizadas para construção do presente texto. Declaro também que este artigo não foi publicado, em parte, na íntegra ou conteúdo similar em outros meios de comunicação, tendo sido enviado com exclusividade para a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Campo Grande, 25 de fevereiro de 2022.



Raika Fernando da Costa Martins

À minha mãe, Ramona Ramires Costa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à minha mãe por todo amor e suporte.

Agradeço aos meus colegas de curso por todos os bons momentos, pelo companheirismo e pela paciência dentro e fora da classe.

Agradeço também aos professores que lecionaram durante a graduação, que se prepararam, que desafiaram os alunos a serem a versão melhor de si mesmos e que sempre nos ajudavam em momentos de desamparo. Agradeço pela experiência construtiva que os professores do curso de Engenharia Elétrica da UFMS me proporcionaram.

RESUMO

Um sistema de geração de energia elétrica tem a capacidade de desenvolvimento que afeta a sociedade e o meio ambiente. Esse sistema atinge aspectos econômicos e sociais que podem provocar impactos ambientais. Dessa forma este documento visa demonstrar uma estratégia para atenuar tais impactos ao meio ambiente através da energia solar. Sendo assim, este trabalho tem o objetivo de abordar as etapas de projeto de um sistema fotovoltaico conectado à rede. A metodologia acompanha o dimensionamento de cada componente pertencente ao projeto fotovoltaico mostrando critérios para escolha e analisando se os aspectos elétricos compactuam com os elementos observados e com as normas vigentes. Com o projeto finalizado verificou-se que a geração de energia é maior que a necessária para compensar a demanda do consumidor. Entretanto, a norma da concessionária permite a geração de créditos a ser utilizado em meses posteriores onde a geração pode ser menor que a média calculada. Outra alternativa também prevista em norma seria a utilização do excedente em outra unidade consumidora do próprio acessante.

Palavras-Chave: Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico. Sistema de Geração Distribuída Fotovoltaica. Projeto Fotovoltaico. Gerador Fotovoltaico.

ABSTRACT

An electric power generation system has the capacity for development that affects society and the environment. This system affects economic and social aspects that can cause environmental impacts. Thus, this document aims to demonstrate a strategy to mitigate such impacts to the environment through solar energy. Therefore, this work aims to address the design stages of a grid-connected photovoltaic system. The methodology follows the dimensioning of each component belonging to the photovoltaic project, showing criteria for choice and analyzing whether the electrical aspects agree with the observed elements and with the current regulations. With the project completed, it was found that the generation of energy is greater than necessary to compensate for consumer demand. However, the concessionaire's rule allows the generation of credits to be used in later months where the generation may be lower than the calculated average. Another alternative also provided for in the norm would be the use of the surplus in another consumer unit of the system user.

Keywords: Dimensioning of a Photovoltaic System. Photovoltaic Distributed Generation System. Photovoltaic Project. Photovoltaic Generator.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Fatura de Energia.....	20
Figura 3.2	Inversor Solis Mini	21
Figura 3.3	Inversor Growatt MIC 1000~3000TL-X	23
Figura 3.4	Inversor ecoSolys.....	24
Figura 3.5	Módulo Fotovoltaico	25
Figura 3.6	Arranjo em série dos módulos	26
Figura 3.7	Quadro Elétrico - String Box ESB 1106 Intelbras	27
Figura 3.8	DPS DEHNgard - Especificações do modelo	28
Figura 3.9	Disjuntor 2P STECK	30
Figura 4.1	Diagrama Unifilar da NDU-013.....	32
Figura 4.2	Diagrama Unifilar do Projeto	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Consumo Mensal	14
Tabela 2.2	Potencial Solar compreendendo os meses de janeiro a junho.....	15
Tabela 2.3	Potencial Solar compreendendo os meses de julho a dezembro.	15
Tabela 2.4	Dados Técnicos Módulo Fotovoltaico Canadian Solar	17
Tabela 2.5	Especificações Elétricas Módulo Fotovoltaico BYD	18
Tabela 3.1	Folha de Dados Inversor Solis Mini	21
Tabela 3.2	Folha de Dados Inversor Growatt	22
Tabela 3.3	Folha de Dados ecoSolys.....	24
Tabela 3.4	Folha de Dados <i>String Box</i> intelbras.....	27
Tabela 3.5	Folha de Dados DPS DEHNguard	29
Tabela 3.6	Dados Técnicos Disjuntores STECK	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Revisão Bibliográfica	11
1.2. Motivação.....	12
1.3. Objetivos	12
1.3.1. Objetivo Geral.....	12
1.3.2. Objetivos Específicos	13
1.4. Organização do Trabalho.....	13
2. DIMENSIONAMENTO DO GERADOR SOLAR.....	14
2.1. Recurso Solar Disponível	15
2.2. Inversor	15
2.3. Características do Módulo Fotovoltaico.....	17
2.4. Cabeamento e Dispositivos de Segurança.....	18
2.4.1. Trecho em corrente contínua (c.c.)	19
2.4.2. Trecho em corrente alternada (c.a.).....	19
3. Projeto	20
3.1. Inversor do Projeto	25
3.2. Arranjo dos Módulos Fotovoltaicos	25
3.3. String box CC e Dispositivos de Proteção	27
3.4. Stringbox CA	29
4. Análise de Resultados	31
4.1. Geração de Energia	31
4.2. Diagrama Unifilar e Aterramento	32
5. Conclusões Gerais	34
6. Referências	35
7. Apêndices	38
7.1. Apêndice A – Projeto: Planta de Localização Diagrama Unifilar e Padrão de Entrada - A1 (Folha 01/02).....	38
7.2. Apêndice B – Projeto: Diagrama Trifilar e Disposição dos Módulos - A2 (Folha 02/02) .	40
7.3. Apêndice C – Datasheet Inversor Ecosolys ecos1000plus	42
7.4. Apêndice D – Registro Inmetro Inversor ecos1000plus	44
7.5. Apêndice E – Ficha Técnica Módulo Fotovoltaico BYD PHK-36SÉRIE-4BB.....	46

1. INTRODUÇÃO

A Matriz Energética representa o conjunto de fontes disponíveis para suprir a demanda de energia de um determinado local. Essa necessidade de energia é simbolizada desde o ato de ligar uma lâmpada, acender o fogão e até a utilização do transporte público. Ou seja, o conjunto de fontes de energia disponíveis para gerar eletricidade forma a Matriz Energética, da qual a Matriz Elétrica faz parte.

A diversificação da Matriz Elétrica Brasileira, de acordo com Campos (2018), é um tema que deve ser buscado. As fontes alternativas de energia que a compõem são: eólica, solar e hidrelétrica de pequeno porte. Essas fontes renováveis são opções para expansão da capacidade que possibilitam o aumento da flexibilidade do sistema e melhora da segurança no suprimento sem a necessidade de construção de novas usinas de grande porte com geração centralizada.

As fontes renováveis são assuntos frequentemente debatidos devido a crescente preocupação com a emissão de dióxido de carbono (CO₂). Segundo dados da Resenha Energética Brasileira que tem como fonte a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a oferta interna de Energia Solar aumentou em 92,2% comparando os anos de 2018 e 2019 (BANDEIRA; RIBEIRO; SANTOS, 2020). Além do fator ambiental, a instalação de um sistema fotovoltaico também movimenta outro setor sendo, em termos gerais, economicamente compensador adquirir esse tipo de sistema em residências e indústrias devido ao tempo de retorno financeiro.

1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A energia fotovoltaica é fornecida através da conversão de energia solar em energia elétrica, e devido a sua localização, o Brasil é favorecido nesse ponto de vista. O país recebe alta radiação solar anual e ainda que a participação não seja significativa na Matriz Energética Brasileira, o cenário é extremamente promissor para diversificação (BANDEIRA; RIBEIRO; SANTOS, 2020).

A norma estabelecida que regulamenta o acesso a microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica das concessionárias é a Resolução Normativa nº 482/2012 (ANEEL, 2012). O conceito adotado por esta norma autoriza o consumidor a gerar sua própria energia por meio de fontes renováveis podendo injetar na rede adquirindo crédito sobre excedente produzido.

Ainda de acordo com as normas, a NBR 11704 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) instaura que os tipos de sistemas fotovoltaicos podem ser *on grid* ou *off grid*, sendo o primeiro conectado à rede de distribuição e o segundo caracterizado pelo consumidor que armazena sua própria geração.

1.2. MOTIVAÇÃO

A energia tem papel de extrema importância no desenvolvimento tecnológico contemporâneo e os países mais evoluídos nesse quesito tem vantagem competitiva na economia. As fontes não renováveis têm a maior participação de geração de energia nas matrizes energéticas, esse padrão de geração e consumo tem impactado diretamente no meio ambiente através da emissão de poluentes, pondo em risco a sustentabilidade (BESKOW; BELLEN, 2014). Por consequência a busca por fontes de energia renovável tem sido o caminho pelo qual a economia mundial tem percorrido para subtrair ou até mesmo excluir esse risco.

Segundo Bandeira (2020) o Brasil apresenta dados que indicam 83% de participação de energia de fontes renováveis na Matriz Elétrica, sendo motivo de destaque pela utilização cada vez maior de fontes renováveis. A Geração Hidráulica representa a maior parte de total, 78,2%, e apesar de não emitir poluentes ainda assim causa impactos ambientais e sociais. Porém a Energia Solar representa apenas 1,2% desse total.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. *Objetivo Geral*

Demonstrar o dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico conectado à rede com foco em um consumidor residencial organizando em tópicos cada passo e exemplificando com comentários suas funções.

1.3.2. *Objetivos Específicos*

Este texto tem como objetivo enumerar o passo a passo na especificação de cada elemento, suas funções e os critérios de escolha desses equipamentos, sempre observando e obedecendo as normas vigentes da área e da concessionária de energia. Entre os objetivos específicos, destacam-se:

- Organizar o passo a passo de um dimensionamento de um sistema fotovoltaico;
- Apresentar as características e funções dos elementos;
- Analisar os tipos de materiais utilizados.

1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

No Capítulo 1, é apresentada uma breve revisão teórica sobre a situação da Matriz Elétrica Brasileira e a importância da diversificação da mesma. Essa revisão tem o objetivo de situar o trabalho no contexto geral para demonstrar a relevância do projeto elaborado. Também consta a motivação para o desenvolvimento desta monografia.

No Capítulo 2, é mostrado o início do desenvolvimento para o dimensionamento do gerador fotovoltaico apresentando com detalhes a análise e os critérios de escolha dos equipamentos do projeto.

No Capítulo 3, é apresentado projeto deste trabalho com os elementos definidos, suas características elétricas e funções dentro do sistema fotovoltaico.

No Capítulo 4, é exposta uma análise de geração de energia a partir do sistema dimensionado e apresentado o diagrama unifilar do projeto.

No Capítulo 5, são apresentadas as conclusões finais e proposta para desenvolvimento desse mesmo projeto com Micro Inversores.

2. DIMENSIONAMENTO DO GERADOR SOLAR

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico utilizou-se a média de consumo de energia elétrica em 12 meses de uma residência localizada na cidade de Campo Grande-MS, que pertence ao subgrupo B1 caracterizado por área residencial (RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414, 2012). O dado coletado pode ser visualizado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 Consumo Mensal

Mês	Consumo (kWh)
jun/20	120
jul/20	124
ago/20	125
set/20	132
out/20	153
nov/20	128
dez/20	134
jan/21	150
fev/21	139
mar/21	143
abr/21	169
mai/21	136
Média	138

Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Após verificar a média de consumo foi realizado um levantamento sobre o local disponível para instalação do projeto. A área livre, com projeção em direção ao norte devido a inclinação do telhado, abrange mais de 20 m² com dimensão perimetral de 5,29 × 3,99 m.

2.1. RECURSO SOLAR DISPONÍVEL

O gerador fotovoltaico atua de acordo com a irradiação solar no local da instalação. As informações sobre os dados de irradiação solar são adquiridas através do portal do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB). O CRESESB é uma ferramenta que auxilia no dimensionamento e estudos de sistemas fotovoltaicos. Nessa ferramenta e por meio das coordenadas geográficas da localidade pode-se obter os

dados conforme as Tabelas 2.2 e 2.3. O endereço é localizado no bairro Residencial Ilhéus em Campo Grande no estado de Mato Grosso do Sul. Através de pesquisa no *Google* é possível identificar as coordenadas de latitude e longitude do local.

Tabela 2.2 Potencial Solar compreendendo os meses de janeiro a junho.

Irradiação solar diária média mensal em Campo Grande [kWh/m ² .dia]									
Ângulo	Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Média	Delta
Plano Horizontal	0° N	5,62	5,67	5,31	4,76	4,01	3,75	5,01	2,41
Ângulo igual a latitude	21° N	5,11	5,4	5,42	5,32	4,83	4,73	5,21	0,81
Maior média anual	19° N	5,17	5,45	5,43	5,29	4,77	4,65	5,21	0,92
Maior mínimo mensal	26° N	4,92	5,27	5,37	5,37	4,96	4,89	5,18	0,75

Fonte: CRESESB, 2017.

Tabela 2.3 Potencial Solar compreendendo os meses de julho a dezembro.

Irradiação solar diária média mensal em Campo Grande [kWh/m ² .dia]									
Ângulo	Inclinação	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
Plano Horizontal	0° N	3,9	4,77	4,93	5,42	5,86	6,15	5,01	2,41
Ângulo igual a latitude	21° N	4,82	5,54	5,2	5,28	5,37	5,49	5,21	0,81
Maior média anual	19° N	4,76	5,49	5,2	5,31	5,44	5,57	5,21	0,92
Maior mínimo mensal	26° N	4,97	5,64	5,19	5,17	5,19	5,26	5,18	0,75

Fonte: CRESESB, 2017.

As duas Tabelas, 2.2 e 2.3, apresentam valores de menor irradiação mensal (em vermelho) e maior irradiação mensal (em azul). A coluna Delta representa a diferença entre o valor de maior irradiação, azul, e o valor de menor irradiação, vermelho, considerando todos os meses de janeiro a dezembro. Com o consumo médio definido e o valor médio de irradiação solar determinado pode-se dimensionar a potência do inversor do sistema.

2.2. INVERSOR

O Inversor é o equipamento responsável pela conversão de uma tensão contínua (c.c.), fornecida por módulos fotovoltaicos, para tensão alternada (c.a.) com amplitude e frequência determinadas (PINHO; GALDINO, 2014). Para determinar a potência do inversor é necessário calcular potência demandada pelo consumo médio da residência. Para o cálculo utiliza-se o valor de médio anual devido a flutuação dos valores de irradiação solar ao longo

do ano, conforme apresentado nas Tabelas 2.2 e 2.3. Também deve-se considerar o Custo de Disponibilidade presente na Resolução Normativa nº 414 na Seção V (RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414, 2012). Portanto com a equação (1) de Ribeiro (2016) e o custo de disponibilidade, obtém-se:

$$E_C = E_M - E_{CD} \quad (1)$$

Onde:

E_C : Energia de Compensação (kWh);

E_M : Energia Média de Consumo (kWh);

E_{CD} : Energia do Custo de Disponibilidade (kWh).

A média de consumo anual da Tabela 2.1 é de 138kWh e o custo de disponibilidade de 50kWh (RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414, 2010).

$$E_C = 138 - 50 = 88\text{kWh}$$

A potência que o sistema deve gerar é obtido pela equação (2).

$$P_{INV} = \frac{E_C}{HSP \times \eta} \quad (2)$$

Sendo:

P_{INV} : Potência do Inversor (kWp);

HSP : Horas de Sol Pico (h/dia);

η : Rendimento do sistema ou Taxa de Desempenho (adimensional).

A variável HSP se encontra na Tabela 2.3 na coluna da Média Anual (5,01h/dia). A Energia de Compensação (E_C) foi calculada pela equação (1), sendo 88kWh o valor médio mensal. Para conversão desse valor para kWh/dia deve-se dividir por 30 (dias). O rendimento ou taxa de desempenho, segundo Pinho (2014), engloba perdas por temperatura e incompatibilidade elétrica nos módulos, acúmulo de sujeira relacionado a falta de manutenção, perdas no cabeamento devido ao Efeito Joule, tanto no lado de corrente contínua (c.c.) quanto no lado de corrente alternada (c.a.) e eficiência do inversor. Sendo assim o valor de rendimento admitido envolve 0,8 (PINHO; GALDINO, 2014). Logo, utilizando a equação (2) a potência do sistema pode ser obtida.

$$P_{INV} = \frac{88 \div 30}{5,01 \times 0,8} = 0,732\text{kWp} = 732\text{Wp}$$

Portanto, a potência mínima do inversor deve ser de 732Wp.

2.3. CARACTERÍSTICAS DO MÓDULO FOTOVOLTAICO

O módulo fotovoltaico é constituído por um conjunto de células fotovoltaicas, também chamadas de células solares, que utilizam o silício como material básico, agrupadas em associações série e paralelo para se obter níveis de tensão e corrente utilizáveis na prática. No processo de encapsulamento, são adicionados materiais que envolvem as células interligadas com a finalidade de protegê-las das intempéries, de choques mecânicos e garantir a máxima eficiência na absorção da radiação luminosa. Atualmente, existe uma grande variedade de módulos fotovoltaicos no mercado, seja devido a tecnologia utilizada ou pela sua capacidade de geração. Cada fabricante de módulos fotovoltaicos disponibiliza folhas de dados com características elétricas, mecânicas e outras informações relevantes sobre os equipamentos. Nas informações, constam a quantidade de células existentes, dados sobre a resistência mecânica, tecnologia de fabricação da célula fotovoltaica, entre outros. A partir da potência do sistema definida pode-se determinar a quantidade de módulos de acordo com suas respectivas potências de operação. Os módulos da fabricante Canadian Solar apresentam características conforme Tabela 2.4.

Tabela 2.4 Dados Técnicos Módulo Fotovoltaico Canadian Solar

Dados Elétricos/STC*				
CS6U	315P	320P	325P	330P
Potência Nominal máx. (Pmáx)	315W	320W	325W	330W
Tensão Operacional ideal (Vmp)	36,6V	36,8V	37,0V	37,2V
Corrente Operacional ideal (Imp)	8,61A	8,69A	8,78A	8,88A
Tensão de circuito aberto (Voc)	45,1V	45,3V	45,5V	45,6V
Corrente de curto-circuito (Isc)	9,18A	9,26A	9,34A	9,45A
Eficiência do módulo	16,20%	16,46%	16,72%	16,97%
Temperatura operacional	-45°C ~ +85°C			
Classificação máx. de fusíveis da série	15A			
Tolerância de potência	0 ~ +5W			
*Sob condições de teste padrão (STC) de irradiação de 1.000W/m², espectro AM de 1,5 de temperatura de célula de 25 °C				

Fonte: CANADIAN SOLAR INC., 2016.

De acordo com a Tabela 2.4 a potência dos módulos são 315W, 320W, 325W e 330W. Além desses modelos também consta a fabricante BYD Energy do Brasil, que a Tabela 2.5 apresenta os dados elétricos dos modelos de 335W, 340W e 345W, por exemplo.

Tabela 2.5 Especificações Elétricas Módulo Fotovoltaico BYD

ESPECIFICAÇÕES ELÉTRICAS - BYD PHK-36-SÉRIE-4BB					
Tipo de Módulo	325PHK-36	330PHK-36	335PHK-36	340PHK-36	345PHK-36
Tensão de circuito aberto (Voc)	44,94V	45,19V	45,44V	45,69V	45,94V
Tensão máxima de funcionamento (Vmp)	37,57V	37,83V	38,10V	38,36V	38,62V
Corrente de curto-circuito (Isc)	9,14A	9,20A	9,25A	9,31V	9,36A
Corrente de potência de pico (Imp)	8,65A	8,72A	8,79A	8,86A	8,93A
Potência máxima de STC (Pmax)	325Wp	330Wp	335Wp	340Wp	345Wp
Eficiência do módulo	16,45%	16,70%	16,95%	17,21%	17,46%
Temperatura de operação	-40°C ~ +85°C				
Valor nominal da corrente máx. do fusível	0 ~ 5W				
Valores em condições de teste normalizadas STC: IRRADIÂNCIA DE 1000W/m², temperatura do módulo de 25°C, AM (massa de ar) = 1,5. Redução média de eficiência de 4,5% a 200W/m					

Fonte: BYD ENERGY DO BRASIL, 2019.

A escolha da quantidade de módulos deve compor em até 110% a potência máxima de entrada do inversor conforme equação (3) (SILVA, 2013).

$$P_{MOD} = 1,1 \times P_{INV} \quad (3)$$

Sendo:

P_{MOD} : Potência Total dos Módulos (kWp).

2.4. CABEAMENTO E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

Segundo Pinho (2014), os cabos e dispositivos ligados ao Sistema Fotovoltaico (SFV) devem seguir os procedimentos indicados:

- As conexões existentes no SFV devem permanecer firmes e sem danos, com atenção para ligações desapertadas, quebradas ou oxidadas que podem aumentar a temperatura e avariar os equipamentos.
- Observar a ocorrência de curtos-circuitos entre cabos condutores, faltas fase-fase ou fase-terra. Com o sistema desligado é possível verificar essas condições através equipamentos de medição com a função de continuidade.

2.4.1. Trecho em corrente contínua (c.c.)

O dimensionamento dos condutores é realizado com o auxílio dos dados elétricos (Tabelas 2.4 e 2.5) observando a corrente de operação dos módulos. A *String Box C.C.* é o painel de proteção onde os cabos, positivo e negativo, proveniente dos módulos são conectados ao inversor. Esse quadro de proteção contém disjuntor ou chave seccionadora e dispositivos de proteção contra surtos (DPS). A escolha dos cabos, dos eletrodutos e dos equipamentos da *string box* obedece a norma ABNT NBR 5410 (2004) em conjunto com os dados elétricos dos equipamentos a serem protegidos.

2.4.2. Trecho em corrente alternada (c.a.)

A definição dos cabos condutores que compreendem o trecho entre o inversor e o quadro geral do local parte da escolha do inversor pois através dos dados elétricos desse equipamento pode-se consultar a NBR 5410 (2004) para dimensionamento adequado do cabeamento.

Segundo Oliveira (2013), considerando um sistema trifásico, outra forma de determinar a seção dos cabos condutores desse trecho também pode ser realizado através da equação (4), onde fatores de correção de temperatura ambiente são considerados no cálculo.

$$I_P = \frac{P_{INV}}{0,66 \times \sqrt{3} \times V \times \cos\varphi} \quad (4)$$

Sendo:

I_P : Corrente de projeto (A);

V : Tensão fase-fase (V);

$\cos\varphi$: Fator de Potência.

3. PROJETO

O projeto aborda um sistema fotovoltaico conectado à rede (*on grid*). No sistema *off grid* (não conectado à rede) opta-se por utilizar baterias. Com as especificações anteriormente descritas e observando as normas e dados elétricos dos componentes pode-se avançar para escolha dos equipamentos que farão parte do projeto. Além de obedecer aos padrões exigidos para o projeto deve-se também atentar para a Certificação dos Equipamentos conforme NDU-013 (2017) exige. A norma também impõe regras ao acessante e responsabilidades à acessada.

No portal da ENERGISA é possível consultar a segunda via da fatura de consumo de energia. Através da fatura pode-se visualizar o número da Unidade Consumidora (UC) e o endereço da residência de execução do projeto, conforme Figura 3.1.

Figura 3.1 Fatura de Energia



Fonte: Adaptado pelo autor, 2021

Por meio de vistoria no local pode-se determinar os dados do ponto de entrega composta por:

- Tensão: 127 / 220V
- Disjuntor de Entrada: 2P-40A
- Ramal de Ligação: 2x1x10 + 10mm² - Multiplex
- Ramal de Entrada: 2#6 (6) + T6mm² (Cobre PVC 70 °C)

A Norma de Distribuição Unificada 001 (NDU-001) apresenta, através da Tabela 14, o Dimensionamento das Categorias de Atendimento 220/127V e os Dados do Ponto de Entrega estão em conformidade com a norma.

3.1. INVERSOR DO PROJETO

Conforme definido na seção 2.2 a potência mínima do inversor deve ser de 732W. Sendo assim esse valor se enquadra em inversores de 0.7kW, 1kW, 1.5kW. Quanto maior a potência maior o valor a ser pago pelo equipamento, ou seja, inversores a partir de 2.1kW encarecem o orçamento do projeto.

A marca de inversores Solis, ilustrada na Figura 3.2, disponibiliza o equipamento compatível com o requisito de potência do projeto de 732W. A Tabela 3.1 apresenta os dados técnicos para comparação.

Figura 3.2 Inversor Solis Mini



Fonte: INVERSORES SOLIS MINI, 2021.

Tabela 3.1 Folha de Dados Inversor Solis Mini

Modelo	S6-GR1P0.7K-M	S6-GR1P1K-M	S6-GR1P1.5K-M
Entrada CC			
Potência máxima de entrada	1.19kW	1.7kW	2.55kW
Tensão máx de entrada	600V		
Tensão nominal	200V		
Tensão de partida	60V		
Intervalo de tensão MPPT	50-500V		
Corrente máx de entrada	14A		

Corrente máx de curto-circuito	22A
MPPTs / Número de Entrada	01/01

Saída CA

Potência nominal de saída	0.7kW	1kW	1.5kW
Potência máx de saída aparente	0.77kVA	1.1kVA	1.65kVA
Potência máx de saída	0.77kW	1.1kW	1.65kW
Tensão nominal da rede	1/N/PE, 220V / 230V		
Frequência nominal da rede	50Hz / 60Hz		
Corrente nominal de saída da rede	3.2A / 3.0A	4.5A / 4.3A	6.8A / 6.5A
Corrente máx de saída	4.4A	5.2A	8.1A
Fator de potência	>0.99 (0.8 inicial - 0.8 atrasado)		
Harmônicas (THDi)	<3%		

Eficiência

Eficiência máxima	96.6%	96.6%
Eficiência EU	95.3%	95.4%
Eficiência MPPT	>99.5%	

Fonte: INVERSORES SOLIS MINI, 2021.

Apesar de ser um inversor compatível com o projeto, não consta registro no INMETRO, sendo assim não qualificado para homologação junto a concessionária de energia. Um produto semelhante é o inversor da Growatt MIC 1000~3000TL. O inversor em questão está presente na Figura 3.3 e a Folha de Dados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 Folha de Dados Inversor Growatt

Ficha de dados	MIC 1000TL-X	MIC 1500TL-X	MIC 2000TL-X
Dados de Entrada			
Máxima potência fotovoltaica recomendada (para módulo STC)	1400W	2100W	2800W
Máxima tensão CC	500V	500V	500V
Faixa de tensão MPPT / Tensão Nominal	50V-500V / 180V	50V-500V / 250V	50V-500V / 360V
Máxima corrente de Entrada por tracker MPP	13A		
Máxima corrente de curto-circuito por trackers MPP	16A		
Número de MPPT / strings por MPPT	01/01		
Saída (CA)			
Potência nominal de saída	1000W	1500W	2000W
Potência aparente máxima de CA	1000VA	1500VA	2000VA

Tensão nominal de saída (Faixa)	230V (180Vac - 280Vac)		
Frequência da rede CA (Faixa)	50Hz/60Hz, ±5Hz		
Fator de potência ajustável	0.8i-0.8c		
THDi	<3%		
Conexão CA	Fase única		
Eficiência			
Máx. Eficiência	97.4%	97.4%	97.4%
Euro-eta	96.5%	97.0%	97.0%

Fonte: GROWATT, 2021.

Figura 3.3 Inversor Growatt MIC 1000~3000TL-X



Fonte: GROWATT, 2021.

Outro inversor que atende aos requisitos do projeto e da NDU-013 é o ecoSolys (Apêndice C), conforme Figura 3.3 ilustra e Tabela 3.3 especifica. Esse equipamento atende a condição de potência e apresenta o número de registro no INMETRO, segundo Apêndice D e consulta no portal de Avaliação de Conformidade estabelecem.

Figura 3.4 Inversor ecoSolys



Fonte: ECOSOLYS, 2020.

Tabela 3.3 Folha de Dados ecoSolys

MODELO	ecos1000plus
Dados de Entrada	
Potência Fotovoltaica nominal	1000W
Tensão CC de partida	48V
Máxima Tensão CC	320V
Corrente CC máxima	11.5A
Faixa de operação MPPT	48 ~ 320V
Faixa de Operação MPPT (potência nominal)	95 ~ 320V
Quantidade de MPPT	1
Conector CC	Tipo MC4
Dados de saída	
Máxima potência CA	1.100W
Tensão nominal de saída	220V
Corrente nominal de saída	4.5A
Frequência nominal de saída	60Hz
Eficiência	95.0%
THD	<5.0%
Faixa de Operação CA	57.5 ~ 62.0Hz / 176 ~ 242Vca
Fator de Potência	>0.98
Conexão CA	Monofásica / Bifásica
Visualização e comunicação	
Visualização	LED e Display
Comunicação	Wi-fi via ecoWeb-box

Fonte: ECOSOLYS, 2020.

Os inversores das Tabelas 3.2 e 3.3 são adequados para o requisito de potência do sistema. O Inversor Ecosolys se encaixa com maior precisão aos requisitos de potência do consumidor, sendo assim escolhido para ser o inversor do projeto.

3.2. ARRANJO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

É preciso observar a potência máxima do inversor, os aspectos do módulo fotovoltaico do projeto e posteriormente deve-se tomar cuidado com a tensão derivada dos módulos pois é a tensão de entrada do inversor, sendo que o valor está presente nas Tabelas demonstrativas da seção 3.1. A zona de operação do inversor na parte CC está entre a tensão de partida, que é o valor mínimo, e a tensão máxima de entrada, ou seja, valor mais elevado de operação nominal do equipamento.

Os aspectos característicos e especificações elétricas de um módulo, como da Figura 3.5, foram apresentadas nas Tabelas 2.4 e 2.5 da seção 2.3 e também se encontra no Apêndice E.

Figura 3.5 Módulo Fotovoltaico



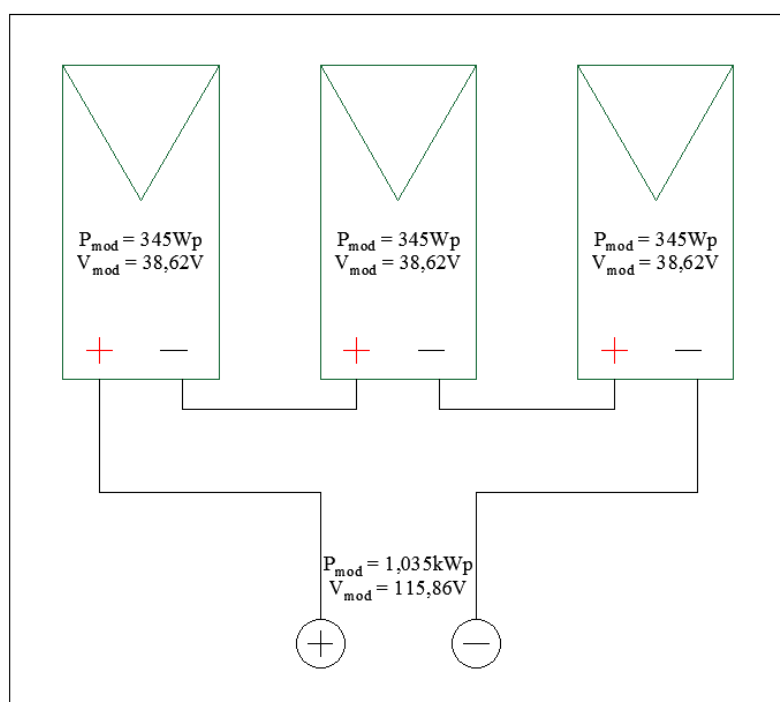
Fonte: CANADIAN SOLAR INC., 2016.

Um arranjo ou *string* é composto por módulos fotovoltaicos em série ou paralelo. Segundo as Leis de Kirchhoff quando um módulo está conectado em série com outro, esse equipamento se torna uma fonte de tensão (V_{MOD}), e essas tensões são somadas. Os módulos

em série devem apresentar os mesmos aspectos elétricos como potência, tensão e corrente para evitar ineficiência na geração, incompatibilidade elétrica e possíveis danos aos equipamentos. A conexão em paralelo geralmente é utilizada no sistema *off grid*.

O módulo definido como parte do projeto é do modelo 345PHK-36 da BYD presente na tabela 2.5, cuja potência de pico é 345 W com tensão máxima de funcionamento de 38,62V e corrente de potência de pico de 8,93 A. Para compor potência estipulada conforme a equação (3) serão necessários 3 módulos desse modelo, totalizando 1,035kWp. Desse modo atendendo ao requisito da equação. Devido aos módulos estarem dispostos em série a tensão deles se soma alcançando $V_{MOD}=115,86$ V conforme Figura 3.6 demonstra.

Figura 3.6 Arranjo em série dos módulos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

A disposição dos módulos no local vistoriado pode ser conforme a inclinação do próprio telhado por motivos de praticidade. Outros métodos de instalação buscam a inclinação com melhor desempenho de geração e eficiência do sistema como um todo, nesse caso são utilizadas estruturas ou suportes específicos com orientação e inclinação que permitem maior aproveitamento da irradiação solar. Sendo 19° N, Tabela 2.2, a melhor inclinação para cidade de Campo Grande.

O cabeamento de ligação entre os módulos e o Painel de Proteção ou *String box* é informado como 4,00mm², que está presente na própria Folha de Dados do módulo (BYD

ENERDY DO BRASIL, 2019), e confere com a NBR 5410 (2004) sobre a capacidade de corrente da seção do cabo. A estrutura do suporte e dos módulos devem conectados ao cabo de aterramento. Essas observações podem ser também visualizadas no Apêndice A no Diagrama Unifilar ou Trifilar.

3.3. STRING BOX CC E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

O Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS) é um equipamento que tem como função proteger em casos de surtos ocasionados por descargas atmosféricas. O DPS em corrente contínua fica posicionado na *String Box* CC e é conectado em paralelo com a chave seccionadora e com os cabos positivo e negativo provenientes do arranjo. A outra conexão do DPS é ligada ao cabo de aterramento sistema.

O painel de proteção (*string box*), ilustrado na Figura 3.7, é a caixa onde estão posicionados a chave seccionadora e o DPS. A Tabela 3.4 apresenta suas especificações técnicas.

Figura 3.7 Quadro Elétrico - String Box ESB 1106 Intelbras



Fonte: INTELBRAS, 2019.

Tabela 3.4 Folha de Dados *String Box* intelbras

Especificações técnicas	
Modelo	ESB 1106
Tensão de máxima de entrada	600 Vdc
Entrada/Saída string	01/01

Chave Seccionadora	Corrente máx 30A / Tensão de operação 600 Vdc / polos
DPS	Corrente máxima de descarga (8/20 μ s) 40kA Tensão máxima de operação 600Vdc DPS classe II
Material da caixa	ABS / PC
Proteção UV	Sim (conforme IEC 60529)
Alta resistência de impacto	IK-08
Grau de proteção	IP65
Dimensões (L $\times$ A $\times$ P)	235 $\times$ 215 $\times$ 110 mm
Peso	1,842 kg
Entradas (superior/inferior)	3 $\times$ Ø20, Ø25, Ø32, Ø40

Fonte: INTELBRAS, 2019.

O dimensionamento do DPS considera a tensão de operação do arranjo dos módulos e a tensão de operação do inversor. Sendo que a tensão do DPS deve ser maior para permitir a operação nominal do sistema. A corrente máxima de descarga também é um fator de proteção a ser considerado, sendo que quanto maior a corrente de descarga maior também será o valor agregado ao produto. Para o projeto, o DPS selecionado é da marca DEHNguard, modelo DG YPV SCI 600, presente na Figura 3.8. Conforme verifica-se na Tabela 3.5, o tempo de resposta desse equipamento é de 8/20 μ s para descargas indiretas de até 40kA.

Figura 3.8 DPS DEHNguard - Especificações do modelo



Fonte: DEHNGUARD, 2021.

Tabela 3.5 Folha de Dados DPS DEHNgard

Características Técnicas		
ID	16584	17059
Código	950 531	950 536
Modelo	DG YPV SCI 600	DG YPV SCI 600 FM
Tipo de DPS de acordo com EN 61643-11 / IEC 61643-11	tipo 2	
Coordenação de energia com terminais do equipamento (10m)	tipo 2 + tipo 3	
Tensão máxima FV (U_{CPV})	600V	
Nível de corrente de curto-circuito (I_{SCP})	1000A	
Corrente Total de Descarga (8/20 μ s) (I_{total})	40kA	
Corrente de descarga nominal (8/20 μ s) [(DC+/DC-)-->PE] (I_n)	12,5A	
Corrente de descarga máxima (8/20 μ s) [(DC+/DC-)-->PE] (I_{max})	25kA	
Nível de proteção (U_p)	2,5kV	
Nível de proteção a 5kA (U_p)	2kV	
Tempo de resposta (t_A)	25ns	
Temperatura de operação (T_U)	-40 °C ... +80 °C	
Estado de operação / indicação de falha	verde / vermelho	
Número de portas	1	
Seção dos condutores de conexão (mín.)	1,5 mm ² sólido / flexível	
Seção dos condutores de conexão (máx.)	35 mm ² semirrígido / 25 mm ² flexível	
Material do invólucro	termoplástico, vermelho, UL 94 V-0	
Local de instalação	instalação interna	
Capacidade de chaveamento (c.a.)	250 V / 0,5 A	
Capacidade de chaveamento (c.c.)	250V / 0,1A; 125 V / 0,2 A; 75 V / 0,5 A	
Seção dos condutores de conexão do contato de sinal (máx.)	1,5 mm ² sólido / flexível	

Fonte: DEHNGUARD, 2021.

3.4. STRINGBOX CA

O DPS do trecho de corrente alternada (após o inversor) deve considerar a tensão de saída do inversor de 220V_{ca} e corrente nominal de 4,5A. Portanto um equipamento

caracterizado por tensão nominal de 275V_{ca}, corrente de surto máxima de 45kA ($I_{máx}$) e Classe II atende a necessidade do projeto.

A Tabela 36 da NBR 5410 (2004) contém a capacidade de condução de corrente com método de referência B1 para 2 condutores carregados de isolamento PVC 70 °C. O cabo adequado para atender a corrente do inversor é o de 4,0mm² com capacidade até 32A, portanto o disjuntor deve proteger o cabo e ter corrente de atuação abaixo desse valor.

Um disjuntor de 10A-2P da Steck atende ao requisito de proteção. A Figura 3.9 apresenta esse disjuntor e a Tabela 3.6 explana os dados técnicos gerais da Linha de Mini-Disjuntores da Steck.

Figura 3.9 Disjuntor 2P STECK



Fonte: STECK, 2021.

Tabela 3.6 Dados Técnicos Disjuntores STECK

Tensão Máx de Serviço "c.a."	440V
Tensão de Trabalho (V)	230/400
Correntes Nominais	2A até 125A
Frequência	50 / 60Hz
Temperatura ambiente	Limites: -20, +50
Curva de Disparo	B e C
Manobras Mecânicas	≥ 20.000
Manobras Elétricas	≥ 4.000
Grau de Proteção	IP 20, IP 40 em painel
Seção dos Condutores	0,75 a 25mm ²
Posição de Montagem	Sem restrição
Fixação	Encaixe perfil DIN 35mm

Fonte: STECK, 2021.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Com componentes selecionados pode-se fazer uma análise de geração de energia e elaboração do desenho do projeto na ferramenta *AutoCAD*. A NDU-013 apresenta desenhos e documentos que são exigidos para homologação do projeto junto a concessionária.

4.1. GERAÇÃO DE ENERGIA

A equação (2), onde se calculou a potência mínima para gerador fotovoltaico, pode ser utilizada também para calcular a energia que será produzida, dessa vez com os novos parâmetros determinados no projeto. A equação (5) presente em Pinho (2014) tem o mesmo objetivo da equação (2) com outras variáveis.

$$E \times 30 = P_{FV} \times HSP_{MA} \times TD \quad (5)$$

Sendo:

P_{FV} – Potência de pico do módulo fotovoltaico (Wp);

E – Consumo diário médio anual (Wh/dia);

HSP_{MA} – Média diária anual incidente no plano do módulo;

TD – Taxa de Desempenho (adimensional) (0,8).

Nesse caso a variável E significa geração em vez de consumo e a constante 30 simboliza a conversão de kWh/dia para kWh/mês. Sendo assim com os valores dimensionados o valor de geração equivale:

$$E = P_{FV} \times HSP_{MA} \times TD = 1035 \times 5.01 \times \frac{0.8}{30} = 138,28 \text{ kWh/mês}$$

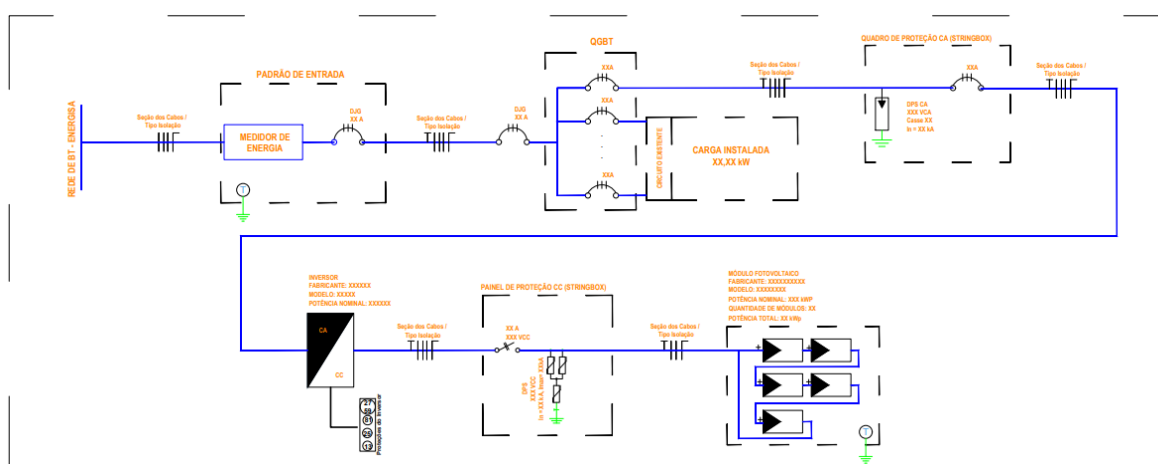
A geração de 138,28 kWh/mês é o valor médio por mês e está acima do necessário da energia de compensação (88 kWh/mês) conforme cálculos na seção 2.3. A energia que sobra é injetada na rede e, conforme descrito na NDU-013, acaba por gerar créditos ao consumidor. Outra solução para utilizar os créditos está na compensação de energia para uma

lista de unidades consumidoras (U.C.), ou seja, caso o acessante tenha mais de uma residência ou estabelecimento em seu CPF ou CNPJ, pode-se adicionar na homologação para que a energia excedente ou uma porcentagem determinada de compensação seja dirigido para essa UC.

4.2. DIAGRAMA UNIFILAR E ATERRAMENTO

O diagrama unifilar exigido na NDU-013 (2017) contém o desenho dos equipamentos selecionados, seus parâmetros e o cabeamento dimensionado. O desenho requisitado pela norma pode ser observado na Figura 4.1.

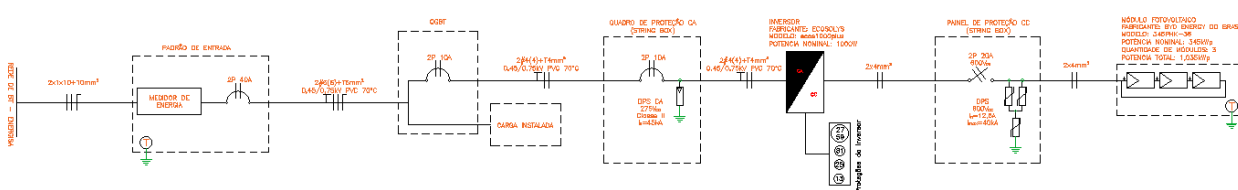
Figura 4.1 Diagrama Unifilar da NDU-013



Fonte: NDU-013, 2017.

Seguindo as exigências impostas na Figura 4.1 elaborou-se o diagrama unifilar do projeto presente na Figura 4.2. O diagrama unifilar também se encontra no Apêndice A.

Figura 4.2 Diagrama Unifilar do Projeto



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021

Na Figura 4.2 consta a numeração referente a Proteções do Inversor (27, 59, 81, 25 e 13). Esses números se referem a Tabela de Funções do padrão ANSI (American National

Standards Institute). Cada numeração significa que há proteção com determinado com equipamento, conforme pode-se verificar:

- 27 – Proteção para subtensão (Relé de Subtensão);
- 59 – Proteção para Sobretenção (Relé de Sobretenção);
- 81 – Proteção para Sub/Sobrefrequência (Relé de sub/sobrefrequência);
- 25 – Verificação de Sincronismo ou Sincronização (Relé de verificação de Sincronismo);
- 13 – Dispositivo de rotação síncrona.

O diagrama unifilar (Figura 4.2) mostra que os cabos estão de acordo com as normas técnicas de dimensionamento para obter confiabilidade, eficiência do sistema e maior garantia de condição de segurança na conversão e geração de energia.

Todos os equipamentos previstos no projeto devem ser aterrados. Desde o suporte de fixação dos módulos e a própria estrutura dos módulos, passando pela string box onde o DPS é conectado ao condutor terra, e seguindo para o inversor até chegar a caixa de inspeção no Padrão de Entrada e conectando a haste de aterramento.

5. CONCLUSÕES GERAIS

Foi proposto e analisado neste trabalho o desenvolvimento de um projeto de Sistema de Geração Distribuída Fotovoltaico conectado à rede da concessionária. O foco foi estabelecer como dimensionar esse tipo de sistema acompanhando cada elemento ao longo dos capítulos, comentando e observando suas funções. Além de avaliar a melhor alternativa para adicionar no projeto respeitando os requisitos determinados. As Normas Técnicas, Catálogos, Folha de Dados (*datasheet*) e Manuais Elétricos fizeram parte do ambiente do trabalho no projeto, enquanto o desenho foi realizado com o auxílio da ferramenta *AutoCAD*.

A metodologia de projeto se expande a partir do cálculo da média de consumo mensal (kWh/mês) e análise da área disponível para posicionamento dos equipamentos. Com a média mensal pode-se calcular a potência mínima do gerador fotovoltaico que seria necessário para suprir a demanda de energia. Em seguida a avaliação da escolha dos inversores se passa obedecendo a norma vigente da acessada, que solicita o registro de conformidade do produto. Quando o inversor é determinado segue-se para quantificação dos módulos e posteriormente para escolha dos dispositivos de proteção do sistema.

A elaboração de um projeto que abrange o dimensionamento de Sistema Geração de Energia Renovável, seja o projeto fotovoltaico ou eólico, é uma característica de suma importância para o Engenheiro Eletricista que deseja sucesso no mercado de trabalho. O empreendedor do ramo percebe a crescente demanda do setor e a preocupação da população com o tema sustentabilidade. Desse modo compreender e desenvolver esse sistema se torna um diferencial. Em sua maioria, os sistemas fotovoltaicos projetados e instalados revelam um retorno financeiro, *payback*, positivo ao consumidor.

Como continuidade do trabalho propõem-se o estudo desse mesmo caso com a utilização de Micro Inversores, pois esta tecnologia trouxe mudanças nos projetos fotovoltaicos elevando a eficiência na conversão. Um trabalho que empregue as topologias convencionais e traga uma comparação com a utilização do micro inversor como foco de estudo.

6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL (Brasil). **Resolução Normativa Nº 414/2010**: atualizada até a REN 499/2012 ANEEL. Brasília, 2012. p. 18-101. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/REN_414_2010_atual_REN_499_2012.pdf/d299b3a0-ad4a-4c68-a280-6891e10b4465. Acesso em: 24 de Novembro de 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa Nº 482**: Condições Gerais para o acesso de Microgeração e Minigeração Distribuída, Brasília, 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>. Acesso em: 23 de Novembro de 2021.

ANSI, **Tabela de Funções ANSI** (American National Standards Institute), 2018. Disponível em: https://www.galaxcms.com.br/up_crud_comum/1904/TabelaANSI-20180517172355.pdf. Acesso em: 24 de Novembro de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 5410**, Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 11704**: Classificação de Sistemas Fotovoltaicos, Rio de Janeiro, 2013.

BANDEIRA, D. de O.; RIBEIRO, G. K.; SANTOS, M. C. M. et al, **Resenha Energética Brasileira**: Oferta e Demanda de Energia Instalações Elétricas Energia no Mundo, Brasília, 2020. Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/documents/36208/948169/Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+-+edi%C3%A7%C3%A3o+2020/ab9143cc-b702-3700-d83a-65e76dc87a9e>. Acesso em: 23 de Novembro de 2021.

BYD ENERGY DO BRASIL, **Módulo Policristalino PHK-36-SÉRIE-5BB**, 2019. Disponível em: https://www.byd.ind.br/2020/wp-content/uploads/2020/09/PHK_36_SERIES_5BB_pnl_solar_byd_01_020320.pdf. Acesso em 24 de Novembro de 2021.

CAMPOS, F. R. N., **Diversificação da Matriz Energética Baseada em Recursos Renováveis: Impactos Sobre a Segurança Elétrica Brasileira**, São Mateus, 2018. p. 17. Disponível em: http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/8460/1/tese_11908_Filipe%20Rodrigues%20N.%20Campos%20-%20Mestrado%20em%20Energia.pdf. Acesso em 23 de novembro de 2021.

CANADIAN SOLAR INC., **Módulos Policristalinos Maxpower**, 2016. Disponível em: <https://download.aldo.com.br/pdfprodutos/Produto34226IdArquivo4451.pdf>. Acesso em: 24 de Novembro de 2021. CENTRO DE REFERÊNCIA PARA AS ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE S. BRITO (CRESESB), Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 24 de Novembro de 2021.

DEHNGUARD, **Protetor de Surto DG YPV SCI 600 (FM)**, Sorocaba, 2021. Disponível em: <https://proauto-electric.com/produtos-post/dehnguard-serie-modular-ypv-com-contato-seco-e-fusivel-integrado-dgmypvsci-3/>. Acesso em 24 novembro de 2021.

ECOSOLYS, **Inversor Fotovoltaico on-grid ecoSolys**: Manual do Equipamento, 2020. Disponível em: <https://recursos.minhacasasolar.com.br/MediaCenter/Manual-do-Usu%C3%A1rio-Inversor-Grid-Tie-Ecosolys-ecos3000.pdf>. Acesso em 24 de Novembro de 2021.

GROWATT, Inversor Monofásico/Bifásico de 1-3kW, 2021. Disponível em: <http://www.ginverter.pt/show-40-640.html#Download>. Acesso em 24 de Novembro de 2021.

INMETRO, **Avaliação de Conformidade**: Registro de Objeto. Disponível em <http://registro.inmetro.gov.br/consulta>. Acesso em: 24 de Novembro de 2021.

INTELBRAS, **String Box ESB 1106**, 2019. Disponível em: https://backend.intelbras.com/sites/default/files/2019-05/Datasheet_String_Box_ESB_1106_02-19.pdf. Acesso em: 24 de Novembro de 2021.

INVERSORES SOLIS MINI, **S6-GR1P(0.7-3.6)K-M**, 2021. Disponível em: [https://www.ginlong.com/uploads/file/Solis_datasheet_S6-GR1P\(0,7-3,6\)K_M_BRA_V1,4_2021_10.pdf](https://www.ginlong.com/uploads/file/Solis_datasheet_S6-GR1P(0,7-3,6)K_M_BRA_V1,4_2021_10.pdf). Acesso em: 24 de Novembro de 2021.

NORMA DE DISTRIBUIÇÃO UNIFICADA 001 (NDU-001): **Fornecimento de Energia Elétrica a Edificações Individuais ou Agrupadas até 3 Unidades Consumidores**, 2019. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/empresa/Documents/ndu/NDU%20001%20V6.1.pdf>. Acesso em: 24 de Novembro de 2021.

NORMA DE DISTRIBUIÇÃO UNIFICADA 013 (NDU-013): **Critérios para a Conexão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição: Para Conexão em Baixa Tensão**, 2017. Disponível em: [https://www.energisa.com.br/SiteAssets/Paginas/Forms/EditForm/Crit%C3%A9rios%20para%20Conex%C3%A3o%20de%20Acessantes%20de%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADa%20em%20Baixa%20Tens%C3%A3o%20\(NDU%20013\).pdf](https://www.energisa.com.br/SiteAssets/Paginas/Forms/EditForm/Crit%C3%A9rios%20para%20Conex%C3%A3o%20de%20Acessantes%20de%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADa%20em%20Baixa%20Tens%C3%A3o%20(NDU%20013).pdf). Acesso em 24 de Novembro de 2021.

OLIVEIRA, É. M. de, **Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Fixo Conectado à Rede**: Estudo de Caso do Campus Universitário de Abaetetuba, Tucuruí, 2013. p. 118. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br:8443/jspui/handle/prefix/477>. Acesso em: 24 de Novembro de 2021.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A., **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em: 24 de Novembro de 2021.

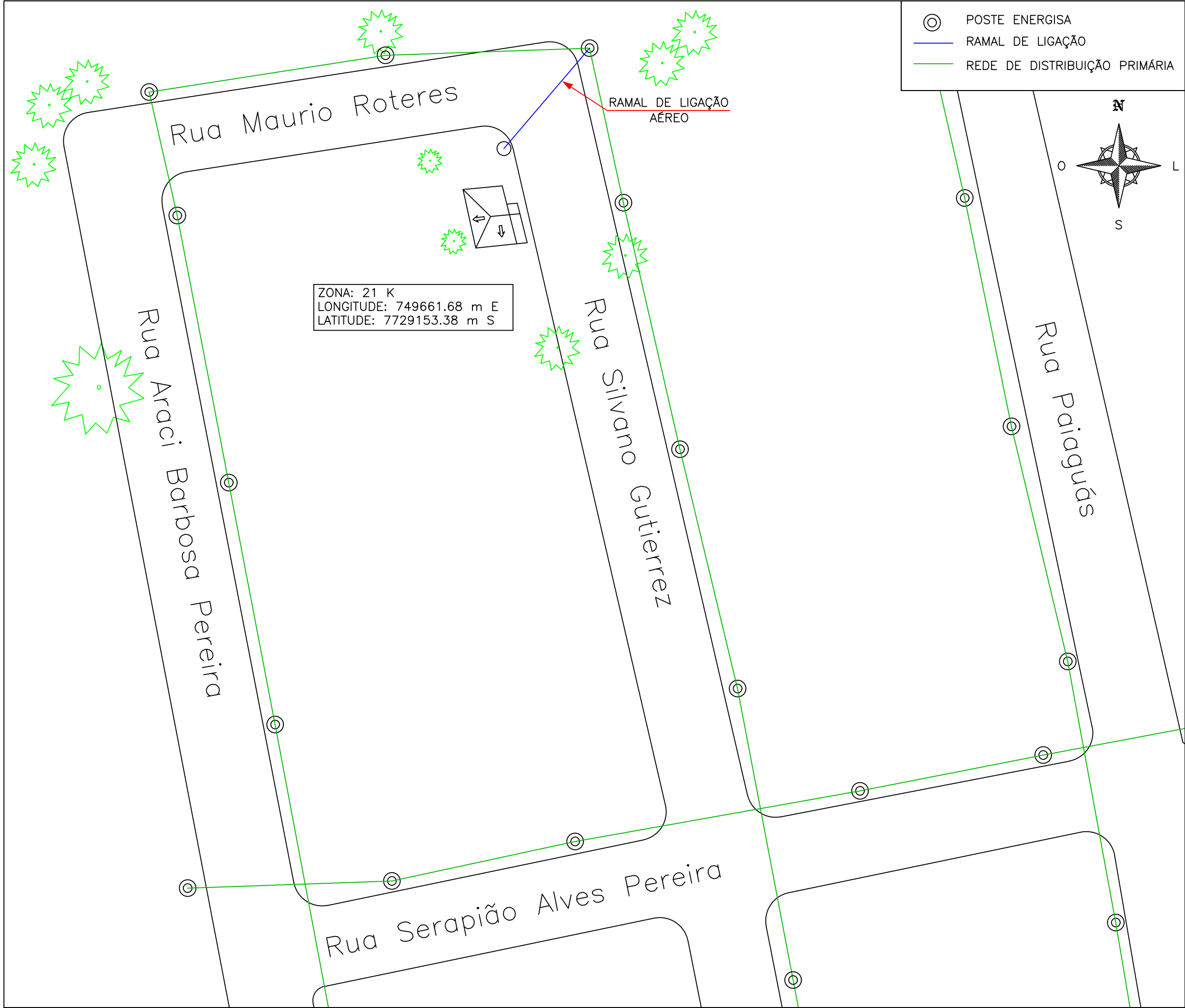
RIBEIRO, R. P., Estudo do Caso: **Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Residencial**, Araxá, 2016. p. 29-39. Disponível em: <https://www.eng-automacao.araxa.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/152/2018/01/Tcc-Raylla-1.pdf>. Acesso em: 24 de Novembro 2021.

SILVA, J. V. C., **Pré-dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica para Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia Campus Itapetinga**, Lavras, 2013. p. 92. Disponível em: <https://www.solenerg.com.br/wp-content/uploads/2013/03/TCC-Valderi.pdf>. Acesso em: 24 de Novembro de 2021.

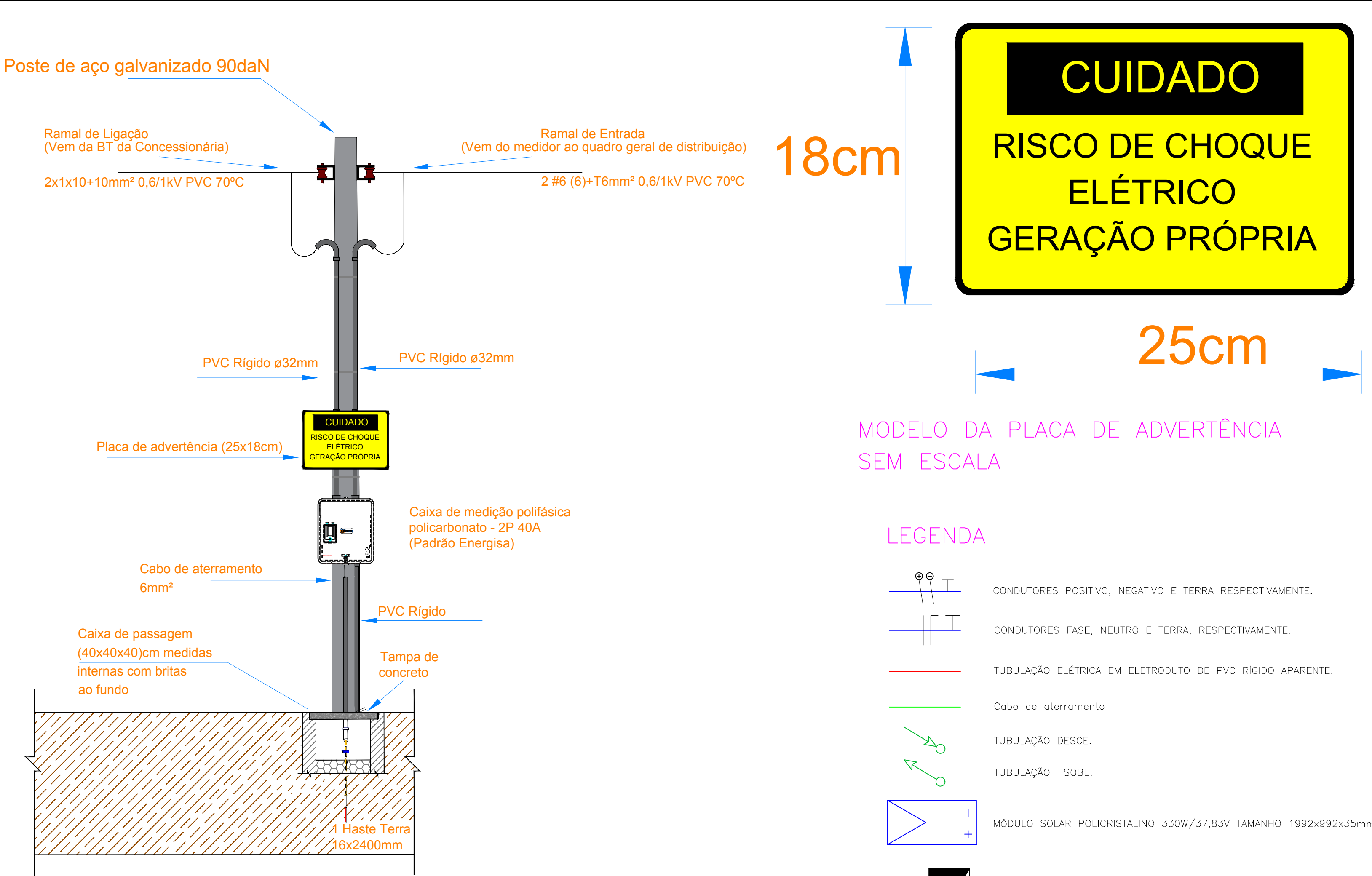
STECK, **Linha: Mini-disjuntores**, 2021. Disponível em: <http://www.alceletrica.com.br/pdf/Mini%20Disjuntores%20-%20DR.pdf>. Acesso em: 24 de Novembro de 2021.

7. APÊNDICES

7.1. APÊNDICE A – PROJETO: PLANTA DE LOCALIZAÇÃO DIAGRAMA UNIFILIAR E PADRÃO DE ENTRADA - A1 (FOLHA 01/02)



PLANTA DE LOCALIZAÇÃO
ESCALA 1:500



DETALHAMENTO DO PADRÃO DE ENTRADA
SEM ESCALA

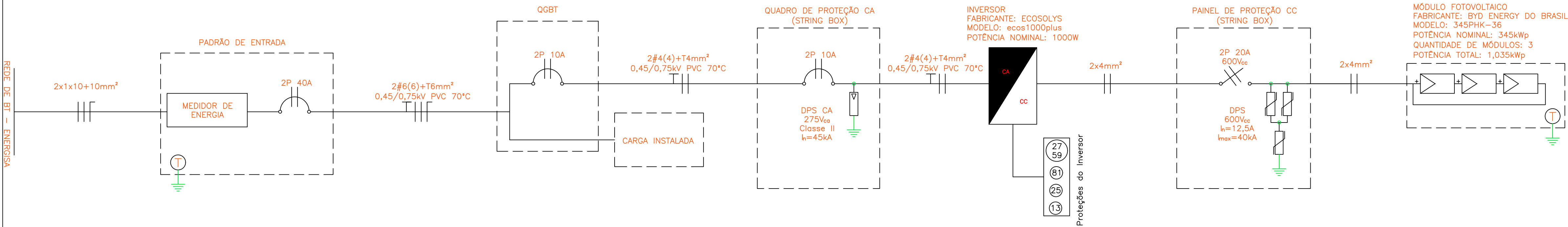


DIAGRAMA UNIFILAR
SEM ESCALA

NOTAS

- O PADRÃO DE ENTRADA DE ENERGIA DEVERÁ SER EXECUTADO CONFORME ESPECIFICAÇÕES DA NDU013 (ENERGISA).
- O CONDUTOR DE ATERRAMENTO DAS PLACAS DEVERÁ SER INTERLIGADO COM O ATERRAMENTO DO PADRÃO DE ENTRADA DE ENERGIA.
- DEVERÁ SER INSTALADO NO PADRÃO DE ENTRADA DE ENERGIA UM MEDIDOR BIDIRECIONAL PARA COMPENSAÇÃO DE ENERGIA.
- O INVERSOR INSTALADO DEVERÁ POSSUIR PROTEÇÃO DE SUB E SOBRETENSÃO, PROTEÇÃO DE SUB E SOBREFREQUÊNCIA, PROTEÇÃO DE SOBRECORRENTE, RELÉ DE SINCRONISMO E PROTEÇÃO ANTI-ILHAMENTO.
- DEVERÁ SER INSTALADA UMA PLACA DE ADVERTÊNCIA PRÓXIMO À CAIXA DE MEDIÇÃO / PROTEÇÃO COM OS SEGUINTE DIZERES: "CUIDADO – RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA" CONFORME MODELO ESPECIFICADO NA NDU013.

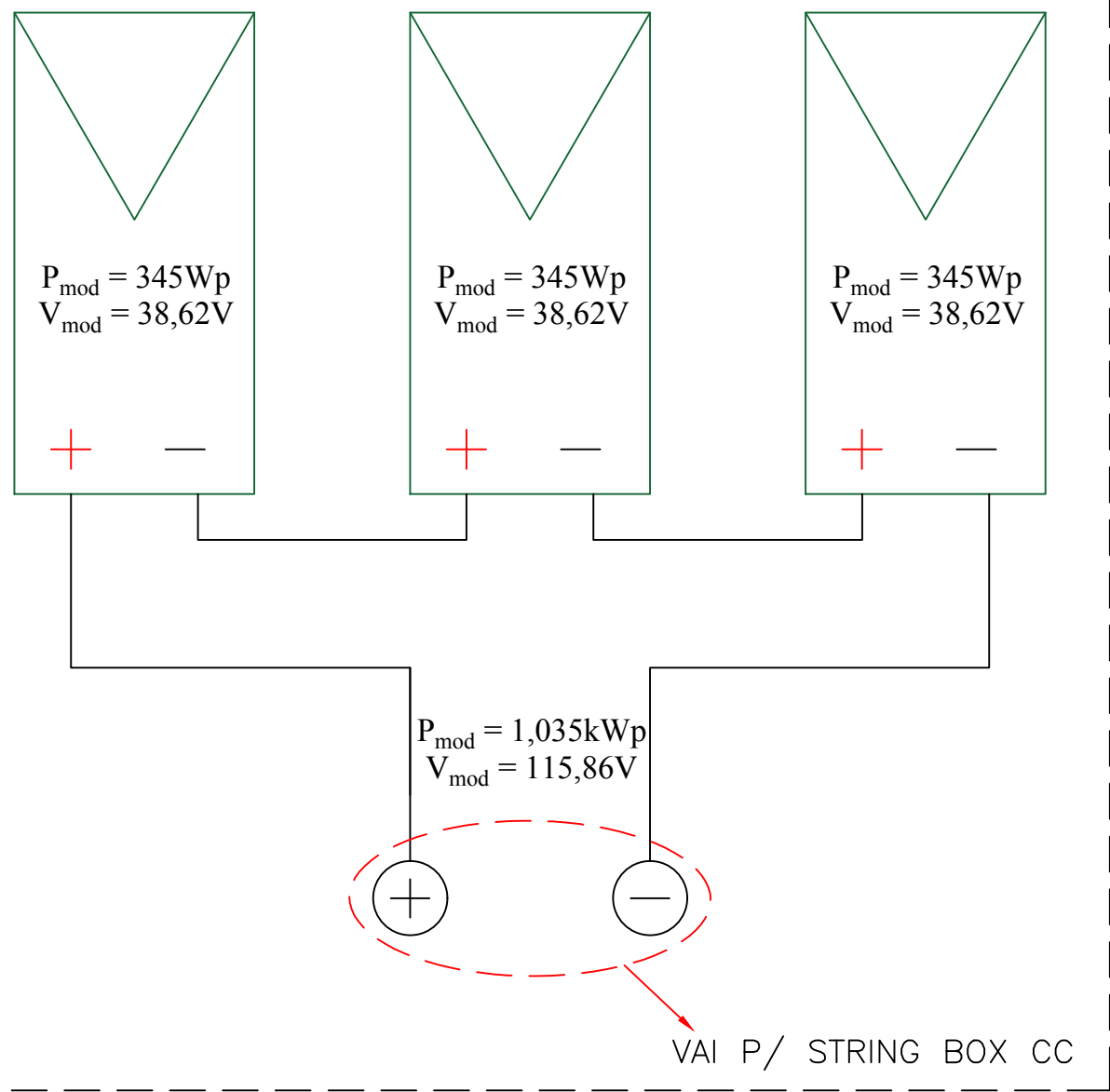
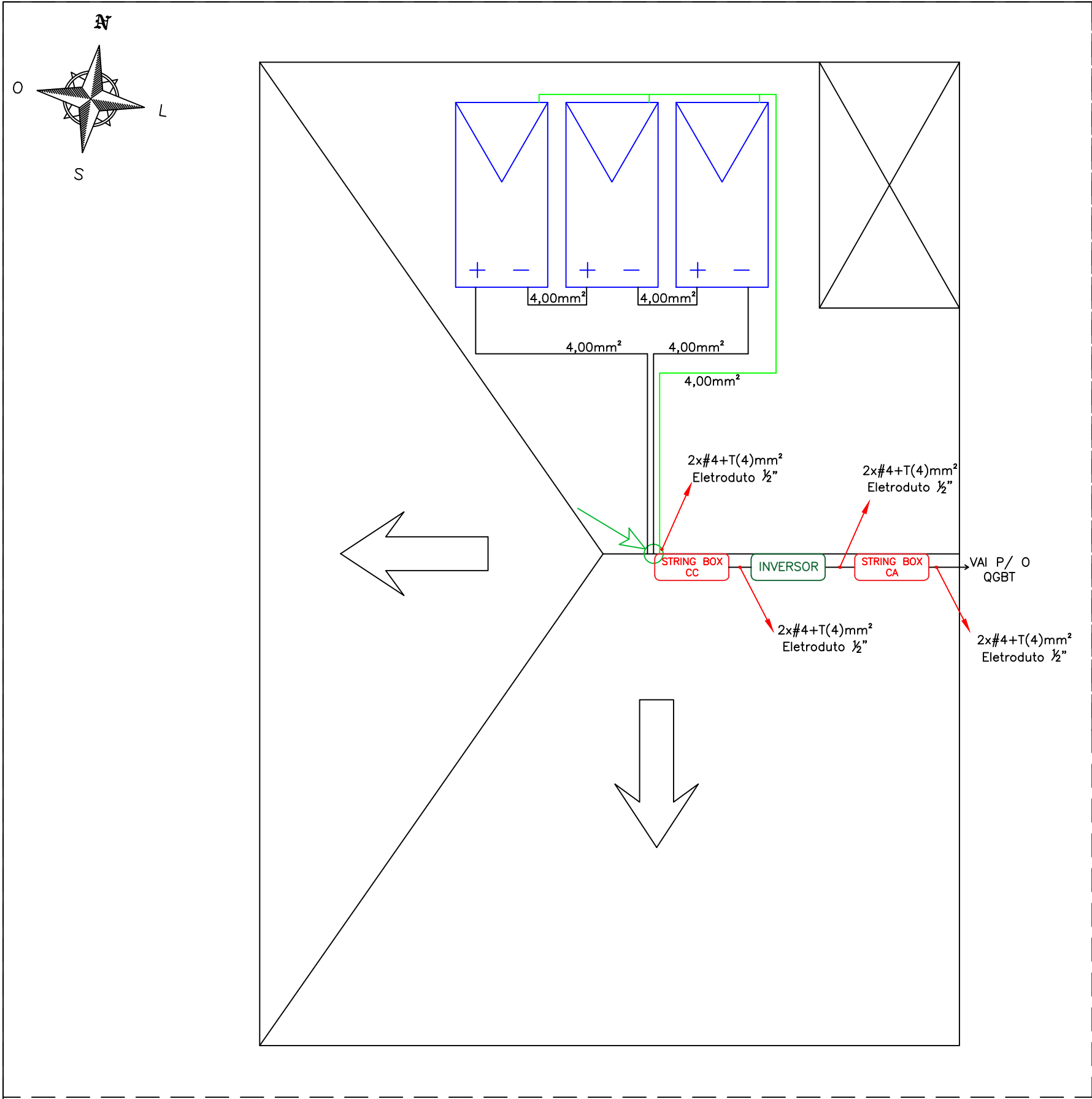
MODELO DA PLACA DE ADVERTÊNCIA
SEM ESCALA

LEGENDA

- CONDUTORES POSITIVO, NEGATIVO E TERRA RESPECTIVAMENTE.
- CONDUTORES FASE, NEUTRO E TERRA, RESPECTIVAMENTE.
- TUBULAÇÃO ELÉTRICA EM ELETRODUTO DE PVC RÍGIDO APARENTE.
- Cabo de aterramento
- TUBULAÇÃO DESCE.
- TUBULAÇÃO SOBE.
- MÓDULO SOLAR POLICRISTALINO 330W/37,83V TAMANHO 1992x992x35mm
- INVERSOR BIFÁSICO DE 1,0kVA/220V
- CHAVE SECCIONADORA
- DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS (DPS)

OBSERVAÇÃO:		
ANALISTA:		RÓBRICA:
PROJETO:		
SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA		
OCUPAÇÃO:		
Planta de Localização, Diagrama Unifilar e Padrão de Entrada		
PROPRIETÁRIO:		RESPONSÁVEL PELO PROJETO:
		Raika Fernando da Costa Martins Acadêmico de Engenharia Elétrica
LOCAL:	Residencial Ilhéus	
CEP:	79071-654	CIDADE: Campo Grande - MS
ARQUIVO:	Projeto Fotovoltaico.dwg	ESCALA: Indicada
CONTEÚDO:		ENERGISA MATO GROSSO DO SUL CNPJ: 15.413.826/0001-50
DESENHO:	Raika Fernando da Costa Martins	DATA: Julho - 2021
		PRANCHA: 01/02

**7.2. APÊNDICE B – PROJETO: DIAGRAMA TRIFILAR E DISPOSIÇÃO DOS MÓDULOS -
A2 (FOLHA 02/02)**



LIGAÇÃO DOS MÓDULOS EM SÉRIE SEM ESCALA

LEGENDA

- CONDUTORES POSITIVO, NEGATIVO E TERRA RESPECTIVAMENTE.
- CONDUTORES FASE, NEUTRO E TERRA, RESPECTIVAMENTE.
- TUBULAÇÃO ELÉTRICA EM ELETRODUTO DE PVC RÍGIDO APARENTE.
- Cabo de aterramento
- TUBULAÇÃO DESCE.
- TUBULAÇÃO SOBE.
- MÓDULO SOLAR POLICRISTALINO 330W/37,83V TAMANHO 1992x992x35mm
- INVERSOR BIFÁSICO DE 1,0kVA/220V
- CHAVE SECCIONADORA
- DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS (DPS)

LAYOUT DO PROJETO ESCALA 1:50

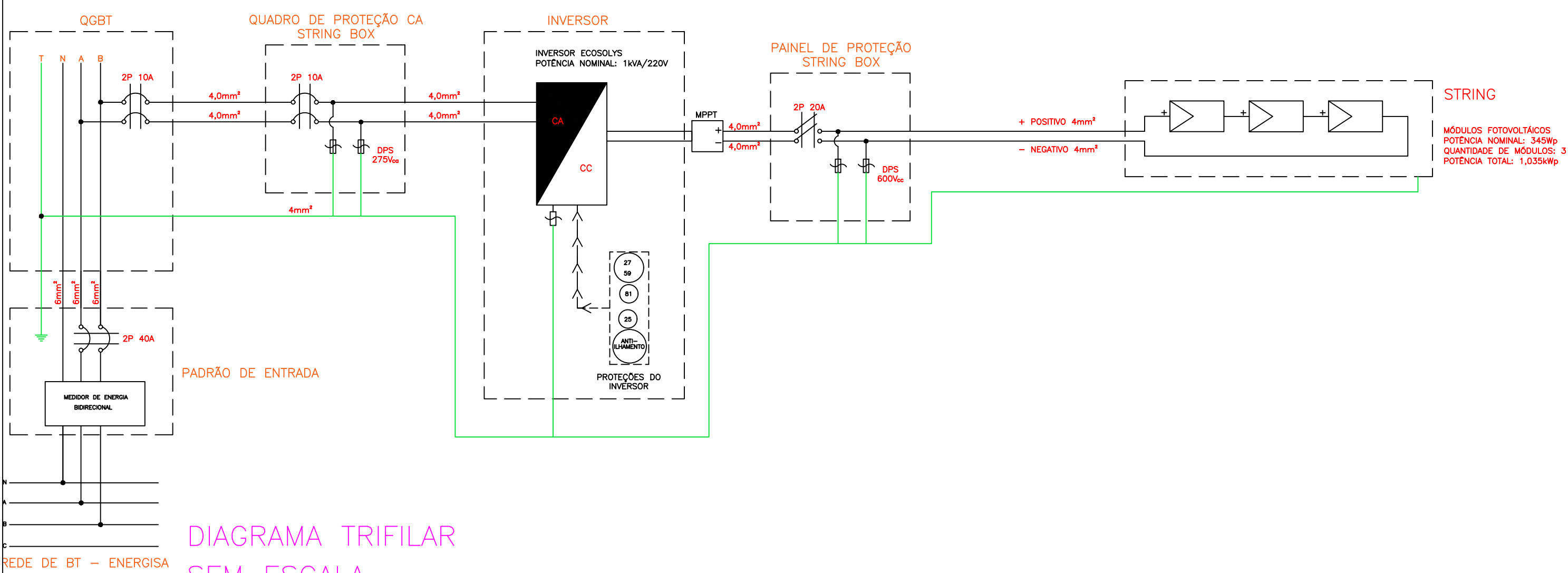


DIAGRAMA TRIFILAR SEM ESCALA

OBSERVAÇÃO:		
ANALISTA:		RÚBRICA:
PROJETO: SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA		
OCUPAÇÃO: Diagrama Trifilar, Ligação dos Módulos e Disposição dos Módulos		
PROPRIETÁRIO:		RESPONSÁVEL PELO PROJETO: Raika Fernando da Costa Martins Acadêmico de Engenharia Elétrica
LOCAL: Residencial Ilhéus		DISTRIBUIDORA: ENERGISA MATO GROSSO DO SUL CNPJ: 15.413.826/0001-50
CEP: 79071-654	CIDADE: Campo Grande - MS	
ARQUIVO: Projeto Fotovoltaico.dwg	ESCALA: Indicada	
CONTEÚDO: Projeto de Sistema de Geração Distribuída		
DESENHO: Raika Fernando da Costa Martins		DATA: Julho - 2021
		PRANCHA: 02/02

7.3. APÊNDICE C – DATASHEET INVERSOR ECOSOLYS ECOS1000PLUS

MODELO	ecos1000plus	
Dados de entrada		
Potência fotovoltaica nominal	1.000 W	
Tensão CC de partida	48V	
Máxima tensão CC	320 V	
Corrente CC máxima	11,5 A	
Faixa de operação MPPT	48 ~ 320 V	
Faixa de operação MPPT potência nominal	95 ~ 320 V	
Quantidade de MPPT	1	
Conector CC	Tipo MC4	
Dados de saída		
Potência nominal de saída	1.000 W	
Máxima potência CA	1.100 W	
Tensão nominal de saída	220 V	
Corrente nominal de saída	4,5 A	
Frequência nominal de saída	60 Hz	
Eficiência	95,0%	
THD	<5,0%	
Faixa de Operação CA	57,5 ~ 62,0 Hz / 176 ~ 242 Vca	
Fator de potência	>0,98	
Conexão CA	Monofásica / Bifásica	
Visualização e comunicação		
Visualização	LED e Display	
Comunicação	Wi-fi via ecoWeb-box	
Dados gerais		
Dimensões (L x A x P)	315 x 345 x 150 mm	
Peso	9,3 kg	
Temperatura de operação	0 ~ 60 °C	
Montagem	Fixação na parede - acompanha suporte	
Grau de proteção	IP54 - de acordo com a norma ABNT NBR IEC 60529:2017	
Topologia	Sem transformador	
Garantia	5 anos mediante cadastro - consulte os termos de garantia	
Concessão INMETRO	004331/2020	
Proteções		
Anti-ilhamento	Proteção contra sobrecarga	Proteção contra inversão de polaridade
Sobre / subtensão	Proteção contra injeção de componente CC	Religamento automático fora de fase
Sobre / subcorrente	Controle de potência ativa em	Proteção de temperatura
Sobre / subfrequência	sobrefrequência	

7.4. APÊNDICE D – REGISTRO INMETRO INVERSOR ECOS1000PLUS

A Registro 004331/2020 Data Concessão 21/07/2020 Validade 21/07/2024	
Razão Social ECOSOLYS INDUSTRIA E DISTRIBUICAO S.A - 21.017.205/0001-50	Número de certificado Não aplicável
Endereço R General Potiguara, 1428 Loja 1 Cep:81050551 Novo Mundo - Curitiba - PR	Telefone (41) 3202.1322
E-mail contato@ecosolys.com.br	
Objeto/Produto	
Programa de Avaliação da Conformidade: Sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica (módulo, controlador de carga, inversor e bateria)	
Portaria: 4 de 04/01/2011	
Nome de Família: Monofásico / 1000 W	

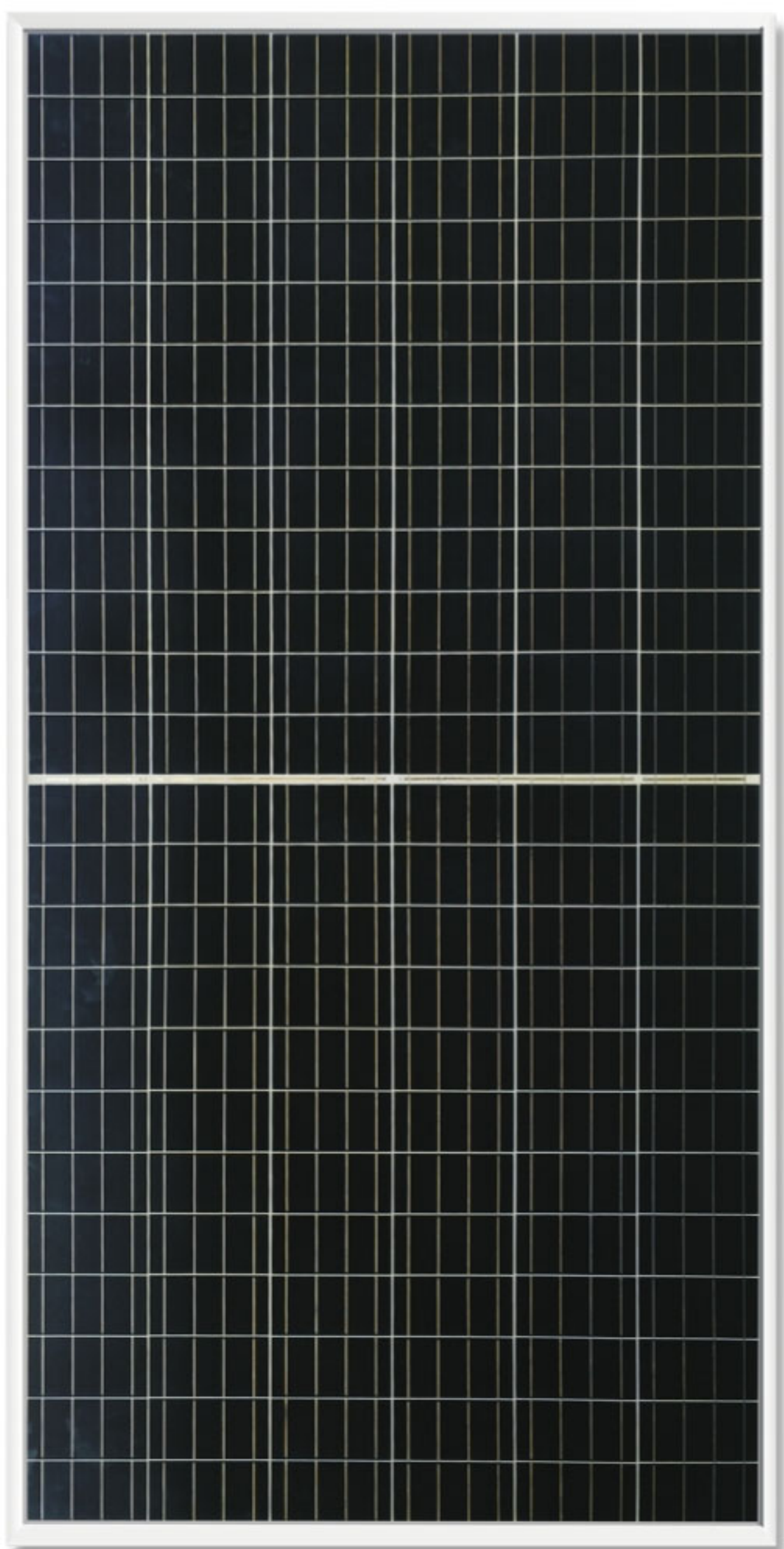
Data	Alteração	Marca	Modelo	Descrição	Código de barras
21/07/2020	Incluido	ecoSolys	Ecos 1000 V2	Conversor estático de corrente contínua para corrente alternada, baseado em técnica digital, constituído por carcaça de chapa de aço carbono com pintura eletrostática branca, dimensões 315x295x150 mm.	

7.5. APÊNDICE E – FICHA TÉCNICA MÓDULO FOTOVOLTAICO BYD PHK-36SÉRIE-4BB

PHK-36-SÉRIE-4BB



156.75P



18.8%

Eficiência celular média de até 18,8%
Excelente desempenho óptico

10
Years

10 anos de garantia para o produto
25 anos de garantia de desempenho linear



Sistemas residenciais para telhados
Sistemas comerciais *on-grid* (ligados à rede) e *off-grid* (fora de rede)
Redes de serviços *on-grid* (ligadas à rede) e *off-grid* (fora de rede)

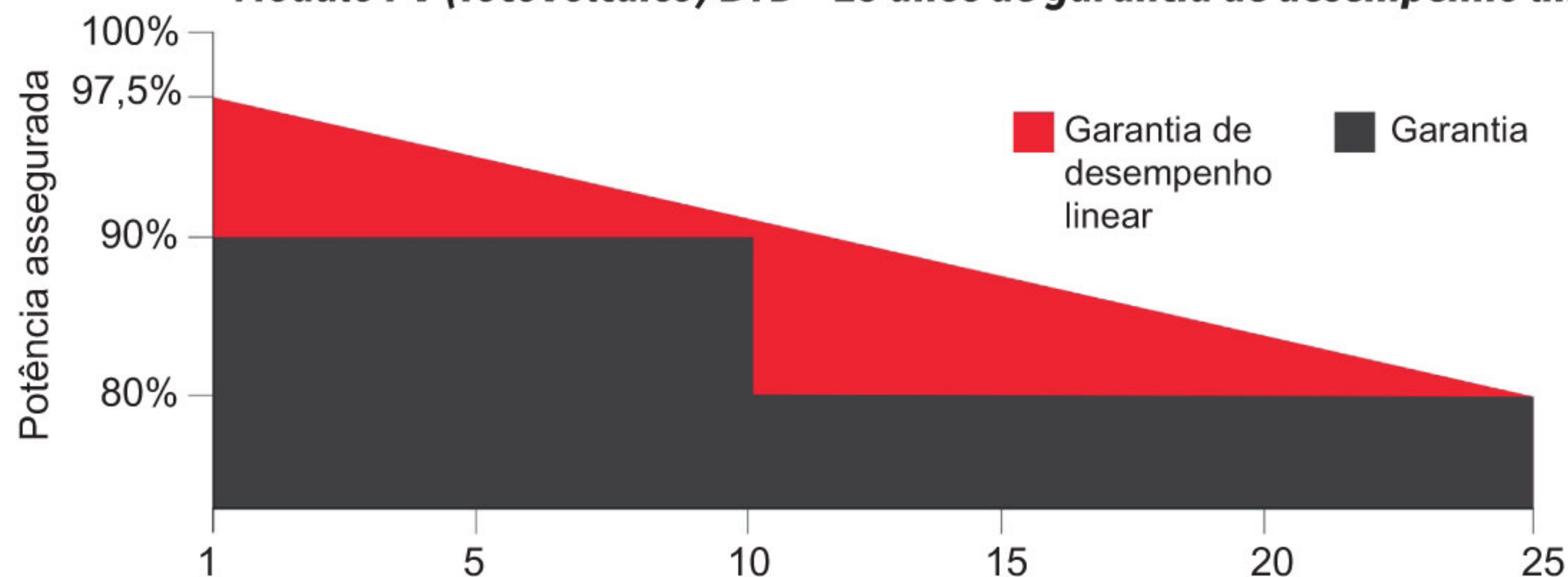
HIGH
Reliability

PID free
Sem micro fissuras
5400Pa para teste com carga de neve
2400Pa para teste com vento



IEC 61215, IEC 61730, UL1701
ISO9001:2008, ISO14001:2004

Módulo PV (fotovoltaico) BYD – 25 anos de garantia de desempenho linear

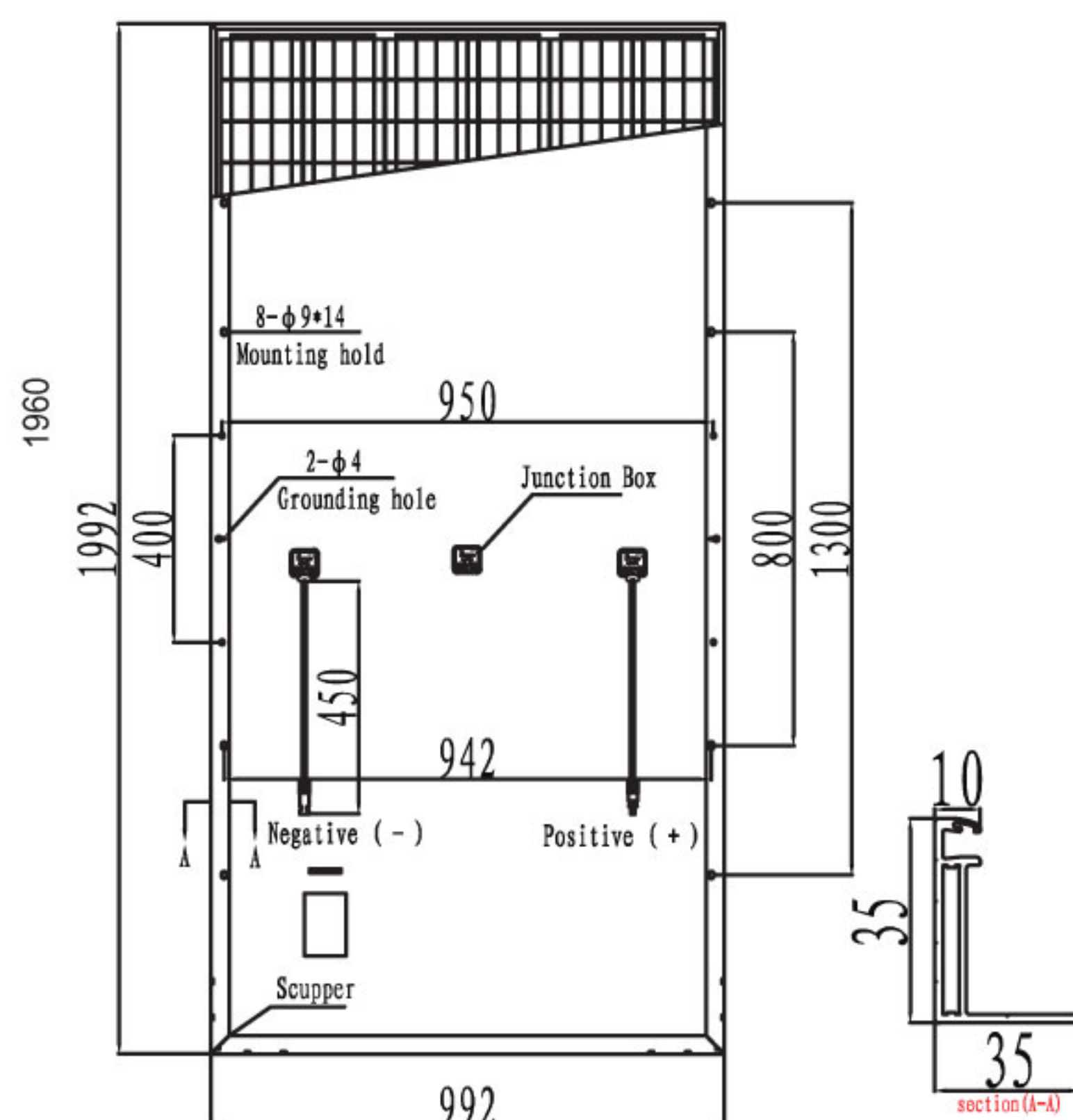


BYD ENERGY DO BRASIL

PHK-36-SÉRIE-4BB

325 – 345W

156.75P



FICHA TÉCNICA

Célula	4 Bus Bar Solar Half Cell 156.75 x 78.735mm
Número de células	144 (6 x 24) unidades
Dimensão do módulo	1992 x 992 x 35 mm (78,43 x 39,06 x 1,38 polegadas)
Peso	22,2 kg (48,84 Lb)
Vidro frontal	Vidro temperado de 3,2 mm com revestimento de AR
Estrutura	Liga de alumínio anodizado
Caixa de junção	IP67
Conector	IP67
Díodos <i>bypass</i>	3 unidades
Tipo de conector	Compatível com MC4
Área de seção do cabo	4 mm ² (0,0062 Sq in)
Comprimento do cabo	2 x 450 mm (2 x 17,72 polegadas)

COEFICIENTES DE TEMPERATURA

Coeficiente de temperatura da corrente de curto-circuito	5.0 mA/°C
Coeficiente de temperatura da tensão de circuito aberto	-171mV/°C
Coeficiente de temperatura de potência de pico	-0,43%/°C

INFORMAÇÕES SOBRE A EMBALAGEM

Embalagem	40' HC
Unidades / palete	30
Palete / contêiner	22
Unidades / contêiner	660

ESPECIFICAÇÕES ELÉTRICAS – BYD PHK-36-SÉRIE-4BB

Tipo de módulo	325PHK-36	330PHK-36	335PHK-36	340PHK-36	345PHK-36
Tensão de circuito aberto (Voc)	44.94 V	45.19 V	45.44 V	45.69 V	45.94 V
Tensão máxima de funcionamento (Vmp)	37.57 V	37.83 V	38.10 V	38.36 V	38.62 V
Corrente de curto-circuito (Isc)	9.14 A	9.20 A	9.25 A	9.31 A	9.36 A
Corrente de potência de pico (Imp)	8.65 A	8.72 A	8.79 A	8.86 A	8.93 A
Potência máxima em STC (Pmax)	325 Wp	330 Wp	335 Wp	340 Wp	345 Wp
Eficiência do módulo	16.45%	16.70%	16.95%	17.21%	17.46%
Temperatura de operação	-40°C ~ 85°C				
Valor nominal da corrente máxima do fusível	15A				
Tensão máxima do sistema	1500 VCC				
Tolerância de saída de potência	0 ~ 5 W				
Classe de aplicação	Classe A				

Valores em condições de teste normalizadas STC: IRRADIÂNCIA de 1000W/m² temperatura do módulo de 25°C, AM (massa de ar) = 1,5. Redução média de eficiência de 4.5% a 200 W/m

Sobre a BYD

Gigante global especializada em energia limpa, a BYD foi fundada em 1995 e rapidamente se tornou a maior fabricante mundial de baterias recarregáveis, sistemas de armazenamento de energia, ônibus e caminhões 100% elétricos. Desde 2015, a BYD também vem surpreendendo o mundo como a maior fabricante de automóveis elétricos e híbridos *plug-in* do mundo (2015, 2016 e 2017). Presente em cinco continentes, mais de 50 países e em cerca de 200 cidades, têm entre seus sócios o americano *Warren Buffet*. No Brasil, a BYD abriu sua primeira fábrica em 2015 para produção de ônibus elétricos e comercialização de veículos e empilhadeiras em Campinas, interior de São Paulo. Em abril de 2017, neste mesmo local, inaugurou sua planta de produção de módulos fotovoltaicos.