

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS – CÂMPUS GOIÂNIA
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS IV
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

DESENVOLVIMENTO DE BANCADA DIDÁTICA PARA SISTEMA DE ENERGIA
SOLAR FOTOVOLTAICO

HIGOR MATEUS MARQUES SANTAREM
PALOMA LIMA CASTRO QUIXABEIRA

ORIENTADOR: PROF. MESTRE FÁBIO DA SILVA MARQUES

GOIÂNIA

2022



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Higor Mateus Marques Santarem

Matrícula: 20192011060040

Título do Trabalho: DESENVOLVIMENTO DE BANCADA DIDÁTICA PARA SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO.

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 03/01/2023

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Paloma Lima Castro Quixabeira

Matrícula: 20192011060058

Título do Trabalho: DESENVOLVIMENTO DE BANCADA DIDÁTICA PARA SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTÁICO.

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.



Goiânia, 03/01/2023

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

HIGOR MATEUS MARQUES SANTAREM
PALOMA LIMA CASTRO QUIXABEIRA

DESENVOLVIMENTO DE BANCADA DIDÁTICA PARA SISTEMA DE
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Departamento de Áreas Acadêmicas IV do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus *Goiânia*, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Mestre Fabio da Silva Marques.

GOIÂNIA

2022

Sa593d Santarem, Higor Mateus Marques.
Desenvolvimento de bancada didática para sistema de energia solar fotovoltaico / Higor Mateus Marques Santarem, Paloma Lima Castro Quixabeira. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2022.
120 f.: il.

Orientador: Prof. Me. Fabio da Silva Marques.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica, Departamento de Áreas Acadêmicas IV, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.
Inclui anexos.

1. Energia fotovoltaica. 2. Geração distribuída. 3. Bancada didática. I. Quixabeira, Paloma Lima Castro. II. Marques, Fabio da Silva (orientador). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. IV. Título.

CDD 621.47

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Karol Almeida da Silva CRB1/ 2.740
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

HIGOR MATEUS MARQUES SANTAREM
PALOMA LIMA CASTRO QUIXABEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE BANCADA DIDÁTICA
PARA SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, como parte das exigências para obtenção dos Títulos de Engenheiro Eletricista e Engenheira Eletricista.

Goiânia, 17 de dezembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Fábio da Silva Marques

Orientador - IFG/Câmpus Goiânia

Prof. Me. Paulo Sérgio Zanin

Membro da Banca Examinadora - ENEL

Prof. Me. Ubaldo Eleutério da Silva

Membro da Banca Examinadora - IFG/Câmpus Goiânia

Documento assinado eletronicamente por:

- Paulo Sérgio Zanin Júnior, Paulo Sérgio Zanin Júnior - 214305 - Engenheiro eletricista - Enel Distribuicao Goias (01543032000104), em 04/01/2023 10:36:14.
- Ubaldo Eleuterio da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/01/2023 09:46:02.
- Fabio da Silva Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/01/2023 09:43:27.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 20/12/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 358716

Código de Autenticação: d6bd1a654c



RESUMO

Este trabalho propõe o estudo da geração de energia solar fotovoltaica e o desenvolvimento de uma bancada didática de um sistema de geração fotovoltaica modelo *on-grid*, ou seja, conectado à concessionária. A instalação de unidades geradoras de pequeno e médio porte estão em expansão em países da Europa, Ásia e América do Norte. O elemento impulsionador desse crescimento tem sido: políticas de incentivo, por meio de remuneração atrativa do excedente de energia injetada na rede ou formas atraentes de financiamento do investimento. No Brasil, cuja maior parte de produção energética é contemplada por hidrelétricas, a pressão pela produção renovável é menor. Ainda assim, as dificuldades trazidas pelas longas distâncias da geração à carga e a viabilidade de megaempreendimentos torna a geração distribuída uma opção realista a ser considerada. Tendo curto prazo de retorno de investimento, pouca manutenção em relação às hidrelétricas e termelétricas e compatibilidade com o sistema de distribuição atual, a energia fotovoltaica se mostra promissora. Ao longo do trabalho foi montado um protótipo com o passo a passo para elaboração do projeto da bancada fotovoltaica, demonstrando as etapas necessárias para sua construção, levando em conta as necessidades de reproduzir cenários encontrados no cotidiano de engenheiros, técnicos e instaladores da área.

Palavras-chave: Energia Fotovoltaica, microgeração, geração distribuída, bancada didática, *on-grid*.

ABSTRACT

This proposes the study of photovoltaic solar energy generation and the development of a didactic workbench for a grid-connected model. The installation of small and medium-sized generating units is on the rise in countries in Europe, Asia and North America. The driving force behind this growth has been: incentive policies through attractive remuneration for surplus energy injected into the grid or attractive forms of investment financing. In Brazil the majority of energy production is provided by hydroelectric plants then the pressure for renewable production is lower. Considering the challenges brought by the long distance between hydropower plants and the final customer and the viability of mega-projects make distributed generation a realistic option to be considered. Photovoltaic energy is promising given the short return on investment, little maintenance compared to hydroelectric and thermoelectric plants and compatibility with the current distribution system. Throughout this work, a detailed model for the elaboration of the photovoltaic bench project will be designed demonstrating the necessary steps for its construction, taking into account the needs of reproducing scenarios found in the daily life of engineers and installers in the area.

Keywords: Photovoltaic Energy, microgeneration, distributed generation, didactic workbench, on-grid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo diário de energia pelo homem ao longo da evolução.....	3
Figura 2 - Inversor fotovoltaico monofásico 220V/1 MPPT.....	6
Figura 3 - Esquema de ligação Sistema Solar Off-Grid.....	7
Figura 4 - Esquema de ligação Sistema Solar híbrido.....	8
Figura 5 - Esquema simplificado de ligação de um Micro Inversor Solar.....	9
Figura 6 - Esquema de ligação String Box CC.....	10
Figura 7 - Dispositivo de proteção contra surtos (DPS).....	12
Figura 8 - Fusível de vidro.....	12
Figura 9 - Chave Seccionadora.....	13
Figura 10 - Esquemático de ligação QDCA.....	14
Figura 11 - Efeito fotovoltaico.....	16
Figura 12 - Estrutura física de um módulo fotovoltaico com células de silício.....	17
Figura 13 - Módulos fotovoltaicos enfileirados em telhado de cerâmica.....	19
Figura 14 - Representação referente à associação de várias células fotovoltaica.....	20
Figura 15 - Representação do encadeamento em série de células fotovoltaicas.....	20
Figura 16 - Representação esquemática da associação em série.....	22
Figura 17 - Comportamento corrente e tensão elétricas na associação em série.....	22
Figura 18 - Associação em paralelo de módulos fotovoltaicos.....	23
Figura 19 - Comportamento corrente e tensão na associação em paralelo.....	24
Figura 20 - Curva I V de um módulo fotovoltaico.....	26
Figura 21 - Módulo <i>half cell</i> e o <i>full cell</i>	27
Figura 22 - Comportamento da corrente em módulo <i>half cell</i> e o <i>full cell</i>	28
Figura 23 - Comportamento do sol no Hemisfério Sul em relação a um módulo.....	29
Figura 24 - Dados de irradiação no plano horizontal em Goiânia-GO.....	30
Figura 25 - Dados de irradiação no plano inclinado localidade próxima a 6,6 Km.....	31
Figura 26 - Ábaco do potencial de irradiação recebido em Goiânia – GO.....	32
Figura 27 - Principais regras RN 482/2012.....	34
Figura 28 - Modalidades GD.....	35
Figura 29 - Modelo proposto de Bancada Didática de Energia Solar Fotovoltaica.....	36

Figura 30 - Bancada Didática de Energia Solar Fotovoltaica.....	37
Figura 31 - Medição de tensão de corrente alternada em um sistema fotovoltaico.....	38
Figura 32 - Coleta de dados direto inversor.....	38
Figura 33 - Coleta de dados através do aplicativo de monitoramento.....	39
Figura 34 - Diagrama Unifilar da bancada.....	40
Figura 35 - Dimensões da bancada.....	47
Figura 36 - Utilização do esquadro magnético.....	48
Figura 37 - Estrutura inicial da bancada.....	49
Figura 38 - Detalhe dobradiça da bancada.....	50
Figura 39 - Passo a Passo crimpagem do terminal MC4.....	51
Figura 40 - Inversor e quadro de proteções.....	52
Figura 41 - Variação angular da bancada.....	55
Figura 42 - Irradiação solar em Goiânia em 12 de Dezembro de 2022.....	56
Figura 43 - Bancada no experimento 0°.....	57
Figura 44 - Potência no experimento 0°.	58
Figura 45 - Bancada no experimento 15°.....	59
Figura 46 - Bancada no experimento 30°.....	60
Figura 47 - Bancada no experimento 45°.....	61

LISTA DE SIGLAS

Abradee - Associação Brasileira De Distribuidores De Energia Elétrica

AIE - Agência Internacional De Energia

Aneel - Agência Nacional De Energia Elétrica

Cnpe - Conselho Nacional De Política Energética

Rn - Resolução Normativa

Gd - Geração Distribuída

Stc - Condições Padrão De Teste

Noct - Temperatura Nominal De Funcionamento

Mf - Módulo Fotovoltaico

Dps - Dispositivo De Proteção Contra Surtos

Tusd Fio B - Tarifa De Uso Do Sistema De Distribuição

LISTA DE PARÂMETROS

Vcc - Tensão em corrente contínua

CA - Corrente alternada

CC - Corrente contínua

Imp - Corrente em Máxima Potência (V)

Isc - Corrente de Curto Circuito (V)

Pmáx - Potência Máxima (Kw):

Vmp - Tensão de Máxima Potência (V)

Voc - Tensão em Circuito Aberto (V)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados técnicos dos painéis utilizados.....	42
Tabela 2 - Lista de ferramentas utilizadas.	44
Tabela 3 - Lista de materiais utilizados.....	55
Tabela 4 - Discriminação orçamentária.....	53
Tabela 5 - Dados do experimento 0°.....	58
Tabela 6 - Dados do experimento 15°.....	59
Tabela 7 - Dados do experimento 30°.....	60
Tabela 8 - Dados do experimento 45°.....	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	3
1.1 Justificativa	4
1.2 Objetivos	5
1.3.1 Objetivos Específicos	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
2.1 Tipos de Inversor	5
2.1.1 On-Grid	6
2.1.2 Off-Grid	7
2.1.3 Híbrido	8
2.1.4 A diferença entre Micro Inversor e Inversor.	9
2.2 String box CC	10
2.3 Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)	11
2.4 Fusíveis	12
2.5 Chave seccionadora	13
2.6 Quadro de proteção corrente alternada	13
2.7 Módulos fotovoltaicos	14
2.7.1 Efeito fotovoltaico	15
2.7.2 Eficiência	16
2.7.3 Estrutura	17
2.7.4 Local de instalação	18
2.7.5 Fatores considerados no cálculo de painéis solares	18
2.7.6 Associação de células	20
2.7.7 Características dos módulos	21
2.7.8 Associação de Módulos	21
2.7.9 Características elétricas	24
2.7.10 Módulos half cell e full cell	26
2.8 O movimento de translação	28

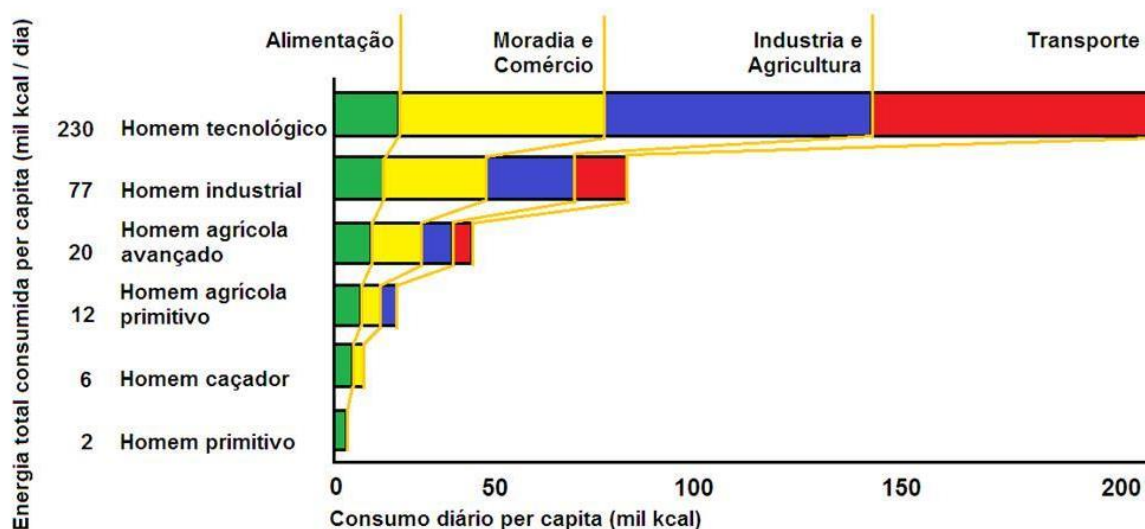
2.9 A Resolução 482/2012	32
2.10 Resolução 687/2015 – a revisão das normas	34
2.11 Marco legal da geração distribuída.	35
3 ESTUDO DE CASO	36
3.1 Projeto Elétrico	39
3.2 Construção da Bancada	41
3.3 Ferramentas necessárias	43
3.4 Material utilizado - Componentes do sistema	45
3.5 Montagem	46
3.6 Experimentos	54
3.6.1 Experimento 0°	56
3.6.2 Experimento 15°	58
3.6.3 Experimento 30°	59
3.6.4 Experimento 45°	61
3.6.5 Resultados	62
3.7 Recursos	53
3.7.1 Discriminação Orçamentária	53
4. CONCLUSÃO	63
5. REFERÊNCIAS	65
ANEXOS	69
ANEXO A - MANUAL DO USUÁRIO INVERSOR 780W LINHA XS DA PHB	70
ANEXO B - DATASHEET MÓDULO Nº1	94
ANEXO C - DATASHEET MÓDULO Nº2	97
ANEXO D - GUIA PARA SOLUÇÕES DE PROBLEMAS NO INVERSOR	99
ANEXO E - CONFIGURAÇÃO WI-FI	102
ANEXO F - LEI 14.300 MARCO LEGAL DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	1109

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos as economias mundiais se viram baseadas em o quanto se pode usufruir de recursos naturais para o bem e prosperidade da nação, no setor energético não poderia ser diferente. E desde que se aprendeu a controlar os recursos, foi feito uso da velocidade dos ventos, a força das água a biodigestão dentre outros para a produção de energia, porém com o aumento significativo da população, 213,3 milhões de habitantes apenas no Brasil em 2021 de acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o mesmo senso nos mostra que em 2010 a população chegava a apenas 190.755.799 habitantes e em uma projeção de crescimento se estima que haverão cerca de 260 milhões de pessoas (BRASIL ESCOLA, sd.) sendo assim nos ocorre a necessidade de buscar outras soluções mais eficazes e menos agressivas ao meio ambiente.

A possibilidade de converter uma forma de energia em outra teve como consequência um aumento no consumo energético per capita ao longo da história da humanidade, como indica a figura 1.

Figura 1 - Consumo diário de energia pelo homem ao longo da evolução.



Fonte: José, Goldemberg, 1998.

De acordo com a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica (Abradee) o Brasil está em 14º no ranking de maior tarifa de energia em comparação com os

28 países-membros da Agência Internacional de Energia (AIE), já em relação à carga tributária que incide sobre a conta de luz residencial, o Brasil fica em segundo lugar. O peso dos impostos e encargos na tarifa é de 40%. (JORNAL DO COMÉRCIO, 2021).

O sol com seu potencial inesgotável e abundante inspirou novos olhares da civilização para a forma de como produzir energia. Desde 2013, a GD (geração distribuída) fotovoltaica cresceu a uma taxa média de 230% ao ano no Brasil (ABSOLAR,2020), já em maio de 2022 a geração distribuída alcançou a marca de 11 gigawatts (GW) de potência instalada com a maior parte da energia (10,8 GW) sendo gerada por painéis fotovoltaicos (EPBR,2022). Com o aumento da necessidade de produção de energia limpa, houve também a necessidade de profissionais qualificados tanto no estudo quanto na produção e instalação de equipamentos voltados a produção de energia solar, sendo assim uma bancada de estudos práticos é benéfica para o grupo acadêmico, de maneira que é possível para os alunos construir cenários que realmente ocorrem no ambiente de trabalho e assim podem se prevenir para futuras instalações.

1.1 Justificativa

A relevância da pesquisa sugerida está pautada em dois principais pilares, o primeiro é a deficiência do setor educacional tanto a nível técnico quanto superior em conseguir reproduzir o ambiente do mercado de trabalho em sala de aula, fato já observado por algumas empresas que se dispõem a financiar projetos de salas e bancadas interativas e kits educacionais (RUSSO, 2013).

Com o avanço da tecnologia e do mercado, é imprescindível formar profissionais preparados e qualificados para atender as demandas do mercado de trabalho e especificamente no meio industrial (TEXEIRA ET AL., 2018).

As bancadas conseguem com grande êxito reproduzir situações reais enfrentadas no cotidiano, com isso, as bancadas didáticas se tornam grandes aliadas dos discentes de cursos de engenharia, que podem aplicar conhecimentos de algumas disciplinas específicas voltadas para a instrumentação industrial.

O segundo pilar, está ligado à crescente necessidade de novos meios de produção de energia, para suprir as necessidades de demandas de força. Segundo a Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica), “foram instalados mais de 110 mil sistemas fotovoltaicos de mini e microgeração, correspondendo a R\$ 4,8 bilhões e 15 mil profissionais trabalhando na área”

(PORTAL SOLAR, 2021). Sendo o Brasil um país com um potencial energético muito diversificado, com características de fauna, flora e climáticas favoráveis para cada tipo de produção energética, é sensato pensar em diversas formas de produção, dentre elas a energia solar está ganhando cada vez mais destaque contando com bom desempenho devido aos altos índices de irradiação solar em diversos estados do território nacional.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é desenvolver um protótipo de bancada de testes de controle de energia solar fotovoltaica para fins educacionais em aulas práticas na área de energias renováveis. Ao final do projeto a bancada didática será doada ao Colegiado dos cursos de Eletrônica, Telecomunicações e Engenharia Elétrica (Departamento de áreas IV) do Instituto Federal Câmpus Goiânia.

1.3.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos a serem alcançados são:

- Projetar e construir uma bancada com materiais sobressalentes de baixo custo;
- Fazer leitura e levantamento de dados, com ajuda de equipamentos (multímetro);
- Realizar testes experimentais em diversas condições de ângulo e incidência solar.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tipos de Inversor

O inversor solar é um item indispensável no kit solar, pois além de garantir a segurança do sistema e medir a energia gerada, também tem a função de converter a energia elétrica gerada pelo painel solar de corrente contínua (DC) em alternada (AC). Existem em geral três tipos de inversor para atender a diferentes situações: os inversores *on-grid*, *off-grid* e híbridos.

2.1.1 On-Grid

O inversor é responsável por converter a tensão CC (corrente contínua) dos módulos FV em tensão CA (corrente alternada) além disso é responsável também por fazer a injeção de corrente na rede elétrica. O modelo escolhido é indicado para instalações mono/bifásicos e possui um MPPT (“*maximum power point tracker*” — ou “rastreador de ponto de máxima potência”, em português), essa tecnologia chave para inversores e microinversores é basicamente um algoritmo que faz com que o aparelho tenha altos rendimentos de operação. O MPPT monitora continuamente os parâmetros elétricos de seu terminal de entrada, fazendo ajustes em tempo real para garantir a mais alta eficiência energética ao converter corrente contínua em corrente alternada.

O MPPT otimiza a energia (buscando a melhor potência para funcionamento da placa solar). Uma diferença importante entre os inversores string e microinversores é justamente a forma como aplicam MPPTs: enquanto no primeiro a otimização de energia é feita simultaneamente em vários módulos (o que pode gerar perda de potência, já que o sistema seguirá o padrão da placa com menor rendimento), no caso do microinversor o tratamento é individualizado (e faz com que cada painel se beneficie do MPPT de forma independente).

Figura 2 - Inversor fotovoltaico monofásico 220V/1 MPPT.



Fonte: PHB SOLAR, 2021.

O Modelo *On-Grid* foi o escolhido para execução do projeto por motivos de ser o que

apresentou menor custo e ter maior flexibilidade quanto às necessidades da bancada em relação aos testes.

2.1.2 Off-Grid

Off-grid significa “fora da rede” ou “desconectado da rede”. Foi desenvolvido para sistemas fotovoltaicos desconectados da rede elétrica, ou seja, sistemas que usam baterias e estão, normalmente, em regiões onde não se tem acesso à rede elétrica. Assim como os inversores *On-Grid* convertem a energia em corrente contínua dos módulos em alternada para ser armazenada em baterias específicas para esse tipo de solução.

As baterias, têm uma função semelhante às concessionárias, por permitirem energia estável e sem interrupções, em dias nublados ou durante a noite as baterias entram em ação e suprem o local com a energia solar armazenada. As principais vantagens dos sistemas fotovoltaicos *off-grid* são: isenção da “taxa de disponibilidade” na conta de luz além de ser independente das redes de distribuições, já como desvantagem encontramos o alto custo de investimento se comparado ao sistema *on-grid*, em condições climáticas desfavoráveis perde-se o rendimento, a necessidade do uso de controladores de baterias e cargas e emissão de poluentes recorrente ao uso de baterias.

Na figura 3 é possível ver o esquema de ligação do sistema mencionado.

Figura 3 - Esquema de ligação Sistema Solar *Off-Grid*.



Fonte: Portal Solar, 2021

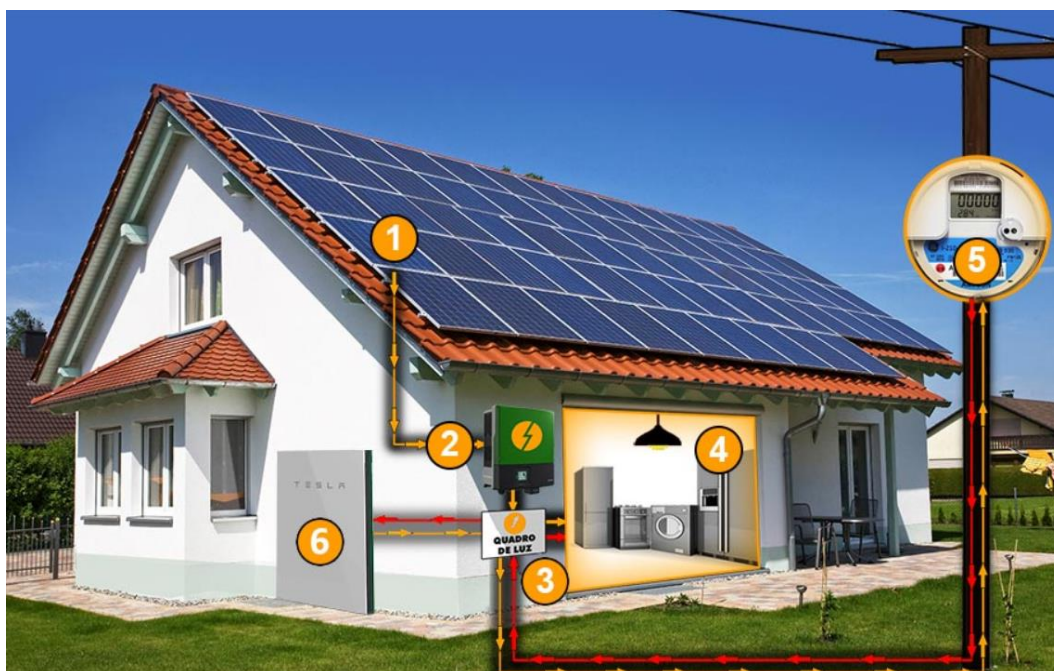
Legenda imagem:

1. Paineis Solar;
2. Inversor Solar;
3. Banco de baterias;
4. Quadro geral de distribuição;
5. Equipamentos ligados ao quadro.

2.1.3 Híbrido

De uma forma muito simples, um gerador solar híbrido com bateria tem basicamente o mesmo princípio de funcionamento do que um gerador solar conectado na rede com um *back-up* de baterias. A bateria solar funciona como um *no-break* para a unidade consumidora. Como se pode observar no esquema de ligação na imagem abaixo, a imagem descreve os principais itens necessários para a instalação deste modelo de aplicação.

Figura 4 - Esquema de ligação Sistema Solar híbrido.



Fonte: Portal Solar, 2021.

Legenda da Imagem:

1. Paineis Solar;

2. Inversor Solar;
3. Quadro geral de distribuição;
4. Equipamentos ligados ao quadro;
5. Relógio bidirecional da concessionária;
6. Baterias.

2.1.4 A diferença entre Micro Inversor e Inversor.

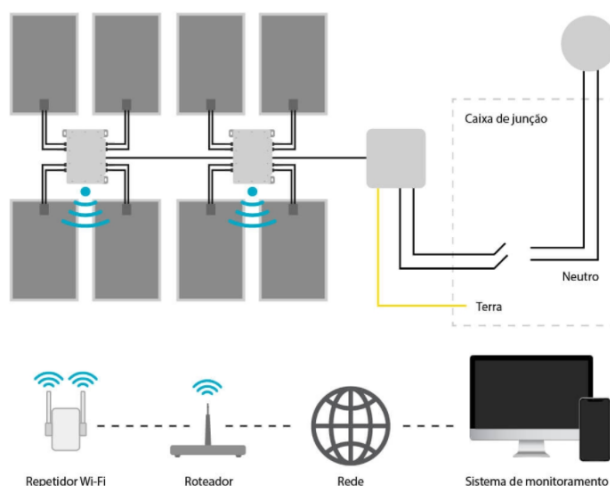
A diferença que mais chama atenção ao compararmos um inversor solar de string e um microinversor é o tamanho: o inversor string é maior e suporta potências mais altas em apenas um equipamento.

Os inversores string são maiores porque, normalmente, possuem potências superiores às dos microinversores, já que sua aplicação mais comum visa atender uma “*string*” (ou “série”) de painéis, composta por diversas placas solares fotovoltaicas.

Já o microinversor, como o próprio nome indica, é menor e tem potências inferiores que a maioria dos inversores string.

O tamanho é reduzido pois a proposta também é atender a menos painéis solares e otimizar cada um deles individualmente. Geralmente os micro inversores são feitos para suportar até 4 painéis, sendo que cada um deles é ligado diretamente no micro inversor sem estarem conectados entre si.

Figura 5 - Esquema simplificado de ligação de um Micro Inversor Solar.



Fonte: NEOSOLAR, 2021.

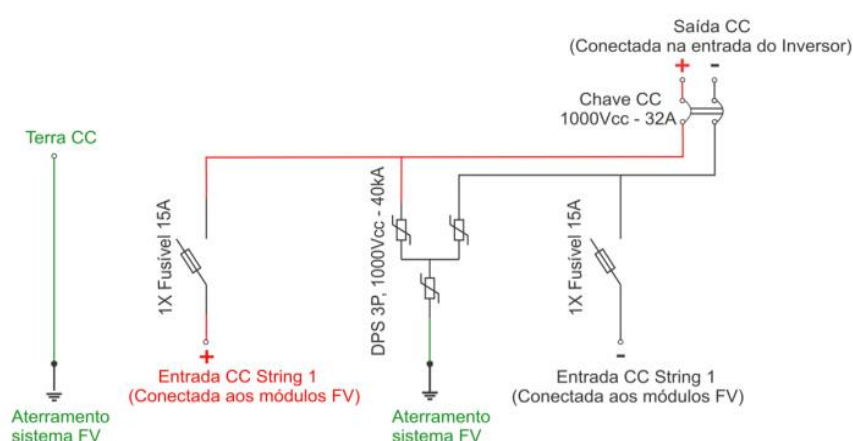
2.2 String box CC

String Box CC é um amontoado de dispositivos ligados de maneira estratégica a fim de proteger o sistema fotovoltaico especificamente os fios da corrente contínua (CC) que percorrem o caminho dos módulos até o inversor antes de sua conversão, sendo estes itens definidos de acordo com as características da instalação.

É essencialmente um equipamento de proteção que isola o sistema de produção de energia fotovoltaica para impedir o risco de propagação de acidentes elétricos, como os curtos-circuitos e os surtos elétricos. Nesses casos, a String Box sacrifica seus componentes e abre o circuito elétrico em que ela está instalada.

É composto por um DPS CC, Chave seccionadora e fusíveis. O modelo de inversor utilizado, PHB780-XS, possui em seu interior já embutido e fora de acesso essas proteções, composta por um DPS classe II com corrente de curto circuito de 40kA e tensão 1000Vcc, dois fusíveis de 15A e 1000Vcc e uma chave seccionadora de 32A e 1000Vcc. Pode-se observar na imagem abaixo e seu esquema de ligação.

Figura 6 - Esquema de ligação String Box CC.



Fonte: PHB SOLAR, 2021.

2.3 Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)

O Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS), normalmente chamado pela sigla DPS, também é conhecido como Protetor de Surto ou Supressor de Surto e tem como finalidade detectar as sobretensões transitórias em redes elétricas e fazer com que esses distúrbios de energia sejam desviados para o aterramento do circuito. Essas oscilações acontecem constantemente, assim todos os dias edificações industriais, comerciais e residenciais são afetadas por correntes de surto.

Embora nem todas essas sobretensões transitórias tenham a capacidade de danificar equipamentos conectados à rede elétrica do local atingido, as mais intensas podem trazer grandes prejuízos. De acordo com a NBR IEC 61643-1, o DPS pode ser classificado em três classes: classe I, II e III. A classe I é destinada a proteção contra surtos elétricos conduzidos, provenientes de descargas atmosféricas diretas, geralmente recomendados para locais com alta exposição e/ou que sejam dotados de SPDA – Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas.

O DPS classe II é destinado a proteção contra surtos elétricos ocasionados por descargas atmosféricas indiretas, ou seja, caem próximo à edificação ou as linhas de transmissão de energia ou dados. O DPS classe III é um dispositivo de proteção que deve ser utilizado próximo ao equipamento protegido. Normalmente utilizado como complemento de proteção ou em locais com baixa exposição

Assim, os Dispositivos de Proteção contra Surtos são adotados com as mais variadas aplicações, entre elas estão: Quadros de distribuição; Redes de linhas de telecomunicações; Transformadores e redes de iluminação urbana; Painéis de energia solar; Redes de distribuição elétrica; Tomadas que alimentam aparelhos que precisam de proteção. A figura 7 mostra um modelo de DPS da marca CLAMPER.

Figura 7 - Dispositivo de proteção contra surtos (DPS).



Fonte: CLAMPER, 2020.

2.4 Fusíveis

O fusível é um dispositivo de segurança de um circuito elétrico, que tem a função de interromper a passagem de corrente elétrica no circuito, quando a corrente ultrapassar o limite permitido pelo fusível, evitando assim um curto-circuito. Esses curtos-circuitos podem causar incêndios, explosões ou danos a alguns equipamentos do circuito, os fusíveis são bastante usados nos eletrodomésticos.

Figura 8 - Fusível de vidro.



Fonte: MATALTEX, 2020.

2.5 Chave seccionadora

Uma chave seccionadora é um tipo de dispositivo destinado a isolar partes de circuitos elétricos, capaz de suportar elevados níveis de curto-circuito, devido a sua construção, é em comparação como um interruptor de desativação que tem a capacidade de interromper a energia para um circuito elétrico ou a um grupo de circuitos elétricos.

As chaves seccionadoras, também chamadas de interruptores de desconexão, são usadas em uma grande variedade de configurações, e são empregadas como dispositivos de segurança que podem desenergizar circuitos mantendo a carga em um nível razoável para que possa haver o manuseio do equipamento sem colocar em risco a segurança do operador.

Figura 9 - Chave Seccionadora.



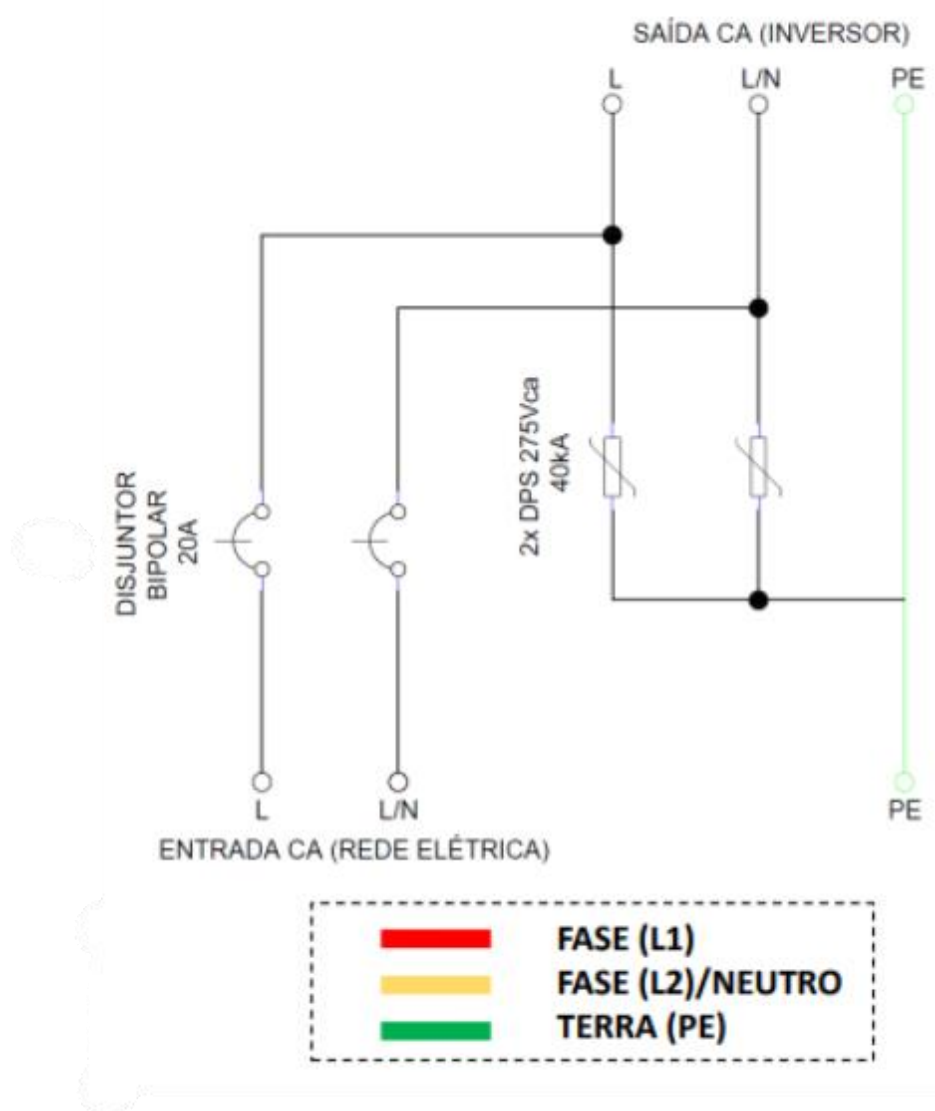
Fonte: PHB SOLAR, 2021.

2.6 Quadro de proteção corrente alternada

O quadro de proteção de corrente alternada é utilizado para proteção do sistema fotovoltaico após a conversão da corrente contínua em corrente alternada feita pelo inversor fotovoltaico, sendo definida de acordo com as características da instalação ele protege todo o

sistema do lado C.A. É composto por um DPS e um disjuntor. As especificações que melhor se encaixam para a proteção do inversor selecionado para o desenvolvimento da bancada didática deve ser composto por um Disjuntor 20A - Curva C e DPS-classe II 275Vca/40kA. Pode-se observar na imagem abaixo e seu esquema de ligação.

Figura 10 - Esquemático de ligação QDCA.



Fonte: PHB SOLAR, 2021.

2.7 Módulos fotovoltaicos

Módulo fotovoltaico é termo técnico para placa solar ou painel solar. É composto por células solares produzidas normalmente por silício e é utilizado para a captação da luz do sol, com a função de converter a luz solar em energia elétrica fotovoltaica.

2.7.1 Efeito fotovoltaico

A energia solar é convertida em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico, que ocorre quando partículas de luz solar colidem com os átomos presentes no painel solar, gerando movimento dos elétrons e criando a corrente elétrica que chamamos de energia solar fotovoltaica. A descoberta de que certos tipos de materiais reagem à luz solar foi uma base fundamental para a tecnologia solar moderna.

O tipo mais comum de célula fotovoltaica usa silício cristalino (C-Si) em sua fabricação, também conhecido como “silício de grau solar” essas são tratadas quimicamente para que possam realizar o efeito fotovoltaico. Existem outros tipos, porém esse é o mais comum por estar entre as melhores em relação ao custo-benefício.

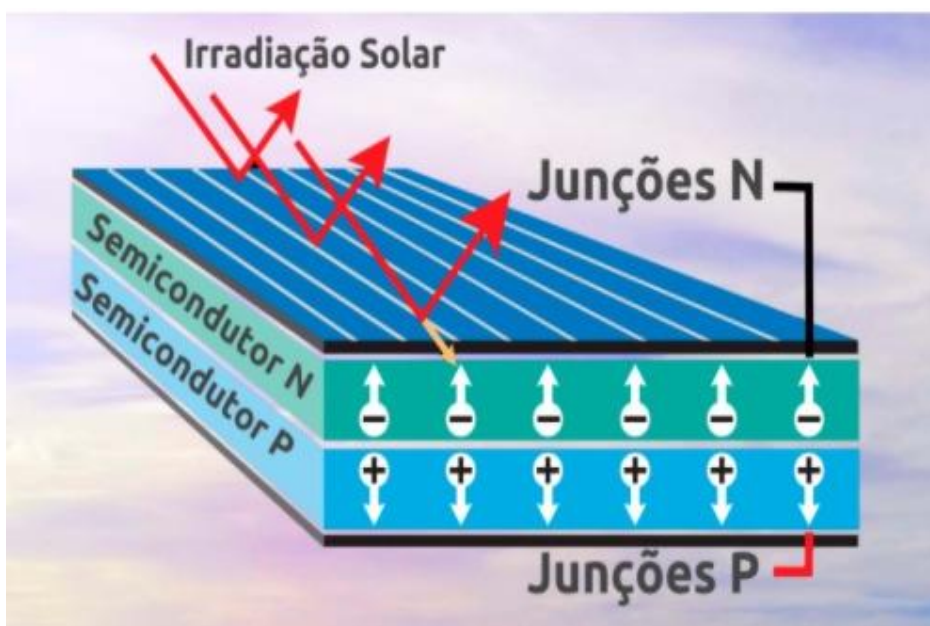
O que faz uma célula fotovoltaica gerar eletricidade é o efeito fotovoltaico, que nada mais é do que o aparecimento de uma diferença de potencial (ou seja, uma tensão) em seu interior, causado pela ação dos fótons (partículas de luz) que interagem com os elétrons dos átomos do material utilizado para a produção da célula fotovoltaica.

As células fotovoltaicas são compostas por duas partes de um material semicondutor (de condutibilidade elétrica intermediária comparando-o com materiais condutores e não condutores), combinado a outros materiais, de maneira a modificar sua estrutura eletrônica, dessa maneira ao serem excitadas cada uma das partes torna-se positiva (com falta de elétrons) e a outra negativa (com sobra de elétrons).

Com a entrada da radiação luminosa, os elétrons das camadas mais distantes do núcleo dos átomos ganham energia suficiente, para se libertarem da sua força de atração e assim se tornarem elétrons livres.

Os elétrons são transportados do lado negativo para o lado positivo e utilizando uma delicada grade (feita geralmente com uma pasta de prata) que serve para capturar os elétrons livres, permite-se que seja formada uma corrente elétrica contínua. Na figura 11 é possível observar um esquema de como o módulo é formado.

Figura 11 - Efeito fotovoltaico



Fonte: ENSOLARE, 2020.

2.7.2 Eficiência

Eficiência é basicamente quanta energia elétrica a célula fotovoltaica é capaz de produzir por 1m^2 durante 1 hora de funcionamento em condições de laboratório, irradiação de $1000\text{W}/\text{m}^2$, temperatura da célula em 25°C e Massa do ar em 1,5. As células fotovoltaicas de silício cristalizado absorvem a radiação solar em uma faixa muito estreita do espectro da radiação, sendo assim fótons com energia superior ao necessário são transformados em calor, e aqueles com pouca energia não são suficientes para a liberação dos elétrons, sendo esta também convertida em calor.

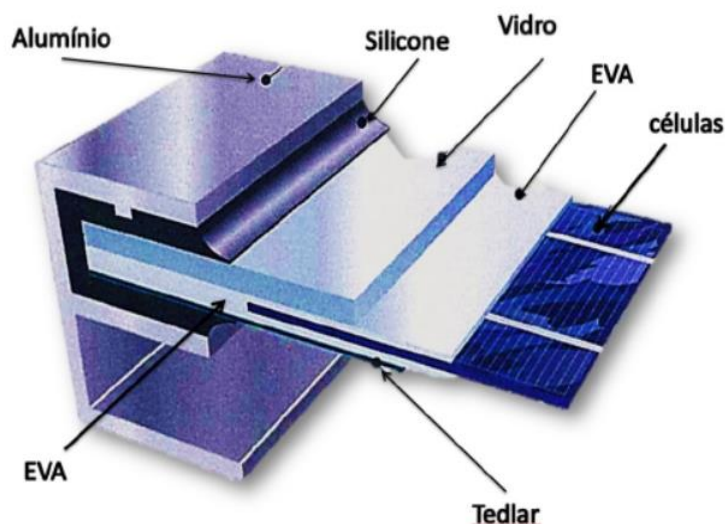
Com o calor, as células fotovoltaicas de silício cristalino perdem eficiência, pois a tensão da célula cai e, portanto, a potência que essa pode gerar cai também. Mesmo os fótons com energia ideal não são cem por cento aproveitados, tornando a eficiência dos módulos um dos maiores desafios dos pesquisadores e engenheiros da área, porém com as constantes melhorias tecnológicas e de processos industriais, a eficiência da célula continua aumentando.

Os melhores módulos fotovoltaicos comerciais atualmente têm eficiências em torno de 20%, podendo ser ligeiramente abaixo ou acima disso. Ou seja, cerca de 20% da energia recebida do Sol vai ser transformada em energia elétrica.

2.7.3 Estrutura

Um módulo fotovoltaico é um conjunto de células fotovoltaicas associadas envoltas de materiais que dão resistência mecânica, permitem a entrada de luminosidade, auxiliam no resfriamento e permitem a associação de vários módulos em suas estruturas de fixação adequadas. Um típico módulo fotovoltaico (placa solar) feito com células fotovoltaicas de silício cristalizado (c-Si) tem a estrutura física mostrada na imagem abaixo:

Figura 12 - Estrutura física de um módulo fotovoltaico com células de silício



Fonte: BLUESOL, [s.d.].

Como se pode observar na figura 12 este componente (o módulo solar) parece um sanduíche de camadas permanentemente unificadas. Entre o vidro e as células, utiliza-se folhas de etileno acetato de vinila (também chamado de etil vinil acetato; em inglês: ethylene vinyl acetate; mais conhecido pela sigla EVA).

O fluoreto de polivinil ou Tedlar é um material polimérico usado principalmente nos revestimentos para reduzir a inflamabilidade encontrado na parte inferior dos módulos. Para finalizar é montada a moldura, feita de alumínio, e a caixa de conexão elétrica, que permite a interligação entre os módulos e deles com o inversor ou micro inversor.

2.7.4 Local de instalação

Os módulos fotovoltaicos são de longe os componentes mais aparentes em uma instalação e podem ser instalados em diversos locais, tudo depende do cenário de aplicação e a solução desenvolvida pelo corpo de técnicos e engenheiros contratados. No ambiente urbano é mais comum os ver instalados em telhados de casa, isso se deve ao fato de um melhor aproveitamento de espaço e também melhor posicionamento, evitando sombras de muros ou de árvores, por exemplo, mas não necessariamente precisam ser instalados nas alturas, sendo uma saída plausível os instalar no chão quando se tem bastante espaço para aproveitar, uma outra maneira conhecida de remanejar os painéis, é chamada de carport, no qual os módulos são utilizados como telhas fazendo sombra (essa solução é utilizada principalmente na construção de estacionamentos).

É importante ficar atento pois para cada instalação é necessário um tipo de estrutura de fixação diferente compatível com as telhas e estrutura do telhado ou com o solo ou estruturas planejadas para solução em carport entre outros cenários de aplicação. Vale lembrar que não existe “receita de bolo” quando se trata de energia solar e para cada demanda é desenvolvido um projeto específico.

2.7.5 Fatores considerados no cálculo de painéis solares

A escolha do modelo, potência e quantidade de módulos levam em consideração alguns fatores que influenciam na produção de uma usina, estes estão listados abaixo:

Geografia: Já é de domínio público que umas principais vantagens da energia solar é o fato de sua influência se estender abundantemente em todo o globo, mas é preciso observar que em cada região a incidência de raios solares é diferente e se não levado em consideração esse dado o sistema pode ser afetado quanto a produção no final do dia. O Brasil tem um bom índice de irradiação e portanto pouco se perde quando o assunto é geografia. Os dados de irradiação podem ser facilmente encontrados no site do CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio S. Brito).

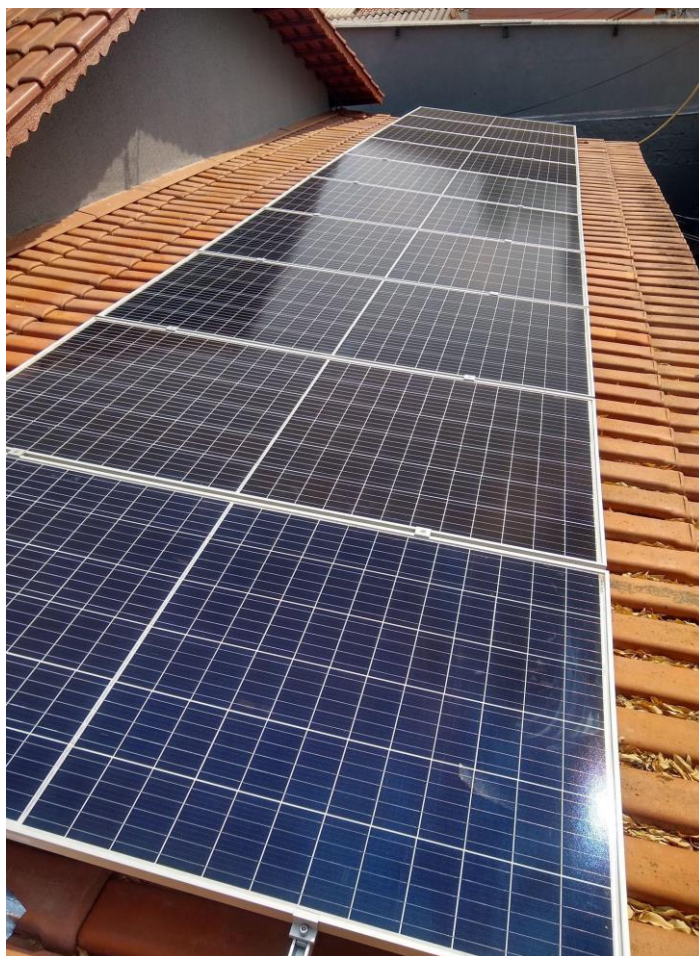
Quantidade de energia consumida: É necessário verificar qual a média de energia consumida pela unidade consumidora, isso pode ser observado na própria fatura de energia que

recebe-se todo mês. Para os casos de sistemas provisionados é necessário fazer os cálculos com base na quantidade e tipo de equipamentos a serem instalados, bem como serão utilizados.

Orientação do telhado: Como o Brasil está situado no hemisfério sul, o mais comum é que as placas solares sejam instaladas encarando o norte, tendo assim a melhor orientação quando se captação de raios solares, esses dados também podem ser encontrados no site do CRESESB (Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio S. Brito).

Espaço disponível: Após observadas as demais etapas é preciso verificar a disponibilidade de espaço, para áreas mais apertadas recomenda-se utilizar módulos com maior poder de produção, assim precisa-se de menos módulos para uma geração satisfatória. É possível ver na imagem abaixo uma série de módulos instalados em telhado de cerâmica.

Figura 13 - Módulos fotovoltaicos enfileirados em telhado de cerâmica.

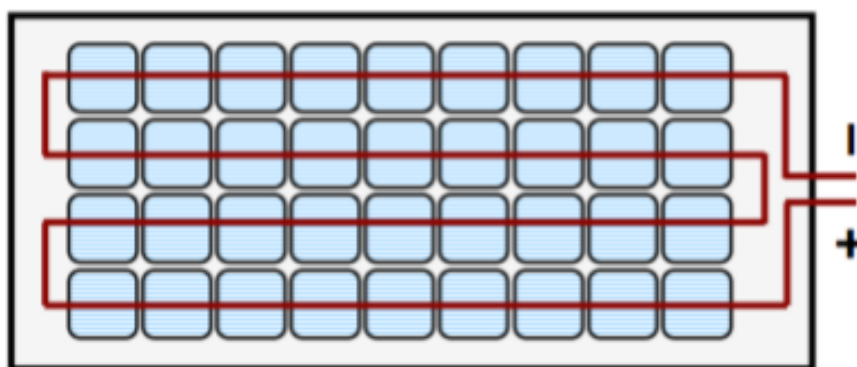


Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2021.

2.7.6 Associação de células

As células fotovoltaicas por si só têm uma potência muito baixa para serem aplicadas em um cenário real (em torno de 3W, cada), por isso é feito o agrupamento das mesmas (ligação em série) de maneira a formar módulos fotovoltaicos, conforme esquematizado na figura 14.

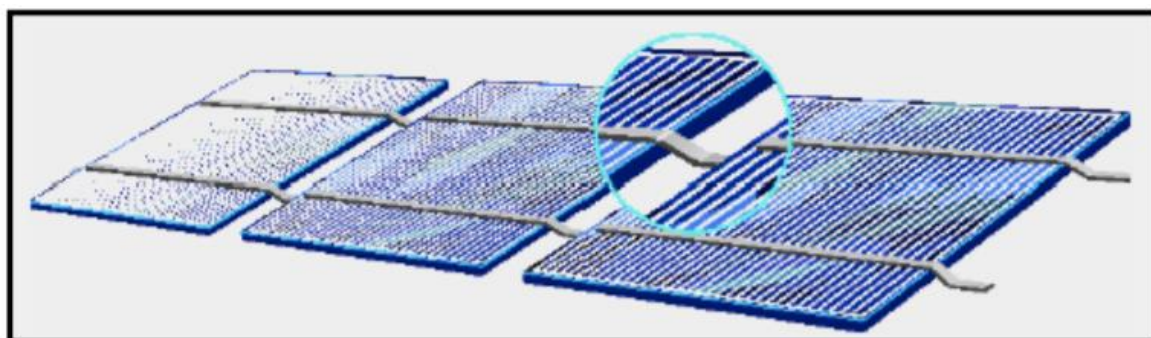
Figura 14 - Representação referente à associação de várias células fotovoltaicas (de silício cristalino)



Fonte: Electromagnetismo b módulos fotovoltaicos características e associações, 2010.

Os contatos frontais de cada célula são soldados aos contatos posteriores da célula seguinte, de forma a ligar o pólo negativo (parte frontal) da célula com o pólo positivo (parte posterior) da célula seguinte, conforme esquematizado na figura 15.

Figura 15 - Representação do encadeamento em série de células fotovoltaicas.



Fonte: Electromagnetismo b módulos fotovoltaicos características e associações, 2010.

2.7.7 Características dos módulos

Os dados com os parâmetros de guia (medidos em condições de referência, STC) dos módulos são fornecidos pelo fabricante e oferecidos em forma de fichas técnicas específicas. Contudo, essas condições de referência ocasionalmente ocorrem. Por exemplo, mesmo que um módulo fotovoltaico opere num cenário que eventualmente se caracterize por uma temperatura do ar igual a 25°C, a temperatura do módulo será superior. Sendo assim, é comum ser especificada a temperatura nominal de funcionamento (do Inglês, *nominal operating cell temperature*, *NOCT*) do módulo fotovoltaico ou seja, a temperatura de funcionamento atingida pelas células de um módulo quando sujeitas às seguintes condições:

- Intensidade da radiação solar incidente na superfície = 800 W/m² ;
- Temperatura do ar = 20°C;
- Velocidade do vento = 1m/s.

A temperatura das células (que integram um módulo) pode ser calculada através da seguinte equação:

$$T = TA + \frac{(NOCT - 20)}{800} * G \quad (2.1)$$

onde: T (em °C) é a temperatura da célula, TA (em °C) é a temperatura do ar e G (em W/m²) corresponde à intensidade da radiação incidente.

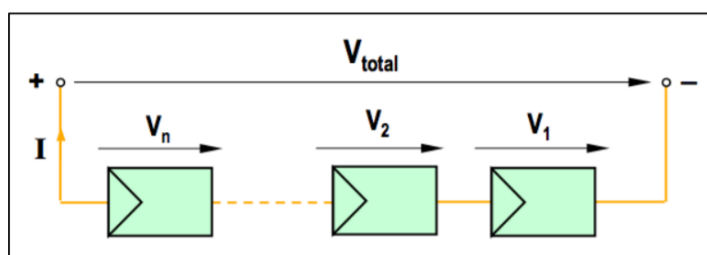
2.7.8 Associação de Módulos

Para que os dispositivos fotovoltaicos sejam usados com eficiência e atendam aos requisitos de corrente e tensão, eles devem ser correlacionados, desde a associação de unidades básicas, como baterias, até os arranjos entre módulos. Desta forma, um painel fotovoltaico é um grupo de módulos fotovoltaicos conectados eletricamente entre si e fornecem uma determinada tensão.

Os módulos fotovoltaicos ligados em série constituem aquilo que normalmente se designa por fileiras. É importante realçar que na associação de módulos fotovoltaicos devem ser utilizados módulos do mesmo tipo, de forma a minimizar as perdas de potência no sistema.

Pode-se observar o comportamento esperado pela tensão e corrente nesse tipo de associação nas figuras a seguir.

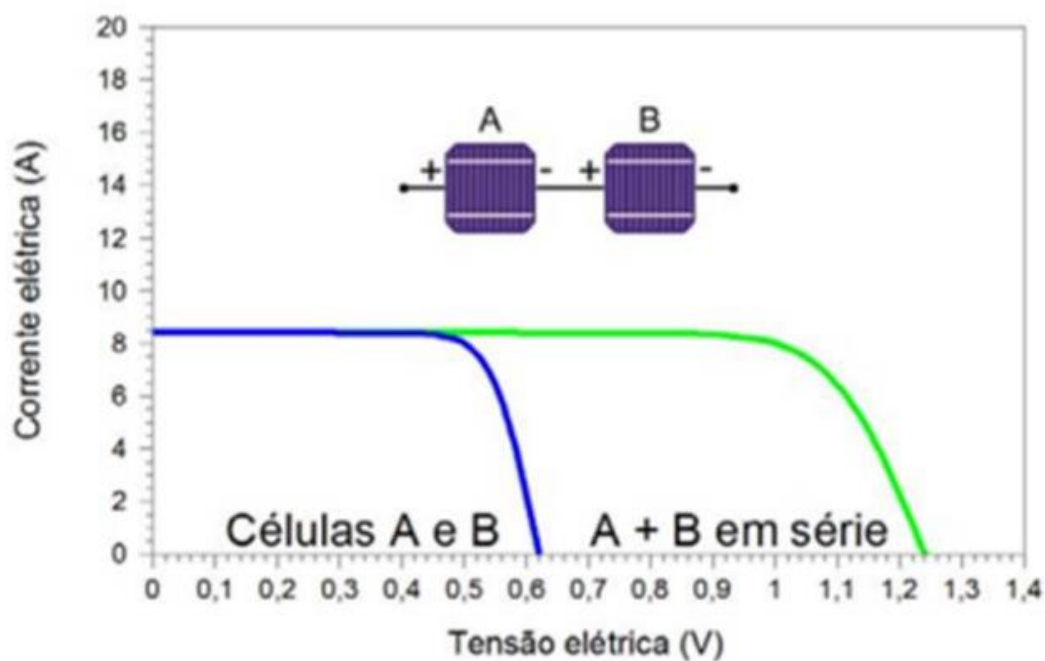
Figura 16 - Representação esquemática da associação em série



Fonte: Electromagnetismo b módulos fotovoltaicos características e associações, 2010.

Em uma associação série, o comportamento de corrente e tensão se comporta de maneira que a corrente permanece constante já a tensão resultante é a soma das tensões individuais de cada módulo, na figura 17 tem-se um gráfico onde é possível perceber tal comportamento.

Figura 17 - Comportamento corrente e tensão elétricas na associação em série



Fonte: PINHO; GALDINO, 2014.

Dessa forma é possível perceber as seguintes relações:

$$V_1 = V_2 = V_n = V \Rightarrow V_{total} = V_1 + V_2 + \dots + V_n = n \cdot V \quad (2.2)$$

$$I_1 = I_2 = \dots = I_n = I \quad (2.3)$$

Os módulos terão suas tensões somadas e a tensão do painel será a soma das tensões individuais de cada módulo. A corrente será o valor médio atual da corrente de cada módulo.

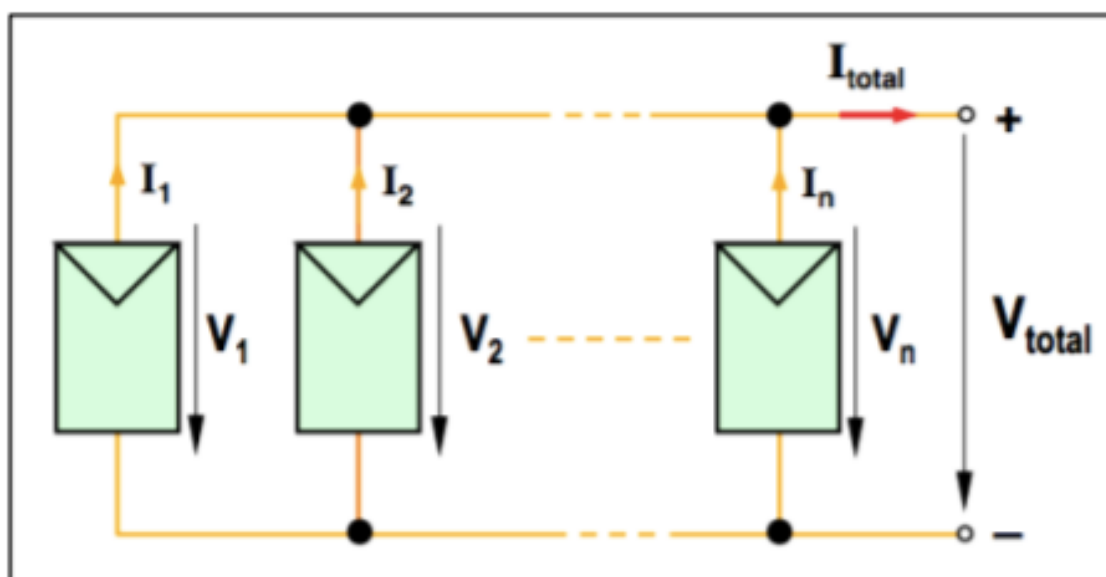
Na associação em paralelo ocorre de forma contrária, o terminal positivo do módulo é ligado ao terminal positivo do próximo módulo e o terminal negativo é ligado ao negativo do módulo subsequente, dessa forma as correntes se somam e a corrente do final será a soma das correntes individuais de cada módulo. A tensão será a média das tensões geradas em cada módulo. Neste caso, é possível escreverem-se as seguintes relações:

$$I_1 = I_2 = \dots = I_n \Rightarrow I_{total} = I_1 + I_2 + \dots + I_n = n \cdot I \quad (2.4)$$

$$V_{total} = V = V_1 = V_2 = \dots = V_n \quad (2.5)$$

A figura 18 ilustra o esquema de ligação neste cenário com módulos em paralelo.

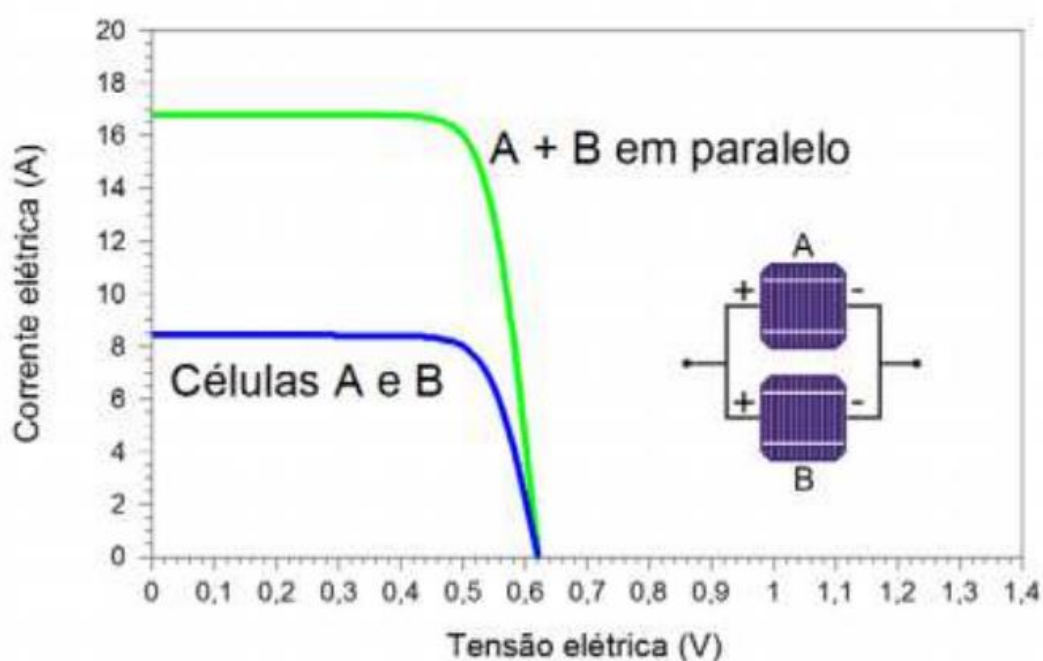
Figura 18 - Associação em paralelo de módulos fotovoltaicos



Fonte: Electromagnetismo b módulos fotovoltaicos características e associações, 2010.

A figura 19 corresponde à representação gráfica da curva característica de corrente – tensão (de acordo com a equação 2.4) referente à associação em paralelo de dois módulos fotovoltaicos em condições STC.

Figura 19 - Comportamento corrente e tensão elétricas na associação em paralelo



Fonte: PINHO; GALDINO, 2014.

Por fim pode-se concluir que os módulos conectados em série atingem a tensão nominal e em paralelo para atingirem o somatório das correntes de cada módulo presente na associação.

Portanto, tem-se diversas configurações de agrupamento de módulos possíveis dependendo do cenário de aplicação. Em uma combinação mista de módulos fotovoltaicos, são obtidas as características das combinações em série e em paralelo.

2.7.9 Características elétricas

As principais características elétricas de um módulo fotovoltaico são:

- Tensão Nominal: é a tensão padrão para a qual o módulo foi desenvolvido para trabalhar. A quantidade e arranjo de células fotovoltaicas determinam esse parâmetro;
- Tensão de Máxima Potência (V_{mpp}): é a tensão máxima que o módulo gerará, em seu ponto de máxima potência;
- Tensão em Circuito Aberto (V_{oc}): tensão máxima que o módulo fornece em seus terminais, sem a presença de uma carga (em vazio). É uma tensão de teste. Podemos medi-la com um multímetro;
- Corrente em Máxima Potência (I_{mp}): corrente máxima que um módulo fotovoltaico pode fornecer a uma carga, em condições padrão de teste.
- Corrente de Curto Circuito (I_{sc}): corrente máxima que o módulo fotovoltaico fornece, quando seus terminais estão em curto circuito, geralmente é 5% superior à corrente máxima;
- Potência Máxima ($P_{máx}$): a corrente elétrica gerada por um módulo varia de zero ao I_{sc} , enquanto a tensão entre os terminais varia de zero até o V_{oc} sob diferentes condições de irradiância e temperatura. Um módulo fotovoltaico estará fornecendo a máxima potência, quando o circuito externo possuir uma resistência tal, que determine os valores máximos de tensão e corrente e, portanto, o seu produto será o máximo;
- Eficiência: é o quociente entre a potência gerada e a irradiância incidente sobre o módulo.
- Fator de Forma (Preenchimento): é um conceito teórico que mede a forma da curva definida pelas variáveis I e V na seguinte equação:

$$FF = \frac{I_{mpp} * V_{mpp}}{I_{sc} * V_{oc}} = \frac{P_{max}}{I_{sc} * V_{oc}} \quad (2.6)$$

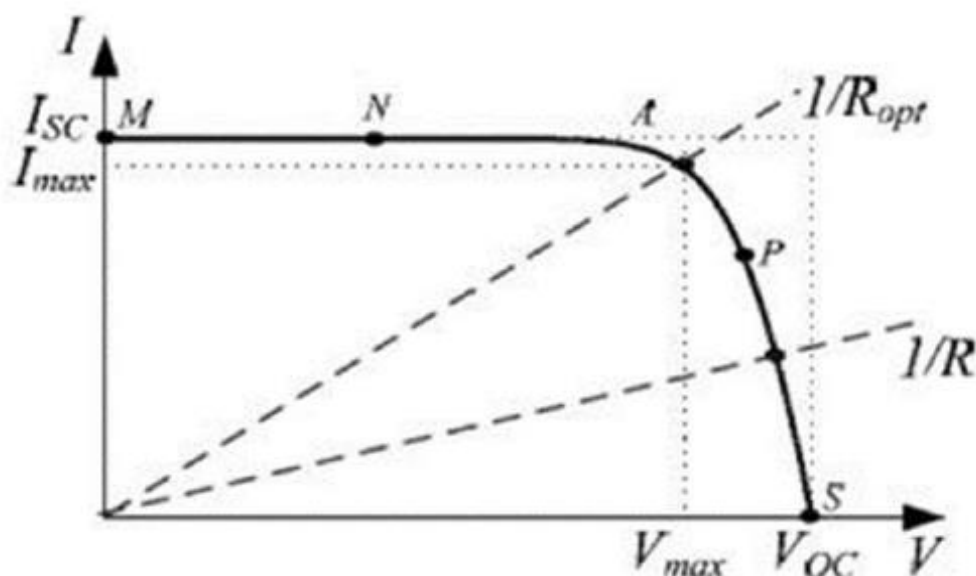
A curva IV é a curva elétrica que relaciona a tensão e a corrente na saída de um módulo ou de um conjunto de módulos fotovoltaicos.

A análise desta curva permite saber se os módulos estão em bom funcionamento ou se apresentam problemas e de modo geral se configura da mesma forma para todos os tipos de painéis. A figura 20 ilustra essa curva. (FERREIRA, 2008).

Tem-se no gráfico a exibição de uma reta de carga com inclinação $1/R$, essa reta é a carga característica considerando a mesma puramente resistiva. Para um valor de R pequeno,

assume-se que o painel é uma fonte de corrente constante, cujo valor é igual I_{sc} , além disso, o painel apresentará um funcionamento dentro da região M-N da curva.

Figura 20 - Curva I V de um módulo fotovoltaico.



Fonte: Ferreira, 2008.

Para um alto valor de R (região P-S da curva), o painel terá um comportamento semelhante a uma fonte de tensão constante, cujo valor é igual à V_{oc} . As coordenadas $I_{máx}$ e $V_{máx}$, é o ponto em que o painel transfere a máxima potência, logo, é desejável que a curva da carga do painel se mantenha próxima desta zona de funcionamento. (FERREIRA, 2008).

2.7.10 Módulos *half cell* e *full cell*

A bancada é composta por dois módulos de diferentes propriedades elétricas, como potência, tamanho, eficiência entre outros. Uma das grandes diferenças desses se encontra quanto à existência da tecnologia *half cell*, como se pode observar na tabela 1, o módulo 1 possui essa característica enquanto o módulo 2 não. Essa tecnologia consiste na construção de módulos fotovoltaicos com células cortadas ao meio.

No lugar das tradicionais células quadradas. A vantagem é que se consegue módulos mais eficientes e com aproximadamente as mesmas dimensões e o mesmo custo de um módulo

comum. Células cortadas ao meio produzem metade da corrente elétrica de uma célula convencional.

Com a metade da corrente circulando em cada célula, as perdas ôhmicas nos terminais e contatos elétricos e nas próprias células são reduzidas a um quarto das perdas originais, pois a perda ôhmica do módulo torna-se $P = R (i/2)^2 = Ri^2/4$, enquanto que originalmente as perdas seriam $P = Ri^2$, assumindo que as resistências ôhmicas presentes nos módulos são aproximadamente as mesmas para os dois tipos de células.

O distanciamento existente entre as células eleva a eficiência óptica ao permitir maior propagação da luminosidade que incide sobre as células (Canal Solar, 2019). Abaixo, na figura 21 podemos observar a diferença de aparência entre o módulo half cell e o full cell.

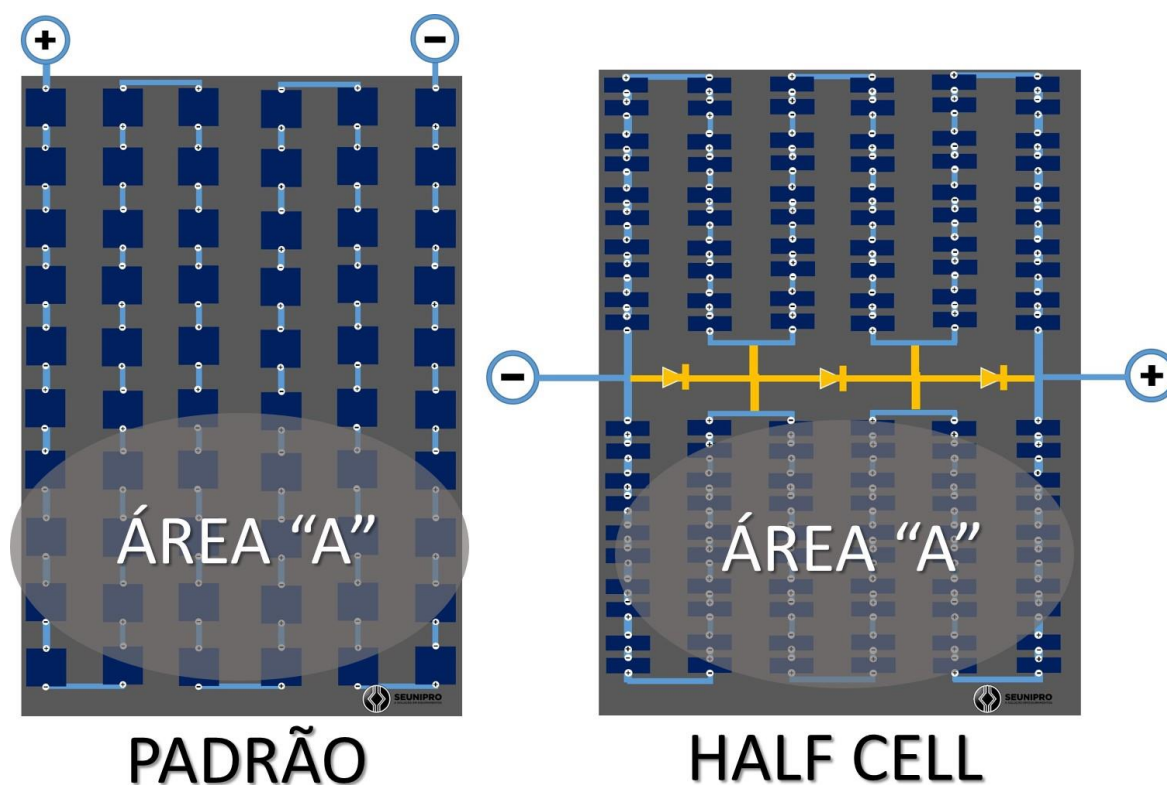


Fonte: GESEL, 2019.

A redução da corrente que circula pelas resistências ôhmicas, também reduzidas à metade em cada meia célula, faz com que a dissipação de calor seja reduzida. Na ocorrência de hot spots, fenômeno que surge quando existe corrente reversa circulando pelos módulos, a elevação de temperatura será reduzida, reduzindo o risco de danos aos módulos ou incêndios.

De um modo geral, a circulação de correntes de intensidade reduzida melhora o desempenho térmico do módulo de forma global, não somente no que diz respeito à corrente reversa, mas também durante a operação normal. Na figura 22 podemos ver uma representação quanto ao comportamento da corrente elétrica dos módulos no momento de produção.

Figura 22 - Comportamento da corrente em módulo *half cell* e o *full cell*.



Fonte: SEUNIPRO, 2021.

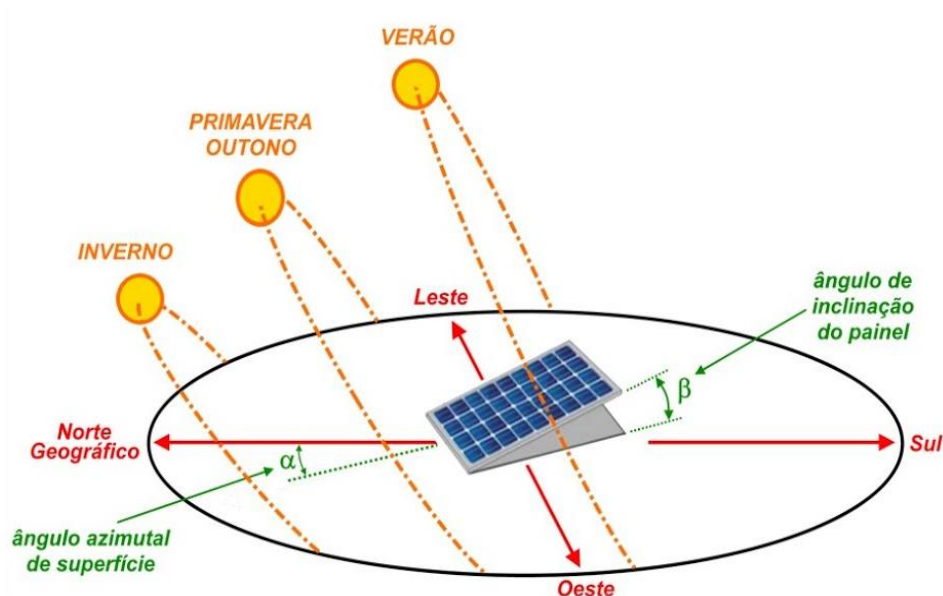
2.8 O movimento de translação

O movimento de translação é o caminho que o globo faz ao redor do Sol. Tal movimento não é retilíneo em seu trajeto, que possui configuração circular, na verdade é realizado de forma elíptica. Por consequência desse movimento, se têm variações durante o ano quanto à distância entre o Sol e a Terra, isso resulta em uma série de relações geométricas que influenciam no comportamento de produção de energia em um módulo (PrePara ENEM, 2022).

Alguns dos grandes fatores que influenciam na produção de energia solar são: a orientação dos painéis e seu ângulo de inclinação com relação ao sol. Na figura 23 é possível perceber o comportamento do sol no hemisfério sul da terra, nota-se que existe uma inclinação do sol para o norte geográfico, logo conclui-se que existem dois ângulos que influenciarão a

radiação recebida pelo módulo fotovoltaico, o ângulo beta (β), referente a inclinação do painel em relação à superfície e o ângulo alfa (α), referente ao desvio de orientação em relação ao norte geográfico. Devido a inclinação do sol os módulos que possuem a face voltada para o norte e com a inclinação adequada para a região produziram mais energia.

Figura 23 - Comportamento do sol no Hemisfério Sul em relação a um módulo



Fonte: Tito, Elmer, 2021.

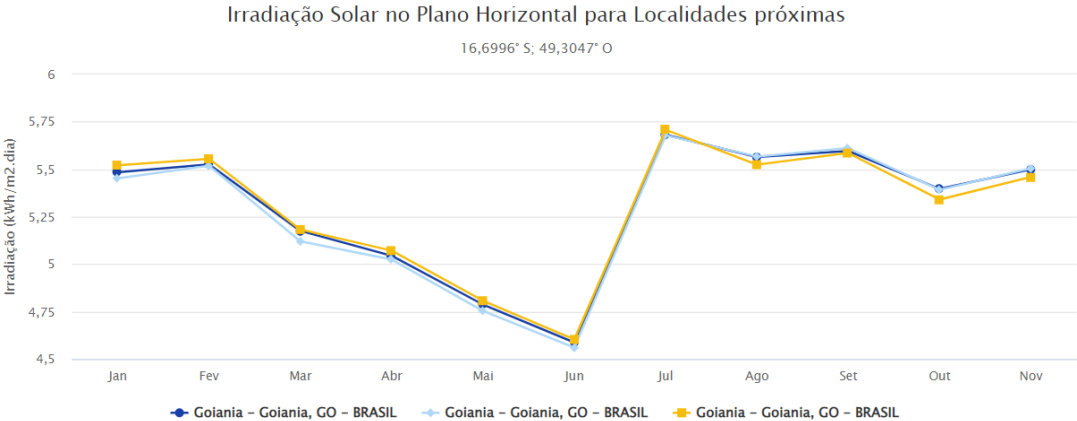
A radiação solar global incidente na unidade geradora geralmente é quantificada em valores médios mensais para a energia solar acumulada durante o dia. Na prática os dados de irradiância média são obtidos no plano horizontal e a conversão para o plano inclinado é realizada. Esta conversão pode ser realizada utilizando programas específicos para este fim (PINHO; GALDINHO, 2014).

Em geral para projetos comerciais de energia solar é utilizado um banco de dados com os parâmetros solarimétricos. No Brasil os dados mais consultados são o do Atlas Brasileiro de Energia Solar, produzido a partir de um total de 17 anos de imagens de satélite - desde 1999 até 2015 (CRESESB, 2018). No site do CRESESB no campo Coordenadas Geográficas inserindo as coordenadas de latitude e longitude do local desejado podemos obter dados de irradiação solar mensal das localidades próximas em [kWh/m².dia].

Figura 24 - Dados de irradiação no plano horizontal em Goiânia-GO.

Latitude: 16,6996° S
Longitude: 49,3047° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m².dia]																	
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta	
☒	Goiania	Goiania	GO	BRASIL	16,701° S	49,349° O		4,7	5,48	5,53	5,18	5,04	4,79	4,59	4,76	5,68	5,56	5,60	5,40	5,50	5,26	1,09
☒	Goiania	Goiania	GO	BRASIL	16,701° S	49,249° O		5,9	5,45	5,52	5,12	5,02	4,75	4,56	4,78	5,68	5,57	5,61	5,39	5,51	5,25	1,12
☒	Goiania	Goiania	GO	BRASIL	16,601° S	49,349° O		11,9	5,52	5,56	5,18	5,07	4,81	4,60	4,82	5,71	5,52	5,59	5,34	5,46	5,26	1,11



Fonte: CRESESB, 2022.

Avaliações de irradiação total em superfícies inclinadas são de fundamental importância nas estimativa da radiação absorvida por superfícies topográficas com inclinação natural, ou superfícies com inclinação forçada (caso de aquecedores solares).

O plano inclinado é determinado por qualquer superfície que faça um ângulo, diferente de zero, com o horizonte, como visto anteriormente diversos fatores são levados em consideração quando se trata da estimativa de produção de uma usina solar, entre esses fatores pode-se considerar o plano de inclinação.

No site do CRESESB é possível também observar essa estimativa considerando algumas inclinações que ocorrem mais comumente no dia a dia das instalações, ou que podem ser forçadas de maneira não natural a fim de modelar o sistema de maneira que a produção de energia se mantenha no melhor cenário.

Os dados também podem ser levados em consideração para casos de módulos com estruturas seguidoras do sol, que nada mais são do que estruturas automatizadas que inclinam os módulos solares de maneira que fiquem sempre de frente para o sol, acompanhando assim o movimento de translação.

Estes porém por seus altos valores de implementação comparados aos sistemas tradicionais são pouco utilizados no Brasil. Na figura 25 podemos observar alguns exemplos de dados disponíveis na região de Goiânia quanto à irradiação num plano inclinado.

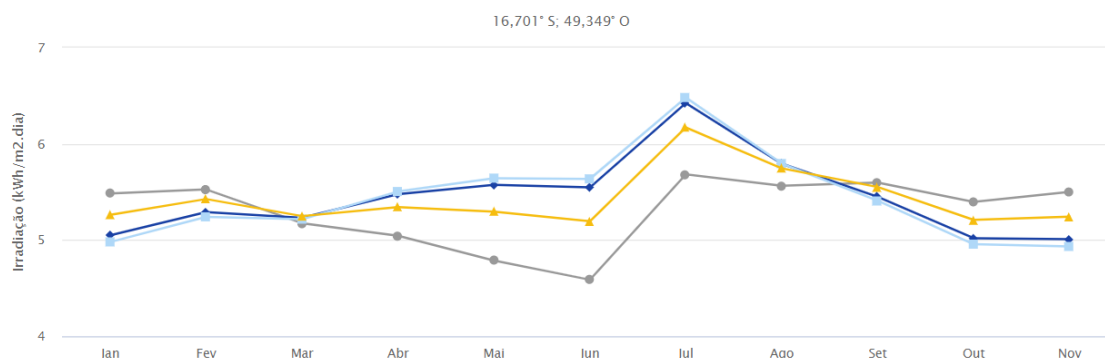
Figura 25 - Dados de irradiação no plano inclinado localidade próxima a 6,6 Km.

Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Goiânia
Município: Goiânia, GO - BRASIL
Latitude: 16,701° S
Longitude: 49,349° O
Distância do ponto de ref. (16,6996° S; 49,3047° O): 4,7 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	5,48	5,53	5,18	5,04	4,79	4,59	4,76	5,68	5,56	5,60	5,40	5,50	5,26	1,09
✓	Ângulo igual a latitude	17° N	5,05	5,29	5,23	5,48	5,57	5,55	5,67	6,42	5,79	5,45	5,02	5,01	5,46	1,41
✓	Maior média anual	19° N	4,98	5,24	5,22	5,50	5,64	5,64	5,75	6,48	5,79	5,41	4,96	4,93	5,46	1,55
✓	Maior mínimo mensal	10° N	5,26	5,43	5,25	5,34	5,29	5,19	5,34	6,17	5,74	5,55	5,21	5,24	5,42	,97

Irradiação Solar no Plano Inclinado –Goiânia–Goiânia, GO-BRASIL



Fonte: CRESESB, 2022.

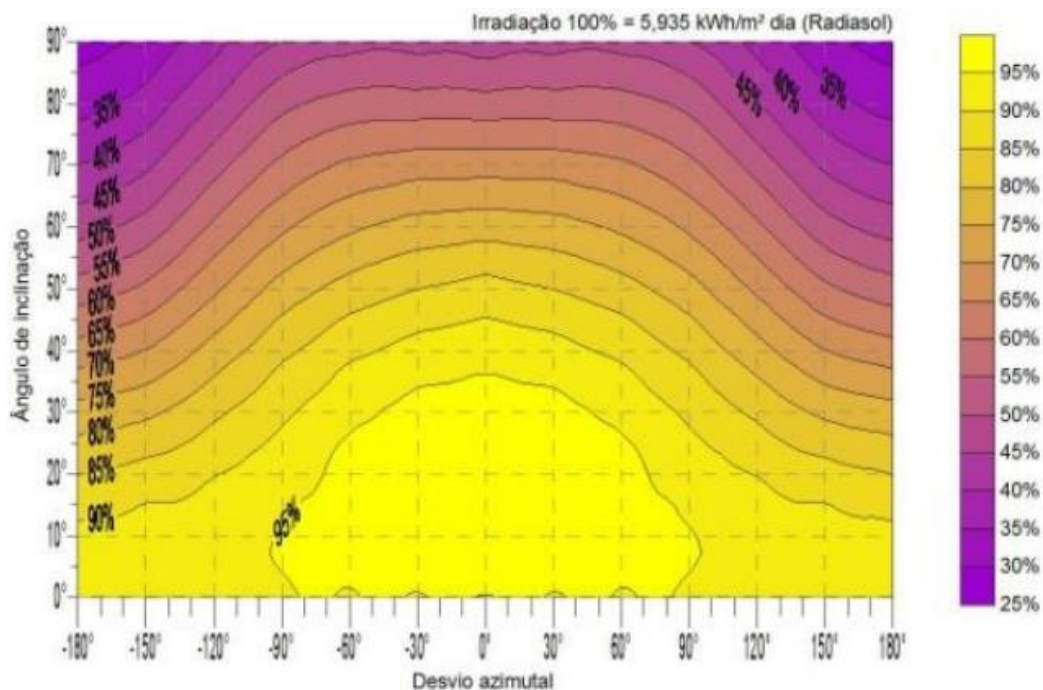
A geração de eletricidade solar está diretamente vinculada à quantidade de radiação solar recebida pelos módulos, o que varia conforme sua posição de instalação.

A figura 26 demonstra o potencial de radiação média recebida por dia para cada posição de instalação, sendo que em suas cores mais claras as orientações e inclinações que estão expostas aos índices mais altos de irradiação solar ao longo do ano, e nas cores mais escuras as menores incidências de radiação.

No eixo horizontal encontram-se as variações de orientação (0° indicando o norte, com variações de +180° e -180°), e o eixo vertical apresenta as variações de inclinações da superfície (de 0° indicando uma superfície horizontal, e 90° indicando uma parede vertical).

As características apresentadas pelos ábacos possibilitam rápida percepção pelos projetistas, indicando quais as melhores opções entre as definições de forma e função.

Figura 26 - Ábaco do potencial de irradiação recebido em Goiânia - GO.



Fonte: UFSC, 2012.

Na figura 26 pode-se observar que: o nível de 95% de irradiação para inclinações até 15° mantém-se constante nos diferentes azimutes, indicando que com até 15o o desvio azimutal não resulta em perdas significativas; uma mancha em forma de 'M' na parte superior do gráfico indica que para superfícies inclinadas 90° (paredes verticais) pode ser mais interessante uma instalação ao Leste ou Oeste do que ao Norte; uma mancha central de 95% de aproveitamento, indicando que os maiores níveis de aproveitamento da irradiação só ocorrem próximo ao azimute 0°(norte) e inclinação próxima à latitude local.

2.9 A Resolução 482/2012

A Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), respondendo às tendências das novas gerações de energia limpa, tem produzido resoluções que favorecem direta ou indiretamente a microgeração e a minigeração.

A resolução “estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.” (RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, 2012, p.1)

Até o ano de 2012 não se tinha nenhum tipo de norma regulamentadora quanto à energia solar no Brasil, foi criada então pela ANEEL a Resolução Normativa nº 482/2012 permitindo a criação de sistemas de Geração Distribuída local, ou seja, em uma única residência, condomínio, comércio ou indústria, regulamentou-se também um sistema de compensação de energia conhecido como “*net metering*”.

Essa técnica consiste em transformar o excesso de geração distribuída em créditos, que são convertidos em desconto no valor pago da fatura. O cálculo é feito da seguinte forma: para cada 1kW (kilowatt) gerado, o consumidor ganha 1 kW na tarifa de energia.

Caso o gasto seja menor, a “sobra” de energia será injetada na rede elétrica de distribuição pública e o consumidor irá ganhar créditos para economizar nas futuras contas de energia ou em outras unidades consumidoras previamente cadastradas, crédito esse com validade de 36 meses após sua produção.

Por fim, é importante ressaltar que, para unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo B), ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será devido o pagamento referente ao custo de disponibilidade – valor em reais equivalente a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico). Já para os consumidores conectados em alta tensão (grupo A).

A parcela de energia da fatura poderá ser zerada (caso a quantidade de energia injetada ao longo do mês seja maior ou igual à quantidade de energia consumida), sendo que a parcela da fatura correspondente à demanda contratada será faturada normalmente. Em 2017 foi lançada a Resolução Normativa nº 786 que altera a Resolução Normativa ANEEL 482, contudo não tem importância para este trabalho.

Na figura 27 podemos observar resumidamente as principais regras estabelecidas por essa RN.

Figura 27 - Principais regras RN 482/2012



Fonte: CISER, 2021.

2.10 Resolução 687/2015 – a revisão das normas

A RN 482 da ANEEL foi revisada observando um novo contexto dos novos recursos e potência de produção da época, para simplificar e incentivar ainda mais a implementação de painéis solares. As mudanças que a RN 687 trouxe foram: Diminuição para 34 dias para aprovação do sistema solar junto à concessionária; aumento para até 60 meses para utilizar os créditos do sistema de compensação (net metering); definição de potência máxima de Microgeração = até 75 kW e de Minigeração = até 5 MW. A mudança mais significativa, contudo, foi a inclusão de 3 novas modalidades para a Geração Distribuída.

A geração remota consiste em produção compartilhada entre diferentes unidades consumidoras, desde que pertencentes ao mesmo titular. O empreendimento com múltiplas unidades consumidoras se refere a diferentes consumidores conectados em uma mesma geração distribuída de energia local, como em prédios residenciais ou comerciais e por fim a geração compartilhada que determina que consumidores conectados, em diferentes locais, compensam o excedente de energia gerada em uma única unidade. Na imagem abaixo pode-se observar como funcionam essas modalidades.

Figura 28 - Modalidades GD.



Fonte: CISER, 2021.

2.11 Marco legal da geração distribuída.

O presidente em exercício no ano de 2022 sancionou a lei nº 14.300/22, que institui o marco legal da geração própria de energia, microgeração e minigeração distribuída.

O novo marco prevê mudanças graduais nas regras para a geração distribuída. Pela nova lei, os consumidores que possuem sistemas de energia solar fotovoltaica passarão, a partir de um modelo de transição gradual, a pagar uma tarifa pelo uso da rede de distribuição da concessionária, tarifa denominada TUSD Fio B (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição).

A nova lei traz também uma segurança jurídica para os proprietários de usinas de microgeração e minigeração, já que a lei estabelece que sistemas instalados antes da publicação da lei ou que forem instalados no período de transição de 12 meses após a sanção, obtiveram direito adquirido de 25 anos nas regras atuais.

A lei nº 14.300/22 traz diversas mudanças que serão aplicadas durante o período de transição no ano de 2022, como mudanças na compensação dos créditos que são injetados na rede de concessionárias pelos prosumidores, há também mudanças na capacidade máxima de

minigeração, reduzindo de 5 MW (Megawatt) para 3 MW. Todas essas mudanças entraram em vigor após todas as concessionárias de energia elétrica, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) estabelecer diretrizes para valoração dos custos e dos benefícios da microgeração e minigeração e também adequarem todo o sistema para as novas mudanças.

Tendo em mente a teoria apresentada pode-se então partir para o estudo de caso, no qual se apresenta o passo a passo na construção da bancada, bem como testes comprovando sua eficiência.

3 ESTUDO DE CASO

A construção da bancada foi estudada de maneira que possa ser deslocada com facilidade uma vez que para melhor performance dos equipamentos os módulos devem ter o máximo de irradiação solar possível, outra vantagem dessa composição é a prontidão na preparação de diversos cenários, sendo possível explorar combinações e situações muito comuns no dia a dia dos profissionais da áreas. A coleta de dados, portanto, torna-se mais enriquecedora e permite o estudo da variação de potência, corrente e tensão de acordo com a orientação e inclinação dos módulos fotovoltaicos. Observando-se tais dados é possível entender e concluir qual a melhor posição dos painéis para a instalação do sistema. Pode-se observar abaixo o modelo de bancada que foi utilizado como promoção.

Figura 29 - Modelo proposto de Bancada Didática de Energia Solar Fotovoltaica.



Fonte: AGELTEC, 2021.

A fim de adaptar a estrutura da bancada com a realidade dos equipamentos disponíveis (módulos, inversor e ferragens), já que alguns dos equipamentos foram doados e sobressalente, bem como da necessidade da instalação de dois módulos ao invés de apenas um para que mais cenários de aplicação possam ser desenhados e produzidos como em instalações que acontecem no mercado de trabalho, foram então feitas algumas alterações e ajustes do modelo proposto, a produção final da bancada pode ser observada na figura 30.

Figura 30 - Bancada Didática de Energia Solar Fotovoltaica.



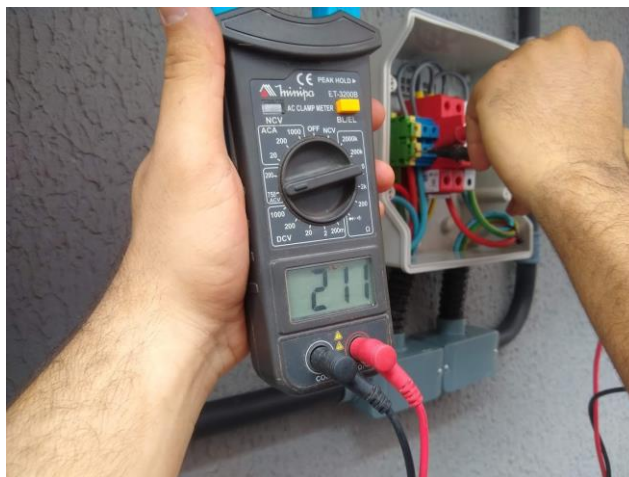
Fonte: Próprio Autor, 2022.

Todas as ligações elétricas na parte de corrente contínua do sistema foram feitas por conectores específicos para sistemas fotovoltaicos, chamados MC4 (ou *multi-branch*) conectores esses que impedem o contato com a parte viva do fio, ou seja a parte que pode estar energizada, bem como protege o cabeamento de infiltração e contato com água e/ou poeira (que podem comprometer a resistência e capacidade de condução do fio) , de forma que sejam seguras e confiáveis no seu manuseio.

A partir da ferramenta de medição, multímetro, pode-se coletar dados de tensão em corrente contínua, tensão em corrente alternada, dados de corrente contínua e corrente alternada e realizar testes de continuidade, tudo isso feito diretamente nos equipamento de proteção da

bancada. Pode-se ver um exemplo prático na figura 31.

Figura 31 - Medição de tensão de corrente alternada em um sistema fotovoltaico .



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2021.

Já no inversor pode-se encontrar os dados de frequência, corrente dos módulos, tensões contínuas e alternadas, potência injetada na rede, histórico de falhas, status de operação e conexões de rede. Como demonstrado na figura 32.

Figura 32 - Coleta de dados direto inversor .



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2021.

Os dados serão enviados para o aplicativo de monitoramento do sistema chamado “Solar Portal”, disponível para download na *play store* gratuitamente para dispositivos Android, de modo que se pode ter acesso a eles remotamente. Como podemos ver um exemplo na figura 33.

Figura 33 - Coleta de dados através do aplicativo de monitoramento.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2021.

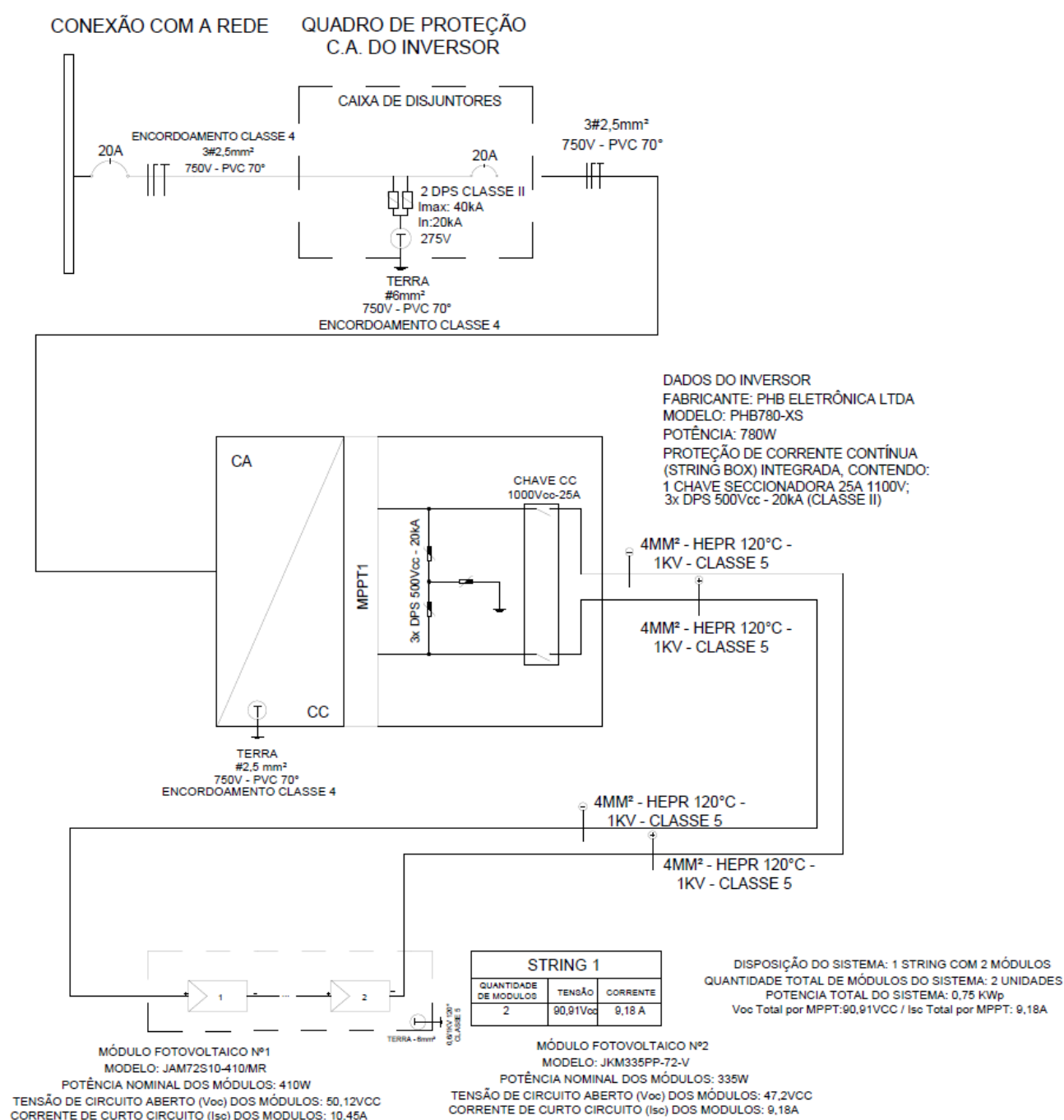
Através da bancada didática também será possível o estudo de viabilidades econômicas, projeções de produção de energia e estudos sobre normas vigentes de regulamentações de geração distribuída no país. E também demonstrar a importância desse tipo de sistema para ajudar na preservação do meio ambiente.

3.1 Projeto Elétrico

Para fazer uma instalação elétrica é necessário fazer um levantamento de todos os componentes da instalação, além da metragem dos fios e de outros elementos que podem estar fixados na construção ou não. Para facilitar esse processo, o uso do diagrama unifilar é essencial, para o método da construção da bancada não poderia ser diferente. O diagrama unifilar nada mais é do que a configuração e/ou representação de circuitos elétricos. Nele é

representado as posições das cargas e dos acionadores. Além de especificar o local da instalação dos componentes elétricos. A seguir na figura 34 pode-se observar o diagrama unifilar da bancada.

Figura 34 - Diagrama Unifilar da bancada.



O diagrama unifilar elétrico apresentado na figura 34 representa como é realizada a ligação do sistema proposto, desde os módulos fotovoltaicos até o quadro de distribuição. Os módulos estão associados em série e se conectam ao inversor através de cabeamento de uso específico para sistemas fotovoltaicos, cabo este que está de acordo com as especificações da NBR 16612 – Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV C.C. entre condutores, o cabo é utilizado para tensões nominais de 0,6/1 kV (C.A.) e até 1,8 kV (C.C.) e é formado por fios de cobre eletrolítico e estanhado com encordoamento classe 5 (flexível) com isolação e cobertura em composto poliolefínico termofixo de alta estabilidade térmica com temperatura de serviço de -15 °C a 90 °C com a máxima temperatura de operação para 120 °C por 20.000 horas.

Pode-se notar que o sistema passa por diversos dispositivos de proteção, sendo o de corrente contínua integrado ao inversor. Este contém uma chave seccionadora a qual tem a função de interromper a energização do inversor pelas placas, em paralelo a seccionadora tem-se três DPS com a ligado em Y, esse tipo de configuração fornece maior resistência em caso de falha na isolação do sistema. Após o inversor temos o quadro de proteção de corrente alternada composto por um DPS e um disjuntor bipolar, os dois dispositivos correlacionados preservam o inversor contra curto circuitos, sobrecargas e surtos da rede elétrica.

3.2 Construção da Bancada

Para os testes de performance e rotulagem dos módulos fotovoltaicos, é utilizado um padrão de irradiância, massa de ar e temperatura. Esse padrão, chamado de Condições Padrão de Teste (STC – Standard Test Conditions) é conseguido em laboratório através do simulador solar. Em situações práticas, não temos as mesmas condições para o trabalho dos módulos fotovoltaicos. É recomendado aos fabricantes, pela norma DIN EM 50380, que os fabricantes acrescentem as informações dos testes em Condições Normais de Operação (NOCT), inclusive em baixas irradiâncias.

A NOCT é a temperatura a que o painel solar chegou no laboratório quando submetido a 800 W/m² de irradiância (um dia de sol moderado) a uma temperatura ambiente de 20°C e um vento de 1m/s.

A classificação de potência máxima em Watts (Pmax) em que os painéis solares são classificados é o que se refere quando falam em "tamanho do painel solar" ou “potência do painel solar”. Essa classificação baseia-se na produção de energia medida em condições de laboratório, "Condições Padrão de Teste" (STC - Standard Testing Conditions), STC corresponde a: 1000W/m², 25°C de temperatura da célula, com uma referência solar de irradiância espectral chamado Massa de Ar 1,5 (AM1.5). Na tabela 1 se encontram os dados técnicos de cada módulo, de acordo com seu *datasheet*.

Tabela 1 - Dados técnicos dos painéis utilizados.

Módulo	1		2	
Modelo	JKM405M-72H-V		JKM335PP-72-V	
Condições	NOCT	STC	NOCT	STC
Potência (Pmax) [W]	306	405	250	335
Tensão de Circuito Aberto (Voc) [V]	48,7	50,1	44,4	47,2
Tensão de máxima potência (Vmp) [V]	39,8	42	35,6	38
Corrente de curto-circuito (Isc) [A]	8,22	10,48	7,43	9,18
Corrente de máxima potência (Imp) [A]	7,72	9,64	7,02	8,82
Eficiência [%]	-	20,13	-	17,26
Tipo de célula	-	Monocristalina	-	Policristalina
Dimensões [mm]	-	2008x1002x30	-	1956x992x40
Peso [Kg]	-	0	-	26,5
Coefficiente de temperatura para Máxima Potência (Pmax) [%/°C]	0,35		0,4	
Coefficiente de temperatura para tensão em circuito aberto (Voc) [%/°C]	0,29		0,3	
Coefficiente de temperatura para corrente de curto circuito (Isc) [%/°C]	0,048		0,06	
STC: Irradiação 1000W/m² / Temp 25°C / AM 1.5				
NOCT: Irradiação 800W/m² / Temp 20°C / AM 1.5				

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

Sendo Voc1 a tensão de circuito aberto do módulo 1 e Voc2 a tensão l do módulo 2, ambos em condições NOTC. Tem-se então que:

$$Voc1 + Voc2 = Voctotal [V] \quad (3.1) , \text{ sendo}$$

$$Voc1 = 48,7 [V]$$

$$Voc2 = 44,4 [V]$$

$$Voctotal = 93,10 [V]$$

A Corrente resultante deve permanecer a mesma, contudo como se trata de uma associação de módulos de diferentes características elétricas, a corrente resultante se dá por:

$$P_{total} = V_{octotal} \times I_{total} \quad (3.2)$$

$$P_{total} = P_1 + P_2 \quad (3.3)$$

$$I_{total} = \frac{556}{93,10} \simeq 5,9721 [A] \quad (3.4)$$

Os dados apresentados no datasheet de cada módulo são de testes realizados nas condições descritas como NOCT, ou seja, para uma temperatura ambiente de 20°C, irradiação média de 800W/m² e pressão de AM 1.5 são detalhados também os coeficientes de temperatura em cada parâmetro, isto é, para a cada 1°C que ultrapasse a temperatura ambiente de teste ocorrerá uma perda determinada por este coeficiente de temperatura (ct). As expressões podem ser escritas da seguinte forma:

$$P_{max_{equivalente}} = P_{max} * \{ (20 - T) * ct_{potência} \} \quad (3.5)$$

$$I_{total_{equivalente}} = I_{total} * \{ (20 - T) * ct_{corrente} \} \quad (3.6)$$

$$V_{oc_{equivalente}} = V_{octotal} * \{ (20 - T) * ct_{tensão} \} \quad (3.7)$$

No âmbito da compreensão de processos e sistemas, as práticas no processo do ensino de engenharia focam-se no uso de bancadas didáticas. Essas bancadas são ferramentas que auxiliam a realização de experimentos a partir da possibilidade de montagem e simulação destes sistemas e circuitos.

Este processo permite ao aluno um contato direto com seus componentes e partes. Durante o desempenho da prática, o estudante experimenta problemas que podem refletir futuros desafios de sua vida profissional. A seguir podemos acompanhar as ferramentas necessárias para elaboração e construção da bancada.

3.3 Ferramentas necessárias

As ferramentas e equipamentos utilizados na construção são, antes de tudo, uma forma de facilitar a vida do profissional, para ele conseguir concluir as diversas fases de uma instalação de forma mais precisa, segura e eficiente. As principais ferramentas utilizadas na construção da bancada foram:

Tabela 2 - Lista de ferramentas utilizadas.

ITEM	FERRAMENTA
1	Alicate crimpador/desencapador de fios 0,5 - 8mm
2	Alicate universal
3	Broca de metal 6mm
4	Chave de fenda
5	Chave hexagonal 5mm
6	Chave philips
7	Chaves hexagonal 6mm
8	Estilete
9	Fita isolante
10	Furadeira 600W
11	Luvas
12	Máquina de solda inversora 135A
13	Multímetro
14	Nível a laser
15	Nível bolha
16	Óculos de segurança
17	Lixadeira 580W
18	Máscara de solda com escurecimento
19	Alicate de corte
20	Alicate de bico

21	Varetas de solda
22	Trena de 3M

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

3.4 Material utilizado - Componentes do sistema

Seguindo o modelo do diagrama apresentado anteriormente, segue a relação de materiais utilizados na construção da bancada, especificando modelos e quantidades para melhor esclarecimento.

Tabela 3 - Lista de materiais utilizados.

ITEM	MATERIAL	DESCRIÇÃO	QUANTIDADE
1	Barra de metal 20x20	MT	9
2	Barra de metal estilo cantoneira	MT	3
3	Cabo preto 4mm	MT	5
4	Cabo verde e amarelo 6mm	MT	5
5	Cabo vermelho 4mm	MT	5
6	Conector MC4	QNT	8
7	Inversor	UND	1
8	Módulos	UND	2
9	Rodas emborrachadas para 60Kg	QNT	6
10	Trilho	MT	4

11	Cabo 3 vias 2,5mm PP	MT	10
12	Pino Macho de tomada 3P 10A	UND	1
13	Disjuntor monofásico 20A	UND	2
14	DPS CLAMPER Front 275V 20kA	UND	2
15	Barramento terra 6 elementos	UND	1
16	Trilho DIN	UND	1
17	Terminal tubular ilhós 4mm	UND	5
18	Terminal tubular ilhós 6mm	UND	5
19	Terminal tubular olhal 4mm	UND	1
20	Terminal Tubular olhal 6mm	UND	1
21	Cabo verde 6mm 750V	MT	3
22	Fita isolante preta	UND	1

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

4 MONTAGEM

Realizou-se um estudo para o dimensionamento da bancada para respeitar os valores máximos de fixação dos módulos fornecidos pelos respectivos fabricantes, sendo o módulo 1 uma faixa de entre centro de fixação de 1,2m a 1,4m e o módulo 2 uma faixa de entre-centro de 1m a 1,2m.

Após a realização desse estudo definiu-se que a bancada seria dividida em duas partes e ambas com as mesmas dimensões sendo 1,5 metro de comprimento, 0,7 metro de largura e 1 metro de altura para cada parte, como demonstrado na figura 35.

Figura 35 - Dimensões da bancada



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

Para o início da montagem foram adquiridas 4 barras de 6 metros de metalon chapa 22, totalizando 24 metros de metalon para confecção da estrutura, desse total foram retirados 6 barras de 1 metro para as pernas da bancada, 6 barras de 1,5 metro para composição horizontal dando assim seu comprimento e 6 barras de 0,7 metro para o fechamento do corpo da bancada.

Os cortes foram feitos com o auxílio de uma lixadeira usando um disco de corte para metal, posteriormente com a mesma lixadeira, porém trocando o disco para um modelo de polimento foi feito então o acabamento das peças para que não ficassem com ranhuras que poderiam atrapalhar a soldagem. Realiza-se todo o processo com o uso dos equipamentos de proteção individual (EPI) adequados, ou seja, luvas e óculos de proteção.

Figura 36 - Utilização do esquadro magnético.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

Com o auxílio de um esquadro magnético e utilizando um aparelho de solda começou-se o desenvolvimento da estrutura, tendo cada peça posicionada em seu devido lugar. Utilizou-se no aparelho de solda eletrodos de 2,5mm e uma corrente de soldagem variando de 50A a 70A, essa regulação depende do seu tipo, diâmetro e posição de soldagem.

Para saber a faixa de amperagem para cada tipo de eletrodo, consulte a tabela do fabricante JA SOLAR. Com o alicate de polo positivo e preso ao eletrodo em sua ponta de maneira bem firme e no ângulo que você de melhor ergonomia e o alicate do polo negativo pontilhou-se as extremidades das peças que serão soldadas para ficar mais firme, ou seja, deu-se um pinga de solda em cada ponta para que a peça não corra e saia fora do alinhamento.

Tocou-se a ponta do eletrodo revestido na peça para abrir o arco elétrico e logo se afastou alguns milímetros, com esse movimento repetidas vezes faz-se a soldagem das peças. Para o acabamento da solda foram utilizados discos de desbaste em uma esmerilhadeira.

A soldagem com eletrodo revestido é um processo realizado com o calor de um arco elétrico mantido entre a extremidade do eletrodo metálico e a peça de trabalho que será soldada. Com o calor produzido pelo arco elétrico, o metal de base é fundido, a alma do eletrodo e o revestimento. Após o término da montagem realizou-se uma pintura em toda a estrutura a fim de manter sua integridade contra ferrugens.

Figura 36 - Estrutura inicial da bancada.

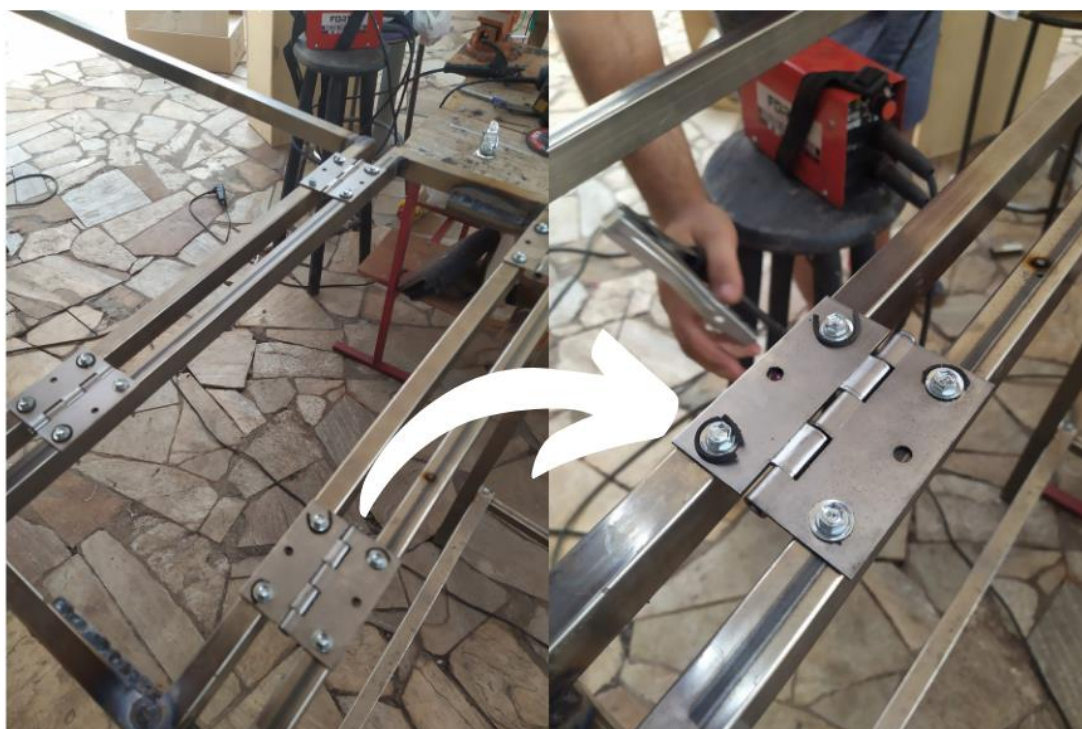


Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

Um dos problemas encontrados no momento do dimensionamento da bancada foi seu extenso comprimento devido a ligação de dois módulos em série, então desenvolve-se uma forma de dobrar a bancada ao meio com um auxílio de uma estrutura retangular com quatro dobradiças feitas de metal fixadas com parafusos autobrocantes sextavados de 6mm permitindo então a articulação entre as duas partes da bancada, como mostrado na figura 37. A estrutura tem dimensões de 3,20mx1,14mx1,0m de comprimento, largura e altura respectivamente (em metros).

Ao final foi soldada uma rodinha em cada perna da bancada (seis no total) a fim de facilitar a locomoção, tendo em vista seu tamanho e peso finais (considerando já com os módulos fixados e instalados).

Figura 37 - Detalhe dobradiça da bancada.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

Um dos problemas mais recorrentes em instalações elétricas são as más conexões de condutores e terminais, essa crimpagem de conectores ou emendas feitas de forma incorreta pode ocasionar os chamados pontos quentes. Quando a corrente passa através de um circuito elétrico, parte da energia elétrica é convertida em energia térmica. Isto é normal. Mas se existir uma resistência anormalmente elevada causada por mal contato no circuito ou um fluxo de corrente elevado, é gerado calor excessivo nos condutores, o qual é destrutivo, potencialmente prejudicial e não normal.

Por isso foram utilizadas ferramentas adequadas na hora de realizar a crimpagem dos terminais do modelo MC4 que são utilizadas para conexões com os inversores e as placas fotovoltaica, o passo a passo da crimpagem correta do MC4 é demonstrado na figura 38. Crimpagem nada mais é do que montar um cabo de energia solar, lembrando que é sempre

importante deixar uma pequena sobra, pois caso o fio acabe curto, fazer uma emenda não será possível, este tipo de raciocínio também é aplicável em situações de futuras manutenções, caso seja necessário refazer algum caminho dos cabos, ou refazer alguma conexão.

Figura 38 - Passo a Passo crimpagem do terminal MC4



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

Passo 1: Identificou-se os terminais MC4, sendo compostos por um conector macho e um conector fêmea, ambos contendo a parte metálica condutora e a capa isolante de proteção;

Passo 2: Separam-se as ferramentas adequadas para o serviço, sendo um alicate decapador, um alicate crimpador e ferramentas de aperto chaveada.

Passo 3: Como o alicate decapador (ferramentas adequadas para o serviço), decepou-se cerca de 7 mm de cada cabo (preto e vermelho), depois colocou-se então a área decapada do fio dentro da parte metálica do conector e com o alicate adequado fez-se a crimpagem, sendo para cada cabo um conector macho e um conector fêmea em suas extremidades;

Passo 4: Verificou-se a qualidade da crimpagem de modo que não tenha ficado nenhum fio fora do conector.

Passo 5: Utilizou-se as duas chaves de aperto para comprimir a borracha de vedação do MC4, deixando uma fixa e girando a chave que se acopla na parte de baixo do conector no sentido horário.

Passo 6: Conectores prontos para uso.

Todo o sistema de proteção foi montado de forma que facilitasse a visualização e testagens do sistema, seguindo o esquema proposto do diagrama Unifilar da bancada (Figura 34), conectou-se os dois módulos no quadro de proteção de corrente contínua integrada ao inversor, temos também a saída em corrente alternada se ligando ao quadro de proteção de corrente alternada composta por dois disjuntores termomagnéticos de 20 amperes cada, ligados em paralelo a 2 dispositivos de proteção contra surtos (DPS). Importante ressaltar que toda a estrutura metálica da bancada está aterrada, o sistema também possui identificações em todos os pontos de conexão orientando os usuários da bancada.

Figura 39 - Inversor e quadro de proteções.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

A produção do sistema pode ser acompanhada em tempo real tanto pelo aplicativo Solar Portal disponível para download gratuito na App Store (para celulares Apple) e também Play Store (celulares Android) quanto pelo site do fabricante, contudo para isso é necessário antes conectar o módulo Wi-Fi no inversor, sendo que após colocar o módulo Wi-Fi no inversor é necessário então configurar o mesmo e isso é possível seguindo o passo a passo demonstrado no anexo E.

4.1 Recursos

Os recursos financeiros para a execução do projeto serão provenientes de recursos próprios e/ou descontos diretamente com fornecedores e fabricantes.

4.2 Discriminação Orçamentária

Segue abaixo a discriminação orçamentária do projeto, consiste na relação dos serviços ou atividades a serem executados, bem como a previsão de valores a serem gastos ao longo de seu desenvolvimento.

Tabela 4 - Discriminação orçamentária

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	FONTE FINANCIADA	ELEMENTO DE DESPESA	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
Inversor fotovoltaico PHB 780-XS (un)	1	Recurso próprio	Material	R\$ 1.320,00	R\$ 1.320,00
String Box CC (un)	1	Recurso próprio	Material	R\$ 320,00	R\$ 320,00

Quadro De Prot. Ca-Solar (un)	1	Recurso próprio	Material	R\$ 250,00	R\$ 250,00
Conjunto de estrutura de fixação dos módulos fotovoltaicos (un)	1	Recurso próprio	Material	R\$ 980,00	R\$ 980,00
Módulo Fotovoltaico 1	1	Recurso próprio	Material	R\$ 680,00	R\$ 680,00
Módulo Fotovoltaico 2	1	Doação	Material	R\$0,00	R\$0,00
Cabeamento (m)	20	Recurso próprio	Material	R\$ 8,00	R\$ 160,00
Ferragens	1	Recurso Próprio	Material	R\$ 680,00	R\$ 680,00
TOTAL					R\$ 4.390,00

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

5 EXPERIMENTOS

Para a convalidação de funcionalidade da bancada foram realizados testes de inclinação sendo possível fazer uma análise quanto à variação de potência, com a orientação das placas para o norte, inclinou-se os módulos em quatro ângulos diferentes para o estudo, sendo eles 0°, 15°, 30° e 45° como demonstrado na figura 40.

Figura 40 - Variação angular da bancada.

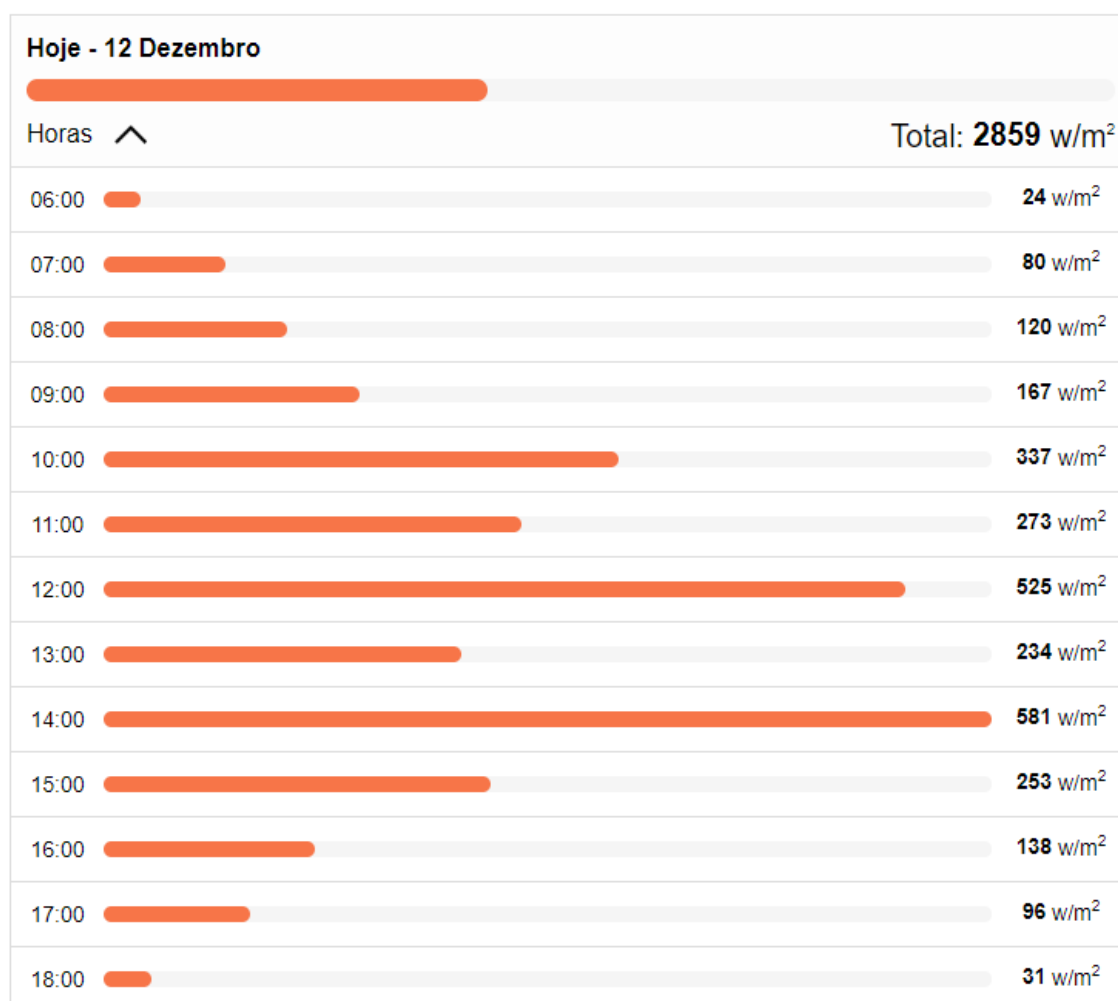


Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

O estudo em questão foi realizado no dia 12 de dezembro de 2022 às 12:00h (doze horas).

A oscilação de potência foi então causada pela variação de incidência de raios solares proveniente da quantidade de nuvens no céu no dia em questão. Os dados de irradiação solar do momento dos testes podem ser observados na figura 41.

Figura 41 - Irradiação solar em Goiânia em 12 de Dezembro de 2022.



Fonte: TUTIEMPO, 2022.

5.1 Experimento 0°

Com as placas da bancada na inclinação inicial de 0°, em relação ao eixo horizontal, iniciou-se os testes de tensão das placas, corrente das placas e potência injetada na rede, a posição de 0° é uma inclinação que é muito boa para a região Centro Oeste em algumas épocas do ano.

O CRESESB orienta a instalação de módulos solares na inclinação mais próxima da latitude da região devido ao ganho maior na média anual, porém em algumas épocas do ano a posição de 0° é mais eficiente, como demonstrado na figura 25 tem-se uma média maior de irradiação no plano horizontal em relação ao plano latitude.

Figura 42 - Bancada no experimento 0°



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

A interface homem-máquina do inversor é composta por: tela LCD, leds indicadores e botões de navegação. Os indicadores mostram o status de operação do inversor. Os botões de navegação e a tela do LCD são utilizados para visualização e configuração dos parâmetros do inversor.

Utilizou-se o próprio inversor para a coleta de dados, clicando no botão com o símbolo de uma seta apontando para a direita, pode-se navegar pelas informações, sendo possível então analisar os dados de corrente das placas, tensão das placas e potência injetada na rede de corrente alternada.

Na figura 43, pode-se observar o display do inversor acusando o status de normal, o que indica sua plena funcionalidade bem como a potência de geração naquele momento. É possível observar outros dados também, porém não foram necessários para este estudo.

Figura 43 - Potência no experimento 0°.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

Na tabela 4, pode-se observar a anotação dos dados obtidos do inversor para a situação de simulação em 0° na bancada didática.

Tabela 5 - Dados do experimento 0°

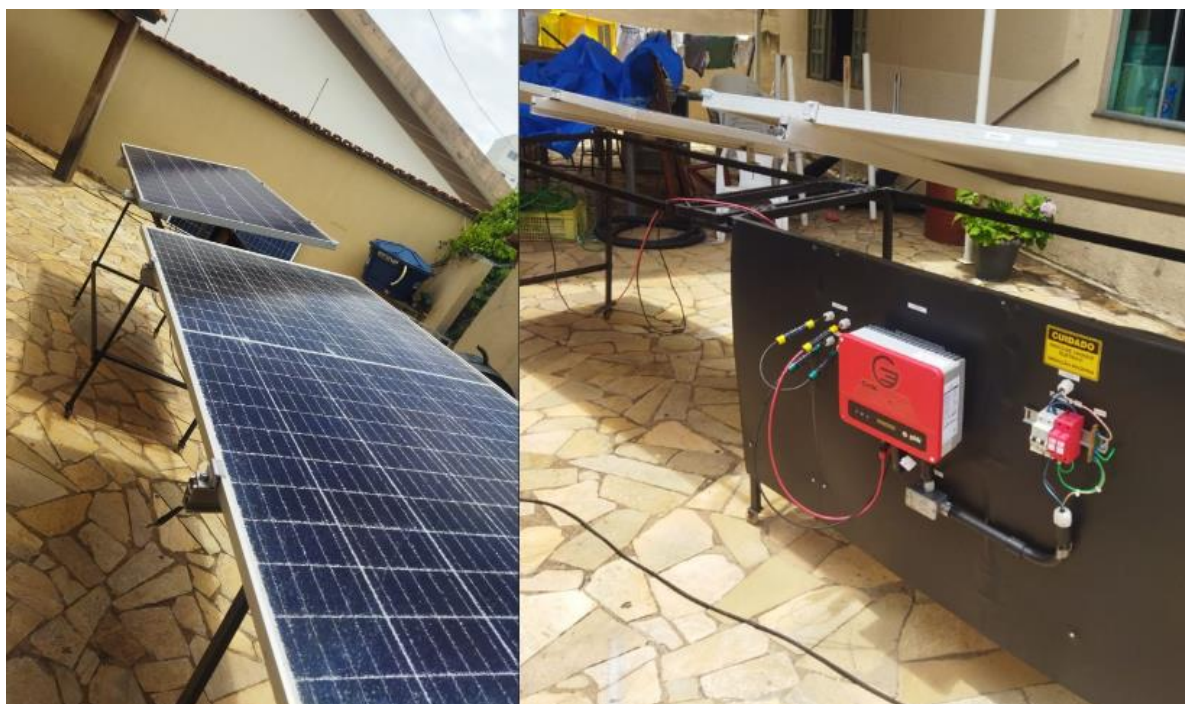
EXPERIMENTO 0°	
TENSÃO DOS MODULOS EM SÉRIE:	74,2 Vcc
CORRENTE DOS MODULOS EM SÉRIE:	8,1 A
POTÊNCIA INJETADA NA REDE:	534,9 W

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

5.2 Experimento 15°

A segunda etapa dos experimentos consistiu em elevar os módulos para a posição de 15° com relação ao eixo horizontal, e então fez-se as anotações quanto aos dados desejados. Na figura 44, pode-se observar como ficaram dispostos os módulos em sua nova inclinação.

Figura 44 - Bancada no experimento 15°



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

Na tabela 5, pode-se observar a anotação dos dados obtidos do inversor para a situação de simulação em 15° na bancada didática.

Tabela 6 - Dados do experimento 15°

EXPERIMENTO 15°	
TENSÃO DOS MODULOS EM SÉRIE:	73,1 Vcc
CORRENTE DOS MODULOS EM SÉRIE:	7,2 A
POTÊNCIA INJETADA NA REDE:	473,3 W

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

5.3 Experimento 30°

Seguindo o mesmo passo a passo utilizados nas etapas um e dois na terceira etapa, elevou-se os módulos para a posição de 30° com relação ao eixo horizontal, e fez-se a coleta de

dados pertinentes ao experimento proposto em questão. Na figura 45, pode-se observar a posição dos módulos no ângulo proposto.

Figura 45 - Bancada no experimento 30°.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

Na tabela 6, pode-se observar a anotação dos dados obtidos do inversor para a situação de simulação em 30° na bancada didática.

Tabela 7 - Dados do experimento 30°

EXPERIMENTO 30°	
TENSÃO DOS MODULOS EM SÉRIE:	71,1 Vcc
CORRENTE DOS MODULOS EM SÉRIE:	5,8 A
POTÊNCIA INJETADA NA REDE:	363,4 W

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

5.4 Experimento 45°

Na quarta etapa e final, fez-se a alteração da posição dos módulos para o ângulo de 45° com relação ao eixo horizontal. Repetiu-se o processo de leitura dos dados e anotou-se. Na figura 46 pode-se observar o posicionamento dos módulos e bancada no momento da leitura.

Figura 46 - Módulos e bancada no quarto experimento com 45°.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

Na tabela 7, pode-se observar a anotação dos dados obtidos do inversor para a situação de simulação em 45° na bancada didática.

Tabela 8 - Dados do experimento 45°

EXPERIMENTO 45°	
TENSÃO DOS MÓDULOS EM SÉRIE:	70,6 Vcc
CORRENTE DOS MÓDULOS EM SÉRIE:	5,2 A
POTÊNCIA INJETADA NA REDE:	338,6 W

Fonte: PRÓPRIO AUTOR, 2022.

5.2 Resultados

Observou-se que mesmo com a interferência de nuvens no dia dos experimentos o resultado do teste de inclinação saiu como esperado, levando em consideração os dados de irradiação no plano inclinado figura 25 do CRESESB e também Ábaco do potencial de irradiação recebido em Goiânia figura 26, criou-se como expectativa de resultados a diminuição de potência em relação ao maior ângulo de inclinação, tendo como referência para Goiânia no mês de dezembro o ângulo 0° como o melhor ângulo para produção, o que acabou se comprovando nos testes de bancada, confirmando então as perdas por inclinação da teoria na prática.

Tendo como referência para Goiânia no mês de dezembro o ângulo 0° como o melhor ângulo para produção, sucedendo esse mais um fato comprobatório das experiências tendo como referência a figura 24 - Comportamento do sol no Hemisfério Sul em relação a um módulo, percebemos que o sol se manter a uma posição extremamente favorável a produção no ângulo 0° o que acabou se comprovando nos testes de bancada, confirmando então as perdas por inclinação da teoria na prática.

6. CONCLUSÃO

No intuito de construir uma bancada didática de energia solar buscou-se na prática do mercado de trabalho o que vem a ser mais necessário em aprendizado para o planejamento, execução e comissionamento de um sistema fotovoltaico, sendo amparado por revisões bibliográficas, fundamentações teóricas e modelos já existentes de bancadas de estudos, conseguimos desenvolver o modelo representativo para o início da etapa de construção do nosso protótipo.

Acreditamos que esse trabalho pode agregar de forma positiva e significativa para futuras gerações de alunos nos cursos técnicos e superiores do Instituto Federal de Goiás - Campus Goiânia voltados para a área da elétrica. Como foi apresentado dados do atual cenário fotovoltaico no Brasil o trabalho objetivou-se em realizar um estudo de caso de um sistema de microgeração fotovoltaico conectado à rede, expondo conteúdo conceitual e prático.

Tendo em vista todos os assuntos discutidos no trabalho, consideramos que seja possível a replicação ou melhoria desse projeto, sendo que foi descrito todos os passos de sua montagem, modelagem do sistema e diagramas elétricos além disso a possibilidade da realização de testes e estudos comportamentais em cima de um sistema real.

Um fato de grande valia para ambos os autores do projeto foi que, mesmo que já atuando no mercado de geração distribuída a mais de quatro anos, o trabalho conseguiu agregar de forma consistente novos conhecimentos práticos e teóricos, desde a etapa de montagem partindo das técnicas de soldagem da estrutura até o estudo de comportamento do sistema elétrico em situações pouco convencionais encontradas em instalações no ramo de trabalho.

Por fim, conclui-se que este projeto alcançou o seu potencial esperado, tendo em vista a aquisição de novos conhecimentos durante o processo de estudo e montagem e também pela sua versatilidade em realizações de testes, sendo esse investimento realizado de forma filantrópica com a doação da bancada ao final de sua apresentação no trabalho de conclusão de curso, a fim de melhorar a forma de aprendizado de energias renováveis dentro do campus, esperamos que todos os alunos e professores interessado possam usufruir de forma intensa dessa bancada didática de energia solar fotovoltaica.

6.1. Sugestões de trabalhos futuros

Apesar dos resultados terem mostrado que a bancada atingiu níveis satisfatórios de aplicação, seria interessante que fosse aplicado em outros cenários ,que são pelo sua construção modular, totalmente possíveis. Seguem algumas sugestões de trabalhos futuros que podem ser desenvolvidos utilizando a bancada fornecida.

- Contextualizar os resultados dos testes com os fundamentos teóricos;
- Análise de circuitos em corrente contínua e alternada;
- Estudo da influência de uma carga consumidora do tipo resistiva em um sistema de energia solar fotovoltaica;

7. REFERÊNCIAS

ABRADEE, 2022. Geração distribuída atinge 11 GW no Brasil,. Disponível em: <<https://www.abradee.org.br/brasil-ocupa-4-lugar-em-ranking-de-tributos-na-conta-de-luz/>>. Acesso em 30 de novembro de 2022.

ABNT. NBR 16612. [S.l.]: [s.n.] Março de 2020 . Acesso em: 30 de outubro de 2022.

AbSolar, São Paulo, 2020. Geração distribuída fotovoltaica cresce 230% ao ano no Brasil, Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticia/geracao-distribuida-fotovoltaica-cresce-230-ao-ano-no-brasil/#:~:text=De%20acordo%20com%20a%20associação,somando%20geração%20centralizada%20e%20distribuída>>. Acesso em 30 de novembro de 2022.

Absolar. associação brasileira de energia solar fotovoltaica – absolar contribuições à consulta pública nº 025/2019. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/consultas-publicas>>. Acesso em: 25 de Janeiro de 2022.

Bancada Didática de Energia Solar Fotovoltaica, Bahia, 2021. Disponível em: <<https://www.algetec.com.br/br/bancada-didatica-de-energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso em: 30 de outubro de 2022.

Bluesol, Painel Solar (Placa Solar): a Verdade sobre o Preço e como Funciona, [s.n.], [s.d.]. Disponível em: <<https://blog.bluesol.com.br/painel-solar-preco-e-como-funciona/>>. Acesso em: 25 de Janeiro de 2022.

Brasil, LEI Nº 14.300, de 6 de Janeiro de 2022. Diário oficial da república federativa do Brasil, DF, 2022. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm>. Acesso em 25 de Janeiro de 2022.

CARNEIRO, Joaquim. Electromagnetismo B Módulos Fotovoltaicos Características E Associações. 2º Ano do Mestrado Integrado em Engenharia Civil 1º Semestre. Universidade do Minho. Disponível em <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/16961/1/M%C3%B3dulos%20Fotovoltaicos_Caracteristicas%20e%20Associa%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 25 de Janeiro de 2022.

CISER, 2020. Geração Distribuída: 4 tendências do mercado de energia solar, 2020. Disponível em: <<https://blog.ciser.com.br/energia-solar/geracao-distribuida-4-tendencias-do-mercado-de-energia-solar/>>. Acesso em: 17 de Janeiro de 2022.

Ensolare, São Paulo, 2020. Efeito fotovoltaico - Como a energia é gerada. Disponível em: <<https://www.ensolare.com.br/blog/efeito-fotovoltaico-como-a-energia-e-gerada>>. Acesso em 25 de janeiro de 2022.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. "População Atual do Brasil "; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/populacao-atual-brasil.htm>. Acesso em 03 de janeiro de 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, Goiás, 2011. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 10 de novembro de 2022.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. Acesso em: 25 de Janeiro de 2022.

Metaltext. Datasheet: Fusíveis de vidro (ação rápida) / Glass body fuse (fast action) ZH212. Disponível em: <https://www.elektropecas.com/_uploads/ProdutoDownload/produto_772.pdf>. Acesso em: 14

de outubro de 2022.

PHB SOLAR, São Paulo, 2021. Catálogo de produtos PHB SOLAR. Disponível em: <<https://www.energiasolarphb.com.br/grade-de-produtos/>>. Acesso em: 01 de dezembro de 2022.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. CEPEL - CRESESB. Rio de Janeiro: [s.n.], 2014. Acesso em: 25 de Janeiro de 2022.

Portal Solar, São Paulo, 2011. Energia Elétrica: Como funciona. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/energia-eletrica-como-funciona>>. Acesso em 10 de novembro de 2022.

Portal Solar, São Paulo, 2021. Dados do Mercado de Energia Solar no Brasil. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>>. Acesso em 30 de setembro de 2022.

Resolução 482 da ANEEL: entenda as mudanças na legislação, 2020. Disponível em: <<https://blog.ciser.com.br/energia-solar/resolucao-482-da-aneel-entenda-as-mudancas-na-legislacao/>>. Acesso em: 17 de Janeiro de 2022.

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 25 de Janeiro de 2022.

RUSSO, Eduardo.
Novos kits didáticos de instalações elétricas. Sou + Facens, Sorocaba -SP, v.1, n. 1, p. 03, MAIO-2013. Disponível em:
<<http://www.facens.br/upload/informativos/pdf/1368708980.pdf>>. Acesso em: 30 de setembro de 2022.

SEUNIPRO, 2021. Qual é a diferença dos módulos solares convencionais e os módulos Half Cell?, Disponível em: <<https://www.seunipro.com/qual-e-a-diferenca-dos-modulos-solares-convencionais-e-os-modulos-half-cell/>>. Acesso em 30 de novembro de 2022.

TEIXEIRA, Angélico Loreto; SCHERER, Lucas Giuliani; GORRETTI, Ana Alice Timm. Projeto de bancadas didáticas para laboratório de instalações elétricas. Acesso em: 25 de Janeiro de 2022.

Tito, Elmer, São Paulo, 2021. Orientação e posicionamento de módulos fotovoltaicos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=79ig_HQ_kIY>. Acesso em 30 de novembro de 2022.

Tutiempo, [s.l], 2022. Radiação solar em Goiânia. Disponível em <<https://pt.tutiempo.net/radiacao-solar/goiania.html>>. Acesso em 12 de dezembro de 2022.

José, Goldemberg, Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. São Paulo, 1998. Acesso em Janeiro de 2023.

ANEXOS

ANEXO A - MANUAL DO USUÁRIO INVERSOR 780W LINHA XS DA PHB

MANUAL DO USUÁRIO

LINHA XS

INVERSOR SOLAR FOTOVOLTAICO



PHB ELETRÔNICA LTDA.
Rua São Bernardino, 12 - Pq. Anhaguera - SP - 05120-050 Fone: (11) 3648-7830
energiasolarphb.com.br



v2.1

ÍNDICE

1	SEGURANÇA E ADVERTÊNCIA	
	1.1 Explicação dos símbolos	03
2	MEDIDAS DE SEGURANÇA E ADVERTÊNCIA	
	2 Medidas de segurança e advertência	04
3	INTRODUÇÃO DO PRODUTO	
	3.1 Descrição geral	05
	3.2 Visão geral do produto	06
	3.3 Interruptor/ Seccionador CC	06
	3.4 Descrição técnica	07
	3.4.1 Princípios de funcionamento	07
	3.4.2 Descrição de função	07
	3.5 Embalagem	07
4	INSTALAÇÃO	
	4.1 Instruções de montagem	08
	4.2 Instalação do equipamento	09
	4.2.1 Seleção do local de instalação	09
	4.2.2 Procedimento de montagem	10
	4.3 Conexão elétrica	10
	4.3.1 Conexão com a rede (Lado CA)	10
	4.3.2 Disjuntor CA e dispositivos de proteção contra corrente de fuga	12
	4.3.3 Conexão do terminal de aterramento	12
	4.3.4 Conexão de entrada (Lado CC)	13
	4.4 Conexão da comunicação	14
	4.4.1 Comunicação USB	14
	4.4.2 Comunicação RS485	14
	4.4.3 Comunicação Wi-Fi	15
	4.4.4 Portal de monitoramento	16
5	OPERAÇÃO DO SISTEMA	
	5.1 Display LCD e Leds indicadores.....	17
	5.2 Interface do usuário e configuração do sistema	17
	5.2.1 Métodos de operação	17
	5.2.2 Navegação no display	17

	5.3 Códigos de erro	19
6	SOLUÇÃO DE PROBLEMAS	
	6.1 Problemas devido a falhas no sistema fotovoltaico	19
7	PARÂMETROS	
	7.1 Parâmetros técnicos	21
	7.2 Diagrama de blocos	22
8	Certificação dos ventiladores	29
	8.1 Registro INMETRO	22
9	PRODIST	
	9.1 Configuração e ajuste de tensão de referência dos inversores solares da PHB Solar	23

1

SEGURANÇA E ADVERTÊNCIA

A linha XS de inversores da PHB está em conformidade restrita com as regras de segurança relacionadas ao design e teste do produto. Leia e siga todas as instruções e cuidados no inversor e no manual do usuário durante a instalação, operação e manutenção, pois qualquer operação inadequada pode causar danos aos operadores e ao inversor.

1.1 Explicação dos símbolos

Cuidado!

A não observância das advertências apresentadas neste manual pode resultar em ferimentos.



Risco de alta tensão e choque elétrico!



Perigo de superfície quente!



Os componentes do produto podem ser reciclados.



Este lado para cima! A embalagem deve sempre ser transportada, manuseada e armazenada de forma que as setas sempre apontem para cima.



Não é permitido empilhar mais de seis (8) embalagens idênticas umas sobre as outras.



Os produtos não devem ser descartados como lixo doméstico.



Frágil - A embalagem / produto deve ser manuseado com cuidado e nunca ser tombado ou pendurado.



Consulte as instruções de operação.



Manter seco! A embalagem do produto deve ser protegida da umidade excessiva e deve ser armazenada sob cobertura.



Este símbolo indica que é necessário aguardar pelo menos 5 minutos após desconectar o inversor da rede elétrica e do painel FV antes de tocar em qualquer peça interna energizada.



Marca CE

2

MEDIDAS DE SEGURANÇA E ADVERTÊNCIA

Este manual contém informações da linha de inversores (solares) XS da PHB Eletrônica Ltda. E as mesmas devem ser seguidas durante a instalação, operação e manutenção dos inversores.

Linha XS possui entradas com 1 MPPT (SPMP), saída mono/bifásica.

Os inversores atendem rigorosamente as normas de segurança.

Normas locais de segurança devem ser seguidas durante a instalação, comissionamento, operação e manutenção. A operação indevida pode resultar em 'Lesões ou Danos' para:

1. A vida e o bem-estar do operador ou terceiros.
2. Ao inversor e bens pertencentes ao operador ou terceiros. Por isso as instruções de segurança devem ser lidas e seguidas antes de qualquer intervenção no inversor.

A instalação, manutenção e conexão dos inversores devem ser realizadas por pessoa qualificada, seguindo as normas e regulamentações locais (NBR5410, NBR16690, PRODIST módulo 8 etc.) das empresas de distribuição de energia elétrica.

Sempre leia o manual quando for realizar manutenção no inversor, pois podem ocorrer danos ao usuário devido a operação imprópria do equipamento.

O peso do inversor pode causar sérios danos ao usuário se não for operado corretamente.

Mantenha as crianças longe dos inversores.

Durante a instalação ou manutenção no inversor o mesmo deve estar desconectado da rede e sem tensão nas entradas FV.

Para evitar choque elétrico, a entrada CC e a saída CA do inversor devem estar desconectadas pelo menos 5 minutos antes de realizar a instalação ou manutenção.

Todos os cabos devem estar bem dimensionados, crimpados/ fixados e isolados para correta operação do sistema. Não é permitido a abertura da tampa frontal do inversor pelo usuário. Nenhuma parte interna do inversor deve ser tocada/ substituída, isso poderá acarretar em sérios danos aos usuários e ao inversor. A temperatura em algumas partes do inversor pode chegar a 60°C, não o toque durante a operação para evitar queimaduras.

A eletricidade estática pode danificar componentes eletrônicos. Métodos apropriados devem ser utilizados para evitar tais danos ao inversor.

Verifique se a tensão de saída dos módulos fotovoltaicos é menor que a máxima tensão de entrada do inversor, caso contrário o inversor pode ser danificado e ter sua garantia cancelada.

Os módulos devem atender a norma IEC61730, classe A e certificações INMETRO.

Se os módulos fotovoltaicos não tiverem especificações definidas pelo fabricante, poderá comprometer o funcionamento. Isso pode danificar seriamente o inversor.

Não é permitido a conexão ou desconexão dos conectores CA e CC quando o inversor estiver em funcionamento. Isso pode danificar seriamente o inversor.

Os polos + e - dos módulos fotovoltaicos não devem ser aterrados.

A premissa do IP65 é de que o inversor esteja completamente vedado. Instale os inversores em até um dia após a remoção da embalagem. Do contrário, certifique-se de que as portas desconectadas estejam bloqueadas e não abra para garantir que o inversor não esteja exposto à água e à poeira.

A PHB fornece ao inversor uma garantia de fabricação padrão, que acompanha o produto, e uma extensão de garantia aos clientes. Mais detalhes sobre os termos consulte o departamento de pós vendas através do e-mail contato@phb.com.br

3

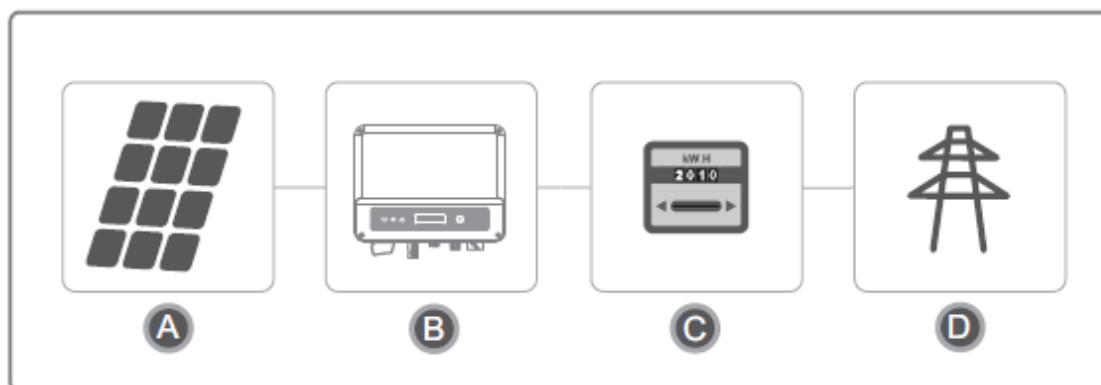
INTRODUÇÃO DO PRODUTO

3.1 Descrição geral

Os inversores monofásico da linha XS possuem 1 MPPT (SPMP) que são elementos principais entre os módulos fotovoltaicos (String) e a rede da concessionária em uma planta FV.

O inversor converte a tensão CC dos módulos FV em tensão CA, Injetando corrente na rede elétrica, respeitando as normas brasileiras de conexão à rede: NBR16149, NBR16150 e NBR IEC62116.

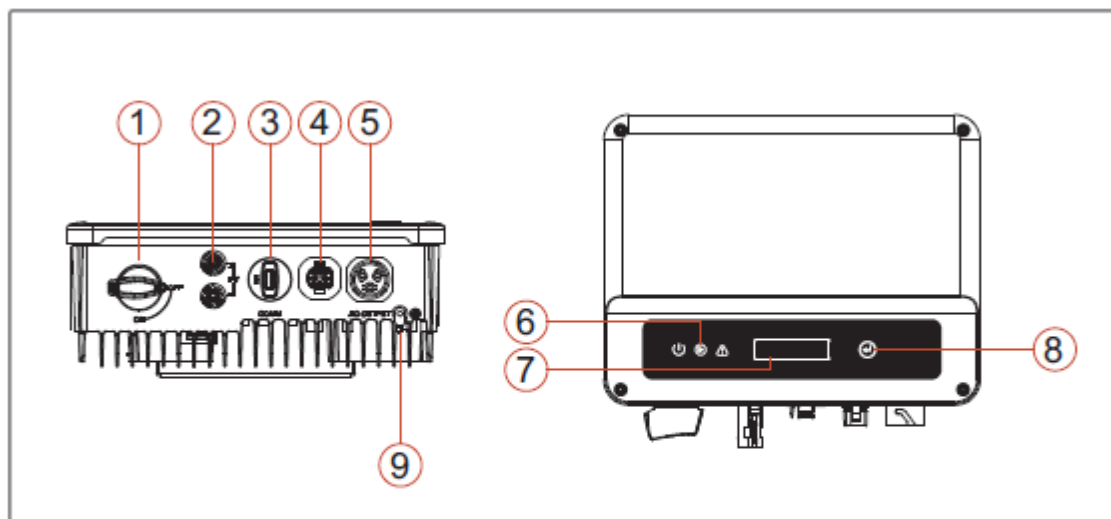
A figura abaixo representa a composição básica de um sistema fotovoltaico.



Item	Descrição	Observação
A	Módulo Fotovoltaico	Silício monocristalino, Policristalino e similares
B	Inversor	Linha XS
C	Medidor Bidirecional	Medidor Bidirecional da concessionária
D	Rede da concessionária	Padrões TN-S, TN -C, TN -C-S, TT

3.2 Visão geral do produto

Visão geral do inversor PHB780-XS e PHB1500-XS



Nº	NOME	DESCRIÇÃO
1	Interruptor/ Seccionador CC	Durante a operação normal, posição 'ON'. Para desligar o inversor posição 'OFF' mas antes o disjuntor CA deve estar desligado
2	Conector de entrada FV	Para conexão das strings FV
3	Módulo Wi-Fi	Permite monitoramento sem fio
4	Porta de comunicação RS485, DRED, TC e USB	Para comunicação RS485, DRED (desligamento remoto) e T.C. Para configuração e verificação de parâmetros
5	Conector de saída CA	Para a conexão do cabo CA
6	Leds indicadores	Exibe o estado do inversor
7	LCD	Visualização de operação e parâmetros do inversor
8	Botão	Para configuração e verificação de parâmetros
9	Terminal de aterramento	Conecte o inversor ao aterramento, e evite riscos elétricos.

3.3 Interruptor/ Seccionador CC

O interruptor/ seccionador CC é utilizado para desconexão segura das entradas CC quando necessário.

O inversor começa a operar automaticamente quando os valores de tensão de entrada e saída estiverem nos padrões de operação do inversor.

Quando os interruptor/ seccionador CC estiverem na posição 'OFF', o fluxo de corrente CC de todas as strings será interrompido.

Quando os interruptor/ seccionador CC estiverem na posição 'ON', o inversor começa a operar (depende do valor da tensão CC).

3.4 Descrição técnica

3.4.1 Princípios de funcionamento

A tensão CC vinda dos módulos FV alimenta o barramento interno CC por meio de conversores BOOST (1x). Cada circuito BOOST (1x) implementa um controle MPPT, extraindo o máximo de potência em cada entrada.

- Inversores PHB780-XS e PHB1500-XS são compostos por 1 string por MPPT.

A tensão do barramento interno CC (contínua) é convertida em alternada por meio de um conversor CC/CA. O inversor verifica se os valores da rede estão corretos e se nenhuma proteção foi acionada, e se tudo estiver correto, aguarda o tempo de reconexão e começa a injetar potência na rede.

Os inversores modelos PHB780-XS e PHB1500-XS possui interface RS485 (MODBUS), USB e Wi-Fi, permite configuração e visualização dos parâmetros via LCD.

O diagrama de tela encontra-se no capítulo '5.2.2 Navegação no Display'.

3.4.2 Descrição de função

O inversor possui as funções (composições) abaixo:

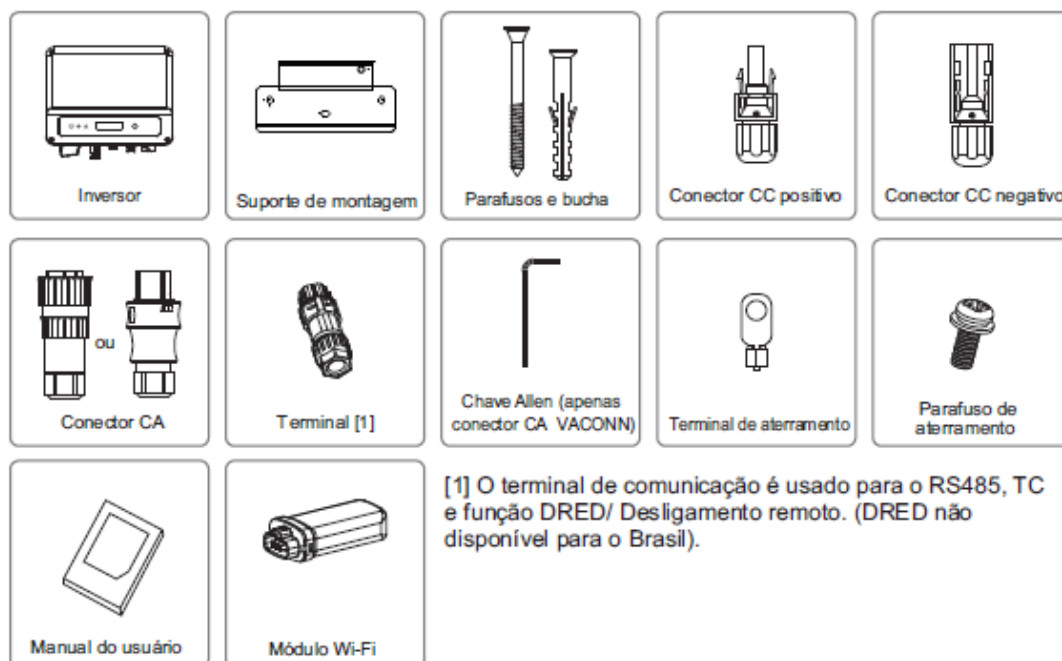
- **Conversor/ inversor:** Converte a tensão contínua de entrada em alternada, seguindo os padrões do PRODIST módulo 8.
- **Armazenamento de dados e LCD:** Armazena informações de geração e falhas, as quais podem ser visualizados pelo LCD.
- **Configuração de parâmetros:** Vários parâmetros d inversor podem ser configurados localmente.
- **Interfaces de comunicação:** Possui interface RS485 (MODBUS) que pode ser integrada a outros dispositivos, comunicação com software PHB e Wi-Fi para monitoramento remoto sem fio.
- **Proteções internas:**
 - Resistência de isolamento contra terra (lado CC).
 - Monitoramento das tensões de entrada.
 - Monitoramento da corrente de fuga (terra).
 - Proteção Anti-ilhamento
 - Monitoramento de falha de cada string.
 - Interruptor/ Seccionador CC.
 - DPS CC (EN50539-11) em cada entrada MPPT.
 - Monitoramento de falha de DPS.
 - Proteção de sobrecorrente CA.
 - Proteção de Sub e Sobre tensão de saída.
 - Redução de potência de saída em função do aumento de frequência.
 - Curva FP em função do aumento da tensão e potência de saída.

3.5 Embalagem

Todo inversor é testado e inspecionado antes de ser vendido, mas podem ocorrer danos durante o transporte. As verificações abaixo devem ser feitas no ato do recebimento do material:

1. Verifique se há algum dano na embalagem.
2. Verifique se há algum dano nos itens internos da embalagem.
3. Verifique a lista dos itens a seguir.

Itens inclusos na embalagem:

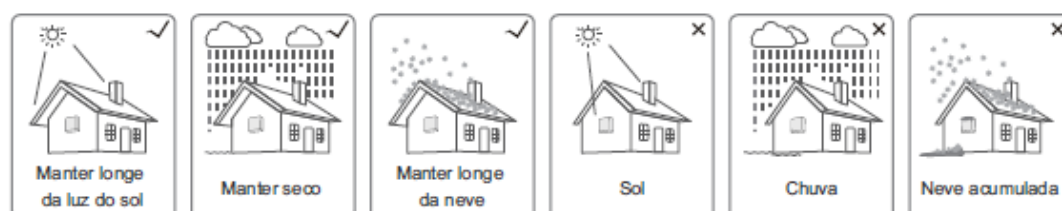


4

INSTALAÇÃO

4.1 Instruções de montagem

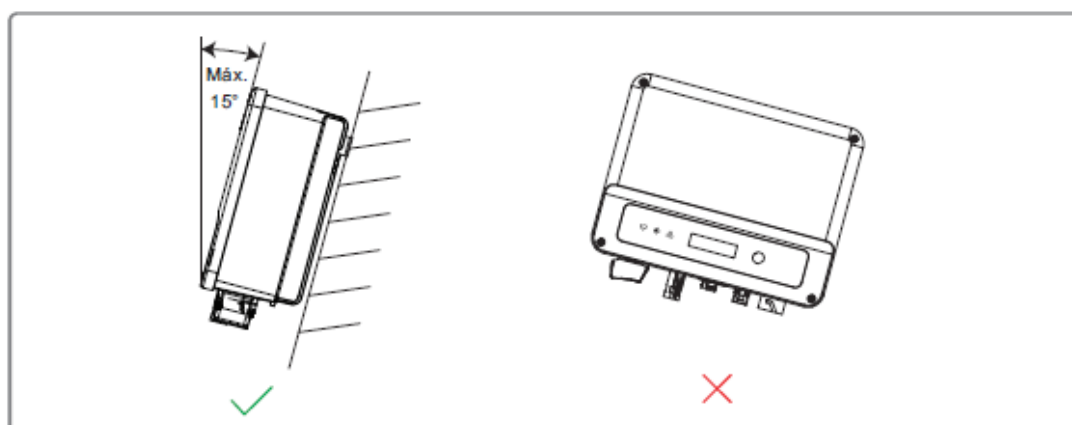
1. Para obter o melhor desempenho, a temperatura ambiente deve ser inferior a 45°C.
2. Para facilitar a manutenção, sugerimos a instalação do inversor ao nível dos olhos.
3. Os inversores não deve ser instalados, perto de itens explosivos ou inflamáveis. Campos eletromagnéticos intensos devem ser mantidos longe do local de instalação.
4. O rótulo do produto e os símbolos de advertência devem ser colocados em um local que seja de fácil leitura para os usuários.
5. Certifique-se de instalar o inversor em um local onde esteja protegido da luz do sol direta, da chuva e da neve.



4.2 Instalação do equipamento

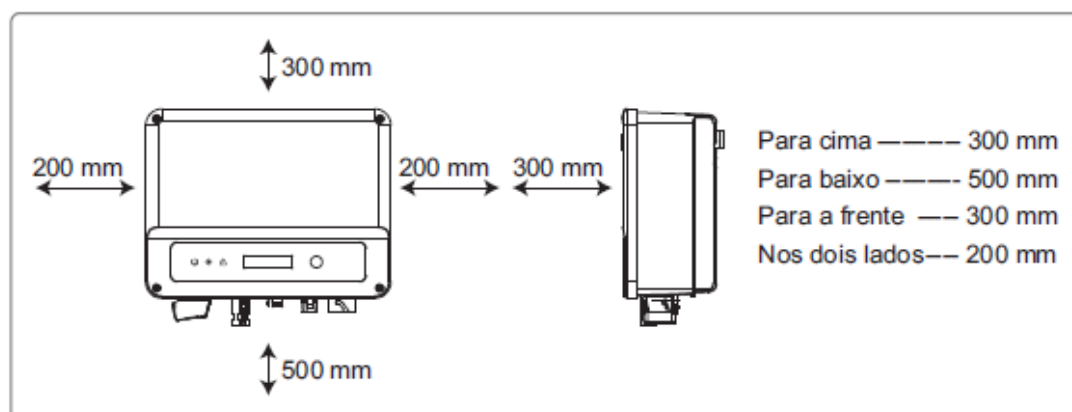
4.2.1 Seleção do local de instalação

1. Leve em consideração a capacidade de resistência da parede. A parede (por exemplo, de concreto ou de metal) deve ser forte o suficiente para suportar o peso do inversor por um longo período.
2. Instale o inversor onde ela fique acessível para a manutenção e a conexão elétrica.
3. Não instale o inversor em uma parede inflamável.
4. Certifique-se de que o local de instalação esteja bem ventilado.
5. Os inversores não devem ser instalados perto de itens explosivos ou inflamáveis. Todos os campos eletromagnéticos intensos devem ser mantidos longe do local de instalação.
6. Instale o inversor ao nível dos olhos para a operação e a manutenção com conveniência.
7. Instale a unidade na vertical ou com uma inclinação para trás de 15°. Não é permitida a inclinação lateral. A área de conexão deve estar voltada para baixo. A instalação horizontal requer mais de 250mm de elevação do solo.



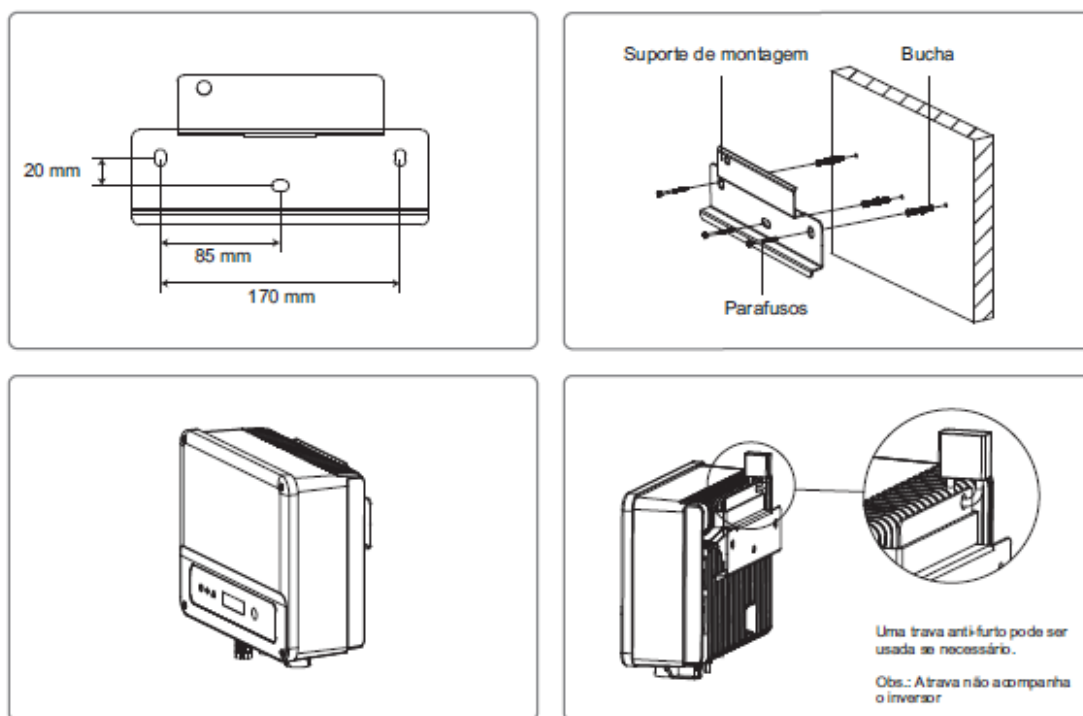
Para a dissipação do calor e para a conveniência no momento da desmontagem, os espaços livres ao redor do inversor devem estar em conformidade com o padrão descrito abaixo.

A posição de instalação não deve impedir o acesso aos meios de desconexão.



4.2.2 Procedimento de montagem

1. Use o suporte de montagem na parede como um modelo e perfure orifícios na parede com 10 mm de diâmetro e 80 mm de profundidade.
2. Prenda o suporte de montagem na parede usando os parafusos e bucha de expansão que estão na caixa de acessórios.
3. Segure o inversor pela alça lateral.
4. Instale o inversor no suporte de montagem na parede.



4.3 Conexão elétrica

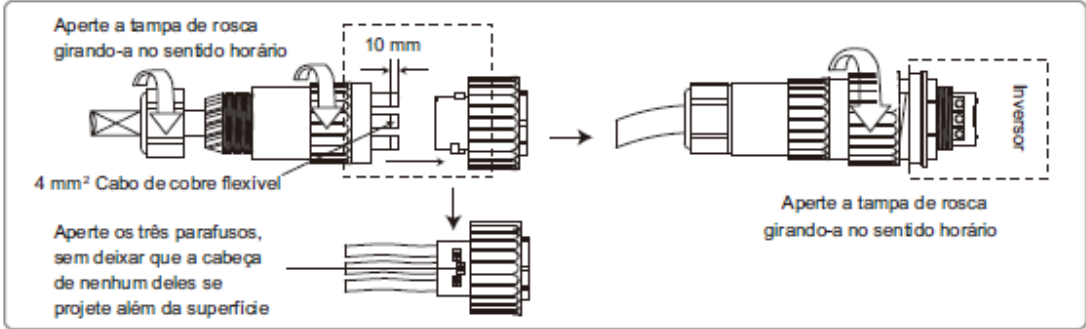
4.3.1 Conexão com a rede (Lado CA)

1. Meça a tensão e a frequência do ponto de acesso conectado à rede e certifique-se de que estejam de acordo com o padrão de conexão à rede do inversor.
2. É recomendado adicionar um disjuntor ou fusível no lado CA. A especificação deve ser superior a 1,25 vezes a corrente máxima de saída CA.
3. A linha de aterramento de proteção do inversor deve estar conectada à terra. Certifique-se de que a impedância entre o cabo neutro e o cabo terra seja inferior a 10 Ohms.
4. Desconecte o disjuntor ou fusível entre o inversor e a rede elétrica.
5. Conecte o inversor à rede conforme o método de conexão do lado da saída CA é mostrado na figura a seguir:

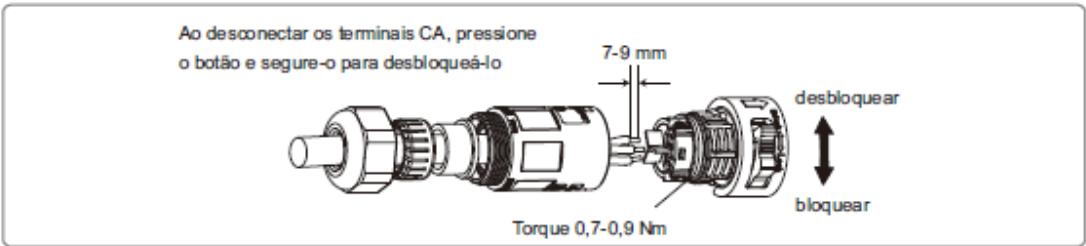
Existem 2 marcas de conectores CA para inversor, VACONN e Exceedconn.



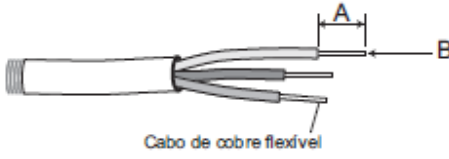
Instruções de instalação da série VACONN



Instruções de instalação dos conectores Exceedconn



Selecione o cabo de cobre CA adequado.



Cabo de cobre flexível

Item	Descrição	Valor
A	Comprimento do cabo decapado	7-9 mm
B	Seção do condutor	2,5-4 mm²

As cores dos condutores devem respeitar as normas brasileiras (NBR5410).

4.3.2 Disjuntor CA e dispositivos de proteção contra corrente de fuga

Para garantir que o inversor possa ser desconectado com segurança e confiabilidade da rede de energia, instale um disjuntor independente de dois polos para proteger o inversor.

Modelo do inversor	Especificações recomendadas para o disjuntor
PHB780-XS	Bipolar 16A
PHB1500-XS	Bipolar 16A

Nota: Não é permitido que mais de um inversor compartilhe o mesmo disjuntor.

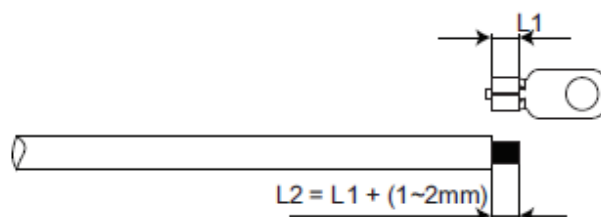
O dispositivo de detecção de corrente de fuga integrado do inversor pode detectar corrente de fuga externa em tempo real. Quando a corrente de fuga detectada excede o valor limite, o inversor rapidamente desconectará da rede. Se o dispositivo de proteção contra corrente de fuga estiver instalado externamente, a corrente de ação deverá ser de 300mA ou superior.

4.3.3 Conexão do terminal de aterramento

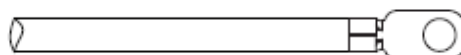
O inversor é equipado com terminal de aterramento de acordo com o requerido na norma EN50178. Todas as partes metálicas dos equipamentos e estruturas do sistema FV devem estar aterradas (equipotencializadas).

Conectar o cabo de aterramento conforme as etapas abaixo:

Etapa 1: Decape o isolamento do cabo no comprimento recomendado usando a ferramenta adequada.

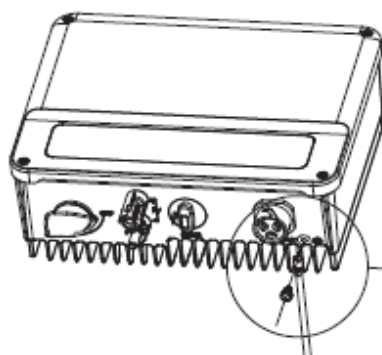


Etapa 2: Insira o fio decapado no terminal e comprima-o firmemente usando o alicate de crimpagem.



Etapa 3: Parafuse o terminal no ponto de aterramento do inversor.

Para melhorar a resistência à corrosão do terminal, recomenda-se a aplicação de gel de sílica no terminal de aterramento para a proteção contra a corrosão após a montagem do cabo de aterramento ter sido concluída.



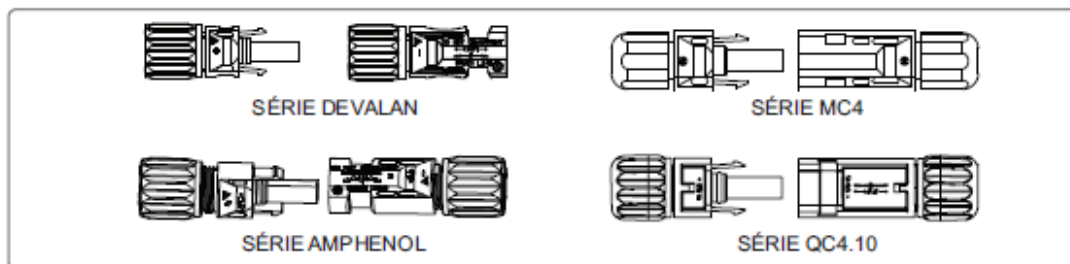
Item	Descrição	Valor
A	Terminal	O lhal
B	Parafuso	M5x14 (1-1,5 Nm)
C	Cabo verde e amarelo	4 mm²



4.3.4 Conexão de entrada (Lado CC)

1. Antes de conectar o string FV, certifique-se de que os condutores tenham a polaridade correta. A polaridade invertida pode danificar permanentemente a unidade.
2. A tensão de circuito aberto dos módulos (VOC) FV não pode exceder a tensão (Vcc) máxima de entrada do inversor.
3. É permitida somente a conexão dos conectores CC fornecidos pelo fabricantes.
4. Não é permitida a conexão dos polos positivos e negativos ao cabo PE (cabo terra). Caso contrário, isso causará danos ao inversor.
5. O cabo positivo deve ser vermelho e o cabo negativo deve ser preto.
6. A resistência de isolamento mínima para o aterramento dos módulos FV para a de inversores XS deve ser maior do que 16,7 k Ω (R=500/30 mA). Há risco de choque elétrico se os requisitos de resistência mínima não forem atendidos.

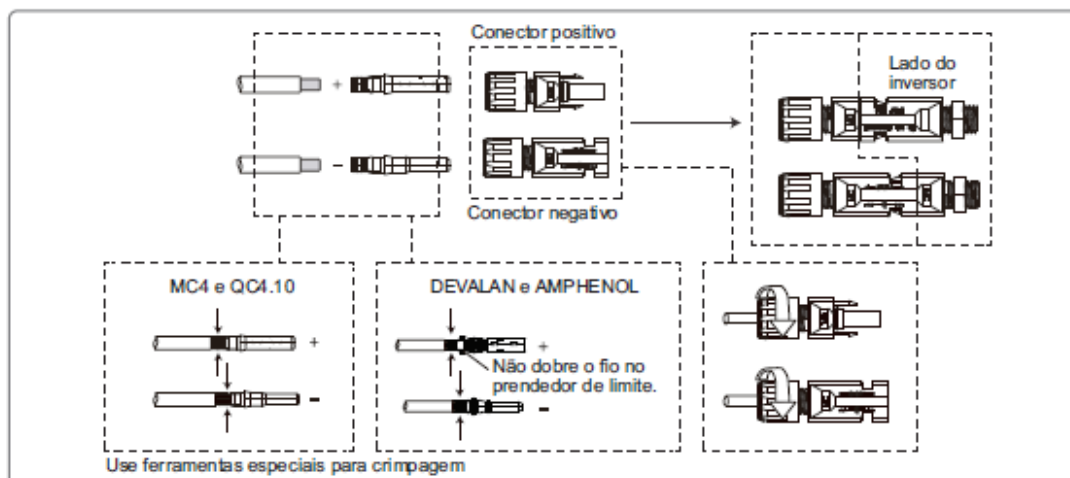
Há quatro tipos de conectores CC; Séries DELEVAN, SUNCLIX/ MC4, AMPHENOL H4 e QC4.10.



Especificação do cabo CC.

Grau	Descrição	Valor
A	Diâmetro externo	4-5mm
B	Bitola do cabo fotovoltaico	4mm ²
C	Comprimento da área decapada	Cerca de 7 mm

O Método de Instalação do Conector CC.





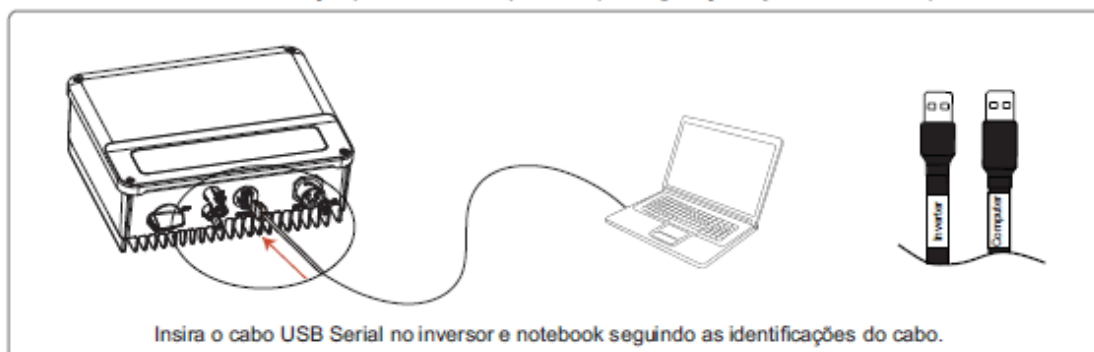
Para proteger melhor o inversor contra poeira e água, todos os conectores CC fornecidos junto a caixa de acessórios deve ser conectados ao inversor. Se apenas alguns dos conectores CC não estiver conectados deve ser isolado com a proteção do conector FV.

4.4 Conexão da comunicação

4.4.1 Comunicação USB

Esta função é aplicável somente para configuração de ajuste da tensão de saída do inversor.

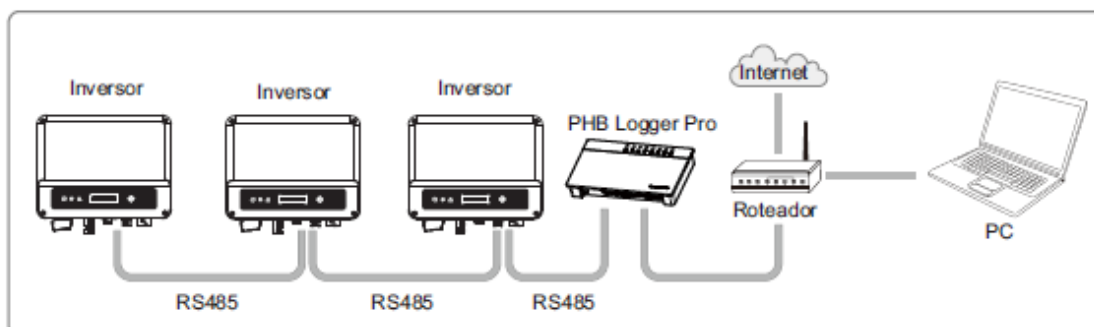
Para mais informações sobre configuração de tensão de saída do inversor (ajuste de tensão de referência do local de instalação) consulte o capítulo 9 (Configuração ajuste de tensão), deste manual.



4.4.2 Comunicação RS485

A porta RS485 do inversor é usada para se conectar ao PHB Logger Pro e o comprimento máximo do cabo de conexão não deve exceder 800 m.

Os cabos de comunicação devem estar separados dos outros cabos de alimentação para evitar a interferência na comunicação. A conexão RS485 é exibida abaixo.

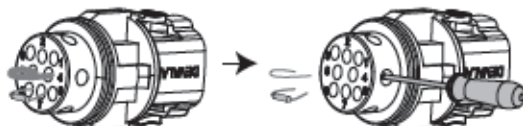


As etapas de conexão da comunicação por RS485 da linha XS são as seguintes:

Etapa 1: Desmonte o terminal disponível na caixa de acessórios.



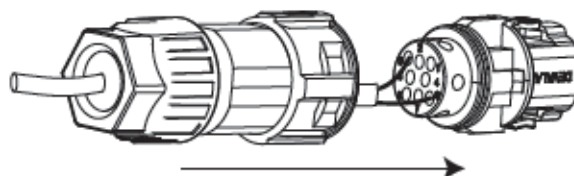
Etapa 2: Desmonte o resistor e o jumper de curto-circuito.



Etapa 3: Coloque o cabo através do conector e conecte-o ao terminal.

Para conexão de inversor único

Conecte os cabos RS485 às portas "RS485-" (3 ou 7) e "RS485+" (6 ou 8).



Nº	Função
3	RS485-
7	
6	RS485+
8	



RS485+

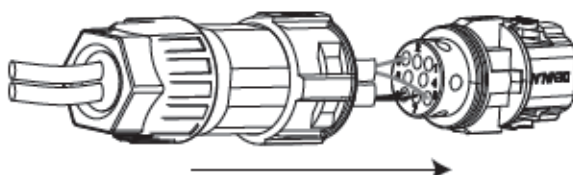


RS485-

Para conexão de vários inversores

Conecte os cabos RS485 nas portas "RS485-" (3 ou 7) e "RS485+" (6 ou 8).

Observação: Quando em paralelo com vários inversores, verifique se os terminais nas duas extremidades do cabo de 2 pinos estão conectados com a mesma polaridade.



Nº	Função
3	RS485-
7	
6	RS485+
8	

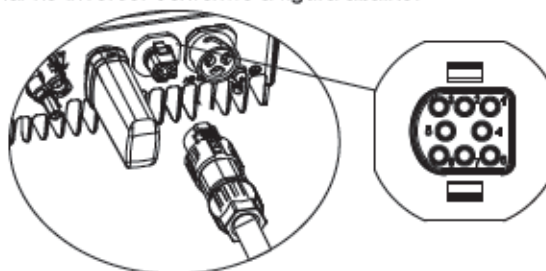


RS485+



RS485-

Etapa 4: Conecte o terminal no inversor conforme a figura abaixo.

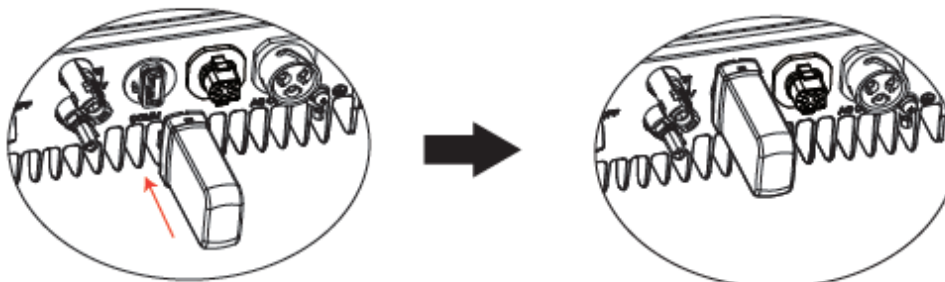


4.4.3 Comunicação Wi-Fi

A função de comunicação por Wi-Fi somente se aplica se o inversor for equipado com o módulo Wi-Fi. Para ver as instruções de configuração detalhada, consulte o 'Guia rápido de configuração Wi-Fi' disponível nos site www.energiasolarphb.com.br.

A forma de instalação do módulo Wi-Fi na linha XS de inversores é exibida na figura a seguir:

Conecte o módulo Wi-Fi no inversor conforme a figura abaixo



Para maiores informações, consulte o site da ANATEL: www.anatel.com.br

Este equipamento não tem direito a proteção contra interferência prejudicial e não pode causar interferência em sistemas devidamente autorizados.



'Este produto contém a placa RAK496 código de homologação 05634-16-10145'

4.4.4 Portal de monitoramento

O Solar Portal é um sistema de monitoramento online da geração FV. Após concluir a instalação do módulo Wi-Fi, acesse o site <http://phbsolar.com.br/> ou faça o download do app escaneando o QR Code ao lado. Consulte o 'Guia rápido de configuração Wi-Fi' disponível no site <https://energiasolarphb.com.br/tutoriais/>

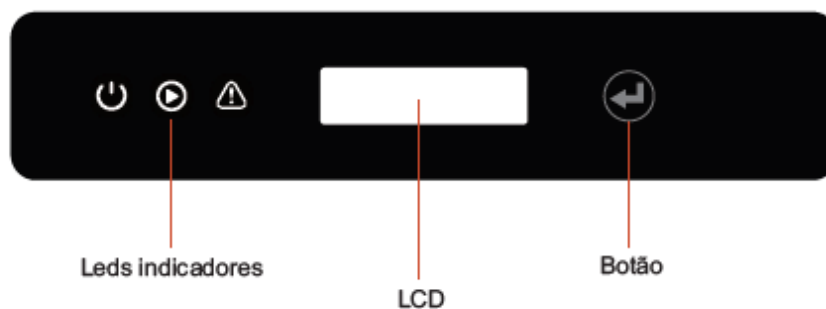


5

OPERAÇÃO DO SISTEMA

5.1 Display LCD e Leds indicadores

O painel frontal do inversor tem uma tela de LCD, Leds indicadores e botão. Os leds indicadores apresenta estado de funcionamento do inversor. O botão e LCD são usados para a configuração e a visualização de parâmetros.



No inversor com LCD, as luzes indicadoras em amarelo/verde/vermelho correspondem respectivamente a  /  / 

Indicador	Estado	Explicação
		LIGADO = Wi-Fi conectado/operando
		PISCANDO 1 = Wi-Fi resetando
		PISCANDO 2 = Problema no roteador Wi-Fi
		PISCANDO 4 = Problema no servidor Wi-Fi
		PISCANDO = RS485 conectado
		DESLIGADO = Wi-Fi desativado
		LIGADO = O inversor está injetando energia
		DESLIGADO = O inversor não está injetando energia
		LIGADO = Ocorreu uma falha
		DESLIGADO = Sem falhas

5.2 Interface do usuário e configuração do sistema

5.2.1 Métodos de operação

Há dois modos de operação por botão: pressionando rápido e pressionando longo (2 segundos).

Em todos os níveis do menu, se nenhuma ação for realizada, a luz de fundo da tela de LCD desligará. A tela voltará automaticamente ao primeiro item do menu de primeiro nível e toda a modificação feita aos dados será armazenada na memória interna.

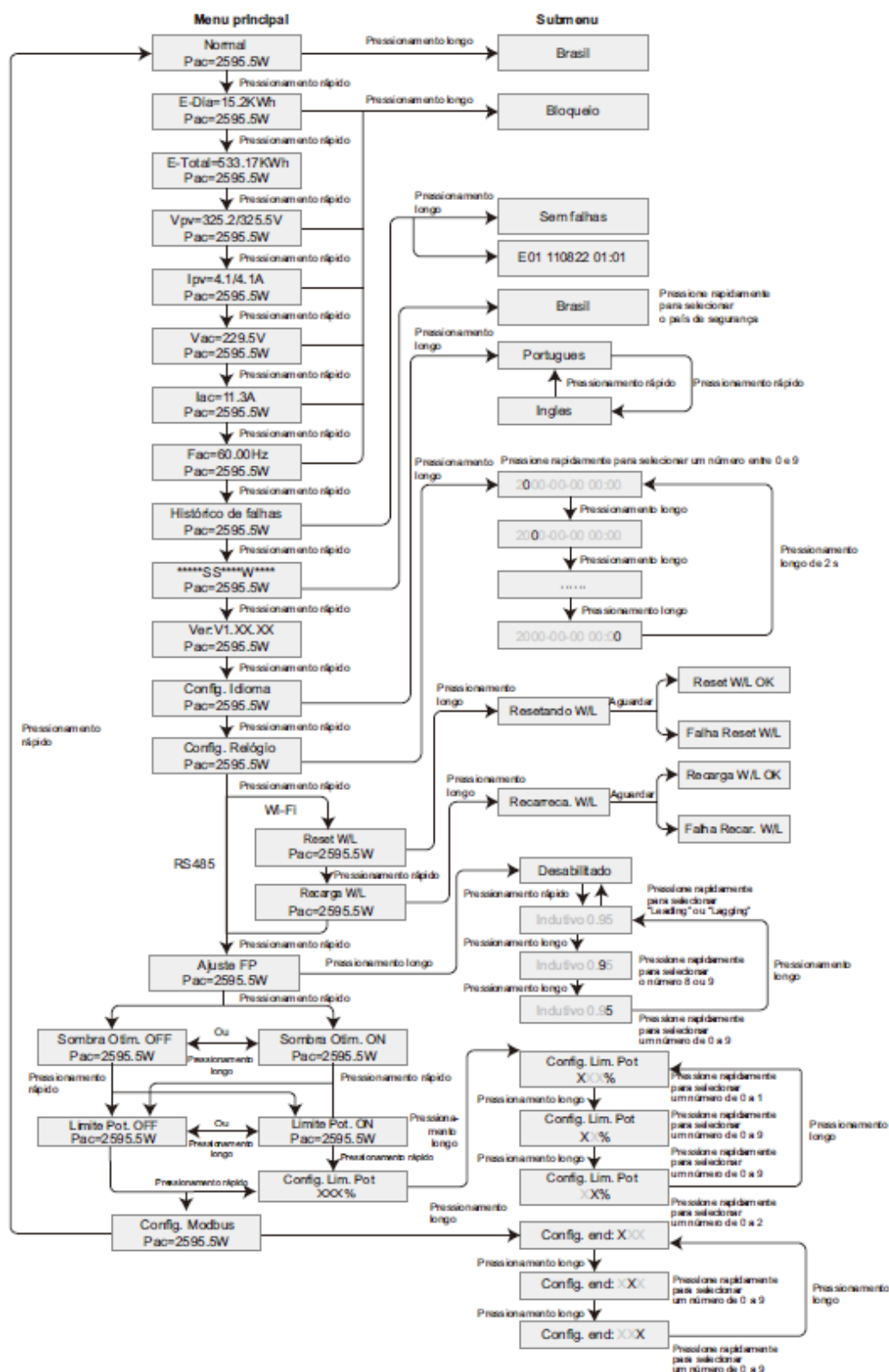
5.2.2 Navegação no Display

Um diagrama da tela é exibido abaixo:

Normal
Pac=2595.5W

A área da tela é dividida da seguinte maneira:

Linha 1
Linha 2



5.3 Códigos de erro

Caso ocorra uma falha, será exibida uma mensagem de erro no display LCD.

Código de erro	Mensagens de erro	Descrição
03	Falha Frequência	A frequência excedeu os limites configurados.
14	Falha Isolação	O inversor detectou uma baixa impedância dos polos (+) e (-) em relação ao Terra.
15	Falha Tens. Rede	A tensão de rede não está na faixa operacional.
17	Sobretensão FV	O inversor detectou um valor elevado na tensão de entrada.
19	Sobret temperatura	A temperatura interna do Inversor excedeu os limites permitidos.
23	Perda de Rede	O inversor detectou a desconexão da rede da concessionária.

6 SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

6.1 Problemas devido a falha no sistema fotovoltaico

Raramente o inversor necessita de manutenção, entretanto se o mesmo não estiver funcionando corretamente tente seguir passos seguintes antes de contatar a PHB Eletrônica LTDA. Se ocorrer algum problema, o led vermelho  localizado no painel frontal acenderá e o display LCD indicará o tipo de falha que ocorreu. A tabela a seguir indica os erros e as ações correspondentes a serem tomadas.

	Tipo de Falha	Solução do problema
Falha do sistema	Falha Isolação	1. Verifique se a impedância entre FV (+) & FV (-) em relação à terra é maior que o limite permitido pelo modelo do inversor. 2. Verifique também se o inversor está aterrado. 3. Verifique no cabeamento se existe algum cabo cortado, dobrado, prensado, amassado ou se os conectores CC estão mal plugados ou crimpados. 4. O aterramento dos módulos deve ser bem feito. Se o problema persistir contate a PHB.
	Falha Corrente de Fuga	1. Corrente do terra muito elevada. 2. Desconecte as entradas FV e verifique as conexões do lado CA. 3. Se o problema for resolvido, religar entradas FV e verificar status do inversor. 4. Se o problema persistir contate a PHB.

Falha do sistema	Falha Tens. Rede	1. O inversor voltará a operar em 180s (valor configurável) após a rede CA voltar ao normal. 2. Verifique se a tensão de rede está dentro dos parâmetros do Inversor. 3. Se necessário, configure o Inversor para uma tensão mais adequada, utilizando o software PRODIST. 4. Verifique se o Neutro e o Terra estão corretamente conectados do lado CA. 5. Use um multímetro para medir a tensão CA de cada fase. Verifique se a bitola do cabo está de acordo com o especificado. 6. Verificar a distância do cabo CA para não ocorrer queda de tensão. Se o problema persistir contate a PHB.
	Falha Frequência	1. Verifique se a rede está conectada. 2. Verifique as conexões do lado CA. 3. Se o problema persistir contate a PHB.
	Perda de Rede	1. Verifique se o inversor está conectado à rede. 2. Verifique se o Disjuntor CA está desligado ou com problemas. 3. Verifique se os cabos CA estão mal conectados ou tem erro na ordem da conexão (fase, neutro e terra). 4. Verifique a tensão da rede. 5. Se o problema persistir contate a PHB.
	Sobretensão FV	1. Verifique se a tensão de circuito aberto (Voc) não ultrapassa o valor máximo de operação permitido pelo inversor. Considerar o valor de Voc na condição mais crítica (menor temperatura do local). 2. Caso necessário, remover alguns módulos da série. Se a tensão Voc for menor que o valor permitido e o problema persistir, contate a PHB.
Falha do inversor	Falha Ref. V	1. Desligue o interruptor/ seccionador CC. 2. Aguarda o LCD apagar. 3. Ligue o interruptor/ seccionador CC novamente. 4. Se o problema persistir contate a PHB.
	Falha Relé	
	Falha EEPROM	
	Falha SPI	
	Barramento CC Alto	
	Falha GFCI	
	Display não acende	1. Desligue o interruptor/ seccionador CC. Tome as providências para evitar a formação de um arco elétrico (cobrir os módulos) antes de desconectar os cabos. 2. Confira a polaridade das entradas CC. 3. Meça a tensão de cada string. Se a tensão de cada string for maior que a tensão de partida do inversor num horário com boa insolação e a polaridade estiver correta, contate a PHB.

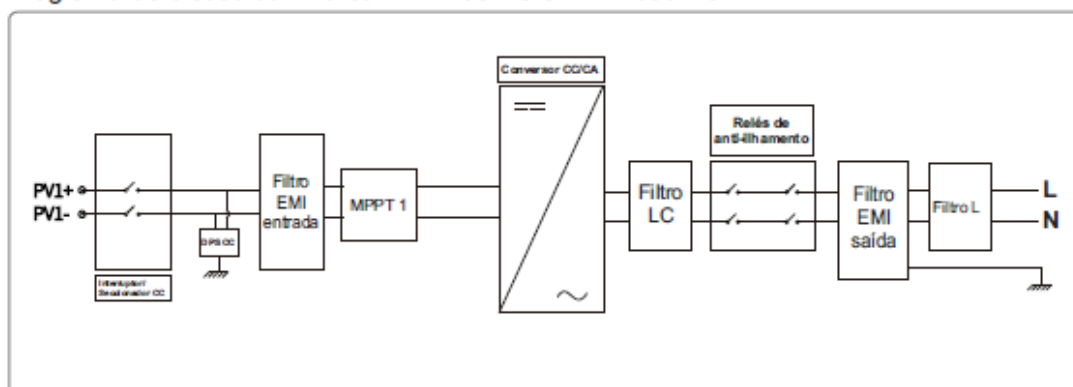
NOTA: Quando a luz do sol é insuficiente, o inversor FV pode iniciar e desligar continuamente de modo automático devido à geração de energia insuficiente gerada pelos módulos FV. Isso não causará danos ao inversor.

7.1 Parâmetros técnicos

Dados da Entrada CC		
Modelo	PHB780-XS	PHB1500-XS
Max. Tensão CC [V]	500	500
Faixa de Operação SPMP [V]	50~450	50~450
Tensão CC de Partida [V]	50	50
Corrente CC Máxima [A]	12,5	12,5
Número de Strings / MPPT	1 / 1	1 / 1
Conector CC	MC4	
String Box CC Integrado	Interruptor/ Seccionador CC (IEC60947-1 e IEC60947-3) DPS CC classe II (EN50539-11)	
Dados da Saída CA		
Potência CANominal [W]	780	1500
Max. Corrente CA [A]	3,5	7,2
Saída Nominal CA	208,220,230,240 e 254Vca; 60Hz	
Faixa de Operação CA	166,4~279,4Vca; 57,5~62Hz	
THD	<3%	
Fator de Potência	Unitário (0.8 Capacitivo / 0.8 Indutivo)	
Conexão CA	Monofásico ou Bifásico	
Eficiência		
Max. Eficiência	97,4%	
Eficiência SPMP	>99,9%	
Segurança do Equipamento		
Monitoramento de corrente de fuga	Integrado	
Proteção Anti-Ilhamento	AFD	
Monitoramento de Rede	VDE- AR-N 4105, VDE 0126- 1-1/A1, RD1699, G59/2, AS4777.2/3	
NBR (Normas Brasileiras)	ABNT NBR 16149, 16150 e ABNT NBR IEC 62116	
Normas de Referência		
EMC	EN 61000-6-1, EN 61000-6-2	
	EN 61000-6-3, EN 61000-6-4	
Segurança	IEC 62109-1, AS3100	
Dados Gerais		
Dimensões (L*A*P) [mm]	295*230*113	
Peso Líquido [kg]	5,8	
Ambiente de Operação	Internoou Externo	
Montagem	Fixado na parede	
Temperatura de Operação	-25~60 °C	
Umidade relativa	0~100%	
Altitude [m]	<4000m	
Grau de Proteção IP	IP65	
Topologia	Sem Transformador	
Ventilação	Convecção Natural	
Display	LCD (Português)	
Comunicação	USB / RS485 / Wi-Fi	
Cor	Vermelho	
Garantia [anos]	7/10/15/20/25 (opcional)	

7.2 Diagrama de blocos

Diagrama de blocos do inversor PHB780-XS e PHB1500-XS.



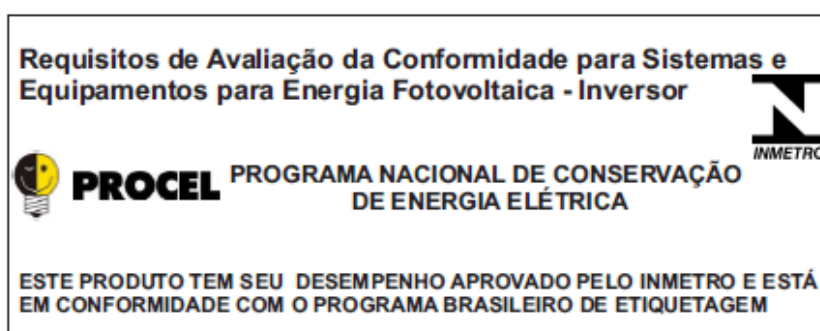
8

CERTIFICAÇÃO

8.1 Registro INMETRO:

PHB780-XS - 008540/2019

PHB1500-XS - 008540/2019



9.1 Configuração e ajuste de tensão de referência dos inversores PHB Solar

Com apenas alguns cliques é possível configurar os parâmetros de sobre/sub tensão de saída, sobre/subfrequência de saída, tempo de religamento e tensão de ativação/desativação da Curva do Fator de potência (FP). Baixe o software através do site <https://energiasolarphb.com.br/aplicativos/>

1  **AVISO**

Conforme o PRODIST* temos 8 níveis de tensões padronizadas na rede elétrica brasileira.

220/127V	220/110V	380/220V	440/220V
215/115V	240/120V	254/127V	208/120V

Tensões nominais de conexão com a rede elétrica possíveis de serem configuradas no inversor:

220V - 230V - 240V - 254V - 208V

*PRODIST - Procedimento de distribuição de energia elétrica no sistema nacional

2

Os inversores PHB são configurados de fábrica para operar com tensão nominal de rede CA em 220V

Regime normal de operação

$V_n - 80\% < V_n < V_n + 110\%$

$176Vca < 220Vca < 242Vca$

Mínimo Máximo

Onde V_n = Tensão Nominal

Atenção!

Se a tensão nominal do local for 220Vca, não é necessário nenhum ajuste no inversor.

3

Se a tensão nominal do local for diferente de 220Vca é necessário ajustar o inversor.

O ajuste é fácil e rápido, com apenas alguns cliques.

OBSERVAÇÃO:

Caso a tensão da rede CA da concessionária sair do limite de operação não causará dano ao inversor, porém o mesmo irá parar de injetar potência da rede elétrica conforme a norma ABNT NBR 16149:2013

4

É possível verificar a configuração dos seguintes parâmetros dos inversores PHB através do Software Ajuste Tensão de Referência - PRODIST.

- Tensão de referência
- Sobretensão de saída
- Subtensão de saída
- Subfrequência de saída
- Sobre frequência de saída
- Anti-ilhamento
- Tempo de reconexão com a rede
- Fator de potência (FP)
- Curva fator de potência

Para verificar a configuração atual do inversor siga o passo a passo a seguir

5 **Você irá precisar:**

- Cabo USB fornecido junto com o inversor;
- Para a linha XS, N-XS e T-DT utilizar cabo USB com serial USB e seguir as instruções do manual;
- Notebook para executar o software de ajuste.

Obs: Não é necessário instalar o software.



6 **Passo a passo para ajustar a tensão de referência:**

1. Mantenha o lado CC do inversor ligado. Desligue o lado CA. (No display deverá aparecer a mensagem "Perda de rede").
2. Conecte o cabo USB entre PC e inversor.
3. Execute o software.
4. Clique em conectar.
5. Aguarde o software carregar as configurações atuais do inversor.
6. Selecione a tensão nominal da rede.
7. Clique em configurar.
9. Aguarde a confirmação da configuração.
10. Religue o lado CA.

ANEXO B - DATASHEET MÓDULO Nº1

www.jinkosolar.com

Jinko^{Solar}
Building Your Trust in Solar

Cheetah HC 72M 390-410 Watt

MÓDULO MONOCRISTALINO

Tolerância de potência positiva de 0~+3%

- Meia célula
- Célula mono 72



PERC



PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS



Célula solar busbar 5:

A célula solar busbar 5 adota uma nova tecnologia para melhorar a eficiência dos módulos, oferece uma melhor aparência estética, tornando-a perfeita para instalação no telhado.



Alta eficiência:

A maior eficiência de conversão do módulo (atinge até 20,38%) se beneficia da estrutura de meias células (característica de baixa resistência)



RESISTENTE A PID:

Os módulos Cheetah passam no teste de PID, a degradação de potência limitada pelo teste de PID é garantida para produção em massa.



Desempenho com pouca luz:

A texturização avançada da superfície do vidro e das células solares permite excelente desempenho em ambientes com pouca luz.



Resiliência em condições climáticas severas:

Certificado para suportar: carga de vento (2400 Pascal) e carga de neve (5400 Pascal).



Durabilidade em condições ambientais extremas:

Alta resistência à maresia e à amônia certificada pela TUV NORD.



GARANTIA DE DESEMPENHO LINEAR

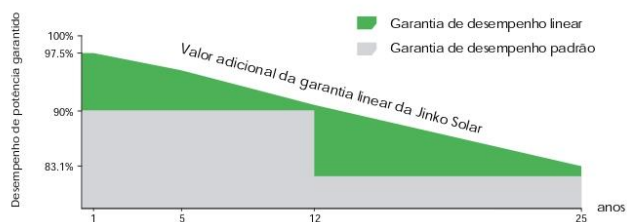
Garantia de 12 anos para o produto • Garantia de 25 anos de potência linear

- Certificado de fábrica ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001
- Produtos com certificação IEC61215, IEC61730, UL1703

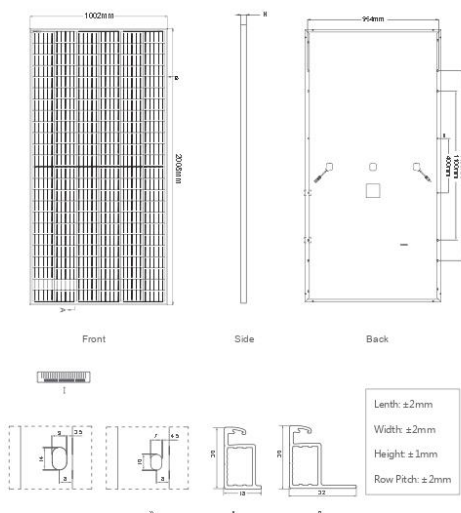
Nomenclature:

JKMxxxM-60/72H-V

Code	Cell	Code	Certification
null	Full	null	1000V
H	Half	V	1500V



Desenhos de engenharia



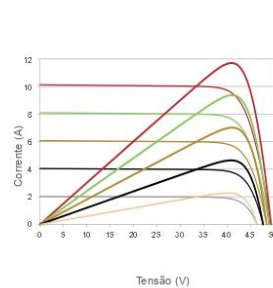
Configuração de Embalagem

(Dois pallets = Uma paleta)

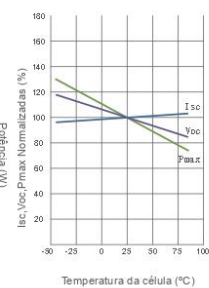
35 pcs/pallets, 70 pcs/pilha, 770 pcs/Container de 40'HQ

Performance Elétrica & Dependência com Temperatura

Curvas de corrente-tensão de potência-tensão (390W)



Dependência de temperatura de Isc, Voc, Pmax



Características Mecânicas

Tipo de Célula	Monocristalina 158.75×158.75 mm
N.º de células	144 (6×24)
Dimensões	2008×1002×30mm (79.06×39.45×1.18 polegadas)
Peso	22,0 kg (48,5 lb)
Vidro Dianteiro	3,2 mm, Revestimento antirreflexo, transmissão, baixo teor de ferro, vidro temperado
Moldura	Liga de alumínio anodizado
Caixa de Junção	Classificação IP67
Cabos de Saída	Cabos de saída (+) 290 mm, (-) 145 mm ou comprimento personalizado

ESPECIFICAÇÕES

Tipo de módulo	JKM390M-72H		JKM395M-72H		JKM400M-72H		JKM405M-72H		JKM410M-72H	
	JKM390M-72H-V		JKM395M-72H-V		JKM400M-72H-V		JKM405M-72H-V		JKM410M-72H-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potência Máxima (Pmax)	390Wp	294Wp	395Wp	298Wp	400Wp	302Wp	405Wp	306Wp	410Wp	310Wp
Tensão de potência máxima (Vmp)	41.1V	39.1V	41.4V	39.3V	41.7V	39.6V	42.0V	39.8V	42.3V	40.0V
Corrente de potência máxima (Imp)	9.49A	7.54A	9.55A	7.60A	9.60A	7.66A	9.65A	7.72A	9.69A	7.76A
Tensão de circuito aberto (Voc)	49.3V	48.0V	49.5V	48.2V	49.8V	48.5V	50.1V	48.7V	50.4V	48.9V
Corrente de curto-circuito (Isc)	10.12A	8.02A	10.23A	8.09A	10.36A	8.16A	10.48A	8.22A	10.60A	8.26A
Eficiência do módulo STC (%)	19.38%		19.63%		19.88%		20.13%		20.38%	
Temperatura de operação (°C)	-40°C→+85°C									
Tensão máxima do sistema	1000/1500VDC (IEC)									
Classificação máxima de fusíveis em série	20A									
Tolerância de potência	0→+3%									
Coefficientes de temperatura de Pmax	-0.35%/°C									
Coefficientes de temperatura de Voc	-0.29%/°C									
Coefficientes de temperatura de Isc	0.048%/°C									
Temperatura operacional nominal da célula (NOCT)	45±2°C									

STC: Irradiância 1000 W/m² Temperatura da célula 25 °C AM=1.5

NOCT: Irradiância 800 W/m² Temperatura ambiente 20 °C AM=1.5 Velocidade do vento 1 m/s

* Tolerância da medição de potência: ± 3%

A empresa reserva-se o direito final de explicação sobre qualquer uma das informações aqui apresentadas. JKM390-410M-72H(V)-F30-A3,1-PT

ANEXO C - DATASHEET MÓDULO Nº2

www.jinkosolar.com

JinKO Solar
Building Your Trust in Solar

Eagle 72P

320-340 Watt

POLY CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001 certified factory.

IEC61215, IEC61730, UL1703 certified products.



(5BB)



KEY FEATURES

**5 Busbar Solar Cell:**

5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.

**High Power Output:**

Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 340Wp.

**PID RESISTANT:**

Eagle modules pass PID test, limited power degradation by PID test is guaranteed for mass production.

**Low-light Performance:**

Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.

**Severe Weather Resilience:**

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).

**Durability against extreme environmental conditions:**

High salt mist and ammonia resistance, certified by TUV NORD.

**Temperature Coefficient:**

Improve temperature coefficient decreases power loss during high temperatures.



LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

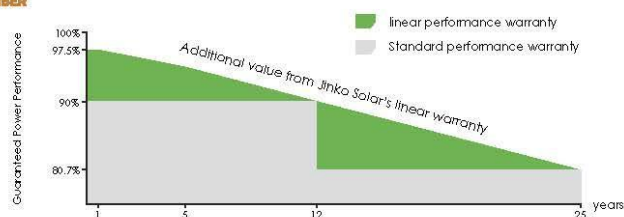
12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty



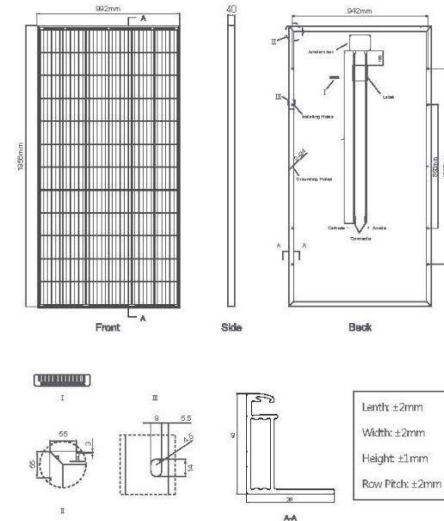
Nomenclature:

JKMxxxPP-60/72-V

Code	Cell	Code	Certification
null	Full	null	1000V
H	Half	V	1500V



Engineering Drawings

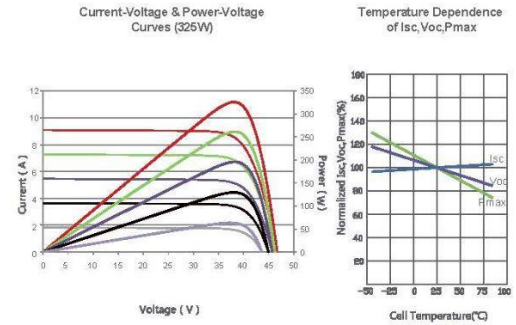


Packaging Configuration

(Two pallets=One stack)

27pcs/pallet, 54pcs/stack, 648 pcs/40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Poly-crystalline 157×157mm (6 inch)
No. of cells	72 (6×12)
Dimensions	1956×992×40mm (77.01×39.05×1.57 inch)
Weight	22.5 kg (49.6 lbs.)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TÜV 1×4.0mm ² , Length: 1200mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM320PP-72		JKM325PP-72		JKM330PP-72		JKM335PP-72		JKM340PP-72	
	JKM320PP-72-V		JKM325PP-72-V		JKM330PP-72-V		JKM335PP-72-V		JKM340PP-72-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	320Wp	237Wp	325Wp	241Wp	330Wp	245Wp	335Wp	249Wp	340Wp	253Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.4V	34.7V	37.6V	35.0V	37.8V	35.3V	38.0V	35.6V	38.2V	35.9V
Maximum Power Current (Imp)	8.56A	6.83A	8.66A	6.89A	8.74A	6.94A	8.82A	6.99A	8.91A	7.05A
Open-circuit Voltage (Voc)	46.4V	43.0V	46.7V	43.3V	46.9V	43.6V	47.2V	43.8V	47.5V	44.0V
Short-circuit Current (Isc)	9.05A	7.35A	9.10A	7.40A	9.14A	7.45A	9.18A	7.52A	9.22A	7.98A
Module Efficiency STC (%)	16.49%		16.75%		17.01%		17.26%		17.52%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.38%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.31%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.06%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C AM=1.5

NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM=1.5 Wind Speed 1m/s

* Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. JKM320-340PP-(V)-72-A3.1-EN

ANEXO D - GUIA PARA SOLUÇÕES DE PROBLEMAS NO INVERSOR

Guia rápido para solução de problemas no inversor PHB SOLAR

Tipo de Falha		Descrição	Solução do Problema
Problemas devido a falhas no Sistema Fotovoltaico	Falha Frequência (Erro 03)	A frequência excedeu os limites configurados.	1. Verifique se a rede está conectada. 2. Verifique as conexões do lado CA. 3. Se o problema persistir contate a PHB.
	Falha Isolação (Erro 14)	O inversor detectou uma baixa impedância dos polos (+) e (-) em relação ao Terra. O inversor interromperá o trabalho para evitar danos ao sistema. A falha de Isolação pode acontecer em dias chuvosos, de manhã cedo ou no pôr do sol, quando a umidade é maior, neste casos a falha irá desaparecer naturalmente.	1. Verifique se a impedância entre FV (+) & FV (-) em relação à terra é maior que o limite permitido pelo modelo do inversor. 2. Verifique também se o inversor está aterrado. 3. Verifique no cabeamento se existe algum cabo cortado, dobrado, prensado, amassado ou se os conectores CC estão mal plugados ou crimpados. 4. O aterramento dos módulos deve ser bem feito. 5. Se o problema persistir contate a PHB.
	Falha Rede (Erro 15)	A tensão de rede não está na faixa operacional. Possíveis causas: Rede da concessionária instável. Configuração errada da tensão CA. Cabos CA mal dimensionados.	1. O inversor voltará a operar em 180s (valor configurável) após a rede CA voltar ao normal. 2. Verifique se a tensão de rede está dentro dos parâmetros do Inversor. 3. Se necessário, configure o Inversor para uma tensão mais adequada, utilizando o software PRODIST. 4. Verifique se o Neutro e o Terra estão corretamente conectados do lado CA. 5. Use um multímetro para medir a tensão CA de cada fase. Verifique se a bitola do cabo está de acordo com o especificado. Verificar a distância do cabo CA para não ocorrer queda de tensão. 6. Se o problema persistir contate a PHB.
	Sobretensão FV (Erro 17)	O inversor detectou um valor elevado na tensão de entrada.	1. Verifique se a tensão de circuito aberto (Voc) não ultrapassa o valor máximo de operação permitido pelo inversor. Considerar o valor de Voc na condição mais crítica (menor temperatura do local). 2. Caso necessário, remover alguns módulos da série. 3. Se a tensão Voc for menor que o valor permitido e o problema persistir, contate a PHB.
	Falha Corrente de Fuga (Erro 22)	O inversor detectou sobrecorrente para o Terra. A fuga de corrente pode acontecer em dias chuvosos, de manhã cedo ou no pôr do sol, quando a umidade é maior, neste casos a falha irá desaparecer naturalmente.	1. Corrente do terra muito elevada. 2. Desconecte as entradas FV e verifique as conexões do lado CA. 3. Se o problema for resolvido, religar entradas FV e verificar status do inversor. 4. Se o problema persistir contate a PHB.
	Perda de Rede (Erro 23)	O inversor detectou a desconexão da rede da concessionária. Possíveis causas: A rede não está funcionando Problemas nas conexões do lado CA (disjuntor e cabeamento).	1. Verifique se o inversor está conectado à rede. 2. Verifique se o Disjuntor CA está desligado ou com problemas. 3. Verifique se os cabos CA estão mal conectados ou tem erro na ordem da conexão (fase, neutro e terra). 4. Verifique a tensão da rede. 5. Se o problema persistir contate a PHB.



Rua São Bernardino nº 12
 Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
 São Paulo - SP



(11) 3648-7830
 contato@phb.com.br

Suporte técnico PHB Solar v2.0



	Tipo de falha	Descrição	Solução do Problema
Problemas devido a falhas no Inversor	Sobretensão (Erro 19)	A temperatura interna do Inversor excedeu os limites permitidos. Possíveis causas: O Inversor está em local não protegido da irradiação direta do sol. Local com pouca ventilação no local (espaçamento ao redor do inversor não respeitado). Problemas no ventilador (inversores com ventilação forçada).	1. Instale o inversor em local fresco. Verifique o espaçamento ao redor do inversor no manual. 2. Confira se o ventilador precisa de manutenção. 3. Reduza a temperatura ambiente. 4. Se o problema persistir contate a PHB.
	Falha Relé (E07,25)	Falha na verificação automática dos relés.	1. Desligue as chaves CC. 2. Aguarde o LCD apagar. 3. Ligue as chaves CC novamente. 4. Verifique o aterramento CA e a tensão entre o neutro e a terra. 5. Se o problema persistir contate a PHB.
	Corrente CC Alta (E13)	Corrente CC excedeu o limite do inversor	1. Desligue as chaves CC. 2. Aguarde o LCD apagar. 3. Ligue as chaves CC novamente. 4. Se o problema persistir contate a PHB.
	Falha EEPROM (E02)	Falha no chip de memória	
	Falha SCI (E01)	Falha de comunicação interna	
	Falha SPI (E01)	Falha de comunicação interna	
	Barramento CC Alto (E21)	Sobretensão no barramento CC	
	Falha GFCI (E32,26)	Falha no circuito de detecção de corrente de fuga	
	Falha Fan Interno (E20)	Falha no ventilador interno	
	Falha Fan Externo (E16)	Falha no ventilador externo	
	Display não acende	O display do inversor acende quando a tensão das strings atingir a tensão de partida do inversor. Caso contrário o display continuará desligado. Possíveis causas: Radiação baixa para atingir a tensão de partida do inversor. Problemas nas conexões CC. Por exemplo, strings com polaridade invertida.	1. Desligue as chaves CC. Tome as providências para evitar a formação de um arco elétrico (cobrir os módulos) antes de desconectar os cabos. Confira a polaridade das entradas CC. 2. Meça a tensão de cada string. Se a tensão de cada string for maior que a tensão de partida do inversor num horário com boa insolação e a polaridade estiver correta, contate a PHB.

Contato Suporte Técnico:

Bruno Santos: suporte01@phb.com.br

Hugo Souza: suporte02@phb.com.br

Leonardo de Oliveira: suporte03@phb.com.br

Telefone: 11 3648-7830 – Opção 3 do menu.



Rua São Bernardino nº 12
Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
São Paulo - SP

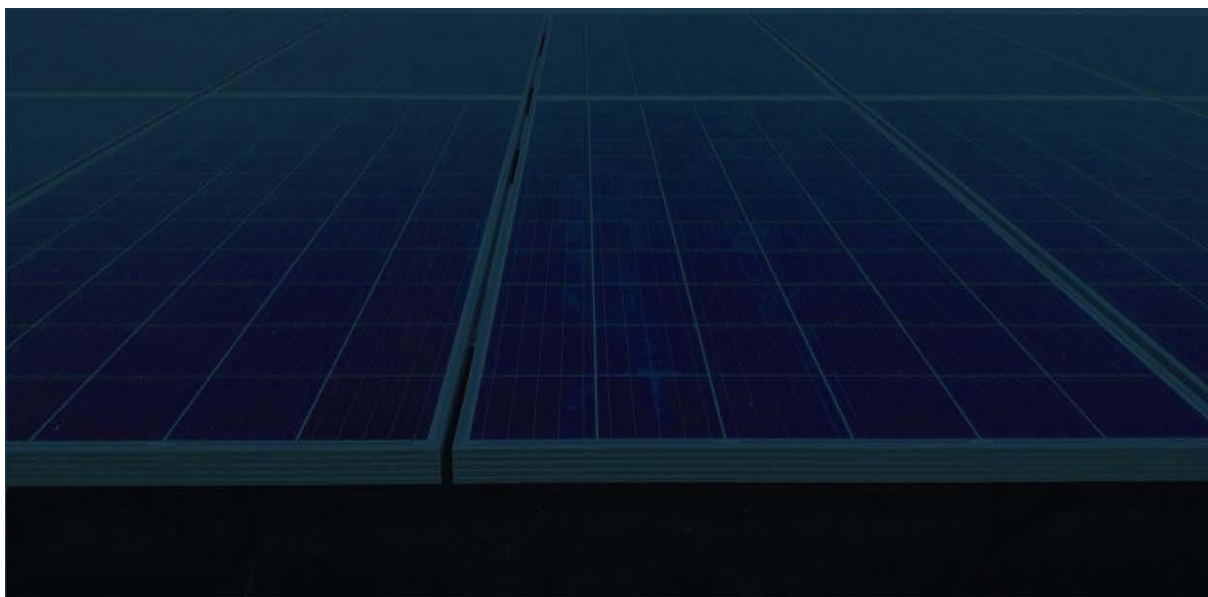


(11) 3648-7830
contato@phb.com.br

Suporte técnico PHB Solar v2.0



ANEXO E - CONFIGURAÇÃO WI-FI



CONFIGURAÇÃO WI-FI



Rua São Bernardino nº 12
Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
São Paulo - SP



(11) 3648-7830
contato@phb.com.br



❗ Existem duas opções para completar a configuração Wi-Fi.

Opção 1. Configuração web

Seção 1. Preparação

- Ligue o inversor. Confira se o led "Power" está ativo;
- O roteador Wi-Fi do local deve estar ligado;
- Ative o Wi-Fi do notebook ou smartphone.

Dica: O cabo ethernet deve estar desconectado do notebook.

Seção 2. Configuração Wi-Fi

Etapa 1. Conecte o notebook ou smartphone ao Wi-Fi "Solar-WiFi" ou "Solar-WiFiXXXXX" com a senha 12345678 (*refere-se aos últimos oito dígitos do número de série do inversor)

Etapa 2. Acesse o site <http://10.10.100.253>



Dica: atualize a página se aparecer "Unauthorized Login".

Etapa 3. Insira o nome de usuário (admin) e a senha (admin), clique em "Login"

Fazer Login
<http://10.10.100.253>
 Sua conexão a este site não é particular

admin
 admin

Login Cancelar

Etapa 4. Clique em "Start Setup"

Device information

Firmware version	V1.1.2.1
MAC address	98:D8:63:70:C9:82
Wireless AP mode	Enable
SSID	Solar-WiFi
IP address	10.10.100.253
Wireless STA mode	Enable
Router SSID	WiFi_Burn-in
Encryption method	WAP2PSK
Encryption algorithm	AES

Cannot join the network, may caused by:
 Router doesn't exist, or signal is too weak, or password is incorrect.

★ **Help:** Wizard will help you to complete setting within one minute.

Start Setup

Etapa 5. Selecione o Wi-Fi disponível e clique em "Next"

Please select your current wireless network

SSID	AUTH/ENCRY	RSSI	Channel
☐ WiFi_Burn-in	WPAPSK/WPA2PSK/TKIP/AES	66	1
☐ WiFi_Burn-in	WPAPSK/WPA2PSK/TKIP/AES	100	1
☐ WiFi_Burn-in	WPAPSK/WPA2PSK/TKIP/AES	70	1
☐ WiFi_Burn-in2	WPAPSK/WPA2PSK/TKIP/AES	72	1

Refresh

★ **Help:** When RSSI of the selected Wi-Fi network is lower than 30%, the connection may be unstable. Please select other available network or shorten the distance between the device and router. If your wireless router does not broadcast SSID, please click "Next" and add a wireless network manually.

Back Next

Dica: as especificações do módulo Wi-Fi estão disponíveis nas informações do dispositivo na etapa 4.



Rua São Bernardino nº 12
 Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
 São Paulo - SP



(11) 3648-7830
contato@phb.com.br



Etapa 6. Insira a senha corretamente e clique em "Next".

Add wireless network manually

Network name (SSID)

Encryption method

Encryption algorithm

Please enter the wireless network password:

Password

☐ show psk

★ **Note:** Case sensitive for SSID and password.
Please make sure all parameters of wireless network are matched with router, including password.

Etapa 7. Clique em "Complete" para confirmar

Save success!

The current configuration will take effect after restart.

If you still need to configure the other pages of information, please go to complete your required configuration.

Configuration is completed, you can to management page, click on the restart "OK" button.

Confirm to complete?

Dica: certifique-se de que não exista qualquer caractere inaceitável no nome e senha da rede, caso contrário poderá causar uma configuração malsucedida.

Seção 3. Informações adicionais

Wizard

Advanced

Management

Access point setting

Network name (SSID)

Encryption mod

Encryption algorithm

Password (8 to 63 characters)

★ **Note:** config the device's parameter under the access point mode.

DHCP setting for STA

IPDHCP Mode

IP address

Subnet mask

Gateway address

DNS server address

★ **Note:** After changing the setting, the device must be restarted.

O nome da rede (SSID) e a senha do módulo Wi-Fi podem ser modificados nas definições avançadas. Você pode atribuir nomes diferentes aos dispositivos para diferenciá-los.

ⓘ É altamente recomendável alterar a senha de seu "Solar-WiFi" antes ou depois da configuração. A PHB NÃO se responsabilizará por qualquer vazamento de informações de privacidade causado pelo uso da senha padrão "12345678".

Opção 2 Configuração app

Seção 1. Preparação

- Ligue o inversor. Confira se o led "Power" está ativo;
- O roteador Wi-Fi do local deve estar ligado;
- Ative o Wi-Fi do notebook ou smartphone.

Dica: O cabo ethernet deve estar desconectado do notebook.



Rua São Bernardino nº 12
Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
São Paulo - SP



(11) 3648-7830
contato@phb.com.br



Seção 2. Configuração Wi-Fi

Etapa 1. Clique em "Configuração Wi-Fi" na página de login ou clique no ícone Wi-Fi na página inicial.

Etapa 2. Certifique-se de que o inversor está ligado e depois clique em "Avançar".

Etapa 3. Clique em "Ir para as configurações de interface WLAN".

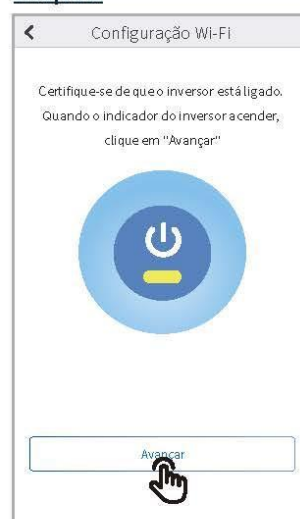
Etapa 4. Conecte o smartphone ao Wi-Fi "Solar-WiFi" ou "Solar-WiFiXXXX" com a senha 12345678 (*refere-se aos últimos oito dígitos do número de série do inversor)

Etapa 5. Clique em "Avançar".

Etapa 1



Etapa 2



Etapa 3



Etapa 4



Etapa 5



Rua São Bernardino nº 12
Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
São Paulo - SP



(11) 3648-7830
contato@phb.com.br



Etapa 6. Insira corretamente o nome e senha da rede Wi-Fi e depois clique em "Definir".

Observação: desligue primeiro a opção DHCP e insira o endereço IP se desejar alterar o IP do inversor para um específico.

❗ Certifique-se de que não existe qualquer caractere inaceitável no nome e senha da rede, caso contrário poderá causar uma configuração malsucedida.

Etapa 7. Confirme e depois clique em "OK".

❗ É altamente recomendável alterar a senha do seu "Solar-WiFi" antes ou depois da configuração. A PHB NÃO se responsabilizará por qualquer vazamento de privacidade causado pelo uso da senha padrão "12345678". Consulte "Seção 3. Informações adicionais" de "Opção 1. Configuração web".

Etapa 6

Etapa 7

❗ Você pode clicar em "Reconfigurar" ou seguir as instruções da "Ajuda de configuração" se a configuração falhar.



Rua São Bernardino nº 12
Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
São Paulo - SP



(11) 3648-7830
contato@phb.com.br



Solução de problemas

Nº	Problema	Solução de problemas
1	Não é possível localizar Solar-WiFi ou SolarWi-Fi*	1. Verifique se o inversor está ligado e se o módulo Wi-Fi está bem conectado. 2. Certifique-se de que o dispositivo está próximo do inversor. 3. Reinicie o inversor. 4. Pressione o botão "Recarga Wi-Fi" para o módulo Wi-Fi retornar ao modo padrão e siga novamente os passos de configuração Wi-Fi acima.
2	Não é possível conectar a SolarWiFi ou SolarWi-Fi*	1. Tente a senha: 12345678; 2. Verifique se já há outro dispositivo conectado à Solar-Wi-Fi*. 3. Pressione o botão "Recarga Wi-Fi" para o rede Wi-Fi retornar ao modo padrão e siga novamente os passos de configuração Wi-Fi acima. 4. Reinicie o inversor e tente a configuração Wi-Fi novamente. 5. Verifique se não há um caractere inaceitável na senha.
3	Não é possível acessar o IP 10.10.100.253	1. Pressione o botão "Recarga Wi-Fi" para o módulo Wi-Fi retornar ao modo padrão e siga novamente os passos de configuração Wi-Fi acima. 2. Mude para os navegadores preferenciais como Google Chrome, FireFox IE, Safari.
4	Não é possível encontrar o SSID do roteador	1. Mova o roteador para mais perto do inversor ou use um dispositivo repetidor de Wi-Fi; 2. Verifique se o número do canal do roteador é superior a 13. Se sim, altere para um número mais baixo na página de configuração do roteador.
5	O indicador LED Wi-Fi pisca duas vezes continuamente com todos os passos da configuração efetuados	1. Reinicie o inversor. 2. Verifique se o SSID, método de encriptação, algoritmo de encriptação e senha na página de configuração Wi-Fi são os mesmos no roteador sem fio e corrija-os caso sejam diferentes. 3. Verifique se o SSID, método de encriptação, algoritmo de encriptação e senha na página de configuração Wi-Fi são os mesmos no roteador sem fio; se forem diferentes, altere-os. 4. Reinicie o roteador sem fio. 5. Mova o roteador sem fio para mais perto do inversor ou use um repetidor sem fio para aumentar o sinal Wi-Fi.
6	O indicador LED Wi-Fi pisca quatro vezes continuamente quando todos os passos da configuração são efetuados	1. Conecte o dispositivo ao inversor sem Wi-Fi e acesse o SolarPortal (pág.2) para verificar se o inversor está online. 2. Reinicie o roteador sem fio e o inversor.
7	Sempre estado offline do inversor no Solar Portal com indicador LED Wi-Fi.	1. Aguarde alguns minutos para a transmissão dos dados e verifique mais tarde no Solar Portal (pág. 2).

Contato Suporte Técnico:

Bruno Santos: suporte01@phb.com.br

Hugo Souza: suporte02@phb.com.br

Leonardo de Oliveira: suporte03@phb.com.br

Telefone: 11 3648-7830 - Opção 3 do menu.



Rua São Bernardino nº 12
Pq. Anhanguera - CEP: 05120-050
São Paulo - SP



(11) 3648-7830
contato@phb.com.br



ANEXO F - LEI 14.300 MARCO LEGAL DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

30/11/2022 21:41

L14300



Presidência da República
Secretaria-Geral
Subchefia para Assuntos Jurídicos

LEI Nº 14.300, DE 6 DE JANEIRO DE 2022

[Mensagem de veto](#)

[\(Promulgação partes vetadas\)](#)

Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

CAPÍTULO I

DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Art. 1º Para fins e efeitos desta Lei, são adotadas as seguintes definições:

I – autoconsumo local: modalidade de microgeração ou minigeração distribuída eletricamente junto à carga, participante do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), no qual o excedente de energia elétrica gerado por unidade consumidora de titularidade de um consumidor-gerador, pessoa física ou jurídica, é compensado ou creditado pela mesma unidade consumidora;

II – autoconsumo remoto: modalidade caracterizada por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma pessoa jurídica, incluídas matriz e filial, ou pessoa física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, com atendimento de todas as unidades consumidoras pela mesma distribuidora;

III – consórcio de consumidores de energia elétrica: reunião de pessoas físicas e/ou jurídicas consumidoras de energia elétrica instituído para a geração de energia destinada a consumo próprio, com atendimento de todas as unidades consumidoras pela mesma distribuidora;

IV - Conta de Desenvolvimento Energético (CDE): encargo setorial estabelecido pela [Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002](#);

V - consumidor-gerador: titular de unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída;

VI - crédito de energia elétrica: excedente de energia elétrica não compensado por unidade consumidora participante do SCEE no ciclo de faturamento em que foi gerado, que será registrado e alocado para uso em ciclos de faturamento subsequentes, ou vendido para a concessionária ou permissionária em que está conectada a central consumidora-geradora;

VII - empreendimento com múltiplas unidades consumidoras: conjunto de unidades consumidoras localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sem separação por vias públicas, passagem aérea ou subterrânea ou por propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento, em que as instalações para atendimento das áreas de uso comum, por meio das quais se conecta a microgeração ou minigeração distribuída, constituam uma unidade consumidora distinta, com a utilização da energia elétrica de forma independente, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento;

VIII - excedente de energia elétrica: diferença positiva entre a energia elétrica injetada e a energia elétrica consumida por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída de titularidade de consumidor-gerador, apurada por posto tarifário a cada ciclo de faturamento, exceto para o caso de empreendimento com múltiplas unidades consumidoras ou geração compartilhada, em que o excedente de energia elétrica pode ser toda a energia gerada ou a injetada na rede de distribuição pela unidade geradora, a critério do consumidor-gerador titular da unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída;

IX - fontes despacháveis: as hidrelétricas, incluídas aquelas a fio d'água que possuam viabilidade de controle variável de sua geração de energia, cogeração qualificada, biomassa, biogás e fontes de geração fotovoltaica,

30/11/2022 21:41

L14300

limitadas, nesse caso, a 3 MW (três megawatts) de potência instalada, com baterias cujos montantes de energia despachada aos consumidores finais apresentam capacidade de modulação de geração por meio do armazenamento de energia em baterias, em quantidade de, pelo menos, 20% (vinte por cento) da capacidade de geração mensal da central geradora que podem ser despachados por meio de um controlador local ou remoto;

X - geração compartilhada: modalidade caracterizada pela reunião de consumidores, por meio de consórcio, cooperativa, condomínio civil voluntário ou edifício ou qualquer outra forma de associação civil, instituída para esse fim, composta por pessoas físicas ou jurídicas que possuam unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, com atendimento de todas as unidades consumidoras pela mesma distribuidora;

XI - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada, em corrente alternada, menor ou igual a 75 kW (setenta e cinco quilowatts) e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição de energia elétrica por meio de instalações de unidades consumidoras;

XII - microrrede: integração de vários recursos de geração distribuída, armazenamento de energia elétrica e cargas em sistema de distribuição secundário capaz de operar conectado a uma rede principal de distribuição de energia elétrica e também de forma isolada, controlando os parâmetros de eletricidade e provendo condições para ações de recomposição e de autorrestabelecimento;

XIII - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica renovável ou de cogeração qualificada que não se classifica como microgeração distribuída e que possua potência instalada, em corrente alternada, maior que 75 kW (setenta e cinco quilowatts), menor ou igual a 5 MW (cinco megawatts) para as fontes despacháveis e menor ou igual a 3 MW (três megawatts) para as fontes não despacháveis, conforme regulamentação da Aneel, conectada na rede de distribuição de energia elétrica por meio de instalações de unidades consumidoras;

XIV - Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE): sistema no qual a energia ativa é injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída na rede da distribuidora local, cedida a título de empréstimo gratuito e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa ou contabilizada como crédito de energia de unidades consumidoras participantes do sistema.

Parágrafo único. Para todas as unidades referidas no **caput** do art. 26 desta Lei, o limite de potência instalada de que trata o inciso XIII do **caput** deste artigo é de 5 MW (cinco megawatts) até 31 de dezembro de 2045.

CAPÍTULO II

DA SOLICITAÇÃO DE ACESSO E DE AUMENTO DE POTÊNCIA

Art. 2º As concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia elétrica deverão atender às solicitações de acesso de unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, com ou sem sistema de armazenamento de energia, bem como sistemas híbridos, observadas as disposições regulamentares.

§ 1º Os contratos firmados entre o consumidor e a concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica para fins de acesso ao sistema de microgeração ou minigeração distribuída devem ser celebrados com a pessoa física ou jurídica, consórcio, cooperativa, condomínio voluntário ou edifício ou qualquer outra forma de associação civil instituída para esse fim, indicado como titular o da unidade consumidora na qual a microgeração ou minigeração distribuída será ou está instalada na ocasião da solicitação de acesso, garantida a possibilidade de transferência da titularidade antes ou depois da conexão da microgeração ou minigeração distribuída.

§ 2º Para realização de solicitações de acesso de uma unidade consumidora nova, com microgeração ou minigeração distribuída, as distribuidoras deverão efetuar concomitantemente a solicitação de conexão de uma nova unidade consumidora e a solicitação de parecer de acesso para microgeração ou minigeração distribuída conforme as disposições regulatórias.

§ 3º A Aneel deverá estabelecer um formulário-padrão para a solicitação de acesso para microgeração e minigeração distribuída, que deve ser protocolado na distribuidora, acompanhado dos documentos pertinentes, não cabendo a ela solicitar documentos adicionais àqueles indicados nos formulários padronizados, e a distribuidora deverá disponibilizar ao acessante todas as informações necessárias para elaboração dos projetos que compõem a solicitação de acesso.

§ 4º Na hipótese de vício formal sanável ou de falta de documentos nos estudos de responsabilidade do acessante necessários à elaboração dos projetos que compõem o parecer de acesso, a distribuidora acessada notificará o acessante sobre todas as pendências verificadas que deverão ser sanadas e protocoladas na distribuidora acessada em até 30 (trinta) dias contados da data de recebimento da notificação formal da distribuidora para esse fim, facultado prazo distinto acordado entre as partes.

30/11/2022 21:41

L14300

Art. 3º Os consumidores participantes de consórcio, cooperativa, condomínio voluntário ou edifício ou qualquer outra forma de associação civil instituída para empreendimento com múltiplas unidades consumidoras ou de geração compartilhada, na forma prevista nesta Lei, poderão transferir a titularidade das contas de energia elétrica de suas unidades consumidoras participantes do SCEE para o consumidor-gerador que detém a titularidade da unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída desses empreendimentos.

Art. 4º Os interessados em implantar projetos de minigeração distribuída devem apresentar garantia de fiel cumprimento, nos seguintes montantes, conforme regulamentação da Aneel:

I - 2,5% (dois e meio por cento) do investimento para centrais com potência instalada superior a 500 kW (quinhentos quilowatts) e inferior a 1.000 kW (mil quilowatts); ou

II - 5% (cinco por cento) do investimento para centrais com potência instalada maior ou igual a 1.000 kW (mil quilowatts).

§ 1º Ficam dispensadas da obrigação de que trata o **caput** deste artigo as centrais de microgeração ou minigeração distribuída enquadradas na modalidade de geração compartilhada por meio da formação de consórcio ou cooperativa e enquadradas na modalidade de múltiplas unidades consumidoras.

§ 2º Os projetos com potência instalada superior a 500 kW (quinhentos quilowatts) que estejam com parecer de acesso válido na data de publicação desta Lei devem apresentar as garantias de fiel cumprimento na forma deste artigo em até 90 (noventa) dias, contados da publicação desta Lei.

§ 3º O disposto no § 2º deste artigo não se aplica caso seja celebrado contrato com a distribuidora em até 90 (noventa) dias, contados da publicação desta Lei.

§ 4º O não cumprimento das disposições constantes dos §§ 2º e 3º deste artigo implica o cancelamento do parecer de acesso.

§ 5º Os valores referentes à execução da garantia de fiel cumprimento devem ser revertidos em prol da modicidade tarifária.

§ 6º O interessado poderá desistir da solicitação a qualquer tempo, e a garantia de fiel cumprimento será executada caso a desistência ocorra após 90 (noventa) dias da data de emissão do parecer.

§ 7º A garantia de fiel cumprimento vigorará até 30 (trinta) dias após a conexão do empreendimento ao sistema de distribuição.

§ 8º Regulamentação da Aneel definirá as condições para execução da garantia de fiel cumprimento, bem como para restituição dos valores aos interessados, nas mesmas condições em que foi prestada.

Art. 5º Fica vedada a transferência do titular ou do controle societário do titular da unidade com microgeração ou minigeração distribuída indicado no parecer de acesso até a solicitação de vistoria do ponto de conexão para a distribuidora, assegurada a destinação de créditos de energia às unidades consumidoras beneficiárias, a partir do primeiro ciclo de faturamento subsequente ao do pedido.

Parágrafo único. A não observância da vedação prevista no **caput** deste artigo implica o cancelamento do parecer de acesso.

Art. 6º Fica vedada a comercialização de pareceres de acesso.

Art. 7º O prazo estabelecido para conclusão das melhorias e dos reforços de rede indicado no parecer de acesso poderá ser prorrogado, mediante comprovação de evolução do licenciamento ambiental ou das obras de implantação da usina a ser comunicada pelo acessante à distribuidora, o que implicará, por consequente, postergação do pagamento dos vencimentos dos contratos de uso do sistema de distribuição da concessionária.

CAPÍTULO III

DAS RESPONSABILIDADES FINANCEIRAS

Art. 8º Para o atendimento às solicitações de nova conexão ou de alteração da conexão existente para instalação de microgeração ou minigeração distribuída, deve ser calculada a participação financeira da concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica, bem como a eventual participação financeira do consumidor-

30/11/2022 21:41

L14300

gerador titular da unidade consumidora onde a microgeração ou minigeração distribuída será instalada, consideradas as diretrizes e as condições determinadas pela Aneel.

§ 1º A responsabilidade de que trata o caput deste artigo abrange todos os custos referentes à ampliação de capacidade ou à reforma de subestações, de alimentadores e de linhas já existentes.

§ 2º O custo da obra deve considerar os critérios de mínimo dimensionamento técnico possível e de menor custo global para a conexão da central de microgeração e minigeração distribuída, observados as normas e os padrões de qualidade da prestação do serviço e de investimento prudente definidos pela Aneel.

§ 3º Se houver opção pela concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica ou pelo consumidor interessado na conexão da microgeração ou minigeração distribuída em realizar obras com dimensões maiores do que as estabelecidas no parecer de acesso, os custos adicionais deverão ser arcados integralmente pelo optante e ser discriminados e justificados perante a outra parte.

§ 4º A distribuidora é responsável técnica e financeiramente pelo sistema de medição da microgeração distribuída.

§ 5º Os custos de adequação do sistema de medição para conexão da minigeração distribuída são de responsabilidade do interessado.

§ 6º Os custos de eventuais melhorias ou de reforços no sistema de distribuição em função exclusivamente da conexão de microgeração distribuída serão integralmente arcados pela concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica, não havendo participação financeira do consumidor.

§ 7º O consumidor-gerador interessado na conexão de central de microgeração ou minigeração distribuída pode optar por tensão diferente da informada pela concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica, conforme as tensões definidas em regulamento específico, desde que haja viabilidade técnica do subsistema elétrico, e são de sua responsabilidade os investimentos adicionais necessários a esse atendimento.

CAPÍTULO IV

DA COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Art. 9º Podem aderir ao SCEE os consumidores de energia, pessoas físicas ou jurídicas, e suas respectivas unidades consumidoras:

- I – com microgeração ou minigeração distribuída com geração local ou remota;
- II – integrantes de empreendimento com múltiplas unidades consumidoras;
- III – com geração compartilhada ou integrantes de geração compartilhada;
- IV – caracterizados como autoconsumo remoto.

Parágrafo único. Não poderão aderir ao SCEE os consumidores livres que tenham exercido a opção de compra de energia elétrica, conforme as condições estabelecidas nos [arts. 15 e 16 da Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995](#), ou consumidores especiais que tenham adquirido energia na forma estabelecida no [§ 5º do art. 26 da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996](#).

Art. 10. A concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica não pode incluir consumidores no SCEE quando for detectado, no documento que comprova a posse ou propriedade do imóvel onde se encontra instalada ou será instalada a microgeração ou minigeração distribuída, que o consumidor tenha alugado ou arrendado terrenos, lotes e propriedades em condições nas quais o valor do aluguel ou do arrendamento se dê em real por unidade de energia elétrica.

Art. 11. É vedado novo enquadramento como microgeração ou minigeração distribuída das centrais geradoras que já tenham sido objeto de registro, de concessão, de permissão ou de autorização no Ambiente de Contratação Livre (ACL) ou no Ambiente de Contratação Regulada (ACR), ou tenham entrado em operação comercial para geração de energia elétrica no ACL ou no ACR ou tenham tido sua energia elétrica contabilizada no âmbito da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) ou comprometida diretamente com concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica, no ACR, e a concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica deve identificar esses casos perante a Aneel.

30/11/2022 21:41

L14300

§ 1º Unidades consumidoras com geração local, cuja potência nominal total dos transformadores seja igual ou inferior a uma vez e meia o limite permitido para ligação de consumidores do Grupo B, podem optar por faturamento idêntico às unidades conectadas em baixa tensão, conforme regulação da Aneel.

§ 2º É vedada a divisão de central geradora em unidades de menor porte para se enquadrar nos limites de potência para microgeração ou minigeração distribuída.

§ 3º (VETADO): [\(Promulgação partes vetadas\)](#)

§ 3º A vedação de que trata o § 2º deste artigo não se aplica às unidades flutuantes de geração fotovoltaica instaladas sobre a superfície de lâmina d'água de reservatórios hídricos, represas e lagos, naturais e artificiais, desde que cada unidade observe o limite máximo de potência instalada de microgeração ou minigeração distribuída, disponha de equipamentos inversores, transformadores e medidores autônomos com identificação georreferenciada específica, e tenha requerido o acesso perante a concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica da mesma área de concessão ou permissão que atenderá a unidade consumidora beneficiária da energia.

Art. 12. A cada ciclo de faturamento, para cada posto tarifário, a concessionária de distribuição de energia elétrica, conforme o caso, deve apurar o montante de energia elétrica ativa consumido e o montante de energia elétrica ativa injetado na rede pela unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em sua respectiva área de concessão.

§ 1º O excedente de energia elétrica de um posto tarifário deve ser inicialmente alocado no mesmo posto tarifário e sequencialmente para outros postos tarifários da mesma unidade consumidora que gerou a energia elétrica e, posteriormente, para uma ou mais das opções a seguir:

I – mesma unidade consumidora que injetou a energia elétrica, para ser utilizado em ciclos de faturamento subsequentes, transformando-se em créditos de energia elétrica;

II – outras unidades consumidoras do mesmo consumidor-gerador, inclusive matriz e filiais, atendidas pela mesma concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica;

III – outras unidades consumidoras localizadas no empreendimento com múltiplas unidades consumidoras que injetou a energia elétrica; ou

IV – unidades consumidoras de titular integrante de geração compartilhada atendidas pela mesma concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica.

§ 2º No caso de excedente de energia a que se refere o § 1º deste artigo, quando a unidade consumidora estiver em local diferente da geração, o faturamento deve considerar a energia consumida, deduzidos o percentual de energia excedente alocado a essa unidade consumidora e eventual crédito de energia acumulado em ciclos de faturamentos anteriores, por posto tarifário, quando for o caso.

§ 3º Sempre que o excedente ou o crédito de energia elétrica forem utilizados em unidade consumidora do Grupo A, em postos tarifários distintos do que foi gerado, deve-se observar a relação entre as componentes tarifárias que recuperem os custos pela compra de energia elétrica para revenda ao consumidor e respectivos encargos do posto em que a energia elétrica foi gerada e a do posto em que foi alocada, aplicável à unidade consumidora que os recebeu.

§ 4º O consumidor-gerador titular da unidade consumidora onde se encontra instalada a microgeração ou minigeração distribuída pode solicitar alteração dos percentuais ou da ordem de utilização dos excedentes de energia elétrica ou realocar os excedentes para outra unidade consumidora do mesmo titular, de que trata o § 1º deste artigo, perante a concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica, e esta terá até 30 (trinta) dias para operacionalizar o procedimento.

Art. 13. Os créditos de energia elétrica expiram em 60 (sessenta) meses após a data do faturamento em que foram gerados e serão revertidos em prol da modicidade tarifária sem que o consumidor participante do SCEE faça jus a qualquer forma de compensação após esse prazo.

§ 1º Os créditos são determinados em termos de energia elétrica ativa, não estando sua quantidade sujeita a alterações em razão da variação nos valores das tarifas de energia elétrica.

§ 2º Para abatimento do consumo, devem ser utilizados sempre os créditos mais antigos da unidade consumidora participante do SCEE.

30/11/2022 21:41

L14300

§ 3º Os créditos de energia elétrica existentes no momento do encerramento da relação contratual do consumidor participante do SCEE perante a concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica serão mantidos em nome do titular pelo prazo estabelecido no caput deste artigo, exceto se houver outra unidade consumidora sob mesma titularidade de pessoa física ou jurídica, inclusive matriz e filiais, consórcio, cooperativa ou condomínio voluntário ou edifício ou qualquer outra forma de associação civil instituída para esse fim, atendida pela mesma concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica, e poderão ser, nesse caso, realocados para a respectiva unidade consumidora remanescente.

§ 4º A não solicitação de alocação dos créditos do consumidor-gerador para determinada unidade em até 30 (trinta) dias após o encerramento da relação contratual implicará a realocação automática pela concessionária para a unidade de maior consumo e assim sucessivamente, até a compensação integral dos créditos remanescentes.

§ 5º Para os empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras ou de geração compartilhada, caso exista saldo de créditos acumulado na unidade consumidora onde se encontra instalada a microgeração ou minigeração distribuída, o consumidor-gerador titular da unidade consumidora pode solicitar, com antecedência de 30 (trinta) dias prévios ao fim da relação contratual, a distribuição do saldo existente para outras unidades consumidoras de consumidores que façam parte dos referidos empreendimentos.

Art. 14. O consumidor-gerador titular da unidade consumidora onde se encontra instalada a microgeração ou minigeração distribuída deve definir as unidades consumidoras que receberão os excedentes de energia elétrica na forma deste artigo e estabelecer o percentual que será alocado a cada uma delas ou a ordem de prioridade para o recebimento, a seu critério.

Parágrafo único. Nos empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras ou geração compartilhada, os excedentes de energia somente podem ser alocados para as unidades consumidoras que fazem parte do referido empreendimento atendidos pela mesma concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica.

Art. 15. Os excedentes de energia provenientes de geração distribuída em unidades geradoras atendidas por permissionárias de energia elétrica podem ser alocados nas concessionárias de distribuição de energia elétrica onde a permissionária de distribuição de energia elétrica se encontra localizada, atendidas as normas estabelecidas pela Aneel.

Art. 16. Para fins de compensação, a energia injetada, o excedente de energia ou o crédito de energia devem ser utilizados até o limite em que o valor em moeda relativo ao faturamento da unidade consumidora seja maior ou igual ao valor mínimo faturável da energia estabelecido na regulamentação vigente.

§ 1º Para as unidades consumidoras participantes do SCEE não enquadradas no caput do art. 26 desta Lei, o valor mínimo faturável da energia deve ser aplicado se o consumo medido na unidade consumidora, desconsideradas as compensações oriundas do SCEE, for inferior ao consumo mínimo faturável estabelecido na regulamentação vigente.

§ 2º O valor mínimo faturável aplicável aos microgeradores com compensação no mesmo local da geração e cujo gerador tenha potência instalada de até 1.200 W (mil e duzentos watts) deve ter uma redução de até 50% (cinquenta por cento) em relação ao valor mínimo faturável aplicável aos demais consumidores equivalentes, conforme regulação da Aneel.

Art. 17. Após o período de transição de que tratam os arts. 26 e 27 desta Lei, as unidades participantes do SCEE ficarão sujeitas às regras tarifárias estabelecidas pela Aneel para as unidades consumidoras com microgeração ou minigeração distribuída.

§ 1º As unidades consumidoras de que trata o caput deste artigo serão faturadas pela incidência, sobre a energia elétrica ativa consumida da rede de distribuição e sobre o uso ou sobre a demanda, de todas as componentes tarifárias não associadas ao custo da energia, conforme regulação da Aneel, e deverão ser abatidos todos os benefícios ao sistema elétrico propiciados pelas centrais de microgeração e minigeração distribuída.

§ 2º Competirá ao Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), ouvidos a sociedade, as associações e entidades representativas, as empresas e os agentes do setor elétrico, estabelecer as diretrizes para valoração dos custos e dos benefícios da microgeração e minigeração distribuída, observados os seguintes prazos, contados da data de publicação desta Lei:

I - até 6 (seis) meses para o CNPE estabelecer as diretrizes; e

II - até 18 (dezoito) meses para a Aneel estabelecer os cálculos da valoração dos benefícios.

30/11/2022 21:41

L14300

§ 3º No estabelecimento das diretrizes de que trata o § 2º deste artigo, o CNPE deverá considerar todos os benefícios, incluídos os locacionais da microgeração e minigeração distribuída ao sistema elétrico compreendendo as componentes de geração, perdas elétricas, transmissão e distribuição.

§ 4º Após o transcurso dos prazos de transição de que trata o caput deste artigo, a unidade consumidora participante ou que venha a participar do SCEE será faturada pela mesma modalidade tarifária vigente estipulada em regulação da Aneel para a sua classe de consumo, observados os princípios desta Lei.

Art. 18. Fica assegurado o livre acesso ao sistema de distribuição para as unidades com microgeração ou minigeração distribuída, mediante o ressarcimento, pelas unidades consumidoras com minigeração distribuída, do custo de transporte envolvido.

Parágrafo único. No estabelecimento do custo de transporte, deve-se aplicar a tarifa correspondente à forma de uso do sistema de distribuição realizada pela unidade com microgeração ou minigeração distribuída, se para injetar ou consumir energia.

Art. 19. As bandeiras tarifárias incidem somente sobre o consumo de energia elétrica ativa a ser faturado e não se aplicam sobre a energia excedente que foi compensada conforme estabelecido no art. 12 desta Lei.

Art. 20. As instalações de iluminação pública poderão participar do SCEE, caso em que a rede pública de iluminação do Município será considerada uma unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, desde que atendidos os requisitos regulamentares da Aneel.

CAPÍTULO V

DAS CONCESSIONÁRIAS E PERMISSIONÁRIAS

Art. 21. Para todos os efeitos regulatórios, será considerada exposição contratual involuntária, entre outras hipóteses previstas em regulamento ou disciplinadas pela Aneel, a sobrecontratação de energia elétrica das concessionárias e permissionárias de distribuição em decorrência da opção de seus consumidores pelo regime de microgeração e minigeração distribuídas.

Art. 22. A partir de 12 (doze) meses após a publicação desta Lei, a CDE custeará as componentes tarifárias não associadas ao custo da energia incidentes e não remuneradas pelo consumidor-gerador sobre a energia elétrica compensada pelas unidades consumidoras participantes do SCEE nas distribuidoras de energia elétrica com mercado inferior a 700 GWh (setecentos gigawatts-hora) por ano.

Parágrafo único. Os custos de que trata o caput deste artigo serão suportados somente pelas unidades consumidoras que comprem energia em condições reguladas.

Art. 23. A concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica poderá contratar serviços auxiliares de microgeradores e minigeradores distribuídos, por meio de fontes despacháveis ou não, para beneficiar suas redes ou microrredes de distribuição, mediante remuneração desses serviços conforme regulação da Aneel.

Parágrafo único. A Aneel regulamentará o disposto no caput deste artigo quanto à contratação de serviços auxiliares a ser realizada por meio de chamada pública, com vistas à melhoria da eficiência e da capacidade, à postergação de investimentos por parte da concessionária em suas redes de distribuição, bem como a ações que propiciem a redução do acionamento termelétrico nos sistemas isolados com o objetivo de reduzir o uso de recursos da Conta de Consumo de Combustíveis (CCC).

Art. 24. A concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica deverá promover chamadas públicas para credenciamento de interessados em comercializar os excedentes de geração de energia oriundos de projetos de microgeradores e minigeradores distribuídos, nas suas áreas de concessão, para posterior compra desses excedentes de energia, na forma de regulamentação da Aneel.

CAPÍTULO VI

DISPOSIÇÕES TRANSITÓRIAS

Art. 25. A CDE, de acordo com o disposto nos [incisos VI e VII do caput do art. 13 da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002](#), custeará temporariamente as componentes tarifárias não associadas ao custo da energia e não remuneradas pelo consumidor-gerador, incidentes sobre a energia elétrica compensada pelas unidades consumidoras participantes do SCEE, na forma do art. 27 desta Lei, e o efeito decorrente do referido custeio pela CDE será aplicável somente às unidades consumidoras do ambiente regulado.

30/11/2022 21:41

L14300

Parágrafo único. As componentes tarifárias serão custeadas na forma do caput deste artigo, a partir de 12 (doze) meses após a data de publicação desta Lei, e serão parcialmente custeadas na forma das disposições transitórias desta Lei.

Art 26. As disposições constantes do art. 17 desta Lei não se aplicam até 31 de dezembro de 2045 para unidades beneficiárias da energia oriunda de microgeradores e minigeradores:

I – existentes na data de publicação desta Lei; ou

II – que protocolarem solicitação de acesso na distribuidora em até 12 (doze) meses contados da publicação desta Lei.

§ 1º O faturamento das unidades referidas neste artigo deve observar as seguintes regras:

I – todas as componentes tarifárias definidas nas disposições regulamentares incidem apenas sobre a diferença positiva entre o montante consumido e a soma da energia elétrica injetada no referido mês com o eventual crédito de energia elétrica acumulado em ciclos de faturamento anteriores, observado o art. 16 desta Lei;

II – o faturamento da demanda, para as unidades consumidoras com minigeração distribuída pertencentes e faturadas no Grupo A, deve:

a) ser realizado conforme as regras aplicáveis às unidades consumidoras do mesmo nível de tensão até a revisão tarifária da distribuidora subsequente à publicação desta Lei; e

b) considerar a tarifa correspondente à forma de uso do sistema de distribuição realizada pela unidade com microgeração ou minigeração distribuída, se para injetar ou consumir energia, na forma do art. 18 desta Lei, após a revisão tarifária da distribuidora subsequente à publicação desta Lei.

§ 2º As disposições deste artigo deixam de ser aplicáveis quando, 12 (doze) meses após a data de publicação desta Lei, ocorrer:

I – encerramento da relação contratual entre consumidor participante do SCEE e a concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica, exceto no caso de troca de titularidade, hipótese na qual o direito previsto no caput deste artigo continuará a ser aplicado em relação ao novo titular da unidade consumidora participante do SCEE;

II – comprovação de ocorrência de irregularidade no sistema de medição atribuível ao consumidor; ou

III – na parcela de aumento da potência instalada da microgeração ou minigeração distribuída cujo protocolo da solicitação de aumento ocorra após 12 (doze) meses após a data de publicação desta Lei.

§ 3º Os empreendimentos referidos no inciso II do caput deste artigo, além das disposições dos arts. 4º, 5º e 6º desta Lei, devem observar os seguintes prazos para dar início à injeção de energia pela central geradora, contados da data de emissão do parecer de acesso:

I – 120 (cento e vinte) dias para microgeradores distribuídos, independentemente da fonte;

II – 12 (doze) meses para minigeradores de fonte solar; ou

III – 30 (trinta) meses para minigeradores das demais fontes.

§ 4º A contagem dos prazos estabelecidos no § 3º deste artigo fica suspensa enquanto houver pendências de responsabilidade da distribuidora ou caso fortuito ou de força maior.

§ 5º Compete à distribuidora acessada implementar e verificar o cumprimento das disposições deste artigo.

6º As disposições deste artigo deixam de ser aplicáveis em caso de não cumprimento dos prazos previstos no § 3º deste artigo pelo consumidor-gerador.

Art. 27. O faturamento de energia das unidades participantes do SCEE não abrangidas pelo art. 26 desta Lei deve considerar a incidência sobre toda a energia elétrica ativa compensada dos seguintes percentuais das componentes tarifárias relativas à remuneração dos ativos do serviço de distribuição, à quota de reintegração regulatória (depreciação) dos ativos de distribuição e ao custo de operação e manutenção do serviço de distribuição:

30/11/2022 21:41

L14300

- I - 15% (quinze por cento) a partir de 2023;
- II - 30% (trinta por cento) a partir de 2024;
- III - 45% (quarenta e cinco por cento) a partir de 2025;
- IV - 60% (sessenta por cento) a partir de 2026;
- V - 75% (setenta e cinco por cento) a partir de 2027;
- VI - 90% (noventa por cento) a partir de 2028;
- VII - a regra disposta no art. 17 desta Lei a partir de 2029.

§ 1º Para as unidades de minigeração distribuída acima de 500 kW (quinhentos quilowatts) em fonte não despachável na modalidade autoconsumo remoto ou na modalidade geração compartilhada em que um único titular detenha 25% (vinte e cinco por cento) ou mais da participação do excedente de energia elétrica, o faturamento de energia das unidades participantes do SCEE deve considerar, até 2028, a incidência:

I - de 100% (cem por cento) das componentes tarifárias relativas à remuneração dos ativos do serviço de distribuição, à quota de reintegração regulatória (depreciação) dos ativos de distribuição e ao custo de operação e manutenção do serviço de distribuição;

II - de 40% (quarenta por cento) das componentes tarifárias relativas ao uso dos sistemas de transmissão da Rede Básica, ao uso dos transformadores de potência da Rede Básica com tensão inferior a 230 kV (duzentos e trinta quilovolts) e das Demais Instalações de Transmissão (DIT) compartilhadas, ao uso dos sistemas de distribuição de outras distribuidoras e à conexão às instalações de transmissão ou de distribuição;

III - de 100% (cem por cento) dos encargos Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Eficiência Energética (EE) e Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica (TFSEE); e

IV - da regra disposta no art. 17 desta Lei a partir de 2029.

§ 2º Para as unidades que protocolarem solicitação de acesso na distribuidora entre o 13º (décimo terceiro) e o 18º (décimo oitavo) mês contados da data de publicação desta Lei, a aplicação do art. 17 desta Lei dar-se-á a partir de 2031.

CAPÍTULO VII

DISPOSIÇÕES FINAIS

Art. 28. A microgeração e a minigeração distribuídas caracterizam-se como produção de energia elétrica para consumo próprio.

~~Parágrafo único. (VETADO):~~ [\(Promulgação partes vetadas\)](#)

Parágrafo único. Para fins desta Lei, os projetos de minigeração distribuída serão considerados projetos de infraestrutura de geração de energia elétrica, para o enquadramento no § 1º do art. 1º da Lei nº 11.478, de 29 de maio de 2007, e no art. 2º da Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007, e no art. 2º da Lei nº 12.431, de 24 de junho de 2011, observado que, nesse último caso, serão considerados projetos prioritários e que proporcionam benefícios ambientais e sociais relevantes.

Art. 29. Para a outorga de autorização de usinas fotovoltaicas pela Aneel destinadas ao ACL ou à autoprodução de energia elétrica, deverá ser apresentado estudo simplificado que contenha os dados de pelo menos 1 (um) ano de medição realizada por meio de medição satelital ou estação solarimétrica instalada no local do empreendimento, juntamente com o sumário de certificação de medições solarimétricas e de estimativa da produção anual de energia elétrica associada ao empreendimento, emitida por certificador independente, com base na série de dados apresentada.

Art. 30. A Aneel e as concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia elétrica, a fim de cumprir as disposições desta Lei, deverão adequar seus regulamentos, suas normas, seus procedimentos e seus processos em até 180 (cento e oitenta) dias da data de publicação desta Lei.

30/11/2022 21:41

L14300

Art. 31. Qualquer alteração de norma ou de procedimento das distribuidoras relacionada à microgeração ou minigeração distribuída ou às unidades consumidoras participantes do SCEE deverá ser publicada com prazo mínimo de 90 (noventa) dias para sua entrada em vigor.

Art. 32. A Aneel promoverá a divulgação dos custos e dos benefícios sistêmicos das centrais de microgeração e minigeração distribuída de forma a manter a transparência das informações à sociedade.

Art. 33. A [Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004](#), passa a vigorar com as seguintes alterações:

"Art. 2º

§ 5º

IV – geração distribuída.

....." (NR)

"Art. 2º-D Os montantes de energia elétrica de excedentes das concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia elétrica, em função da variação de mercado provocada pela geração distribuída, serão considerados exposição contratual involuntária."

Art. 34. O art. 26 da [Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996](#), passa a vigorar acrescido do seguinte § 1º-J:

"Art. 26.

§ 1º-J As diretrizes de que trata o § 1º-G deste artigo também são aplicáveis aos microgeradores e minigeradores distribuídos.

....." (NR)

Art. 35. Para fins desta Lei, os projetos de microgeração e minigeração distribuídas serão considerados sistemas de geração de energia renovável elegíveis para enquadramento no [inciso VI do caput](#) e no [§ 3º do art. 1º da Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000](#).

Parágrafo único. A Aneel deve garantir que as contratações de que trata o [inciso IV do § 5º do art. 2º da Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004](#), sejam feitas por processos de concorrência por meio de chamadas públicas.

Art. 36. Fica instituído o Programa de Energia Renovável Social (PERS), destinado a investimentos na instalação de sistemas fotovoltaicos e de outras fontes renováveis, na modalidade local ou remota compartilhada, aos consumidores da Subclasse Residencial Baixa Renda de que trata a [Lei nº 12.212, de 20 de janeiro de 2010](#).

§ 1º Os recursos financeiros do PERS serão oriundos do Programa de Eficiência Energética (PEE), de fontes de recursos complementares, ou ainda de parcela de Outras Receitas das atividades exercidas pelas distribuidoras convertida para a modicidade tarifária nos processos de revisão tarifária.

§ 2º A distribuidora de energia elétrica deverá apresentar plano de trabalho ao Ministério de Minas e Energia que contenha, no mínimo, o investimento plurianual, as metas de instalações dos sistemas, as justificativas para classificação do rol de beneficiados, bem como a redução do volume anual do subsídio da Tarifa Social de Energia Elétrica dos consumidores participantes do PERS.

§ 3º A distribuidora de energia elétrica promoverá chamadas públicas para credenciamento de empresas especializadas e, posteriormente, chamadas concorrenciais para contratação de serviços com o objetivo de implementar as instalações dos sistemas fotovoltaicos, locais ou remotos, ou de outras fontes renováveis.

§ 4º O consumidor participante do PERS será faturado pela distribuidora de energia elétrica com base na regra do art. 17 desta Lei, e os volumes de energia excedentes oriundos da geração nas unidades atendidas pelo PERS

30/11/2022 21:41

L14300

poderão ser adquiridos pela distribuidora, conforme regulação da Aneel.

§ 5º Caberá à Aneel adaptar as normas pertinentes, no que couber, para viabilizar a formação dos recursos estabelecidos no § 1º deste artigo e demais medidas para a operacionalização dos procedimentos estabelecidos, e realizar o acompanhamento físico e contábil do PERS.

§ 6º As contratações a que se refere o § 3º deste artigo deverão ser feitas por processos de concorrência por meio de chamadas públicas, na forma da regulamentação da Aneel.

Art. 37. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 6 de janeiro de 2022; 201º da Independência e 134º da República.

JAIR MESSIAS BOLSONARO
Marcelo Pacheco dos Guarany's
Bento Albuquerque

Este texto não substitui o publicado no DOU de 7.1.2022

*



Presidência da República
Secretaria-Geral
Subchefia para Assuntos Jurídicos

LEI Nº 14.300, DE 6 DE JANEIRO DE 2022

30/11/2022 21:41

L14300

Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu promulgo, nos termos do parágrafo 5º do art. 66 da Constituição Federal, a seguintes partes vetadas da Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022:

"Art. 11.

.....

§ 3º A vedação de que trata o § 2º deste artigo não se aplica às unidades flutuantes de geração fotovoltaica instaladas sobre a superfície de lâmina d'água de reservatórios hídricos, represas e lagos, naturais e artificiais, desde que cada unidade observe o limite máximo de potência instalada de microgeração ou minigeração distribuída, disponha de equipamentos inversores, transformadores e medidores autônomos com identificação georreferenciada específica, e tenha requerido o acesso perante a concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica da mesma área de concessão ou permissão que atenderá a unidade consumidora beneficiária da energia."

"Art. 28.

Parágrafo único. Para fins desta Lei, os projetos de minigeração distribuída serão considerados projetos de infraestrutura de geração de energia elétrica, para o enquadramento no § 1º do art. 1º da Lei nº 11.478, de 29 de maio de 2007, e no art. 2º da Lei nº 11.488, de 15 de junho de 2007, e no art. 2º da Lei nº 12.431, de 24 de junho de 2011, observado que, nesse último caso, serão considerados projetos prioritários e que proporcionam benefícios ambientais e sociais relevantes."

Brasília, 4 de agosto de 2022; 201ª da Independência e 134ª da República.

JAIR MESSIAS BOLSONARO

Este texto não substitui o publicado no DOU de 5.8.2022