



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

CÁSSIO MACIEL AMANAJÁS

ANÁLISE DA INSTALAÇÃO DE UMA PLANTA FOTOVOLTAICA EM UM
RESTAURANTE DE FORTALEZA COM USO DA TECNOLOGIA *MODULE-LEVEL*
POWER ELECTRONICS

Fortaleza

2021

CÁSSIO MACIEL AMANAJÁS

ANÁLISE DA INSTALAÇÃO DE UMA PLANTA FOTOVOLTAICA EM UM
RESTAURANTE DE FORTALEZA COM USO DA TECNOLOGIA *MODULE-LEVEL*
POWER ELECTRONICS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho

Fortaleza

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A498a Amanajás, Cássio Maciel.

Análise da instalação de uma planta fotovoltaica em um restaurante de Fortaleza com uso da tecnologia module-level power electronics / Cássio Maciel Amanajás. – 2021.
51 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho.

1. Geração FV . 2. Tecnologia MLPE. 3. SolarEdge. 4. Otimizador de potência. I. Título.

CDD 621.3

CÁSSIO MACIEL AMANAJÁS

ANÁLISE DA INSTALAÇÃO DE UMA PLANTA FOTOVOLTAICA EM UM
RESTAURANTE DE FORTALEZA COM USO DA TECNOLOGIA *MODULE-LEVEL*
POWER ELECTRONICS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho

Aprovada em: ___ / ___ / ___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Raimundo Furtado Sampaio
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Pedro Victor Oliveira Rocha
Lumos Energia Solar

À minha família,
em especial minha mãe, Marly.

Eu dedico esse trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e da cura, por ter sempre passado na frente e não deixando nenhum mal me atingir.

A minha mãe, Marly Amanajás, a pessoa com o coração mais bondoso que conheço, por todo amor, sacrifício, preocupação, ajuda e educação. Por nunca ter deixado faltar o essencial e por acreditar no meu potencial sendo minha base desde sempre.

A minha família que está no Amapá, tios, primos, que sempre me apoiaram e me incentivaram a continuar lutando.

Aos meus amigos do Amapá, Fernando, Hélio e Igor, que mesmo estando longe todos esses anos, a amizade nunca mudou, pelo contrário, se fortaleceu.

A minha namorada, Lara, minha fonte de inspiração, por todo amor, carinho, confiança, paciência e incentivo, por acreditar em mim e me apoiar nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho, pela orientação, atenção, ajuda e paciência dada a este trabalho, e principalmente por mostrar como é bom poder ensinar uma pessoa e ter o dom da docência.

Ao engenheiro Pedro Rocha e ao Prof. Dr. Raimundo Furtado Sampaio, por aceitarem o convite de participar desta banca examinadora e por todo conhecimento, atenção e profissionalismo que sempre tiveram.

Aos meus amigos de Fortaleza, Daniel Queiroz, Pedro Carrinho e William Rodrigues que durante muitos anos foram minha família aqui nessa cidade, pela confiança, parceria, pelos momentos de descontração e pela constante troca de conhecimentos.

Aos meus amigos Mitsrael e Pedro, por acreditar no sonho de poder trabalhar com energia solar no Ceará, e que apesar das dificuldades, tudo vem dando certo.

A Universidade Federal do Ceará, em especial aos professores do Departamento de Engenharia Elétrica, pela contribuição na minha formação acadêmica, mostrando a importância que o curso de engenharia elétrica tem para o Brasil e a importância das universidades públicas como um todo.

A todos, o meu muito obrigado.

“Ninguém vai bater tão forte como a vida, mas não se trata de bater forte. Se trata de quanto você aguenta apanhar e seguir em frente, o quanto você é capaz de aguentar e continuar tentando. É assim que se consegue vencer.”
(Sylvester Stallone - Rocky Balboa).

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma análise técnica da instalação de um sistema de geração fotovoltaica (FV) conectado à rede elétrica da ENEL Ceará e utilizando a tecnologia MLPE (*Module-Level Power Electronics*) – Otimizador de Potência da fabricante SolarEdge em um restaurante na cidade de Fortaleza/CE. Para a análise, o dimensionamento foi realizado levando em consideração o espaço disponível em laje de 201,2 m². Ficou decidido pelo uso da tecnologia MLPE – Otimizador de potência por conta dos benefícios tais como, melhor rendimento quando existe sombreamento parcial, perda por divergência (*mismatch*) e monitoramento individualizado por módulo. O restaurante tinha um consumo médio de 3000 kWh/mês, totalizando o consumo anual de 36000 kWh/ano. Como espaço disponível para a instalação era limitado, foi decidido pelo uso de módulos com maiores potências. O dimensionamento foi realizado no Software SolarEdge Designer, que é um programa de dimensionamento online da própria SolarEdge onde é possível fazer a modelagem completa do projeto fotovoltaico e analisar a geração FV e o detalhamento das perdas. Com base no dimensionamento, foram instalados 56 módulos FV de 400W cada da marca Canadian totalizando uma potência total de 22,4 kWp, também foram instalados 28 otimizadores de potência P110 e 1 inversor CC/CA de 27,6 kW, ambos da SolarEdge. A análise do mês de geração foi em janeiro de 2021, onde esse sistema gerou 3,37 MWh de energia elétrica. Em comparação com um sistema de mesma potência, porém utilizando um inversor tradicional Fronius 27kW, que não possui a tecnologia MLPE, foi possível identificar a diferença de geração de 21% a mais de energia gerada com a utilização de MLPE – Otimizador de Potência. Por fim, os dados são apresentados utilizando gráficos e tabelas e os resultados servem para comprovar a eficiência e o maior geração fotovoltaica (FV) em projetos que utilizam a tecnologia MLPE.

Palavras-chave: Geração FV; Tecnologia MLPE; SolarEdge, Otimizador de Potência

ABSTRACT

This work aims to present a technical analysis of the installation of a photovoltaic generation (PV) system connected to the ENEL Ceará electrical network and using the MLPE (*Module-Level Power Electronics*) - Power Optimizer technology from the manufacturer SolarEdge in a restaurant in city of Fortaleza / CE. For the analysis, the dimensioning was carried out taking into account the available space in a slab of 201.2 m². It was decided by the use of MLPE technology - Power Optimizer due to the benefits such as, better performance when there is partial shading, loss by divergence (mismatch) and individualized monitoring by module. The restaurant had an average consumption of 3000 kWh / month, totaling annual consumption of 36000 kWh / year. As the space available for the installation was limited, it was decided to use modules with greater powers. The dimensioning was carried out in the SolarEdge Designer Software, which is an online dimensioning program from SolarEdge itself where it is possible to do the complete modeling of the photovoltaic project and analyze the PV generation and the details of the losses. Based on the design, 56 400W PV modules each of the Canadian brand were installed, totaling a total power of 22.4 kWp, 28 P110 power optimizers and 1 27.6 kW DC / AC inverter were also installed, both from SolarEdge. The analysis of the month of generation was in January 2021, where this system generated 3.37 MWh of electric energy. In comparison with a system of the same power, but using a traditional Fronius 27kW inverter, which does not have MLPE technology, it was possible to identify the difference in generation of 21% more energy generated with the use of MLPE - Power Optimizer. Finally, the data are presented using graphs and tables and the results serve to prove the efficiency and the highest photovoltaic generation (PV) in projects that use MLPE technology.

Keywords: PV generation; MLPE technology; SolarEdge, Power Optimizer

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil.....	14
Figura 2 – Montagem Projeto 1,533 MWp em Cajamar – SP utilizando MLPE.	17
Figura 3 – Número de sistemas de Geração Distribuída Solar FV no Brasil por Classe de Consumo até fevereiro de 2021.	18
Figura 4 – Potência Instalada - Geração Distribuída Solar FV no Brasil por Classe de Consumo até fevereiro de 2021	19
Figura 5 - Módulos do PRODIST.	20
Figura 6 - Geração Distribuída – Ranking Estadual	23
Figura 7 – Geração Distribuída – Ranking Municipal.....	24
Figura 8 – Localização do imóvel.....	25
Figura 9 - Módulo FV Canadian 400W	28
Figura 10 - Inversor SE 27.6K - SolarEdge	30
Figura 11 - Esquemático utilizando MLPE – Otimizador de potência SolarEdge	31
Figura 12 – Comparativo MLPE SolarEdge x Inversor Tradicional String.	33
Figura 13 - Otimizador de Potência - SolarEdge.	34
Figura 14 - Plataforma de Monitoramento - SolarEdge.....	34
Figura 15 – Projeto Finalizado em dezembro de 2019.	35
Figura 16 - Geração de Energia no mês de janeiro de 2021.	36
Figura 17 - Geração de Energia de março de 2020 até fevereiro de 2021	37
Figura 18 – Monitoramento Módulo FV Individualizado.	38
Figura 19 – Monitoramento Módulo FV Individualizado, com zoom.....	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Consumo Restaurante em 2019.	26
Quadro 2 - Características elétricas do módulo FV Canadian 400w.	27
Quadro 3– Características de temperatura do módulo FV Canadian 400W.	27
Quadro 4 - Características físicas do módulo FV Canadian 400W.	28
Quadro 5 - Características elétricas da entrada CC e proteção do INVERSOR SE 27.6K - SolarEdge.	29
Quadro 6 - Características elétricas de saída CA e proteção CA do INVERSOR SE 27.6K - SolarEdge.	30
Quadro 7 – Características elétricas do Otimizador de Potência P1100 - SolarEdge.	33
Quadro 8 - Geração PVSYST – PROJETO SEM OTIMIZADOR DE POTÊNCIA.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Forma de conexão Enel Distribuição Ceará.	21
Tabela 2 - Requisitos Mínimos em Função da Potência Instalada.	21
Tabela 3 - Ajustes de sobretensão e subtensão - BT.....	22
Tabela 4 - Ajustes de sobrefrequência e subfrequência.....	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa	15
1.2 Objetivo.....	15
1.3 Estrutura do Trabalho.....	15
2 ENERGIA SOLAR.....	16
2.1 Contextualização	16
2.2 Histórico da geração FV no Brasil e no Ceará.....	17
3 METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DO PROJETO DE MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM TECNOLOGIA MLPE.....	25
3.1 Considerações iniciais.....	25
3.2 Módulo FB Canadian 400W	26
3.3 Inversor CC/CA – SolarEdge.....	28
3.4 Tecnologia MLPE – Otimizador de Potência - SolarEdge	31
4 RESULTADOS.....	35
5 CONCLUSÃO	40
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

O início da utilização da geração FV teve como fator importante a corrida espacial entre Estados Unidos da América (EUA) e a União Soviética (URSS), em que esses dois países estavam travando uma “guerra fria” para garantir a supremacia na exploração da tecnologia espacial, pois no pensamento da época, se era possível enviar um homem à lua, também era possível controlar toda a economia mundial. A célula fotovoltaica era a opção mais leve e barata para alimentar os equipamentos espaciais que necessitam energia por um longo período, fazendo com que o investimento na pesquisa FV fosse aumentando. (MOEHLECKE et. al., 2014).

Segundo dados da *International Renewable Energy Agency* (IRENA), em 2020, a China ocupava o 1º lugar do mundo em potência instalada, tendo produção cerca de 3 vezes maior que os Estados Unidos – segundo país no *ranking*. O Quadro 1, a seguir, detalha os principais países produtores de geração FV, de acordo com suas potências instaladas, no qual se destacam países do Oriente Médio e da Europa.

Quadro 1 - Maiores Potências Instaladas no ano de 2020.

Ranking	PAÍS	Potência Instalada (MW)
1º	China	254.354,80
2º	Estados Unidos	75.751,70
3º	Japão	66.999,94
4º	Alemanha	53.783,00
5º	Índia	39.211,15
6º	Itália	21.600,34
7º	Austrália	17.627,00
8º	Vietnam	16.504,49
9º	Coreia do Sul	14.574,79
10º	Espanha	14.083,18

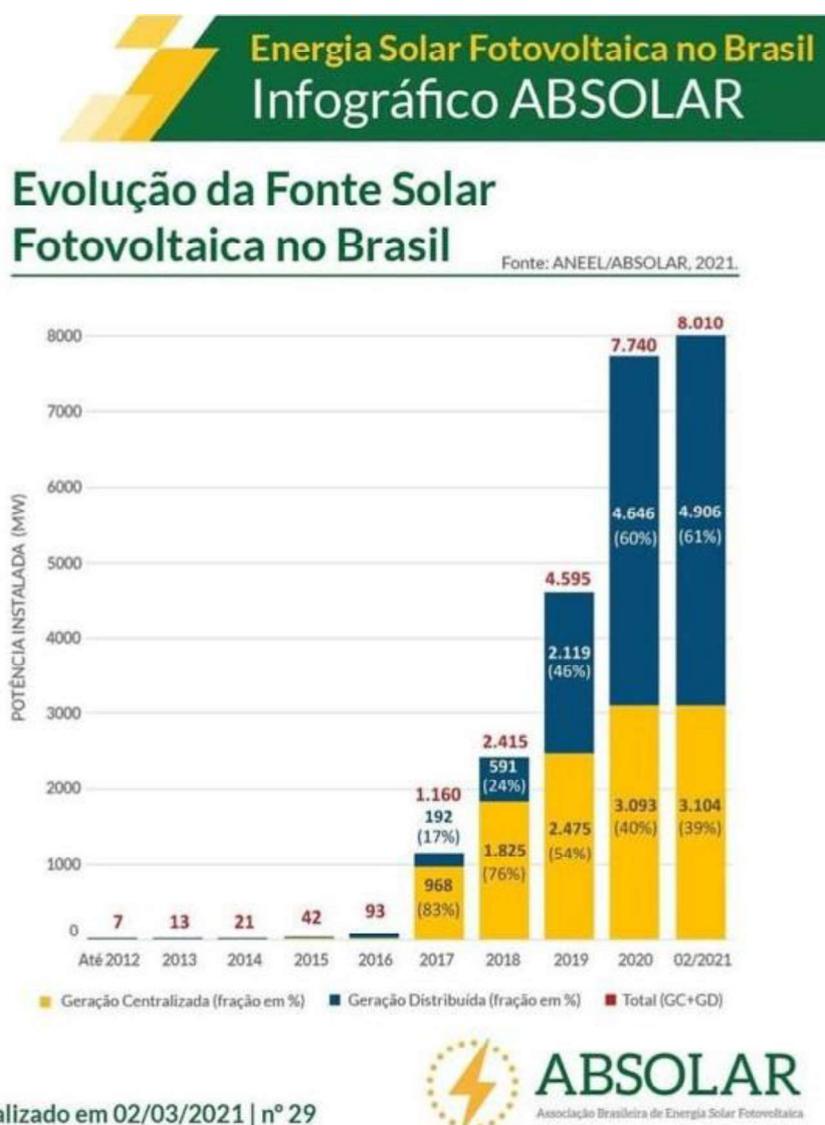
Fonte: Adaptado de IRENA (2020).

Atualmente, a Resolução 687/2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que modificou a Resolução 482/2012, a qual permitiu que o consumidor produzisse sua própria energia por meio de fontes renováveis, é a mais importante normativa no cenário de geração distribuída no Brasil. O mercado de energia solar é um dos setores da economia brasileira que mais vem crescendo nos últimos 5 anos, sendo possível identificar que está ficando cada vez mais viável a utilização de energia solar fotovoltaica em casas e empresas.

No Brasil, a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) foi fundada em 2013, e se trata de uma entidade nacional, sem fins lucrativos, que reúne empresas de toda a cadeia de valor do setor solar fotovoltaico (FV) com operações no Brasil.

Segundo a ABSOLAR, o Brasil ultrapassou a marca histórica de 8 gigawatts (GW) de potência operacional da fonte solar fotovoltaica. Os dados consideram as usinas de grande porte, chamadas de geração centralizada, e os sistemas de menor potências, instaladas em telhados e terrenos, chamados de geração distribuída. A Figura 1 mostra a Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil no decorrer dos anos até fevereiro de 2021.

Figura 1 - Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil



Fonte: Adaptado ABSOLAR (2021)

1.1 Justificativa

As principais dificuldades encontradas nos projetos e execução de usinas de geração FV são o pouco espaço disponível em telhados, sombreamento por construções ao redor e poluição das grandes cidades. Por isso, tem-se estudado novas formas de diminuição das perdas de geração. Dentre elas, a utilização da tecnologia MLPE, que vem crescendo no Brasil e no mundo, traz os benefícios de maior facilidade de implantação de módulos em orientações distintas e monitoramento módulo a módulo. O MLPE é dividido em dois tipos de equipamentos: (i) Micro inversores e (ii) otimizadores de potência.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise sobre a instalação de um projeto de geração FV utilizando a tecnologia MLPE (*Module-Level Power Electronics*) na cidade de Fortaleza – Ceará.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Analise técnica da geração FV do sistema com MPLE;
- Comparar a geração FV de um projeto com inversor tradicional *string* e um projeto com tecnologia MPLE; e
- Discutir as vantagens e desvantagens do uso de MLPE em projetos de geração FV.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está dividido em 6 capítulos, descritos da seguinte forma:

Capítulo 1 – Introdução, no qual é mostrada uma breve introdução ao tema, objetivos, justificativa e estrutura do trabalho.

Capítulo 2 – É apresentado um resumo sobre o cenário tecnológico da energia solar no Brasil e no Ceará.

Capítulo 3 – É apresentado um estudo de caso sobre a instalação de um sistema de geração FV utilizando MLPE, sua metodologia e suas etapas.

Capítulo 4 – É apresentado os resultados obtidos sobre o projeto desenvolvido e uma comparação com outro sistema de geração FV sem MLPE.

Capítulo 5 – É apresentado as conclusões do trabalho.

Capítulo 6 – Referências bibliográficas são apresentadas nesse capítulo.

2 ENERGIA SOLAR

2.1 Contextualização

Atualmente, no âmbito da relação entre ciência, tecnologia e sociedade há diversas temáticas de interesse globalizado. A busca pelo crescimento econômico e desenvolvimento sustentável, a preservação do meio ambiente, expansão do uso energias renováveis e mudanças climáticas são algumas agendas desafiadoras da sociedade do século XXI (PAO; FU, 2013).

A geração FV em uma determinada região ou através da geração distribuída (GD) vem sendo vista como uma das soluções diante do cenário da necessidade de mais geração de energia elétrica no Brasil.

Essa produção de eletricidade, ocorre devido ao processo de conversão de energia solar em energia elétrica, a qual pode ser realizada de duas formas: (i) por um sistema termo solar ou (ii) por células fotovoltaicas.

Falando mais especificamente em células fotovoltaicas, a geração de eletricidade através delas é devido ao efeito fotoelétrico. Em 1839, o físico francês Edmund Bequerel foi a primeira pessoa a entender esse fenômeno, quando percebeu que pequenos matérias conseguiam gerar correntes elétricas ao serem expostos a luz. Porém, foi apenas em 1905 em que Einstein conseguiu entender e explicar esse efeito, além da natureza da luz. Einstein veio a ganhar o Prêmio Nobel com isso. (MOEHLECKE et. al., 2014).

As células fotovoltaicas são formadas por compostos semicondutores que devem apresentar um elevado grau de pureza. O semicondutor que atualmente é o mais utilizado é o silício, que é caracterizado por possuir quatro elétrons em sua ligação, ou seja, é tetravalente.

Existe uma diversa tecnologia usada na fabricação das células fotovoltaicas, tais como silício monocristalino (mono-c-Si) e silício policristalino (poli-c-Si). O silício monocristalino (mono-c-Si) é a tecnologia mais antiga e também a mais caras, por possuir uma maior eficiência, que varia entre 15% e 22%. (PORTALSOLAR, 2012).

O uso da tecnologia MLPE vem crescendo cada vez mais no Brasil, e na cidade de Cajamar – São Paulo está localizado o maior sistema de geração FV com tecnologia MLPE do país, com 1,533 MWp. O projeto está sendo instalado em um telhado na cidade de Cajamar (SP), como é possível ver na Figura 2 e será composto de 4200 mil módulos Canadian de 365 W, 2100 mil otimizadores de potência e 12 inversores SolarEdge de 100 kW operando em 480/277 V, conectados à rede de 13,8 kV da Enel SP por meio de um transformador dedicado de 1,5 MVA. (CANAL SOLAR, 2021).

Figura 2 – Montagem Projeto 1,533 MWp em Cajamar – SP utilizando MLPE.



Fonte: Canal Solar (2021).

2.2 Histórico da geração FV no Brasil e no Ceará

O número sistemas conectados à rede (ON-GRID) vêm crescendo nos últimos anos no Brasil, de acordo com a ABSOLAR, até fevereiro de 2021, o Brasil tinha instalado 8.010 MW de potência em projetos fotovoltaicos, sendo 4.906 MW em projetos de geração distribuída e 3.104 MW em geração centralizada. (ABSOLAR, 2021).

Em 2012, Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) publicou a Resolução Normativa (RN) n° 482/2012 que estabeleceu as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e com isso os consumidores de baixa e média tensão puderam entrar no sistema de compensação de energia.

Sendo assim, qualquer consumidor brasileiro poderia gerar sua própria energia através de fontes renováveis como o sol, a energia produzida seria consumida de forma imediata na unidade geradora e o excedente seria injetado na rede da concessionária para abatimento no horário que não houvesse geração ou em outra unidade consumidora de mesma titularidade (CPF ou CNPJ) e dentro da mesma área de concessão. Com a Resolução 482/2012, o número de projetos de geração de energia solar fotovoltaica cresceu de forma exponencial. A Figura 3 apresenta os números acumulados de sistemas até fevereiro de 2021 e divididos por classe de consumo.

Figura 3 – Número de sistemas de Geração Distribuída Solar FV no Brasil por Classe de Consumo até fevereiro de 2021.



É possível notar a partir dos dados informados na Figura 3 que 74,0% do número de sistemas FV instalados no Brasil corresponde a projetos residenciais, um número quase 5 vezes maior que o número de sistemas em comércios e serviços, que corresponde a 16,3% do total de sistemas FV no Brasil.

A Figura 4 apresenta a potência instalada, ambos até fevereiro de 2021 e divididos por classe de consumo.

Figura 4 – Potência Instalada - Geração Distribuída Solar FV no Brasil por Classe de Consumo até fevereiro de 2021



Fonte: Adaptado de ANEEL/ABSOLAR (2021).

Na Figura 4 é possível observar que o número de potência instalada em projetos comerciais é similar ao número de potência instalada em projetos residenciais. Em comparação com a Figura 3 é possível entender que apesar do número de sistemas em residências instaladas ser maior que a quantidade instalada em sistemas FV comerciais, a potência unitária dos sistemas FV comerciais é maior que os sistemas FV residenciais.

Em 2015, a RN n° 482/2012 foi atualizada pela RN n° 687/2015, o que trouxe melhorias no seu texto e novas vantagens para os consumidores que optassem por aderir ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica. A RN n° 687/2015 é definida como:

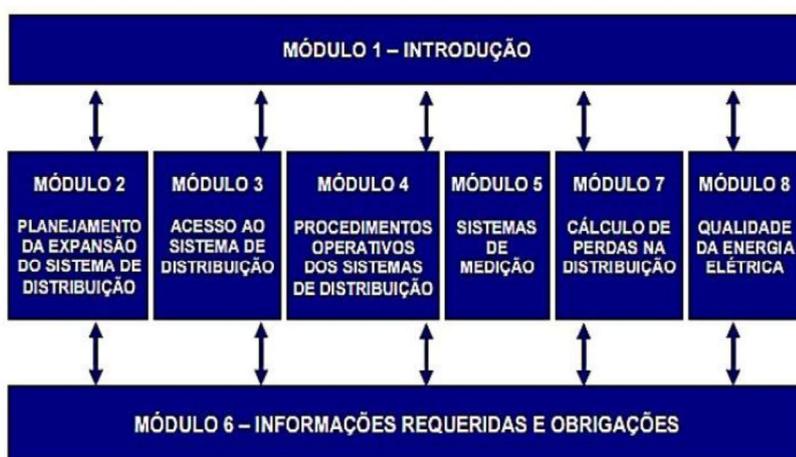
Microgeração, quando central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (Resolução Normativa n° 687/2015).

Minigeração, quando central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (Resolução Normativa n° 687/2015).

Os procedimentos de acesso da minigeração distribuída participante do Sistema de Compensação de Energia Elétrica à rede de distribuição de energia são determinados pela seção 3.7 do módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) da ANEEL. Os Procedimentos de distribuição foram elaborados pela ANEEL, com o objetivo de buscar garantir uma segurança, eficiência e qualidade dos sistemas elétricos. este documento funciona como um canal de informações entre os agentes setoriais, ao regular os procedimentos técnicos nas atividades de planejamento de expansão, na operação dos sistemas de distribuição, de medição e de qualidade da energia elétrica.

O PRODIST é composto por oito módulos, sendo seis técnicos e dois integrantes, como mostra a Figura 5. Há também um nono módulo, que foi criado em 2012, que trata do ressarcimento de danos elétricos.

Figura 5 - Módulos do PRODIST.



Fonte: ANEEL/PRODIST (2012).

Com o objetivo de estabelecer as condições de acesso e definir critérios técnicos, operacionais e requisitos de projetos aplicáveis à conexão de micro e minigeração distribuída no seu sistema Elétrico, para os agentes de geração, projetistas e seus profissionais, a ENEL CEARÁ, única concessionária que detém a concessão para distribuir energia elétrica no estado do Ceará, elaborou a norma técnica CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR.

Os projetos a serem instalados no Ceará, devem seguir as formas de conexão mencionadas na norma CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR. A potência instalada da microgeração e da minigeração distribuída fica limitada à potência disponibilizada para a unidade consumidora onde a central geradora será conectada, nos termos do inciso LX, art. 2º da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010. (CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR, 2018).

A forma de conexão é definida de acordo com o valor da potência disponibilizada para a unidade consumidora e características dos equipamentos elétricos existentes na unidade consumidora, conforme estabelecido nas normas de fornecimento de energia e de forma resumida na Tabela 1. (CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR, 2018).

Tabela 1 – Critério para conexão de micro e minigeração à rede elétrica da Enel Distribuição Ceará.

Potência Disponibilizada (kW)	Tensão Nominal (V)	Sistema Elétrico
≤ 10	220	Baixa Tensão (monofásico)
> 10 e ≤ 20	380	Baixa Tensão (bifásico)
> 20 e ≤ 75	380	Baixa Tensão (trifásico)
> 75 e ≤ 5000 ⁽¹⁾	13800 / 69000	Média Tensão / Alta Tensão

Fonte: CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR (2018).

As proteções dos sistemas instalados nas unidades consumidoras devem seguir os requisitos mínimos de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Requisitos Mínimos em Função da Potência Instalada.

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

Fonte: CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR (2018).

Na norma da ENEL Ceará, são exigidas algumas proteções de acordo com a potência de geração instalada. Para unidades com potências inferiores a 75 kW, as proteções exigidas são subtensão, sobretensão, subfrequência, sobrefrequência e antiilhamento. As proteções ser

implementadas através de relés ou diretamente no inversor de frequência. A Tabela 3 traz as faixas de ajuste de tensão com os tempos de desconexão necessários em caso de subtensão ou sobretensão.

Tabela 3 - Ajustes de sobretensão e subtensão - BT.

Faixa de tensão no ponto de conexão (V)	Tempo de desconexão (s)
$TL > 231$	0,2
$191 \leq TL \leq 231$	Operação Normal
$TL < 191$	0,4
NOTA: TL –Tensão de Leitura.	

Fonte: CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR (2018).

A Tabela 4 traz os tempos de desconexão para variações da frequência da rede.

Tabela 4 - Ajustes de sobrefrequência e subfrequência

Faixa de frequência no ponto de conexão (Hz)	Tempo de Desconexão (s)
$f \leq 56,5$	Instantâneo
$56,5 < f \leq 57,5$	5
$57,5 < f \leq 58,5$	10
$59,9 \leq f \leq 60,1$	Operação Normal
$62 \leq f \leq 63,5$	30
$63,5 \leq f < 66$	10
$f \geq 66$	Instantâneo

Fonte: CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR (2018).

O sistema de geração distribuída deve desconectar-se e interromper a injeção de energia à rede de distribuição da ENEL em até 2 (dois) segundos após a interrupção do fornecimento de energia. A reconexão do sistema de geração distribuída somente é permitida após 180 (cento e oitenta) segundos de condições normais de operação de tensão e frequência do sistema elétrico da ENEL. Esse procedimento se chama anti-ilhamento e todo inversor que for instalado deve ter esse sistema de proteção de fábrica.

O estado do Ceará é um dos estados brasileiros mais promissores no crescimento e desenvolvimento da energia solar fotovoltaica. Nos últimos anos, o número de empresas que trabalham com projetos fotovoltaicos vem crescendo e consequentemente o número de projetos conectados à rede da Enel Ceará vem crescendo também. Segundo o infográfico de março de 2021 da ABSOLAR, o estado do Ceará é o primeiro estado do norte e nordeste em potência instalada, com 170,9 MW e o nono no Brasil. A cidade de Fortaleza é a sexta cidade no Brasil em potência instalada de energia solar 43,1 MW e a primeira cidade no norte e nordeste em potência instalada. As Figuras 6 e 7 mostram com mais detalhes o ranking nacional de potência instalada em energia solar fotovoltaica.

Figura 6 - Geração Distribuída – Ranking Estadual



Atualizado em 02/03/2021 | nº 29



Fonte: ABSOLAR (2021).

Figura 7 – Geração Distribuída – Ranking Municipal.



Fonte: ABSOLAR (2021).

No ano de 2020, o crescimento da geração FV no estado do Ceará foi de mais de 130%, esse crescimento é devido ao fato dos custos para se instalar energia solar estar em caindo com o passar dos anos. Para dimensionar um projeto para uma residência que tem um consumo de 500 kWh/mês, que corresponde em Fortaleza há uma conta de energia de aproximadamente R\$ 600,00 tem um custo estimado entre R\$ 15 mil e R\$ 20 mil, que geraria um *payback* de aproximadamente 4 a 5 anos o que torna o investimento viável para o cliente final. (G1 GLOBO, 2020).

3 METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO DO PROJETO DE MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM TECNOLOGIA MLPE

3.1 Considerações iniciais

Este capítulo tem o objetivo de apresentar a tecnologia MPLE SolarEdge – Otimizador de Potência e seu funcionamento e as etapas de dimensionamento do projeto de um microgerador fotovoltaico, com potência nominal de 22,4 kWp, resultado da soma de 56 módulos FV da marca CANADIAN de 400 Wp, destinado a suprir a demanda de um restaurante em Fortaleza, Ceará, conectado à rede da ENEL CE.

O projeto executado fica localizado na Rua Gustavo Sampaio, 1151, bairro Parquelândia, em Fortaleza, Ceará. A Figura 8 mostrar a localização do empreendimento. O imóvel está demarcado com a linha amarela.

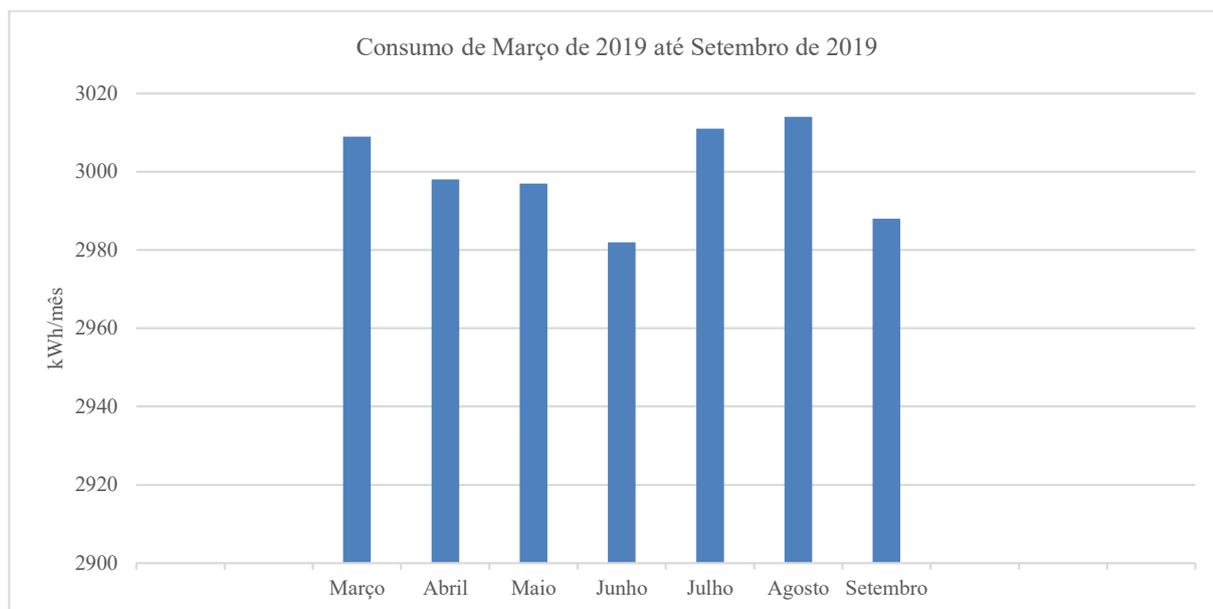
Figura 8 – Localização do imóvel.



Fonte: Google (2021).

O projeto foi planejado para gerar 3000 kWh/mês, que é a energia média necessária para suprir o consumo do estabelecimento de acordo com os dados de consumo de energia do restaurante do período de março de 2019 (inauguração) até setembro de 2019 (início do projeto FV), conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Consumo Restaurante em 2019.



Fonte: Adaptado Fatura Enel.

As coordenadas de localização do empreendimento são:

Latitude: -3.735229°

Longitude: -38.554970°

Os dados obtidos da fatura de energia elétrica mostram que a unidade consumidora pertence ao Grupo B, classe B-1 Residencial, na qual a tarifa é de aproximadamente R\$ 0,79.

As placas fotovoltaicas foram instaladas nas duas lajes do restaurante, as quais se situam em níveis diferentes e não possuem as mesmas dimensões. A escolha pelo uso do MLPE – Otimizador de potência foi devido ao fato dos módulos ficarem em orientações diferentes e também por conta do sombreamento em parte da laje inferior, o que causaria uma perda na geração.

Os *datasheets* do módulo FV Canadian 400W, Inversor SolarEdge 27.6 kW e Otimizador de potência P1100 estão nos Anexos A, B e C, respectivamente.

3.2 Módulo FV Canadian 400W

Um dos principais itens em um projeto de geração fotovoltaica é o módulo FV. Este é o elemento responsável por transformar a energia luminosa do Sol em energia elétrica CC (corrente contínua). Para este projeto foi especificado um módulo constituído por 144 células

de silício policristalino da marca Canadian, modelo HiKu SUPER HIGH POWER POLY PERC MODULE – CS3W-400, com potência unitária de 400W.

O Quadro 2 apresenta as principais características elétricas do módulo FV selecionado para este projeto nas Condições Padrão de Teste (STC).

Quadro 2 - Características elétricas do módulo FV Canadian 400w.

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (STC)		
Potência Max. Nominal	P _{max}	400 W _p
Tensão no ponto de Max. Potência	V _{mp}	38.7 V
Corrente no ponto de Max. Potência	I _{mp}	10.34 A
Tensão de circuito aberto	V _{oc}	47.2 V
Corrente de circuito aberto	I _{sc}	10.90 A
Eficiência do módulo	η	18.11 %

Fonte: Adaptado de Canadian (2018).

O Quadro 3 apresenta as características de temperatura, ou seja, o comportamento das variáveis elétricas do módulo quando a temperatura da célula é diferente de 25 °C.

Quadro 3– Características de temperatura do módulo FV Canadian 400W.

CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA		
Coefficiente de temperatura da Potência	P _{max}	- 0.37 % / °C
Coefficiente de temperatura da tensão de circuito aberto	V _{oc}	- 0.29 % / °C
Coefficiente de temperatura da corrente de curto circuito	I _{sc}	0.05 % / °C
Temperatura nominal de operação do módulo		42 ± 3°C

Fonte: Adaptado de Canadian (2018).

Percebe-se no Quadro 3 que os coeficientes de temperatura de tensão (V_{oc}) e de potência (P_{max}) tem valores negativos. Ou seja, significa que cada uma destas variáveis citadas tem seus valores reduzidos nestas taxas quando a temperatura da célula ultrapassa positivamente os 25 °C.

E o Quadro 4 apresenta as suas características físicas do módulo FV.

Quadro 4 - Características físicas do módulo FV Canadian 400W.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
Altura	2.108	m
Comprimento	1.048	m
Peso	24.9	Kg
Cabo	4	mm ²
Comprimento do cabo	500	mm

Fonte: Adaptado de Canadian (2018).

A Figura 9 mostra o módulo FV Canadian 400W.

Figura 9 - Módulo FV Canadian 400W



Fonte: Canadian (2018).

O *datasheet* com as informações completas sobre o módulo FV Canadian 400W está no Anexo A.

3.3 Inversor CC/CA – SolarEdge

O inversor é responsável por receber toda a energia em corrente contínua vinda dos conjuntos de módulos FV e a transforma em corrente alternada e adequar as características elétricas da energia convertida, como tensão e frequência, aos níveis da rede elétrica. O inversor escolhido para esse projeto foi o modelo SE27.6K, da marca SolarEdge.

O inversor trifásico SolarEdge combina sofisticada tecnologia de controle digital com arquitetura de conversão de energia eficiente para obter captação de energia solar superior e a melhor confiabilidade da categoria.

A tecnologia de tensão fixa garante que o inversor esteja sempre operando na sua melhor tensão de entrada, independentemente do número de módulos na *string* ou das condições ambientais.

Um receptor de monitoramento de dados patenteado foi integrado ao inversor e agrega dados do rendimento do otimizador de potência de cada módulo FV. Estes dados podem ser transmitidos para a web e acessados via plataforma de monitoramento SolarEdge para análise do rendimento, detecção de falhas e solução de problemas dos sistemas FV. (SolarEdge, 2021)

O Quadro 5 mostra as características elétricas e as proteções de entrada de corrente contínua do inversor SE 27.6K – SolarEdge.

Quadro 5 - Características elétricas da entrada CC e proteção do INVERSOR SE 27.6K - SolarEdge.

ENTRADA CC		
Máxima Potência-Pico (STC)	35640 @ 380 / 220	W
Máxima Tensão de Entrada	900 @ 380/220	Vdc
Tensão Nominal de Entrada	750 @ 380/220	Vdc
Proteção contra Inversão Polaridade	Sim	
Máxima Eficiência do Inversor	98	%
Detecção de Falha de Isolamento à Terra	700kΩ Sensibilidade	kΩ
PROTEÇÃO CC		
Seccionadora CC - 2 Polos	1000V / 40A	
DPS CC	DPS Classe 2	
Inversão de polaridade	Sim	
Monitor de falha de isolamento	Sim	
Proteção anti-ilhamento	Sim	

Fonte: Adaptado de SolarEdge (2019).

O Quadro 6 mostra as características elétricas e as proteções de saída de corrente alternada do inversor SE 27.6K – SolarEdge.

Quadro 6 - Características elétricas de saída CA e proteção CA do INVERSOR SE 27.6K - SolarEdge

SAÍDA CA		
Potência Máxima	26400 @ 380/220	VA
Tensão Nominal (FF/FN)	380 / 220	Vac
Faixa de Tensão (FF/FN)	323 - 437 / 187 - 253	Vac
Máxima Corrente Injetada (por fase)	40	A
Frequência Nominal	60 ± 5	Hz
Redes Trifásicas Compatíveis	3 / N / PE (WYE com Neutro)	V
PROTEÇÃO DE SAÍDA CA		
DISJUNTOR 3P	43A	
DPS CA	DPS 275VCA - 45KA	
Inversão de polaridade	Sim	
Monitor de falha de isolamento	Sim	
Proteção anti-ilhamento	Sim	

Fonte: Adaptado de SolarEdge (2019).

A Figura 10 mostra o inversor SE 27.6K – Solar Edge usado no projeto.

Figura 10 - Inversor SE 27.6K - SolarEdge



Fonte: SolarEdge (2019).

O *datasheet* com as informações completas sobre o INVERSOR SE 27.6K – SolarEdge está no Anexo B.

3.4 Tecnologia MLPE – Otimizador de Potência - SolarEdge

A ideia dos otimizadores de potência foi originalmente proposta na Conferência Anual de 2004 da IEEE Industrial Electronics Society e posteriormente publicada no IEEE Transactions on Industrial Electronics. No entanto, a eficiência relatada não foi alta o suficiente para ser usada na prática. (WEIDONG XIAO, 2017).

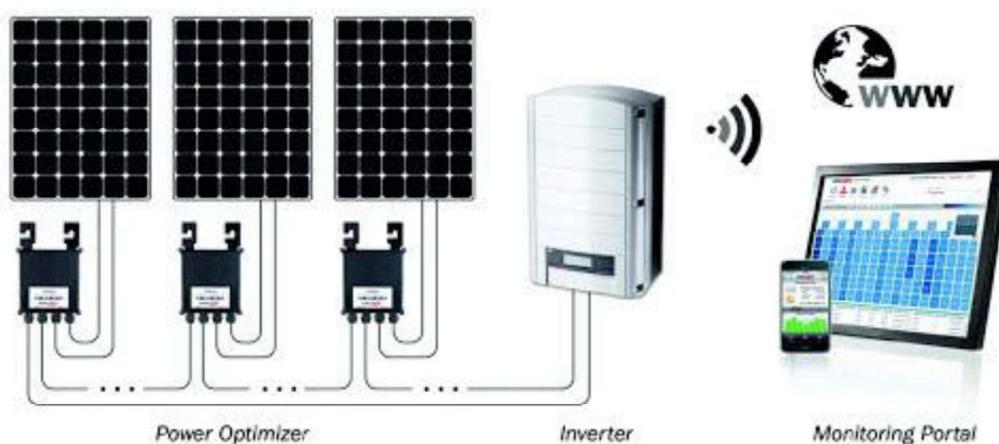
Em 2006, a SolarEdge, empresa que foi fundada no mesmo ano de 2006 com sede em Israel, inventou uma solução de inversor inteligente com otimizador CC que mudou a forma como a energia é coletada e gerenciada em sistemas fotovoltaicos. (SolarEdge, 2017)

O otimizador de potência SolarEdge é um conversor de CC-CC que é conectado cada módulo, tornando-os painéis solares inteligentes. Os otimizadores de potência SolarEdge aumentam a produção de energia dos sistemas fotovoltaicos rastreando constantemente o ponto de potência máxima (MPPT) de cada módulo. (SolarEdge, 2021)

O MPPT a nível de módulo permite projetos de instalações flexíveis com múltiplas orientações, inclinações e módulos com diferentes potência-pico na mesma *string*. Operando com os inversores SolarEdge, os otimizadores de potência mantêm a tensão fixa da *string* automaticamente, permitindo aos instaladores maior flexibilidade com *strings* mais longas e de comprimentos variáveis para projetar sistemas fotovoltaicos mais eficientes. (SolarEdge, 2021)

A Figura 11 mostra um exemplo de esquema de ligação de um projeto fotovoltaico usando o otimizador de potência.

Figura 11 - Esquemático utilizando MLPE – Otimizador de potência SolarEdge



Fonte: SolarEdge (2021).

A escolha do uso do MLPE - otimizador de potência veio devido ao fato de ser uma das mais recentes tecnologias em uso no mercado de energia solar. O otimizador de potência traz diversas vantagens no projeto, tais como melhor rendimento quando existe sombreamento parcial, perda por divergência (mismatch) e monitoramento individualizado por módulo.

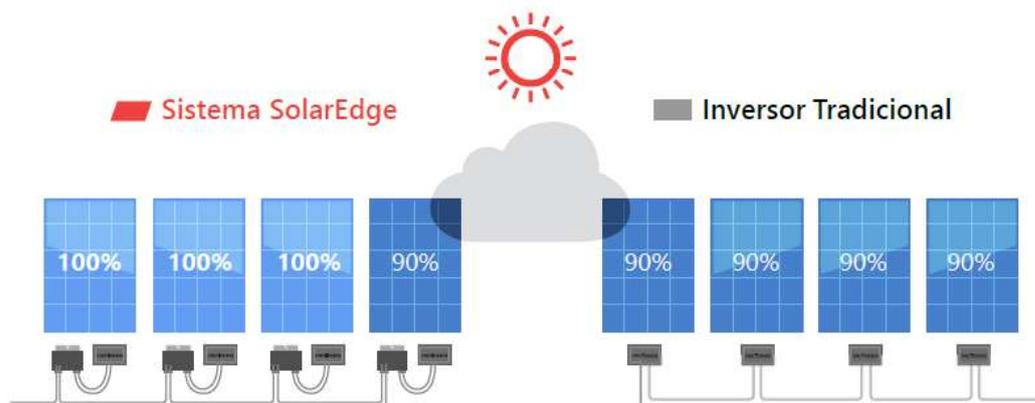
Dentre as maiores vantagens que temos ao utilizar a tecnologia MLPE é possível citar:

- Rastreamento do Ponto de Potência Máxima (MPPT) a nível de módulo, com MPPT a cada dois módulos com os otimizadores de potência comerciais.
- Eficiência superior (eficiência máxima de 99,5%, eficiência ponderada de 98,8%).
- Reduz as perdas devido ao mismatch dos módulos, desde tolerância de fabricação, sombreamento parcial e envelhecimento do módulo.
- Medição avançada do rendimento em tempo real
- Desligamento automático da tensão CC do módulo para segurança dos instaladores e bombeiros.
- Conectado pelos instaladores aos módulos C-Si, filme fino e de alta corrente (incluindo os bifaciais).

Porém, temos como principal desvantagem no uso de MPLE o custo dos equipamentos. Os sistemas de geração FV com otimizadores de potência são mais caros que os sistemas FV que usam inversores tradicionais, em média o custo de um kit gerador FV com MPLE fica em R\$ 3.500,00/kWp enquanto um kit gerador FV tradicional o custo médio é de R\$ 3.000,00/kWp, no entanto esse custo apesar de ser maior é compensado pela diminuição das perdas de geração e conseqüentemente uma maior eletricidade gerada e uma maior economia ao consumidor final.

Podemos ver na Figura 12 um exemplo de como cada módulo FV produz energia máxima e as perdas por "mismatch" são eliminadas, com uma comparação entre um sistema com inversor tradicional *string* e outro com sistema MLPE SolarEdge – Otimizador de potência.

Figura 12 – Comparativo MLPE SolarEdge x Inversor Tradicional *String*.



Fonte: SolarEdge (2021).

Como foi possível notar, no exemplo com inversor tradicional *string*, a sombra causada na primeira placa fotovoltaica causa perdas de geração em toda a *string*, ou seja, o rendimento cai por completo. Porém no sistema com MLPE - Otimizador de potência, a mesma sombra no primeiro módulo FV causa perda de geração apenas nessa placa, preservando o restante da *string*, fazendo com que as perdas do sistema como um todo sejam bem menores.

O otimizador de potência utilizado no projeto foi o otimizador SolarEdge P1100. O Quadro 7 mostra as características do otimizador SolarEdge P1100.

Quadro 7 – Características elétricas do Otimizador de Potência P1100 - SolarEdge.

OTIMIZADOR DE POTÊNCIA P1100		
Potência Nominal CC	1100	W
Máxima Tensão Absoluta de Entrada	125	Vcc
Faixa de Tensão do MPPT	12.5 - 105	Vcc
Máxima Corrente De Curto-Circuito por Entrada (Isc)	14	Acc
Eficiência Máxima	99.5	%
Potência Máxima por <i>String</i>	12750	W

Fonte: Adaptado de SolarEdge (2019).

A Figura 13 mostra o Otimizador de Potência – Solar Edge usado no projeto.

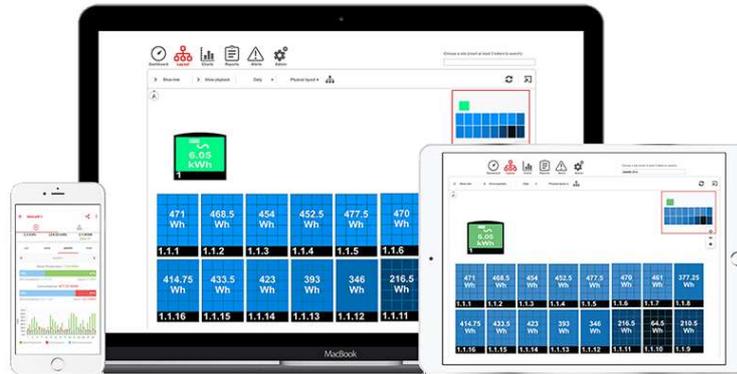
Figura 13 - Otimizador de Potência - SolarEdge.



Fonte: SolarEdge (2019).

A plataforma de monitoramento fornece monitoramento da geração do sistema fotovoltaico e faz a detecção imediata de falhas e alertas a nível de módulo, da *string* e do sistema como um todo. Os sensores de monitoramento e transmissores estão integrados ao otimizador de potência SolarEdge e inversor solar. A Figura 14 traz um exemplo da plataforma de monitoramento da SolarEdge.

Figura 14 - Plataforma de Monitoramento - SolarEdge.



Fonte: SolarEdge (2019).

4 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentadas as imagens do projeto finalizado, o resultado mensal da geração de energia e um comparativo mensal com uma simulação realizada no software PVsyst utilizando um inversor tradicional *string*.

A Figura 15 mostra o projeto finalizado em dezembro de 2019.

Figura 15 – Projeto Finalizado em dezembro de 2019.



Fonte: Próprio autor.

Os resultados analisados consideraram os dados de monitoramento do sistema referente ao mês de janeiro de 2021, representados na Figura 16. O sistema de monitoramento pode identificar a produção individualizada de cada módulo FV devido a cada um deles estar conectado a um otimizador de potência, com isso é possível identificar possíveis perdas de geração, além de fazer com que as outras placas da *string* não sejam afetadas por essas perdas.

Figura 16 - Geração de Energia no mês de janeiro de 2021.



Fonte: Software Monitoramento SolarEdge.

No mês de janeiro de 2021, a eletricidade gerada foi de 3,37 MWh, um valor maior do que a média necessário para o estabelecimento que era de 3,00 MWh/mês.

A Figura 17 mostra a eletricidade gerada pelo sistema FV no período de março de 2020 até fevereiro de 2021, sendo a geração total nesse período de 36,23 MWh ou seja, uma média de 3.019 kWh/mês.

Figura 17 - Geração de Energia de março de 2020 até fevereiro de 2021



Fonte: Software Monitoramento SolarEdge

As Figuras 18 e 19 mostram o monitoramento individual por módulo FV, sendo possível comparar a geração de cada módulo FV de uma forma independente, o que torna o sistema eficiente em casos de sinistro, pois permite identificar remotamente qual módulo está defeituoso. Sem que haja a necessidade de fazer testes em todos os módulos no local até achar o módulo com defeito.

Essa simulação nos permitiu comparar a geração de um projeto com MLPE e outro projeto sem essa tecnologia. A simulação considerou todos os parâmetros do projeto original instalado com MLPE, excluindo apenas o otimizador de potência.

O Quadro 8 mostra a simulação da geração de energia através do software PVSyst.

Quadro 8 - Geração PVSYST – PROJETO SEM OTIMIZADOR DE POTÊNCIA

Geração - PVSYST		
Janeiro	2,69	MWh
Fevereiro	2,38	MWh
Março	2,35	MWh
Abril	1,85	MWh
Maio	2,27	MWh
Junho	2,65	MWh
Julho	2,82	MWh
Agosto	3,01	MWh
Setembro	3,05	MWh
Outubro	3,07	MWh
Novembro	3,12	MWh
Dezembro	3,11	MWh
TOTAL	32,37	MWh
Média Mensal	2,6975	MWh

Fonte: Adaptado PVSYST.

Comparando a geração média mensal do projeto FV com MLPE no valor de 3,019 MWh, com o valor da simulação do Pvsyst para o projeto sem MLPE que foi no valor de 2,69 MWh, foi possível observar que o projeto com MLPE teve 11% a mais de eletricidade gerada, consequentemente trazendo mais economia e um maior retorno ao proprietário.

Comparando o menor mês de geração do projeto FV sem MLPE, que foi o mês de abril, no qual a simulação mostra uma eletricidade gerada de 1,85 MWh com o respectivo mês de abril de 2020 no projeto FV com MPLE que teve uma eletricidade gerada de 2,4 MWh, podemos notar a diferença de 22,92%.

Essa diferença ocorre devido ao fato de o MPLE proporcionar ao sistema FV um rastreamento do MPPT a nível de módulo, com MPPT a cada dois módulos com os otimizadores de potência, faz com que haja uma redução das perdas devido ao *mismatch* dos módulos FV, desde tolerância de fabricação, sombreamento parcial e envelhecimento do módulo FV.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou as etapas para a elaboração de um projeto de minigeração distribuída a partir da fonte solar fotovoltaica utilizando a tecnologia do MLPE – Otimizador de Potência. A partir de revisão bibliográfica acerca de sistemas de geração de energia FV, foi escolhido um estudo de caso que possibilitasse a descrição metodológica do MLPE, viabilizando seu comparativo em relação a outra tecnologia.

A partir da problemática inicial encontrada no estudo de caso, relativa às diferentes orientações da disposição dos módulos FV no espaço disponível para a instalação, além do sombreamento causado pela própria edificação, identificou-se que a melhor solução encontrada seria o uso do MLPE. A tecnologia MLPE permitiu, nesta situação, que fosse possível melhorar a geração de eletricidade devido ao rastreamento do MPPT a nível de módulo.

Diante dos resultados, foi perceptível que a utilização do MPLE se tornou a opção mais vantajosa para suprimento da necessidade de uma produção média de 3.000 kWh/mês. A geração de eletricidade proveniente do sistema FV com MPLE teve um rendimento médio de 3,019 MWh/mês, e também foi 11% superior quando é comparado com o sistema FV sem MPLE, que teve como geração média 2,69 MWh/mês, o que não atenderia o consumo médio de 3.000 kWh/mês.

Conclui-se, então, que a tecnologia MLPE teve excelente eficiência quando aplicada em local com topologia que exigia a instalação de placas em diferentes níveis e orientações. Além de vencer barreiras de sombreamento, a geração de energia elétrica a nível de módulo se apresentou com bastante vantagem em termos de rendimentos médio mensal, possibilitando a compreensão dos benefícios desse sistema de forma ampla.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Devido as mudanças que estão ocorrendo no setor de GD, fica como sugestão para trabalhos futuros as seguintes propostas:

- Um estudo um projeto de minigeração distribuída em média tensão com MLPE para geração no local do consumo.
- Um estudo de caso com usinas de até 1MW de potência utilizando o MLPE e mostrando as vantagens e desvantagens levando em consideração as novas mudanças do setor de GD, como o fim da isenção de ICMS no uso do fio B, pois no caso da usina, a eletricidade gerada será toda injetada na rede da concessionária.
- Um estudo mostrando o impacto financeiro que o fim da isenção de ICMS no uso do fio B pode causar em projetos de micro geração distribuída.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 5410- Instalações Elétricas de Baixa Tensão**, 2004. Versão Corrigida :2008

ABSOLAR. **Infográfico ABSOLAR. Site da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, 2021**. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/infografico-absolar-.html>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

ANEEL. **PRODIST – Seção 3.7 – Acesso de Micro e Minigeração Distribuída., 2012**. Disponível em:<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo3_Revisao_5.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2021.

ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012. Site da Agência Nacional de Energia Elétrica, 2012**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

ANEEL. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2015. Site da Agência Nacional de Energia Elétrica, 2015**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

ANEEL. **Revisão da REN nº 482/2012 – Propostas para a Consulta Pública nº 25/2019. Agência Nacional de Energia Elétrica**. Brasília. 2019.

CANAL SOLAR. **Maior sistema FV com MLPE do Brasil deve começar a operar no fim deste mês**. Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/maior-sistema-fv-com-mlpe-do-brasil-deve-comecar-a-operar-no-fim-deste-mes/>>. Acesso em: 13 fev. 2021

FRAIDENRAICH, N. **Antecedentes Históricos Da Ciência Solar No Brasil**, 2005, Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/snesf/palestras/18-05-2005/NAUN.pdf>>. Acesso em 06 jan. 2021.

GREENPRO- **Energia Fotovoltaica – Manual Sobre Tecnologias, Projeto e Instalações**, 2004. Disponível em :< <http://www.greenpro.de/po/fotovoltaico.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2021.

G1 – GLOBO. **Geração de energia solar cresce 130% no Ceará em 2020, e número de unidades geradoras chega a 10 mil**. Disponível em: < <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2021/01/08/geracao-de-energia-solar-cresce-130percent-no-ceara-em-2020-e-numero-de-unidades-geradoras-chega-a-10-mil.ghtml>>. Acesso em: 13 fev. 2021

IRENA - **International Renewable Energy Agency**, 2020. Disponível em <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings>. Acesso em: 12 Mar 2021.

KUNIZO, N.K.- **Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Condições Gerais e Perspectivas Futuras**. Dirssertação de Mestrado USP, 2014.

LEITE, Ana Carolina Gomes Moreira. **A Sustentabilidade Empresarial, Social e as Fontes de Energia**. PUC. São Paulo, 2013.

MACÊDO, W. N. (2006). **Análise do fator de dimensionamento do inversor fotovoltaico aplicado a sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. Tese para Doutorado. EP/FEA/IEE/IF, USP, São Paulo, SP.

MATAVELLI, A. C . **Energia solar: geração de energia elétrica utilizando células fotovoltaicas**. EEL, USP, Lorena, SP, 2013.

MOEHLECKE, Adriano, et al. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**, 2014, CEPTEL ELETROBRAS.

NAKABAYASHI, R. **Microgeração fotovoltaica no Brasil: Viabilidade Econômica**. 2016. IEE-LSF, USP, São Paulo, SP.

PAO, H.-T.; FU, H.-C. **Renewable energy, non-renewable energy and economic growth in Brazil. Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 25, p. 381–392, 1 set. 2013

PINHO, M.A.- **Qualificação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**. Dissertação de Mestrado USP, 2012.

PORTALSOLAR. **Tipos de Paineis Solar Fotovoltaico**, 2012. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>>. Acesso em: 13 fev. 2021.

SELLITTO, M.A; FARIAS, M. L. **Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras**. 2011, Revista Liberato, Novo Hamburgo, v. 12, n. 17, p. 01-106, jan./jun. 2011

SolarEdge, “**Corporate Fact Sheet**”, 2017

SolarEdge. **Otimizadores de Potência**. Disponível em: < <https://www.solaredge.com/br>>. Acesso em 13 fev. 2021.

Weidong Xiao, “**Photovoltaic Power System: Modeling, Design, and Control**”, Wiley, 2017

ANEXOS

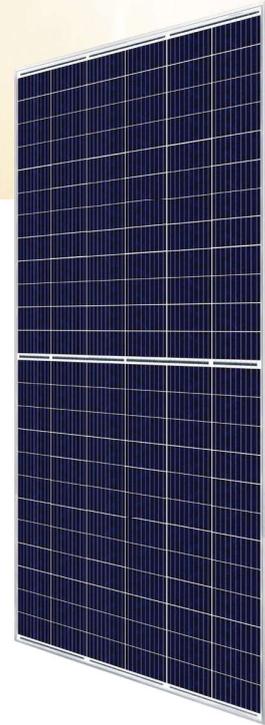
ANEXO A – *DATASHEET* MÓDULO FV CANADIAN 400W

ANEXO B – *DATASHEET* INVERSOR SOLAREEDGE 26.7 K

ANEXO C – *DATASHEET* OTIMIZADOR DE POTÊNCIA SOLAREEDGE

ANEXO D – DIAGRAMA UNIFILAR

ANEXO E – DIAGRAMA TRIFILAR



HiKu

SUPER HIGH POWER POLY PERC MODULE

395 W ~ 415 W

CS3W-395 | 400 | 405 | 410 | 415P

MORE POWER



24 % more power than conventional modules



Up to 4.5 % lower LCOE
Up to 2.7 % lower system cost



Low NMOT: 42 ± 3 °C
Low temperature coefficient (Pmax):
 -0.37 % / °C



Better shading tolerance

MORE RELIABLE



Lower internal current,
lower hot spot temperature



Cell crack risk limited in small region,
enhance the module reliability



Heavy snow load up to 5400 Pa,
wind load up to 3600 Pa



linear power output warranty



**product warranty on materials
and workmanship**

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / CEC AU
IEC61701 ED2: VDE / IEC62716: VDE
UL 1703: CSA
Take-e-way



* We can provide this product with special BOM specifically certified with salt mist, and ammonia tests. Please talk to our local technical sales representatives to get your customized solutions.

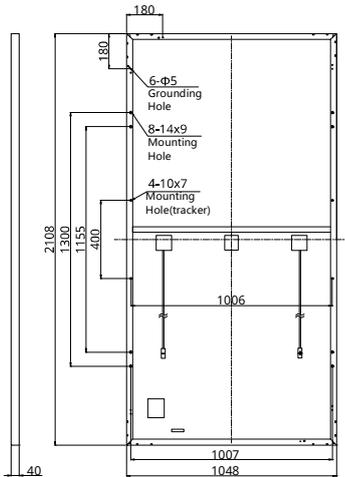
CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in IHS Module Customer Insight Survey. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 30 GW deployed around the world since 2001.

CANADIAN SOLAR INC.

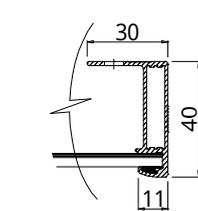
545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

ENGINEERING DRAWING (mm)

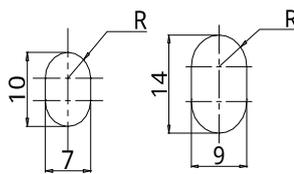
Rear View



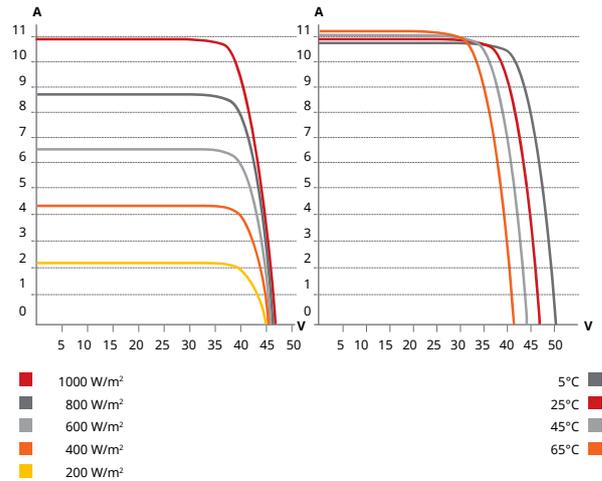
Frame Cross Section A-A



Mounting Hole



CS3W-400P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS3W	395P	400P	405P	410P	415P
Nominal Max. Power (Pmax)	395 W	400 W	405 W	410 W	415 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	38.5 V	38.7 V	38.9 V	39.1 V	39.3 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.26 A	10.34 A	10.42 A	10.49 A	10.56 A
Open Circuit Voltage (Voc)	47.0 V	47.2 V	47.4 V	47.6 V	47.8 V
Short Circuit Current (Isc)	10.82 A	10.90 A	10.98 A	11.06 A	11.14 A
Module Efficiency	17.88%	18.11%	18.33%	18.56%	18.79%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C				
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)				
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)				
Max. Series Fuse Rating	20 A				
Application Classification	Class A				
Power Tolerance	0 ~ + 5 W				

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS3W	395P	400P	405P	410P	415P
Nominal Max. Power (Pmax)	293 W	297 W	301 W	304 W	308 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	35.1 V	35.3 V	35.5 V	35.7 V	35.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.35 A	8.42 A	8.48 A	8.52 A	8.58 A
Open Circuit Voltage (Voc)	44.0 V	44.2 V	44.4 V	44.6 V	44.8 V
Short Circuit Current (Isc)	8.72 A	8.78 A	8.85 A	8.90 A	8.97 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m²-spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 X (12 X 6)]
Dimensions	2108 X 1048 X 40 mm (83.0 X 41.3 X 1.57 in)
Weight	24.9 kg (54.9 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm ² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 500 mm (19.7 in) (+) / 350 mm (13.8 in) (-); landscape: 1400 mm (55.1 in); leap-frog connection: 1670 mm (65.7 in)*
Connector	T4 series
Per Pallet	27 pieces
Per Container (40' HQ)	594 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.37 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	42 ± 3°C

PARTNER SECTION



* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. Canadian Solar Inc. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice. Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CANADIAN SOLAR INC.

545 Speedvale Avenue West, Guelph, Ontario N1K 1E6, Canada, www.canadiansolar.com, support@canadiansolar.com

Inversores Trifásicos

para redes 220/127 Vca,
380/220 Vca para o Brasil

SE17K, SE27.6K

INVERSORES



Projetados especificamente para trabalhar com otimizadores de potência

- /// Eficiência superior (98%)
- /// Pequeno, o mais leve da sua categoria e de fácil instalação
- /// Monitoramento a nível módulo embutido
- /// Conexão para internet: via cabo ou Wi-Fi
- /// IP65 – instalação interna e externa
- /// Inversor com tensão fixa para strings mais longas
- /// Controle de Gerenciamento SmartEnergy
- /// Caixa de Conexão CC integrada (opcional) – sem necessidade de seccionadora CC externa
- /// DPS CC e Fusíveis CC (opcionais)

/ Inversores Trifásicos

para redes 220/127 Vca, 380/220 Vca para o Brasil

SE17K, SE27.6K

SE17K		SE27.6K	
SAÍDA CA			
Potência Nominal	9900 @ 220/127 17000 @ 380/220	15200 @ 220/127 26400 @ 380/220	VA
Potência Máxima	9900 @ 220/127 17000 @ 380/220	15200 @ 220/127 26400 @ 380/220	VA
Tensão Nominal (FF/FN)	380 / 220 ; 220 / 127		Vac
Faixa de Tensão (FF/FN)	323 - 437 / 187 - 253 ; 187 - 253 / 108 - 146		Vac
Frequência Nominal	60 ± 5		Hz
Máxima Corrente Injetada (por fase)	26	40	A
Redes Trifásicas Compatíveis	3 / N / PE (WYE com Neutro)		V
Monitoramento de Rede, Proteção anti-Ilhamento, Fator de Potência Configurável, Limites Configuráveis por País	Sim		
ENTRADA CC			
Máxima Potência-Pico (STC)	13365 @ 220 / 127 22950 @ 380 / 220	20520 @ 220 / 127 35640 @ 380 / 220	W
Transformer-less Não aterrado	Sim		
Máxima Tensão de Entrada	600 @ 220/127 900 @ 380/220		Vdc
Tensão Nominal de Entrada	400 @ 220/127 750 @ 380/220		Vdc
Máxima Corrente de Entrada	23	40	Adc
Proteção contra Inversão Polaridade	Sim		
Deteccção de Falha de Isolamento à Terra	700kΩ Sensibilidade	350kΩ Sensibilidade ⁽¹⁾	
Máxima Eficiência do Inversor	98	98.1	%
Eficiência Máxima Europeia	97.7	98	%
Consumo de Energia Noturno	< 2.5	< 4	W
CARACTERÍSTICAS ADICIONAIS			
Interfaces de Comunicação ⁽²⁾	RS485, Ethernet, ZigBee (opcional), Wi-Fi (opcional), GSM (opcional)		
Gerenciamento Smart Energy	Limitação de Exportação, Gerenciamento da Energia Doméstica		
UNIDADE SAFETY DC (OPCIONAL)			
Seccionadora CC - 2 Polos	1000V / 40A		
DPS CC	Tipo II, field replaceable		
Fusíveis CC Bipolar	Opcional, 20A		
Conformidade à Norma	UTE-C15-712-1		
CONFORMIDADE ÀS NORMAS			
Segurança	IEC-62103 (EN50178), IEC-62109, AS3100		
Padrões de Conexão à Rede ⁽³⁾	VDE-AR-N-4105, G59/3, AS-4777, EN 50438, CEI-021, VDE 0126-1-1, CEI-016 ⁽⁴⁾ , BDEW		
Emissões	IEC61000-6-2, IEC61000-6-3, IEC61000-3-11, IEC61000-3-12		
RoHS	Sim		
ESPECIFICAÇÕES PARA INSTALAÇÃO			
Diâmetro do Prensa-Cabo da Saída CA/Seção do Cabo	15-21mm / fio sólido 2.5-16 mm ² , Cabo Flexível 2.5-10 mm ²	18-25mm / Fio Sólido 2.5-16 mm ² , Cabo Flexível 2.5-10 mm ²	
Entrada CC	MC-4: 2 pares	MC-4: 3 pares	
Dimensões (AxLxP)	540 x 315 x 260		mm
Peso	33.2	45	kg
Faixa de temperatura da Operação	-20 a +60 ⁽⁵⁾ (M40 versão -40 a +60)		°C
Resfriamento	Ventoinhas (substituíveis pelo Usuário)		
Ruído	< 50	< 55	dBa
Grau de Proteção	IP65 - Interno e Externo		
Montagem em suporte (fornecido)			

⁽¹⁾ Em locais cujas normas permitem

⁽²⁾ Consulte datasheets -> categoria Comunicações na página Downloads para especificações de opções de comunicação opcionais: <http://www.solaredge.com/groups/support/downloads>

⁽³⁾ Para todos padrões consulte categoria Certificações na página Downloads: <http://www.solaredge.com/groups/support/downloads>

⁽⁴⁾ Apenas Modelo SE27.6K

⁽⁵⁾ Para informações sobre 'de-rating' de potência, acesse: <https://www.solaredge.com/sites/default/files/se-temperature-derating-note.pdf>

Power Optimizer

Otimizador de Potência

P730 / P801 / P850 / P950 / P1100



POWEROPTIMIZER

Otimização da potência fotovoltaica a nível de módulo

A solução com melhor rentabilidade para instalações fotovoltaicas comerciais e grandes usinas em solo

- Projetado para operar especificamente com os inversores SolarEdge
- Até 25% mais energia
- Eficiência superior (99.5%)
- Redução do custo de BoS: 50% menos cabos, fusíveis e string-boxes
- Rápida instalação com apenas um parafuso
- Manutenção avançada com monitoramento a nível de módulo
- Desligamento a nível de módulo para segurança do instalador e dos bombeiros
- Instale dois módulos fotovoltaicos, conectados em série

/ Power Optimizer

Otimizador de Potência

P730 / P801 / P850 / P950 / P1100

Modelo do Otimizador (módulos compatíveis)	P730 (Para até 2 módulos de 72 células)	P801 (2 módulos de 72 células)	P850 (Para até 2 módulos de alta potência ou 'bifaciais', conectados em série)	P950 (Para até 2 módulos de alta potência ou 'bifaciais', conectados em série)	P1100 (Para até 2 módulos de alta potência ou 'bifaciais', conectados em série)	
ENTRADA						
Potência Nominal CC ⁽¹⁾	730	800	850	950	1100	W
Modo de Conexão	Entrada única para módulos conectados em série					
Máxima Tensão Absoluta de Entrada (Voc, temperatura mínima)	125					Vcc
Faixa de Tensão do MPPT	12.5 - 105					Vcc
Máxima Corrente De Curto-Circuito por Entrada (Isc)	11	11.75	12.5		14	Acc
Eficiência Máxima	99.5					%
Eficiência Média	98.6					%
Categoria de Sobretenção (OVC)	II					
SAÍDA DURANTE A OPERAÇÃO (OTIMIZADOR DE POTÊNCIA CONECTADO AO INVERSOR SOLAREEDGE EM OPERAÇÃO)						
Corrente Máxima de Saída	15		18			Acc
Tensão Máxima de Saída	80					Vcc
SAÍDA DURANTE STANDBY (OTIMIZADOR DE POTÊNCIA DESCONECTADO OU INVERSOR SOLAREEDGE DESLIGADO)						
Tensão de Saída de Segurança por Otimizador de Potência	1 ± 0.1					Vcc
CONFORMIDADE A NORMAS						
EMC	FCC Part 15 Class A, IEC61000-6-2, IEC61000-6-3					
Segurança	IEC62109-1 (segurança classe II)					
RoHS	Sim					
Segurança contra Incêndios	VDE-AR-E 2100-712:2013-05					
ESPECIFICAÇÕES PARA INSTALAÇÃO						
Inversores SolarEdge Compatíveis	Inversores Trifásicos: SE20.1K e maiores				Inversores Trifásicos: SE27.6K e maiores	
Tensão Máxima do Sistema	1000					Vcc
Dimensões (L x P x A)	129 x 153 x 49.5		129 x 162 x 59			mm
Peso (incluindo os cabos)	933		1064			gr
Conector de Entrada	MC4 ⁽²⁾					
Comprimento do Cabo de Entrada	0.16, 0.9 ⁽³⁾		0.16, 0.9, 1.3, 1.6 ⁽³⁾		0.16, 1.3 ⁽³⁾	m
Conector de Saída	MC4					
Comprimento do Cabo de Saída	Retrato: 1.2 Paisagem: 2.2			Paisagem: 2.4		m
Faixa de Temperatura Operacional ⁽⁴⁾	-40 à +85					°C
Grau de Proteção	IP68 / NEMA6P					
Umidade Relativa	0 - 100					%

(1) Potência-pico (STC) do(s) módulo(s) não pode ultrapassar a "Máxima Potência CC de Entrada". São permitidos módulos com máxima tolerância de potência de +5%

(2) Para outros tipos de conectores, entrar em contato com a SolarEdge

(3) Disponibilidade de cabos de entrada maiores para uso com módulos com "caixa de junção" separada. (Para 0,9 m solicitar P850-xxxLxxx. Para 1,3 m solicitar P850/P950/P1100-xxxLxxx. Para 1,6 m solicitar P850/P950-xxxYxxx)

(4) Para temperatura ambiente acima de +70°C, é possível ocorrer redução de potência. Para mais informações, consulte a Nota de Aplicação: Redução de Potência dos Otimizadores devido à Temperatura

PROJETO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO COM INVERSOR SOLAREEDGE ⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾		Inversores Trifásicos: SE20.1K e maiores, rede 220/127Vca				Inversores Trifásicos: SE20.1K e maiores, rede 380/220Vca					Inversores Trifásicos ligados em 480/277Vca				
Otimizadores de Potência Compatíveis		P730	P801	P850	P950	P730	P801	P850	P950	P1100	P730	P801	P850	P950	P1100
Comprimento Mínimo da String	Otimizadores de Potência	8				14									
	Módulos Fotovoltaicos	15				27									
Comprimento Máximo da String	Otimizadores de Potência	30													
	Módulos Fotovoltaicos	60													
Potência Máxima por String		6000 ⁽⁹⁾	7200 ⁽⁹⁾	11250 ⁽⁹⁾	13500 ⁽⁹⁾	12750 ⁽⁹⁾	12750 ⁽¹⁰⁾	15300 ⁽¹⁰⁾	14450 ⁽¹⁰⁾	W					
Ligação em paralelo de String com Diferentes Comprimentos ou Orientações/Inclinações		Sim													

(5) P730/P801 podem ser misturados na mesma string, e P850/P950/P1100 também podem ser misturados na mesma string. Não é permitido misturar P730/P801 com P850/P950/P1100, também não é permitido misturar P730-P1100 com P370-P505 na mesma string. P605 não pode ser misturado com nenhum outro otimizador de potência na mesma string

(6) Em caso de número ímpar de módulos fotovoltaicos na string, é permitido instalar um otimizador de potência P730/ P801/P850/P950/P1100 conectado a um único módulo. Somente um por string, respeitando o mínimo.

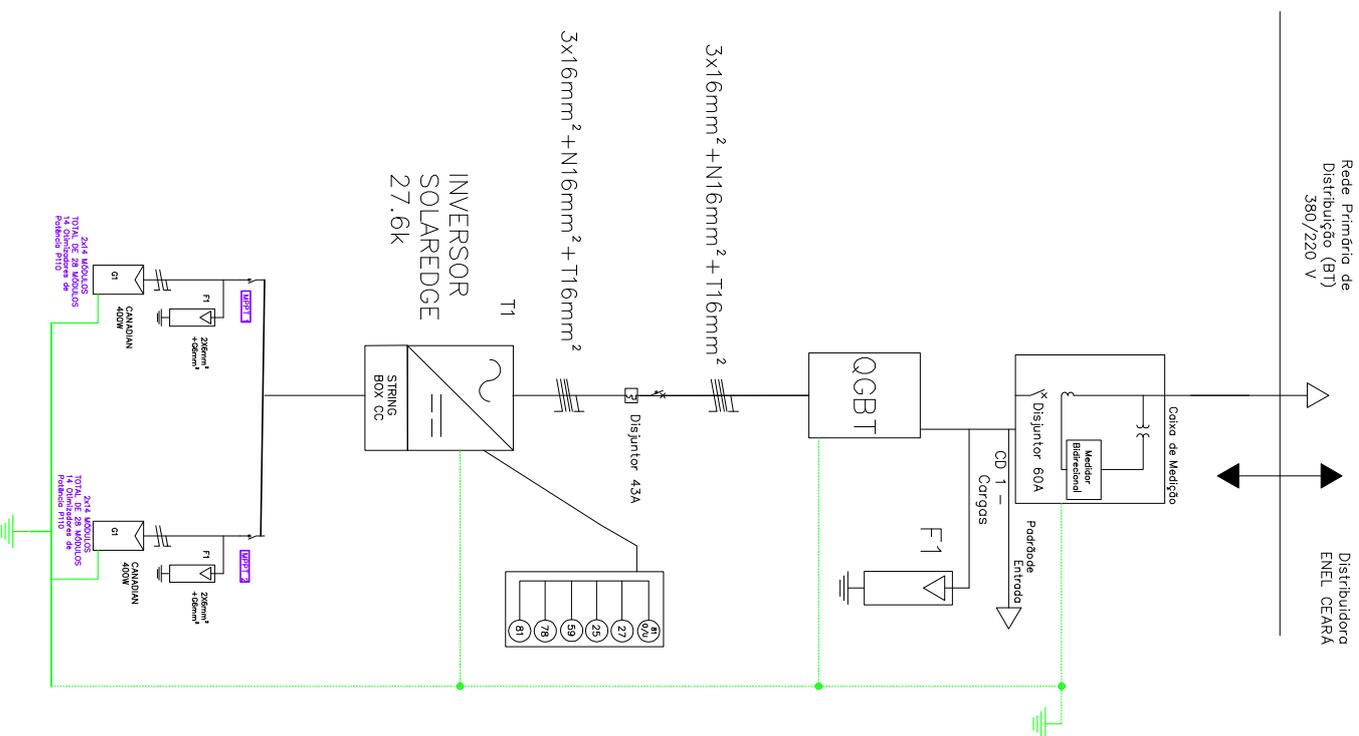
(7) Otimizadores de potência que permitem a conexão de dois módulos (conexão 2:1), podem ser utilizados com um único módulo (conexão 1:1) desde de que toda a string utilize conexão 1:1

(8) Redes 220/127Vca: com diferença de potência máxima de 2 kWp entre as strings, permitido considerar a potência máxima de 7700 Wp para o P730/P801; 8400 Wp para o P850

(9) Redes 380/220Vca: com diferença de potência máxima de 2 kWp entre as strings, permitido considerar a potência máxima de 13.500 Wp para o P730/P801 e 15.750 Wp para o P850; e 16.250 Wp para o P950/P1100

(10) Redes 480/277Vca: com diferença de potência máxima de 2 kWp entre as strings, permitido considerar a potência máxima de 15.000 Wp para o P730/P801; 17.550 Wp para o P850; e 17.950 Wp para o P950/P1100

DIAGRAMA UNIFILAR



Legenda de símbolos

	Medidor bidirecional					
	Inversor					
	Campo energético					
	Int. Magnético Térmico					
	DPS					
	Int. manual seccionador					
	Interruptor					
	Condutor fase no interior de eletrificação					
	Condutor neutro no interior de eletrificação					
	Condutor terra no interior de eletrificação					
	Alarmante					
	Seccionado (em todas as fases)					
	Seccionado (em todas as linhas)					
	Sobretensão e Subtensão					
		Rede Check de Sincronismo		Rede Anti-ilhamento		Rede Derivada de frequência ativa
	Rede Check de Sincronismo					
	Rede Anti-ilhamento					
	Rede Derivada de frequência ativa					

DIAGRAMA TRIFILAR

