

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal  
de Campina Grande

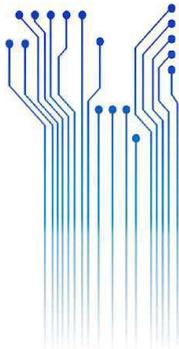


Centro de Engenharia  
Elétrica e Informática



Departamento de  
Engenharia Elétrica

VICTOR HUGO BRITO CANTALICE



ENERGIA POR ASSINATURA: ESTUDO DE CASO  
COM MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Campina Grande  
2024

VICTOR HUGO BRITO CANTALICE

# ENERGIA POR ASSINATURA: ESTUDO DE CASO COM MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

*Trabalho de conclusão de curso  
submetido ao curso de Engenharia  
Elétrica da Universidade Federal de  
Campina Grande, como requisito  
necessários para a obtenção do grau de  
Bacharel em Ciências no Domínio da  
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Energias renováveis e Eletrotécnica

Orientador:  
Professor Washington Luiz Araújo Neves, Ph.D.

Campina Grande  
2024

VICTOR HUGO BRITO CANTALICE

# ENERGIA POR ASSINATURA: ESTUDO DE CASO COM MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

*Trabalho de conclusão de curso  
submetido ao curso de Engenharia  
Elétrica da Universidade Federal de  
Campina Grande, como requisito  
necessários para a obtenção do grau de  
Bacharel em Ciências no Domínio da  
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Energias renováveis e Eletrotécnica

Orientador:

Professor Washington Luiz Araújo Neves, Ph.D.  
Universidade Federal de Campina Grande

Avaliador:

Professor Ronimack Trajano de Souza  
Universidade Federal de Campina Grande

Campina Grande  
2024

Dedico este trabalho a você, familiares ou amigos que contribuíram de alguma forma na minha caminhada.

## AGRADECIMENTOS

Foram muitos desafios vencidos, dias virados com noite não dormidas, muito estudo, dedicação, abdicção que fizeram com que essa etapa, agora, tenha um fim magnífico. Desde o início dessa jornada, pessoas especiais e memoráveis estiveram ao meu lado compartilhando momentos e conhecimentos, e com o avanço dessas, notou-se, com clareza, que o ser humano não consegue viver isolado. Ele sempre precisará de ajuda. Este trabalho tem a contribuição de algumas dessas pessoas, de forma direta ou indireta, e é meu dever agradecê-los.

Agradeço primeiramente, aos meus pais, Abdias e Vitória, por terem proporcionado o conforto e acolhimento além de todos os sacrifícios que fizeram durante toda a graduação.

A meus irmãos, Murilo e Miguel, por sempre me apoiarem e incentivarem nesta jornada.

A minha namorada, Ana Rebeca, por estar ao meu lado durante todo o momento, seja ele bom ou ruim, dando todo o suporte emocional.

Ao professor Washington Neves e Fábio Brilhante, com a ajuda de orientação e discernimento acerca do tema. Meus agradecimentos a todos vocês, essa conquista é nossa.

A Adail, Lucia e Tchai por todo auxílio e paciência durante todas as etapas dessa graduação.

## RESUMO

A energia elétrica é uma das maiores conquistas da humanidade. No mundo moderno, a geração de energia elétrica é a base do desenvolvimento da sociedade, pelas suas infindáveis utilidades e grande eficiência tanto na geração como no uso. Assim, países do mundo todo vêm pesquisando e buscando fontes alternativas de energias que sejam menos agressivas ao meio ambiente e preservem a vida por mais tempo. Dentre as diversas fontes alternativas, a solar fotovoltaica tem sido considerada uma excelente opção por ser renovável, abundante e menos agressiva ao meio ambiente comparado às fontes não renováveis. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar o cenário atual da geração distribuída fotovoltaica e um breve estudo dos impactos da geração solar fotovoltaica, incluindo aspectos sociais, econômicos e técnicos. Bem como, avaliar o contexto de implementação de uma usina solar fotovoltaica para compensação de créditos de energia a área comum de um condomínio vertical, onde um investidor irá executar a instalação do sistema que é responsável por essa compensação gerando assim uma receita mensal e o empreendimento que irá receber um desconto na fatura de energia, com isso ambos personagens terá benefícios fazendo parte desse modelo de negócio denominado “Energia por assinatura”.

**Palavras chaves:** Geração distribuída, Compensação de créditos, Energia por assinatura, Investidor.

## ABSTRACT

Electrical energy is one of humanity's greatest achievements. In the modern world, the generation of electrical energy is the basis for the development of society, due to its endless uses and great efficiency in both generation and use. Therefore, countries around the world have been researching and seeking alternative energy sources that are less harmful to the environment and preserve life for longer. Among the various alternative sources, solar photovoltaics have been considered an excellent option as they are renewable, abundant and less harmful to the environment. In this context, the objective of this work is to present the current scenario of photovoltaic distributed generation and a brief study of the impacts of photovoltaic solar generation, including social, economic and technical aspects. As well as, evaluate the context of implementing a photovoltaic solar plant to offset energy credits in the common area of a vertical condominium, where an investor will install the system that is responsible for this compensation, thus generating monthly revenue and the enterprise who will receive a discount on their energy bill, so both characters will benefit from being part of this business model called "Subscription Energy".

**Keywords:** Distributed generation, Credit compensation, Subscription energy, Investor.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Efeito fotovoltaico
- Figura 2 - Módulo fotovoltaico Full Cell Monocristalino 465 W Jinko
- Figura 3 - Curva I-V de um módulo fotovoltaico
- Figura 4 - Inversor growatt
- Figura 5 - String Box C.C
- Figura 6 - Funcionamento de sistema solar On-Grid
- Figura 7 - Funcionamento de sistema Off-Grid
- Figura 8 - Serviços de assinaturas
- Figura 9 - Telhado danificado pelo peso dos painéis
- Figura 10 - Usina de solo
- Figura 11 - Funcionamento
- Figura 12 - Passo a passo para adesão
- Figura 13 - local de instalação
- Figura 14 - Pannel solar JA JAM72S30-550/MR
- Figura 15 - Inversor Solar Growatt MID30KTL3-X
- Figura 16 - Estimativa de Energia gerada mensalmente
- Figura 17 - Estimativa de geração durante o período de 20 anos
- Figura 18 - Valor acumulado do financiador
- Figura 19 - Valor Acumulado do Condomínio

## **LISTA DE TABELAS**

- Tabela 1 - Parâmetros do inversor de frequência
- Tabela 2 - Relação de consumo KWh mensal
- Tabela 3 - Relação de custo de disponibilidade com o tipo de ligação
- Tabela 4 - Cálculo da energia de compensação mensal
- Tabela 5 - Dados da radiação solar em Soledade
- Tabela 6 - Valores estratificados do projeto SFCR
- Tabela 7 - Conjunto de “fatores de redução recorrente”
- Tabela 8 - Estimativas de custo de energia elétrica para os próximos 20 anos
- Tabela 9 - Geração monetária do investidor
- Tabela 10 - Geração monetária condomínio

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

UC - Unidade Consumidora

RN - Resolução Normativa

C.A. - Corrente Alternada

C.C. - Corrente Contínua

DPS - Dispositivo de proteção contra surtos

NDU - Norma de distribuição unificada

ABSOLAR - Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

QDC - Quadro de distribuição de circuitos

SFCR - Sistema fotovoltaico conectado a rede

CRESESB - Centro de Referência para Energia solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito

LABREN - Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 OBJETIVO GERAL.....	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	13
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>13</b>
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
1.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	14
1.1.1 PAINEL FOTOVOLTAICO.....	15
1.1.2 INVERSOR.....	17
1.1.3 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA ON-GRID.....	20
1.1.4 FUNCIONAMENTO DE SISTEMA OFF-GRID.....	21
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>23</b>
NORMAS E REGULAMENTOS.....	23
2.1 LEI 14.300, DE 6 DE JANEIRO DE 2022.....	23
2.2 NDU 001 - ENERGISA.....	24
2.3 NDU 013 - ENERGISA.....	25
2.4 NDU 015 - ENERGISA.....	25
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>25</b>
ESTRUTURAÇÃO DO MODELO DE NEGÓCIO.....	26
3.1 PLANOS DE ASSINATURA.....	26
3.2 ENERGIA SOLAR POR ASSINATURA.....	27
3.3 FUNCIONAMENTO.....	28
3.4 BENEFÍCIOS.....	29
3.5 LIMITAÇÕES E DESAFIOS.....	29
3.6 PROCESSO DE INSTALAÇÃO E MONITORAMENTO.....	29
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>31</b>
ESTUDO DE CASO DE USINA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	31
4.1 LOCAL DE INSTALAÇÃO.....	31
4.2 ANÁLISE DA FATURA DE ENERGIA.....	32
4.3 ENERGIA DE COMPENSAÇÃO - MENSAL E DIÁRIA.....	33
4.3.1 ENERGIA DE COMPENSAÇÃO MENSAL.....	33
4.3.2 ENERGIA DE COMPENSAÇÃO DIÁRIA.....	34
4.4 ANÁLISE DO RECURSO SOLAR LOCAL.....	34

4.5 PROJETO DO SFCR.....	35
4.5.1 POTÊNCIA-PICO.....	35
4.5.2 QUANTIDADE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	35
4.5.3 POTÊNCIA DO INVERSOR.....	36
4.6 CUSTO AO LONGO DA VIDA ÚTIL DO SFCR.....	37
4.6.1 CUSTO TURN-KEY.....	37
4.6.2 CUSTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM 20 ANOS.....	38
4.6.3 CUSTO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA - SUBSTITUTIVA.....	38
4.6.4 CUSTO LCC DO SFCR.....	39
4.7 ESTIMATIVAS DE CUSTOS DE ENERGIA ELÉTRICA PARA 20 ANOS.....	39
4.8 ESTIMATIVAS DE GERAÇÃO MONETÁRIA DE SFCR.....	40
4.8.1 GERAÇÃO MONETÁRIA - INVESTIDOR.....	40
4.8.2 GERAÇÃO MONETÁRIA - CONTRATANTE.....	42
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO II.....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO III.....</b>	<b>55</b>

# INTRODUÇÃO

A capacidade brasileira de produção de energia solar é imensa visto que o país está localizado próximo à linha do equador, isso permite que a incidência solar seja elevada, principalmente em estados mais ao norte, como é o caso da Paraíba e outros estados do Nordeste. Devido a localização, a região Nordeste possui altos níveis de incidência solar e variações mínimas durante o decorrer do ano, devido às características de translação do planeta, favorecendo a instalação de sistemas fotovoltaicos no Nordeste.

O uso dessa tecnologia começou a ser popularizada em 2012, momento em que houve uma regulamentação da Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica), o que proporcionou a troca de energia entre consumidores e concessionárias. Em 2015, houve a concessão da isenção do ICMS para a compra de equipamentos, contribuindo para a produção de energia solar. Desde então, com a regulamentação do setor de energia fotovoltaica, vem se tornando cada vez mais vantajoso a aquisição desse sistema (ANEEL, 2022).

Outra maneira de incentivar as instalações de energia solar foi a partir do incentivo, em linhas de créditos, para aquisição de financiamentos (ABSOLAR, 2023). Pois com a geração própria, o consumidor teria um desconto na fatura, o que possibilitaria realizar financiamentos dos equipamentos do sistema fotovoltaico e efetuar o pagamento do valor financiado com os valores provenientes da economia na fatura de energia.

Dessa forma, a energia solar, de acordo com Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), ultrapassou a marca de 32 gigawatts (GW) de potência instalada em julho de 2023. Este montante corresponde a 14,7% da matriz energética do país. O levantamento considerou usinas de grande porte, sistemas de geração própria de energia em telhados, fachadas e pequenos terrenos (ABSOLAR - 2023).

Pelo fato de ser um setor atrativo, os investidores aportam grandes quantias para obter retorno melhor que alguns títulos financeiros, dependendo da sua aplicação. Segundo o infográfico ABSOLAR 2023, já houve um acúmulo de 2012 até 2023 de 164,2 bilhões em novos investimentos, assim como mais de 1 milhão de novos empregos gerados, o que traz um crescimento econômico e rotatividade no comércio local.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

O principal objetivo deste trabalho é trazer um estudo de viabilidade para uma usina solar fotovoltaica na modalidade de autoconsumo remoto para compensação de créditos de energia elétrica na concessionária a fim de gerar um desconto na fatura de um condomínio sem necessidade de investimento.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Contextualizar e apresentar conceitos associados à geração distribuída;
- Apresentar os principais conceitos referentes aos sistemas fotovoltaicos conectados à rede;
- Explicar os princípios de funcionamento dos equipamentos que compõem um sistema fotovoltaico;
- Averiguar a viabilidade técnica-econômica do sistema fotovoltaico para uma usina de autoconsumo remoto;
- Apontar as normas técnicas relevantes e procedimentos para a instalação do sistema e segurança de tal.

## 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi subdividido em seis partes, composta por uma introdução, 4 capítulos e a conclusão dos estudos.

No primeiro capítulo será apresentada uma fundamentação teórica acerca do objeto de estudo proposto neste trabalho.

No segundo capítulo serão apresentadas as normas e regulamentos.

No terceiro capítulo será exposto o formato para execução do modelo de negócio: Energia por assinatura.

No quarto capítulo será apresentado um estudo de caso de uma usina solar fotovoltaica com intuito de encaixar neste modelo.

Por fim, conclusão sobre o tema levantado e viabilidade financeira para o financiador, como também para o contratante do serviço.

# CAPÍTULO 1

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

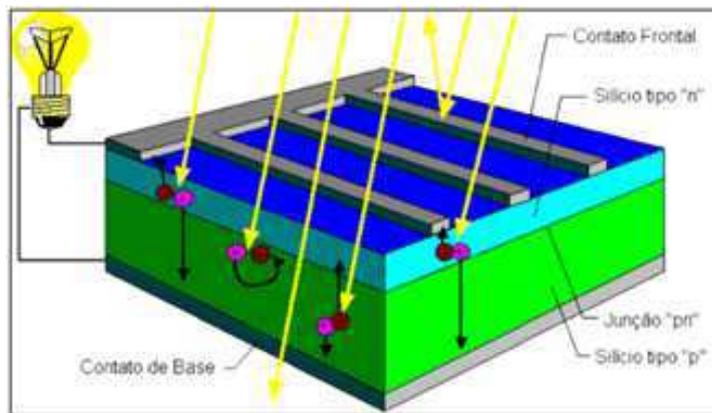
Os módulos fotovoltaicos são, hoje, produtos inovadores e estão em alta no mercado, devido a sua possibilidade de gerar energia elétrica, proporcionando um desconto bastante significativo para o consumidor.

A energia solar é utilizada para produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta da luz solar em energia elétrica. A energia do sol é transmitida através do espaço em forma de radiação eletromagnética. Essa radiação é composta por ondas eletromagnéticas de frequências e comprimentos de ondas diferentes (VILLALVA, 2012).

A radiação solar pode ser referenciada em termos de energia por unidade de área, denominado irradiância solar (PINHO & GALGINO, 2014), expressa no Sistema Internacional de Unidades (SI) por  $W / m^2$  (Watt por metro quadrado) e é muito útil para avaliar a eficiência dos dispositivos e sistemas fotovoltaicos.

O efeito fotovoltaico, base dos sistemas de energia solar fotovoltaica, consiste na transformação de energia eletromagnética do sol em energia elétrica por meio da criação de uma diferença de potencial, sobre uma célula formada por materiais semicondutores (VILLALVA, 2012). Na figura 1 pode-se observar o efeito, a luz solar incidente sobre a célula sendo absorvida e gerando pares elétrons - lacunas. Os elétrons são separados das lacunas pela barreira de potencial e se movem para os lados opostos da célula. Ao conectar uma carga entre os dois lados da célula, os elétrons fluem gerando a corrente elétrica.

Figura 1 - Efeito fotovoltaico



Fonte: GREENPRO, 2004

### 1.1.1 PAINEL FOTOVOLTAICO

Os painéis fotovoltaicos são compostos por células fotovoltaicas. Dispositivos que convertem a energia luminosa em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico. Essas células são compostas por materiais semicondutores e podem ser de diversos tipos, de acordo com o material utilizado (SOUZA, 2017).

A seguir estão listados alguns dos principais tipos de células fotovoltaicas utilizadas na construção de módulos fotovoltaicos:

- Célula fotovoltaica de silício cristalizado;
- Célula fotovoltaica de silício monocristalino;
- Célula fotovoltaica de silício policristalino;
- Célula fotovoltaica de película fina.

Os painéis são formados por células fotovoltaicas conectadas em série, de modo a elevar a tensão, ou em paralelo, elevando, assim, a corrente elétrica. Além disso, a eficiência dos módulos pode variar entre 20% e 22% (SOUZA, 2017).

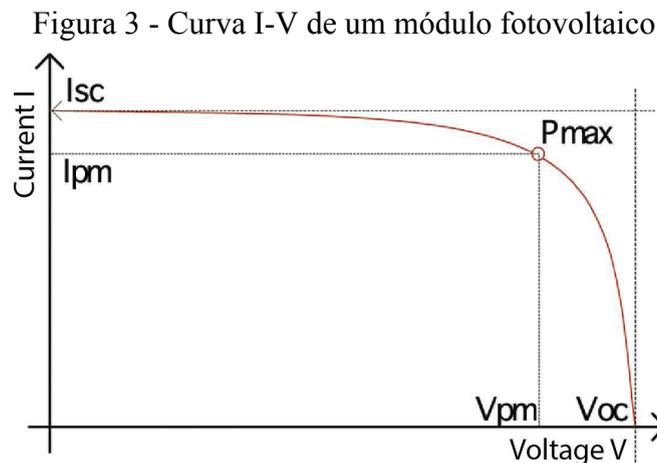
Na figura 2 está presente um painel fotovoltaico do tipo monocristalino fabricado pela Jinko.

Figura 2 - Módulo fotovoltaico Full Cell Monocristalino 465 W Jinko



Fonte: Peça Solar (2023)

Uma característica importante dos painéis é sua curva I-V que revela o comportamento corrente - tensão para diferentes cargas resistivas conectadas em seus terminais. Portanto, o produto entre a tensão e a corrente em um dado ponto da curva é a potência fornecida pelo painel à carga associada a esse ponto (CARVALHO, 2014). Na figura 3 é possível observar uma curva I-V de um painel fotovoltaico em que está destacado o ponto onde o sistema atinge sua máxima potência. Em que  $I_{sc}$  é a corrente de curto circuito,  $I_{mp}$  é a corrente de máxima potência,  $V_{oc}$  é a tensão em circuito aberto e  $V_{mp}$  é a tensão de máxima potência.



Fonte: HIOKI

Segundo Carvalho (2014), por meio da curva I-V é possível obter grandezas relevantes em relação ao funcionamento dos painéis fotovoltaicos listadas a seguir:

- Corrente de curto-circuito ( $I_{sc}$ ): corrente que surge ao serem fechados os terminais do painel, ou seja, equivalente a uma resistência de carga nula;

- Tensão de circuito aberto ( $V_{oc}$ ): é a tensão que surge nos terminais do painel ao abri-los, ou seja, equivale a uma resistência de carga infinita;
- Ponto de máxima potência ( $P_{max}$ ): é o ponto da curva onde o produto entre a corrente e a tensão é máxima, ou seja, é a máxima potência que o painel fotovoltaico é capaz de fornecer a carga.

A tensão de circuito aberto de um painel fotovoltaico pode variar com a temperatura, provocado pelo calor gerado internamente durante a operação do equipamento ou devido a fatores ambientais. A tensão de circuito aberto do painel diminui. De modo semelhante, a irradiância também influencia no funcionamento dos módulos, reduzindo a corrente elétrica (SOUZA, 2017).

### 1.1.2 INVERSOR

O condicionamento da energia gerada pelos painéis fotovoltaicos é realizado por meio de inversores. Esse equipamento é um dispositivo eletrônico que fornece energia elétrica em corrente alternada a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua. Além disso, nos sistemas do tipo on-grid, que é a geração conectada ao sistema de distribuição de energia elétrica, a tensão de saída do inversor deve ter o mesmo módulo e ângulo da rede a qual está conectada. (PINHO E GALDINO, 2014).

As principais características dos inversores relacionadas aos sistemas de geração distribuída estão descritas a seguir:

- Potência nominal de saída: potência que o inversor pode fornecer à carga em regime contínuo;
- Tensão de entrada: tensão C.C de saída do inversor;
- Tensão de saída: tensão C.A. de saída do inversor;
- Fator de potência: o fator de potência do inversor deve ser compatível com o fator de potência desejado para cargas;
- Autoconsumo: potência elétrica consumida pelo inversor mesmo quando nenhuma carga está sendo alimentada por ele.

Segundo Pinho e Galdino (2014), os inversores utilizados nos sistemas fotovoltaicos possuem as seguintes proteções:

- Sobretensão na entrada C.C.;
- Inversão da polaridade na entrada C.C.;
- Curto-circuito na saída C.A.;
- Sobrecarga e elevação de temperatura.

Como também, pode-se observar em alguns manuais de fabricação outras funcionalidades de proteção:

- Monitoramento de resistência de isolamento;
- Monitoramento de falha de rede;
- Proteção anti-ilhamento;
- Monitoramento de corrente residual, corrente que está passando pelo neutro do sistema.

Todas essas proteções trazem segurança em um possível caso de falha, seja na parte de corrente contínua seja na alternada, fazendo com que aquele defeito seja isolado e não traga danos para o restante da instalação. Entretanto, não se dispensa a utilização de redundâncias na proteção, como no caso de DPS e chave seccionadora na parte C.C. e disjuntores na parte C.A.

Na figura 4 é possível ver um inversor do tipo on-grid que são utilizados em sistemas de geração distribuída fotovoltaica, de forma similar, na figura 5 é apresentada uma string box contendo DPS e chave seccionadora.

Figura 4 - Inversor growatt



Fonte: Autoria própria

Figura 5 - String Box C.C



a) String Box C.C. lacrada      b)String Box C.C. aberta

Fonte: Autoria própria

Uma das etapas mais importantes do projeto fotovoltaico on-grid é a parametrização do inversor. Ela deve ser feita para que os parâmetros estabelecidos pela ANEEL, quanto a qualidade de energia, sejam atendidos.

Além de permitir que os critérios de qualidade da energia sejam atendidos, a parametrização configura o inversor para aumentar a segurança do sistema contra os fenômenos de ilhamento, padronizando o tempo para reconexão ao sistema da rede de distribuição. A tabela 1, apresenta os parâmetros e intervalos de tempo de atuação do inversor de frequência, quando conectado à rede da concessionária.

Tabela 1 - Parâmetros do inversor de frequência

<b>Descrição</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Tempo de atuação</b>
Tensão no ponto de conexão	$V < 0.8 \text{ PU}$ , da tensão nominal	Desligar em 0.2s
Tensão no ponto de conexão	$V > 1.1 \text{ PU}$ , da tensão nominal	Desligar em 0.2s
Regime normal de operação	$0.8 \text{ PU} \leq V \leq 1.1 \text{ PU}$	Condições normais
Subfrequência	$f < 57.5 \text{ Hz}$	Desligar em 0.2s
Sobrefrequência	$f > 62 \text{ Hz}$	Desligar em 0.2s
Frequência nominal da rede	$f = 60 \text{ Hz}$	Condições normais
Interromper o fornecimento de energia quando ocorrer o ilhamento	Ilhamento	Interromper em até 2s
Com a retomada de condições normais de operação da rede	Reconexão	$\geq 180\text{s}$

Fonte: Adaptado da NDU 013 da Energisa

É importante mencionar que o inversor de frequência representa grande valor financeiro referente a quantia total de um sistema fotovoltaico. Sendo assim, é necessário que a proteção mecânica e elétrica deste equipamento seja feita de maneira adequada para evitar problemas ao equipamento e possíveis riscos à vida humana.

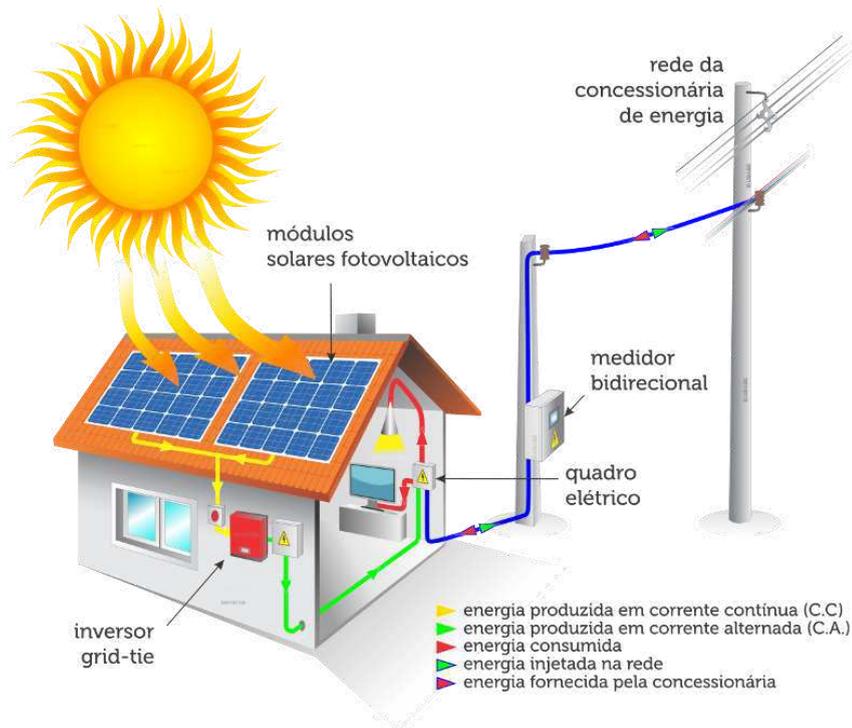
### 1.1.3 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA ON-GRID

O sistema de energia solar conectado à rede (on-grid) permanece ligado à rede de distribuição, transferindo o excedente gerado para a distribuidora. Seu funcionamento baseia-se da seguinte forma (PORTALSOLAR, 2021):

1. Capta-se a luz solar por meio dos módulos solares fotovoltaicos e, nessa ocasião há a conversão em tensão contínua;
2. A corrente contínua circula pelo inversor solar conectado à rede e é transformada em corrente alternada (CA);
3. O fluxo de energia em instalações com sistema on-grid pode ocorrer das seguintes formas:

- a) Uma parcela da corrente CA será utilizada pelos aparelhos elétricos do imóvel, caso a geração seja maior que a demanda requerida pela unidade consumidora, o excedente é transferido para a rede elétrica pública;
  - b) A totalidade da corrente CA será utilizada pelos aparelhos elétricos do imóvel. Caso a geração seja menor que a demanda requerida pela unidade consumidora, há um complemento de energia elétrica por parte da rede elétrica pública;
  - c) Em períodos de ausência de geração, caso o sistema seja desligado ou durante a noite, quando não há geração, a demanda de energia da unidade consumidora é realizada pela rede elétrica pública.
4. Por fim, será realizado o monitoramento, com o objetivo de medir a geração de energia solar.

Figura 6 - Funcionamento de sistema solar On-Grid



Fonte: Luz Solar (2023)

#### 1.1.4 FUNCIONAMENTO DE SISTEMA OFF-GRID

O sistema de energia solar off-grid, é utilizado de forma que a energia elétrica por ele produzida não é inserida na rede elétrica pública. Essa topologia de sistema é principalmente utilizada em locais remotos, onde não há a disponibilidade da rede elétrica pública.

A operação desse sistema ocorre da seguinte maneira:

1. Capta-se luz solar por meio dos módulos solares fotovoltaicos e há a conversão em tensão contínua;

2. A corrente contínua circula pelo controlador de carga. O controlador de carga direciona a corrente para um banco de baterias de maneira adequada, evitando sobrecargas ou descargas exageradas;

3. As baterias armazenam a energia, para que ela possa ser utilizada durante à noite ou em dias chuvosos;

4. O inversor converte a energia fornecida pelas baterias, de contínua para alternada, permitindo o fornecimento de energia para os aparelhos elétricos da residência.

Figura 7 - Funcionamento de sistema Off-Grid



Fonte: NeoSolar (2023)

# CAPÍTULO 2

## NORMAS E REGULAMENTOS

Esta seção apresenta de forma descritiva as normas que foram seguidas para a realização dos projetos no decorrer do estudo.

### 2.1 LEI 14.300, DE 6 DE JANEIRO DE 2022

A resolução normativa nº 487/2012 foi responsável por determinar as condições gerais para acesso à microgeração e minigeração distribuída, bem como instituir o sistema de compensação de energia elétrica e outras providências. Em 2015, buscando introduzir melhorias à RN 482/2012, a ANEEL resolveu elaborar a RN 687/2015. A partir dela, os conceitos sobre microgeração e minigeração foram atualizados e novos pontos foram estabelecidos. Em 07/01/2022 foi publicada a Lei nº 14.300 onde instituiu o marco legal a microgeração e minigeração distribuída, o sistema de compensação de energia elétrica (SCEE) e o programa de energia renovável social (PERS). O texto, hoje em vigor, definiu que:

- Microgeração distribuída: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada, em corrente alternada, 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 de energia elétrica por meio de instalações de unidades consumidoras;
- 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;
- 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;

- 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;
- 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;
- 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.

## 2.2 NDU 001 - ENERGISA

Norma de distribuição unificada 001 fixa os critérios mínimos a serem seguidos em projetos e execução das instalações de entradas de serviço das unidades consumidoras de baixa tensão em toda a área da concessão da Energisa, quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 75 kW, conforme legislação em vigor.

Esta norma estabelece recomendações importantes sobre aterramento, carga instalada, padrão de entrada, ramal de entrada, ramal de ligação, etc. E essas se aplicam às instalações individuais ou de até 3 unidades consumidoras urbanas e rurais, classificadas como

residenciais, comerciais, rurais, poderes públicos e industriais, a serem ligadas em redes de distribuição aéreas de distribuição secundária, obedecidas as normas da ABNT (Associação Brasileira de Norma Técnicas) e as Resoluções da ANEEL (ENERGISA, 2021).

## 2.3 NDU 013 - ENERGISA

A norma de distribuição unificada 013 é uma norma técnica que concentra e sistematiza os critérios mínimos e procedimentos técnicos necessários para geração distribuída em consumidores de baixa tensão conectados à rede, em conformidade com as legislações vigentes (ENERGISA, 2024).

Para que um projeto de geração distribuída seja aprovado é necessário obedecer ao regimento desta norma reguladora. O projeto só poderá ser executado quando for enviado à Energisa e tiver aprovação.

Após a execução, um pedido de vistoria é enviado à concessionária, onde uma equipe técnica da Energisa irá inspecionar toda a instalação. Caso esteja tudo conforme o esperado, o sistema é homologado e será instalado um novo medidor, agora bidirecional, para contabilizar a energia elétrica que será consumida e injetada pela UC.

## 2.4 NDU 015 - ENERGISA

A norma de distribuição unificada 015 é uma norma técnica que concentra e sistematiza os critérios mínimos e procedimentos técnicos necessários para geração distribuída em consumidores de média tensão conectados à rede, em conformidade com as legislações vigentes (ENERGISA, 2024).

Para que um projeto de geração distribuída seja aprovado é necessário obedecer ao regimento desta norma reguladora. O projeto só poderá ser executado quando for enviado à Energisa e tiver aprovação.

De forma análoga aos procedimentos da NDU 013, é solicitado a vistoria após a finalização do serviço de instalação para que seja instalado o medidor bidirecional e possa contabilizar os créditos excedentes no banco de dados da concessionária.

# CAPÍTULO 3

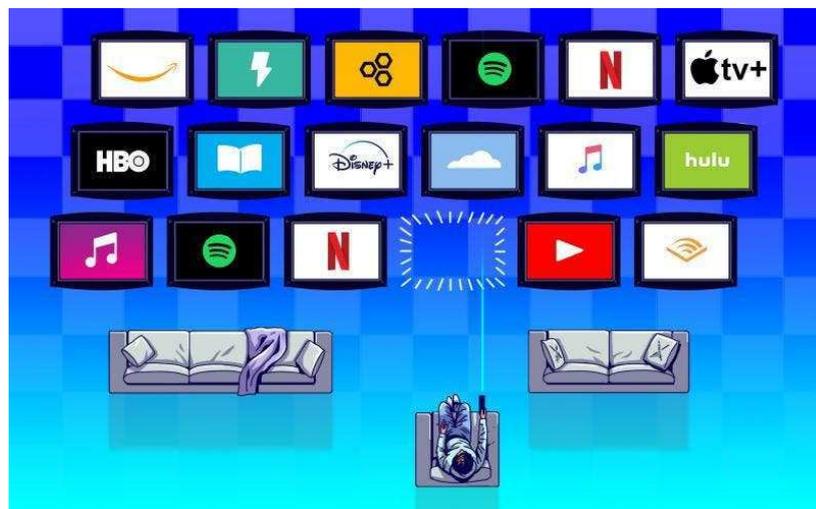
## ESTRUTURAÇÃO DO MODELO DE NEGÓCIO

Nesta seção será apresentado o funcionamento do objeto de estudo, assim como o passo a passo a ser executado para contratação do serviço.

### 3.1 PLANOS DE ASSINATURA

A contratação de serviços por assinatura, como as plataformas de streaming de vídeo e de áudio, faz parte da vida de grande parte dos brasileiros. Hoje temos diversos sites e plataformas que proporcionam esse modelo de negócio, como é o caso da Netflix e Amazon Prime no mundo dos filmes e séries, assim como o Spotify e Deezer que reproduzem músicas e podcasts. A comodidade de fechar um contrato com uma empresa dentro de sua residência apenas com alguns cliques traz um conforto e agilidade em seu dia a dia.

Figura 8 - Serviços de assinaturas



Fonte: NSC Total

Com esse pensamento, criou-se esse conceito de energia solar por assinatura, com benefícios relacionados à economia e também à sustentabilidade. Essa alternativa é uma forma de utilizar energia solar sem precisar instalar todo o sistema fotovoltaico necessário para gerá-la. As vantagens são atrativas, principalmente para consumidores que são atendidos em baixa tensão.

## 3.2 ENERGIA SOLAR POR ASSINATURA

A energia solar se destaca como uma fonte de energia limpa e renovável, com benefícios tanto para o meio ambiente quanto para o planejamento financeiro do cliente, já que a irradiação solar é um recurso abundante na maior parte do Brasil e durante quase todo o ano.

Porém, na prática, muitos consumidores de energia não conseguem instalar um sistema fotovoltaico no seu imóvel, seja por falta de incentivo financeiro ou até mesmo condições em sua moradia.

Figura 9 - Telhado danificado pelo peso dos painéis



Fonte: Solar da Depressão

Diante disso, uma maneira de garantir essa energia limpa e renovável sem precisar arcar com custos e enfrentar limitações para a instalação é o serviço de energia solar por assinatura. Com ele, o contratante usa a energia gerada pelo sol, creditada na rede da concessionária por uma usina remota, sem precisar instalar nenhum equipamento em sua residência, além de necessitar do auxílio por falta de energia ou algo assim, a concessionária continuará com todos seus deveres em atender.

Figura 10 - Usina de solo



Fonte: Elysia Energia solar

### 3.3 FUNCIONAMENTO

O funcionamento se dá com a empresa contratada produzindo energia em uma usina solar e injeta a eletricidade produzida a partir dela na rede de distribuição convencional. Isso garante a ela os créditos para abatimento na fatura que, com a assinatura, são repassados ao consumidor que contrata esse serviço.

Figura 11 - Funcionamento



Fonte: Autoria Própria

Essa modalidade foi oportunizada em 2015, quando a chamada geração compartilhada, que possibilita que várias unidades consumidoras utilizem um mesmo sistema produtor de energia, o qual foi autorizada pela Aneel.

Segundo dados da Aneel e da Absolar, naquele mesmo ano já eram 45 as unidades consumidoras usando geração compartilhada. O número aumentou significativamente ano a ano, chegando a 37293 MW de potência instalada no Brasil em dezembro de 2023.

### 3.4 BENEFÍCIOS

A energia solar é uma fonte limpa e renovável, já que o sol não se esgota na natureza e a geração de energia fotovoltaica não emite gases do efeito estufa. Dessa forma é uma das fontes de energia com menor impacto ao meio ambiente e essencial para a transição energética, necessária para frear as mudanças climáticas e preservar os recursos naturais (EDP - 2023).

Com isso os benefícios provenientes desse modelo de negócio são:

- Energia limpa e renovável;
- Economia na fatura de energia elétrica;
- Sem custo de instalação e manutenção;
- Menor oscilação no custo da energia;
- Facilidades na contratação e suporte.

### 3.5 LIMITAÇÕES E DESAFIOS

Como todo modelo de negócio a energia por assinatura também existem pontos a serem vencidos durante a implementação e execução.

- Contratante deverá estar localizado na mesma área de concessão na usina;
- O consumo de energia do contratante seja maior que a oferta na usina;
- A ampliação do marketing referente ao modelo de negócio.

### 3.6 PROCESSO DE INSTALAÇÃO E MONITORAMENTO

A adesão à energia solar por assinatura pode ser feita pela internet, em muitos casos, o consumidor pode fazer uma simulação do seu consumo de energia pelo site da empresa geradora e receber uma proposta de assinatura com base nas suas necessidades. Após isso, basta assinar o contrato.

Tudo isso ocorre de forma rápida, sem burocracia e os custos da instalação da própria usina fotovoltaica, que demanda vistorias e outros procedimentos. Já após a assinatura, o

consumidor irá receber apenas uma fatura da contratada referente ao fornecimento dos créditos com o desconto devido.

Figura 12 - Passo a passo para adesão



Fonte: Autoria Própria

# CAPÍTULO 4

## ESTUDO DE CASO DE USINA SOLAR FOTOVOLTAICA

Neste capítulo será executado todo o projeto de uma usina solar fotovoltaica de solo para compensação de créditos, tendo como intuito a geração de energia elétrica e com isso efetuar um desconto na fatura de um condomínio na cidade de Campina Grande - PB e assim implementar a energia por assinatura explicada no 3º capítulo deste trabalho.

### 4.1 LOCAL DE INSTALAÇÃO

O local de instalação para essa usina que irá gerar energia de forma remota para compensação de créditos no condomínio deverá seguir alguns requisitos para uma fácil implementação, são eles:

- Local que seja atendido com rede de distribuição trifásica;
- Que tenha uma área grande o suficiente para instalação dos módulos sem sombreamento proveniente de algum objeto externo;
- Seja de valor baixo agregado, para que o valor investido não seja grande o suficiente.

Diante disso, o local escolhido para a instalação da usina FV está indicado na figura 13.

Figura 13 - local de instalação



Fonte: Google Maps

O terreno escolhido é uma propriedade rural em que tem 2 hectares de dimensões e possui rede primária do sistema de distribuição passando próximo ao local, além disso o valor agregado ao terreno é de certa forma baixo, por isso a escolha de tal local.

## 4.2 ANÁLISE DA FATURA DE ENERGIA

Foi solicitado à síndica do condomínio todas as faturas de energia elétrica que são feitas os pagamentos para iniciar o dimensionamento do sistema gerador.

O que mais se interessa nessa etapa é o consumo mensal das unidades consumidoras que serão feitas as compensações. Desta forma, é mostrado na tabela 2 todo o consumo das 4 faturas.

Tabela 2 - Relação de consumo KWh mensal

<b>Consumo</b>				
<b>Meses</b>	<b>Área comum</b>	<b>Torre A</b>	<b>Torre B</b>	<b>Torre C</b>
nov./22	1943,00	843,00	811,00	1011,00
dez./22	1842,00	804,00	810,00	948,00
jan./23	1865,00	772,00	785,00	881,00
fev./23	1900,00	831,00	830,00	1032,00
mar./23	1770,00	820,00	799,00	943,00
abr./23	2017,00	852,00	839,00	974,00
mai./23	1997,00	889,00	898,00	1040,00
jun./23	1729,00	798,00	798,00	888,00
jul./23	1751,00	762,00	785,00	859,00
ago./23	1803,00	811,00	843,00	867,00
set./23	1949,00	909,00	946,00	1102,00
out./23	2082,00	842,00	884,00	989,00
nov./23	1910,00	910,00	972,00	1131,00
<b>Média</b>	<b>1900,00</b>	<b>831,00</b>	<b>830,00</b>	<b>974,00</b>

Fonte: Autoria Própria

Com os dados que foram adquiridos da fatura de energia podemos estimar o consumo médio a ser gerado pelo sistema anualmente.

## 4.3 ENERGIA DE COMPENSAÇÃO - MENSAL E DIÁRIA

Vale ressaltar que existe uma taxa mínima a ser paga para a concessionária pelo uso do sistema de distribuição e se dá o nome de “custo de disponibilidade” para o atendimento daquele empreendimento com base no tipo de ligação, pela resolução 1000 exposta no capítulo 2, temos as seguintes informações:

Tabela 3 - Relação de custo de disponibilidade com o tipo de ligação

Tipo de ligação	Custo de disponibilidade
Monofásico	30 kWh/mês
Bifásico	50 kWh/mês
Trifásico	100 kWh/mês

Fonte: Adaptado Ren 1000 de 07/12/2021

### 4.3.1 ENERGIA DE COMPENSAÇÃO MENSAL

O condomínio em questão, tem atendimento trifásico nas 4 faturas de energia. Diante disso pode se executar o seguinte cálculo:

Equação 1 - Energia compensada

$$E_c = E_{mm} - CD$$

Onde:

- $E_c$  = Energia de compensação em média mensal - em **kWh/mês**;
- $E_{mm}$  = Consumo de energia em média mensal - em **kWh/mês**;
- $CD$  = Custo de disponibilidade - em **kWh/mês** (Conforme tabela 3).

Tabela 4 - Cálculo da energia de compensação mensal

Local	Consumo médio mensal	Custo de disponibilidade	Energia de compensação
Área Comum	1900,00	100,00	1800,00
Torre A	831,00	100,00	731,00
Torre B	974,00	100,00	874,00
Torre C	830,00	100,00	730,00

Fonte: Autoria Própria

Será focado, então, em projetar um sistema fotovoltaico conectado a rede que seja capaz de gerar, em média, o valor aproximado de 4135 kWh/mês, deixando uma média de 100 kWh/mês a serem gastos da distribuidora, afinal sempre haverá o pagamento referente a esse consumo mínimo.

#### 4.3.2 ENERGIA DE COMPENSAÇÃO DIÁRIA

Ao final dos 30 dias do mês, em média, o sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR) deverá gerar em torno de 4135 kWh/mês. Para o dimensionamento será convertido a energia de compensação mensal para diária com intuito de dimensionar a geração por dia seguindo a equação 2 descrita abaixo.

Equação 2 - Energia de compensação diária

$$E_{CD} = \frac{E_c}{30}$$

Onde:

$E_{CD}$  = Energia de compensação em média diária – em kWh/dia;

$E_c$  = Energia de compensação em média mensal – em kWh/mês ;

30 = Constante relativa à quantidade de dias do mês, em média.

Aplicando esta equação ao empreendimento, obtém-se:

$$E_{CD} = \frac{4135 \text{ kWh/mês}}{30} = 137,83 \text{ kWh/dia}$$

Assim, será determinado, então, qual é a potência ideal de SFCR, que consiga, ao final de um dia médio, gerar em torno de 137,83 kWh.

#### 4.4 ANÁLISE DO RECURSO SOLAR LOCAL

Para determinar a potência do SFCR a fim de se gerar determinado valor de energia elétrica, é necessário saber de antemão qual é o valor médio da radiação solar da localidade.

De posse do endereço do local onde será instalado a usina, pode-se utilizar uma fonte de dados solarimétricos públicas e gratuitas como é o caso do Centro de Referência para Energia solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito - CRESESB e também Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia - LABREN.

Para o projeto em questão a fonte de dados escolhida foi o LABREN, que para a localidade analisada (Cidade de Soledade, interior da Paraíba), oferece os valores de radiação solar mostrados na tabela 5, com média mensal anual em base diária de 5,478 kWh/m<sup>2</sup>/dia.

Tabela 5 - Dados da radiação solar em Soledade

Radiação Solar - Soledade														
Lon	Lat	Anual	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
-36,349	-7,1005	5,478	5,771	5,825	5,866	5,393	4,760	4,258	4,439	5,150	5,825	6,106	6,310	6,036

Fonte: LABREN

## 4.5 PROJETO DO SFCR

Em posse dos valores de energia de compensação mensal e diária, assim como da média anual da radiação solar, pode-se, então, iniciar o projeto do SFCR que atenderá as unidades consumidoras.

### 4.5.1 POTÊNCIA-PICO

Para determinar a potência-pico do SFCR, utiliza-se a seguinte equação:

Equação 3 - Potência de pico

$$P_{Pico} = \frac{E_{CD}}{HSP \times F_{DG}}$$

Onde:

$P_{Pico}$  = Potência pico do sistema – em kWp

$E_{CD}$  = Energia de compensação em média diária – kWh/dia

$HSP$  = Valor médio anual da radiação solar – em horas

$F_{DG}$  = Fator de desempenho global

Aplicando esta equação as unidades consumidora, obtém-se:

$$P_{Pico} = \frac{137,83 \text{ kWh/dia}}{5,478 \text{ HSP} \times 0,8325} = 30,8 \text{ kWp}$$

O fator de desempenho global é um valor referente às perdas provenientes do sistema de geração, para energia solar esse valor está entre 0,8-0,85, foi adotado 0,8325 pelo dados do fabricante do inversor.

Com isso, determina que o valor de 30,8 kWp é o necessário para atender as necessidades de geração para o autoconsumo remoto das unidades consumidoras.

### 4.5.2 QUANTIDADE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

De posse do valor da potência pico do SFCR, pode-se calcular, a quantidade de módulos fotovoltaico a serem utilizados, através da seguinte equação:

Equação 4 - Número de módulos

$$N_m = \frac{P_{Pico} \times 1000}{Wp}$$

Onde:

$N_m$  = Número de módulos fotovoltaicos a serem utilizados

$P_{Pico}$  = Potência pico do SFCR

$Wp$  = Potência pico do modelo do módulo fotovoltaico

1000 = Constante para ajuste de unidade (1 kW = 1000 W)

Para esse cliente, considerando um módulo fotovoltaico de potência pico de 550 Wp obtém-se:

$$N_m = \frac{30,8 \text{ kWp} \times 1000}{550 \text{ Wp}} = 56 \text{ unidades}$$

Em posse desse dado, pode-se dimensionar o sistema de inversão, ou seja, inversor on grid.

Figura 14 - Painel solar JA JAM72S30-550/MR



Fonte: Datasheet JA

#### 4.5.3 POTÊNCIA DO INVERSOR

Com o cálculo de módulos do sistema pode-se dimensionar assim o inversor, ou inversores, com base na potência de entrada para a geração e consequentemente a compensação de energia nas faturas do cliente.

Desta forma, tem-se a seguinte situação:

Equação 5 - Inversor solar

$$P_{Inversor} = Wp \times N_m$$

E com isso, tem-se que:

$$P_{Inversor} = 550 \times 56 = 30,8 \text{ kW}$$

Comercialmente, o inversor que é fabricado e vendido é de 30 kW, conforme a figura 15, e portanto já encontra-se definido a forma de instalação, módulos a serem utilizados e inversor para o sistema.

Figura 15 - Inversor Solar Growatt MID30KTL3-X

Ficha de dados	MID 25KTL3-X1	MID 30KTL3-X	MID 33KTL3-X	MID 36KTL3-X	MID 40KTL3-X
<b>Dados de entrada</b>					
Máxima potência fotovoltaica recomendada (para módulo STC)	37500W	45000W	49500W	54000W	60000W
Máxima tensão CC	1100V				
Tensão de partida	250V				
Faixa de tensão MPPT/tensão nominal	600V				
Faixa de tensão MPPT	180-1000V				
Número de MPP trackers	3	3	3	4	4
Número de Strings por MPP tracker	2				
Máxima corrente de entrada por MPP tracker	26A				
Máxima corrente de curto-circuito por MPP tracker	32A				
<b>Saída</b>					
Máxima potência nominal CA	25000W	30000W	33000W	36000W	40000W
Máxima potência aparente CA	27700VA	33300VA*	36600VA	39600VA	44000VA
Tensão nominal CA	220V/380V (340-440V)				
Frequência da rede CA	50/60 Hz (45-55Hz/55-65 Hz)				
Máxima corrente de saída	40A	50,5A	55,5A	60,0A	66,6A
Fator ajustável de potência	0,8leading...0,8lagging				
THDI	<3%				
Tipo de conexão da rede CA	3W+N+PE				

Fonte: Datasheet Growatt

## 4.6 CUSTO AO LONGO DA VIDA ÚTIL DO SFCR

Em posse de todos os equipamentos da usina, assim como o local, pode-se, a partir de agora, mensurar o valor gasto, além do retorno financeiro gerado pela SFCR durante um período de 20 anos.

### 4.6.1 CUSTO TURN-KEY

O custo “Turn-Key” é o valor gasto para a implementação da usina para deixá-la em seu pleno funcionamento. A tabela 6 detalha todos os equipamentos utilizados e seus respectivos valores.

Tabela 6 - Valores estratificados do projeto SFCR

Componente	QTDE	Preço Unit.	Preço Total
INVERSOR SOLAR GROWATT	1,00	R\$ 9.066,73	R\$ 9.066,73
CABO SOLAR PRETO 6 MM	300,00	R\$ 4,02	R\$ 1.206,00
CABO SOLAR VERMELHO 6 MM	300,00	R\$ 4,02	R\$ 1.206,00
PAINEL SOLAR JA 550 W	56,00	R\$ 571,77	R\$ 32.019,12
CONECTOR MC4	6,00	R\$ 18,49	R\$ 110,94
STRING BOX CC	3,00	R\$ 550,00	R\$ 1.650,00
ESTRUTURA SOLAR	14,00	R\$ 748,36	R\$ 10.477,04

MATERIAIS ELÉTRICOS	1,00	R\$ 6.000,00	R\$ 6.000,00
PROJETO E HOMOLOGAÇÃO	1,00	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
INSTALAÇÃO	1,00	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
<b>TOTAL</b>			<b>R\$ 68.497,62</b>

Fonte: Autoria Própria

#### 4.6.2 CUSTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM 20 ANOS

Para o valor da manutenção preventiva (e pequenas substituições) ao longo de 20 anos do período de análise, considera-se o valor de 0,5% do custo turn-key do SFCR, ou seja R\$342,49. Para obtenção dos valores futuros, utilizou-se o fator de redução recorrente de 12,46, conforme a figura 16, para a taxa de desconto de 5% (valor mais próximo ao IPCA de fevereiro de 2024 - 4,47%).

Tabela 7 - Conjunto de “fatores de redução recorrente”

ano	taxa de desconto						
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%
1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93
2	1,97	1,94	1,91	1,89	1,86	1,83	1,81
3	2,94	2,88	2,83	2,78	2,72	2,67	2,62
4	3,90	3,81	3,72	3,63	3,55	3,47	3,39
5	4,85	4,71	4,58	4,45	4,33	4,21	4,10
6	5,80	5,60	5,42	5,24	5,08	4,92	4,77
7	6,73	6,47	6,23	6,00	5,79	5,58	5,39
8	7,65	7,33	7,02	6,73	6,46	6,21	5,97
9	8,57	8,16	7,79	7,44	7,11	6,80	6,52
10	9,47	8,98	8,53	8,11	7,72	7,36	7,02
11	10,37	9,79	9,25	8,76	8,31	7,89	7,50
12	11,26	10,58	9,95	9,39	8,86	8,38	7,94
13	12,13	11,35	10,63	9,99	9,39	8,85	8,36
14	13,00	12,11	11,30	10,56	9,90	9,29	8,75
15	13,87	12,85	11,94	11,12	10,38	9,71	9,11
16	14,72	13,58	12,56	11,65	10,84	10,11	9,45
17	15,56	14,29	13,17	12,17	11,27	10,48	9,76
18	16,40	14,99	13,75	12,66	11,69	10,83	10,06
19	17,23	15,68	14,32	13,13	12,09	11,16	10,34
20	18,05	16,35	14,88	13,59	12,46	11,47	10,59

Fonte: Ronilson di Souza

O valor presente dos custos de manutenção ao longo de 20 anos é dado, então pela equação abaixo:

$$C_{MP} = R\$342,49 * 12,46 = R\$4.267,40$$

#### 4.6.3 CUSTO DE MANUTENÇÃO CORRETIVA - SUBSTITUTIVA

Para a composição dos custos de manutenção substitutiva em 20 anos, considerou-se apenas a substituição dos inversores interativos, que se estima ocorrer somente após 12 anos de funcionamento. Para o valor presente dos inversores a serem adquiridos no décimo

segundo ano de funcionamento, considerou o seu valor atual (em fevereiro de 2024), e o fator de redução de 0,555, conforme figura 16. A equação abaixo calcula os valores:

$$C_{MC,Inv} = R\$ 9.066,73 * 0,555 = R\$5.032,03$$

#### 4.6.4 CUSTO LCC DO SFCR

De posse de todos os valores para a sua composição, é possível, então, calcular-se o custo LCC do SFCR conforme a equação abaixo:

Equação 6 - Equação para calcular o custo total do SFCR

$$LCC = C_{turn-key} + C_{MP} + C_{MC}$$

$$LCC = 68.497,62 + 4.267,40 + 5.032,03 = 77.797,05$$

#### 4.7 ESTIMATIVAS DE CUSTOS DE ENERGIA ELÉTRICA PARA 20 ANOS

O valor do kWh, para a cidade de Campina Grande, em fevereiro de 2024, é de R\$0,79, considerando o valor da tarifa de energia (TE) e a tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD), já incluindo os impostos (ENERGISA - 2024).

Com a projeção de 10% de média de inflação energética (devido ao seu histórico dos últimos dez anos) resultou nos valores estimados na tabela 7.

Tabela 8 - Estimativas de custo de energia elétrica para os próximos 20 anos

Ano	Custo do kWh	Ano	Custo do kWh
2024	R\$ 0,79	2034	R\$ 2,05
2025	R\$ 0,87	2035	R\$ 2,25
2026	R\$ 0,96	2036	R\$ 2,48
2027	R\$ 1,05	2037	R\$ 2,73
2028	R\$ 1,16	2038	R\$ 3,00
2029	R\$ 1,27	2039	R\$ 3,30
2030	R\$ 1,40	2040	R\$ 3,63
2031	R\$ 1,54	2041	R\$ 3,99
2032	R\$ 1,69	2042	R\$ 4,39
2033	R\$ 1,86	2043	R\$ 4,83

Fonte: Autoria Própria

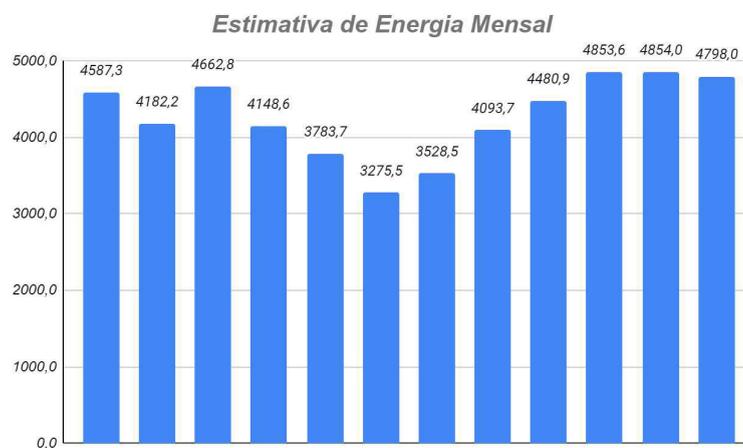
## 4.8 ESTIMATIVAS DE GERAÇÃO MONETÁRIA DE SFCR

Confrontando, então, os valores de estimativas de geração, com os valores de estimativas de custo de energia elétrica, tem-se as estimativas de geração monetária do SFCR.

### 4.8.1 GERAÇÃO MONETÁRIA - INVESTIDOR

A usina solar irá gerar uma estimativa mensal de energia a ser compensada na fatura conforme a figura 17 apresenta.

Figura 16 - Estimativa de Energia gerada mensalmente



Fonte: Autoria Própria

Com isso, estima-se a geração anual de energia durante os 20 anos conforme o gráfico da figura 18, dada as perdas referente ao rendimento disposto pelo próprio dataheet do módulo.

Figura 17 - Estimativa de geração durante o período de 20 anos



Fonte: Autoria própria

Confrontando os dados da geração com os valores da tarifa de energia elétrica, pode-se obter a curva de valor acumulado do investidor dado um desconto de 10% na fatura de energia do condomínio estudado.

Tabela 9 - Geração monetária do investidor

Ano	Geração monetária investidor	Acumulado
1	2024	R\$ 35.279,82
2	2025	R\$ 74.087,62
3	2026	R\$ 116.776,20
4	2027	R\$ 163.733,64
5	2028	R\$ 215.386,83
6	2029	R\$ 272.205,33
7	2030	R\$ 334.705,69
8	2031	R\$ 403.456,07
9	2032	R\$ 479.081,50
10	2033	R\$ 562.269,47
11	2034	R\$ 653.776,24
12	2035	R\$ 754.433,68
13	2036	R\$ 865.156,87
14	2037	R\$ 986.952,38
15	2038	R\$ 1.120.927,44
16	2039	R\$ 1.268.300,00
17	2040	R\$ 1.430.409,82
18	2041	R\$ 1.608.730,62
19	2042	R\$ 1.804.883,50
20	2043	R\$ 2.020.651,67

Fonte : Autoria Própria

Figura 18 - Valor acumulado do financiador



Fonte: Autoria Própria

Pode-se analisar com a tabela 8 e o cálculo feito no tópico 4.6.4 que o investidor terá o retorno financeiro do valor investido no SFCR em 2 anos e 3 meses dado que o LCC deu próximo de 78 mil reais.

#### 4.8.2 GERAÇÃO MONETÁRIA - CONTRATANTE

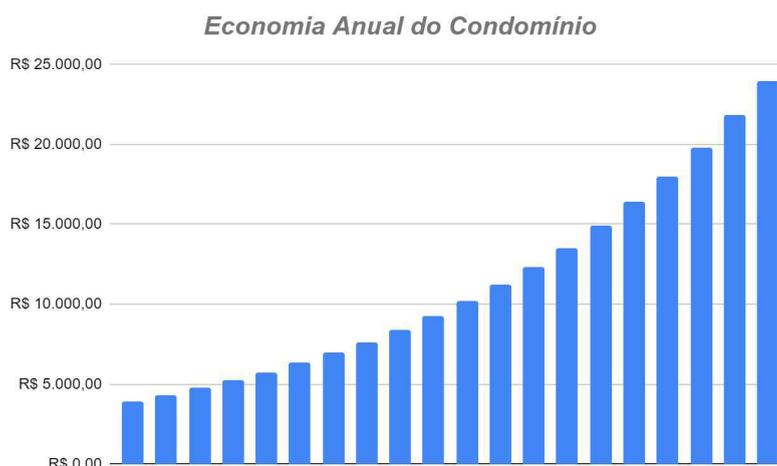
Dado que o condomínio contratou o serviço de energia por assinatura, terá um desconto mensal de 10% em cima do consumo e com isso irá economizar, podendo aplicar em outros investimentos desta economia. Pode-se observar o desconto anualmente conforme tabela 9 e graficamente na figura 20.

Tabela 10 -Geração monetária condomínio

Ano		Economia Gerada
1	2024	R\$ 3.919,98
2	2025	R\$ 4.311,98
3	2026	R\$ 4.743,18
4	2027	R\$ 5.217,49
5	2028	R\$ 5.739,24
6	2029	R\$ 6.313,17
7	2030	R\$ 6.944,48
8	2031	R\$ 7.638,93
9	2032	R\$ 8.402,83
10	2033	R\$ 9.243,11
11	2034	R\$ 10.167,42
12	2035	R\$ 11.184,16
13	2036	R\$ 12.302,58
14	2037	R\$ 13.532,83
15	2038	R\$ 14.886,12
16	2039	R\$ 16.374,73
17	2040	R\$ 18.012,20
18	2041	R\$ 19.813,42
19	2042	R\$ 21.794,76
20	2043	R\$ 23.974,24

Fonte: Autoria Própria

Figura 19 - Valor Acumulado do Condomínio



Fonte: Autoria Própria

Com essa análise pode-se observar que é vantajoso tanto para o contratante da energia por assinatura que, terá um desconto mensal referente ao que paga atualmente, como para o investidor.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geração distribuída possui um grande potencial para contribuir com o fornecimento de energia elétrica, despontando como uma nova possibilidade de exploração do mercado de energia. Localizada, por definição, próxima aos centros de carga, as unidades geradoras de energia solar fotovoltaica, além de suprirem a energia demandada localmente, possuem condições próprias para desempenhar um papel importante no conjunto do sistema elétrico e na sociedade como um todo.

Assim, neste trabalho foi desenvolvido um estudo contextualizado sobre a Geração Distribuída Fotovoltaica, englobando o estudo financeiro e a viabilidade de instalação de uma usina solar conectada à rede para compensação de créditos em energia remotamente para um condomínio residencial na cidade de Campina Grande na Paraíba.

Como visto durante o decorrer do trabalho, a energia por assinatura é uma boa solução para quem deseja economizar sem dar um aporte financeiro alto na compra do kit gerador, assim como aquela pessoa que tem um valor financeiro elevado e deseja aplicar em um investimento.

Pessoas que já estão inseridas no contexto de investimentos é algo comum tratar dos modelos de renda fixa, renda variável, tesouro direto, compras de ações, aluguel de imóveis dentre outras fontes que geram receita. O modelo de negócio estudado é um excelente gerador de renda comparado aos citados anteriormente dado que a TIR (Taxa interna de Retorno) que é de 25% ao ano para o estudo de caso feito no capítulo 4.

O empreendimento em questão, o condomínio contratante deste serviço, o qual obteve um desconto proporcionado pelo método pode acarretar em melhorias para a edificação, compra de materiais para modernizar as áreas comuns, como também guardar dinheiro em caixa para futuras intercorrências.

Além dos benefícios econômicos e ambientais, a implementação do sistema fotovoltaico trouxe consigo uma série de vantagens para o empreendimento residencial. A redução nos custos operacionais permitiu uma melhoria na margem de lucro, enquanto a utilização de energia limpa reforçou a imagem do empreendimento perante os clientes, fortalecendo sua reputação e diferenciando-o no mercado.

A Energia por Assinatura é um modelo de negócio já utilizado em certas regiões do Brasil, porém ainda sem muito conhecimento na região nordeste. Portanto, traz uma confiabilidade a mais, tendo em vista que funciona sem problemas. Contudo o marketing deve ser específico o bastante para convencer aqueles que desconhecem o produto e, com isso, gerar receita para ambos os interessados.

Na engenharia o profissional deve obter durante o decorrer da sua vida habilidades técnicas para solucionar problemas da melhor maneira possível e assim construir um mundo tecnológico com novas invenções, porém apenas os conhecimentos técnicos não é suficiente para ser um bom profissional, deve aprender a gerir pessoas, análise de mercado, vendas e estruturar modelos de negócios. Com esse estudo realizado neste trabalho é notório que além de propor um projeto técnico está também trazendo uma forma de renda que remunera os interessados fazendo com que o engenheiro saiba lidar com pessoas que detêm dinheiro e clientes com necessidades de diminuir a fatura para investir esse valor em outras problemáticas.

# REFERÊNCIAS

1. ABSOLAR, Infográfico Energia solar Fotovoltaica no Brasil. São Paulo, SP, Brasil. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>> Acessado em 22/02/2024.
2. ALMEIDA, E., ROSA, A. C., DIAS, F. C. L. S., BRAZ, K. T. M., LANA, L. T. C., SANTO, O. C. E., SACRAMENTO, T. C. B., Energia Solar Fotovoltaica: Revisão Bibliográfica, 2016. Disponível em: <<http://revista.fumec.br/index.php/eol/article/view/3574>>Acessado em 23/02/2024.
3. ANEEL, Cadernos Temáticos. Micro e minigeração distribuída. Sistema de Compensação de Energia Elétrica. Brasília, DF, Brasil: Centro de Documentação–Cedoc, 2014 Acessado em 22/02/2024.
4. ANEEL, RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA No 3.285. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20233285ti.pdf>> ,2023 Acessado em 26/02/2024.
5. CARLETTE, L. P. **Comparação de Algoritmos de Máxima Potência em Sistemas Fotovoltaicos como carregador de Baterias**. Monografia. Departamento de Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Viçosa – UFV, 2015. Acessado em 26/02/2024
6. EDP - Energia solar por assinatura, 11/09/2023. Disponível em: <<https://empresas.edp.com.br/blog/como-funciona-energia-solar-por-assinatura/#:~:text=Funciona%20assim%3A%20a%20empresa%20contratada,consumidor%20que%20contrata%20esse%20servi%C3%A7o.>> Acessado em 28/02/2024
7. ENERGISA. NDU 001: **Fornecimento de energia elétrica a edificações individuais ou agrupadas até 3 unidades consumidoras**. 6.3 ed. Paraíba: Energisa, 2020. Acessado em 25/02/2024
8. ENERGISA. NDU 013: **Critérios para a Conexão em Baixa Tensão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição**. 4.1 ed. Minas Gerais: Energisa, 2019. Acessado em 23/02/2024
9. FERNANDES, E. S. **Instalação e dimensionamento de sistemas fotovoltaicos**. 2018. Acessado em 01/03/2024
10. FJsolar. Sol a melhor solução. Disponível em: <https://fjsolar.com.br/> . Acesso em: 21 de outubro de 2023. Acessado em 24/02/2024

11. NEOSOLAR. SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E SEUS COMPONENTES. Disponível em: [https://www.neosolar.com.br/loja/?gclid=CjwKCAiA5sieBhBnEiwAR9oh2il7EqQM P7TzGWbWEJHYznmVe\\_w\\_UKpfh9AXBFryDQiMmLSbsrJ6SxoCzBYQAvD\\_BwE](https://www.neosolar.com.br/loja/?gclid=CjwKCAiA5sieBhBnEiwAR9oh2il7EqQM P7TzGWbWEJHYznmVe_w_UKpfh9AXBFryDQiMmLSbsrJ6SxoCzBYQAvD_BwE). Acessado em 01/03/2024
12. ONUDI. **Energia Solar Fotovoltaica**. Programa de Capacitação em Energias Renováveis: Observatório de Energias Renováveis Para América Latina e Caribe, 2015. Acessado em 06/02/2024
13. VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações** – 1a edição. São Paulo: Érica LTDA, 2012. Acesso em: 20 de outubro de 2023. Acessado em 10/02/2024
14. VINTURINI, M. **Entenda as especificações básicas dos componentes da string box**. 2019. Acessado em 10/02/2024

# ANEXO I

Lista de materiais do SFCR:

- Inversor solar Growatt: MID30KTL3-X;
- Painel solar JA: JAM72S30-550/MR;
- Cabo solar Preto: 6mm<sup>2</sup> 1,8 kV - CC;
- Cabo solar Vermelho: 6mm<sup>2</sup> 1,8 kV - CC;
- Estrutura solar: KSMTV 240X000MD04 Triangulo 4 painéis inclinação 25°;
- Conector MC4;
- String Box CC: Chave seccionadora 16 A e DPS 1000Vdc para 2 strings;
- Quadro CA: Disjuntor 50 e DPS 275V;
- Condutor Vermelho: 16 mm<sup>2</sup> 0,6/1 kV 90°;
- Condutor Preto: 16 mm<sup>2</sup> 0,6/1 kV 90°;
- Condutor Branco: 16 mm<sup>2</sup> 0,6/1 kV 90°;
- Condutor Azul: 16 mm<sup>2</sup> 0,6/1 kV 90°;
- Condutor Verde: 16 mm<sup>2</sup> 0,6/1 kV 90°;

## **ANEXO II**



# FORMULÁRIO DE ORÇAMENTO DE CONEXÃO

## GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

### 1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC

Código do cliente (UC):	UC NOVA		Classe:	RESIDENCIAL			
Titular da UC:	EDIFÍCIO RESIDENCIAL BELLAGIO RESIDENCE						
Logradouro:	SÍTIO SANTA LUZIA						
Nº:	0	Bairro:	BR 177	UF:	PB	CEP:	58155-000
E-mail:	<a href="mailto:VICTORC.ENGELETRICISTA@GMAIL.COM">VICTORC.ENGELETRICISTA@GMAIL.COM</a>					Cidade:	Soledade
Telefone:						Celular:	(83) 9 9999-9999
CNPJ/CPF:	42.290.514/0001-79						

### 2. DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA NO ATO DA VISTORIA - UC

Potência Instalada (kW):	45	Tensão de Atendimento (V):	380
Tipo de Conexão:	TRIFÁSICO		
Tipo de Ramal:	AÉREO		

### 3. DADOS DA GERAÇÃO

Potência Instalada de Geração (kWp):	30,00		
Tipo da Fonte de Geração:	SOLAR FOTOVOLTAICA	Tipo de Geração:	Empregando conversor eletrônico/inversor

### 5. CONTATOS NA DISTRIBUIDORA

Empresa	Energisa Paraíba		
Telefone	(83) 2106-7241	E-mail:	<a href="mailto:projetos.pb@energisa.com.br">projetos.pb@energisa.com.br</a>
Responsável/Área:	DCMD/COPC	LINK GISA	<a href="tel:(83)9135-5540">(83) 9135-5540</a>

### 6. DADOS DO RESPONSÁVEL TÉCNICO:

Cliente/Procurador Legal:			
Telefone		E-mail:	

V6

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Responsável



**1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA (UC)**

1-Documentos de identificação do consumidor, conforme incisos I e II do art. 67 da Resolução Normativa nº 1.000/2021;	<b>X</b>
1.1-Pessoa jurídica, apresentação dos documentos relativos à sua constituição, ao seu registro e dos seus representantes legais;	<b>X</b>
1.2-Pessoa física, apresentação de: a) Cadastro de Pessoa Física – CPF, desde que não esteja em situação cadastral cancelada ou anulada de acordo com instrução normativa da Receita Federal; e b) Carteira de Identidade ou outro documento de identificação oficial com foto e, no caso de indígenas, podendo ser apenas o Registro Administrativo de Nascimento Indígena – RANI;	
1.3-Endereço das instalações (ou número de identificação das instalações já existentes) e o endereço ou meio de comunicação para entrega da fatura, das correspondências e das notificações;	<b>X</b>
1.4-Declaração descritiva da carga instalada;	<b>X</b>
1.5-Informação das cargas que possam provocar perturbações no sistema de distribuição;	<b>X</b>
1.6-Informação e documentação das atividades desenvolvidas nas instalações;	
1.7-Apresentação de licença ou declaração emitida pelo órgão competente caso as instalações ou a extensão de rede de responsabilidade do consumidor e demais usuários ocuparem áreas protegidas pela legislação, tais como unidades de conservação, reservas legais, áreas de preservação permanente, territórios indígenas e quilombolas;	
1.8-Documento, com data, que comprove a propriedade ou posse do imóvel onde será implantada a central geradora ou, no caso de unidade flutuante, autorização, licença ou documento equivalente emitido pelas autoridades competentes;	
1.9-Indicação de um ponto de conexão de interesse, da tensão de conexão, do número de fases e das características de qualidade desejadas, que devem ser objeto da análise de viabilidade e de custos pela distribuidora. (Opcional)	

**2. Documentação Técnica**

2.1-Documento de responsabilidade técnica (projeto e execução) do conselho profissional competente, que identifique o número do registro válido e o nome do responsável técnico, o local da obra ou serviço e as atividades profissionais desenvolvidas, caso seja exigível na legislação específica e na forma prevista nessa legislação.	<b>X</b>
2.2-Indicação do local do padrão ou da subestação de entrada no imóvel, exclusivamente nos casos em que ainda não estiverem instalados ou houver previsão de necessidade de aprovação prévia de projeto na norma técnica da distribuidora	<b>X</b>
2.3-Diagrama unifilar e de blocos e memorial descritivo do sistema de geração e proteção;	<b>X</b>
2.4-Relatório de ensaio, em língua portuguesa, atestando a conformidade de todos os conversores de potência para a tensão nominal de conexão com a rede, sempre que houver a utilização de conversores.	<b>X</b>
2.5-Dados necessários ao registro da central geradora distribuída conforme disponível no site da ANEEL	<b>X</b>
2.6-Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação, indicando o percentual ou a ordem de utilização dos excedentes. (Opcional)	
2.7-Cópia de instrumento jurídico que comprove a participação dos integrantes para os casos de múltiplas unidades consumidoras e geração compartilhada. (Caso aplicável)	
2.8-Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (Caso aplicável)	
2.9-Dados de segurança das barragens no caso do uso de sistemas com fontes hídricas, conforme Resolução Normativa nº 696/2015. (Caso aplicável)	
2.10-Para centrais fotovoltaicas enquadradas como despacháveis, comprovação de que o sistema de armazenamento atende o disposto no art. 655-B da Resolução Normativa nº 1.000/2021. (Caso aplicável)	
2.11-Documento que comprove o aporte da Garantia de Fiel Cumprimento, se aplicável, conforme previsto no art. 655-C da Resolução Normativa nº 1.000/2021. (Caso aplicável)	

**3. SOLICITAÇÕES E DECLARAÇÕES**

3.1-Deseja que a vistoria seja realizada após a aprovação desta solicitação de orçamento de conexão (projeto elétrico de GD)? <b>Não:</b> Neste caso, a vistoria deverá ser solicitada pelo responsável técnico, por meio do AWGPE, após a implantação do sistema de geração; <b>Sim:</b> Caso o sistema de geração já esteja implantado. Obs.: Caso a vistoria seja reprovada devido o sistema não está instalado, a solicitação de orçamento estará passível de indeferimento.	<b>NÃO</b>
3.2-Deseja renunciar o direito de desistir do orçamento de conexão nos termos dos §§ 7º e 8º do art. 89 da Resolução Normativa nº 1.000/2021?	
3.3-Deseja autorizar a distribuidora a entregar junto com o orçamento de conexão os contratos e o documento ou meio para pagamento de custos de minha responsabilidade?	
3.4-Declaro que as instalações internas da minha unidade consumidora, incluindo a geração distribuída, atendem às normas e padrões da distribuidora, às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT e às normas dos órgãos oficiais competentes, e ao art. 8º da Lei nº9.074, de 1995, naquilo que for aplicável. (Obrigatório)	<b>X</b>

1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC

Código do cliente (UC):	UC NOVA	Classe:	RESIDENCIAL	CNPJ/CPF:	42.290.514/0001-79
Titular da UC:	EDIFÍCIO RESIDENCIAL BELLAGIO RESIDENCE				
Logradouro:	SÍTIO SANTA LUZIA				
Nº:	0	Bairro:	BR 177	Cidade:	SOLEDADE
E-mail:	VICTORC.ENGELETRICISTA@GMAIL.COM		UF:	PB	CEP: 58155-000
Telefone:		Celular:	83999999999	Nº de fases:	Ramal
Tipo do Padrão:	Nível de tensão (V)		Potência Máxima Disponibilizada (kW):		
TRIFÁSICO	380				3
Disjuntor geral (A)	Fator de Potência		Demanda Contratada (kW):		DPS CA (kA)
70	0,92				DISJUNTOR CA
Modalidade	Potência Trafo:	Numero de hastes	Demanda Contratada (kWg):		DPS CC (kA)
Autoconsumo remoto	0	3			DISJUNTOR CC
Coordenadas do padrão de entrada em UTM:			FUSO	X (LONG)	Y (LAT)
			24K	790262	9223987
Tipo Tensão:	Cabos por fase:	Potência De Geração (kW):	Bitola Fase:	Bitola Neutro:	Bitola Terra:
BAIXA	1	30,00	16	16	10
					Sistema GD já instalado?
					NÃO
					Previsão de ligação (Mês):
					Mês: ABRIL
					Ano: 2024
					Zona: RURAL
Observações:	>>>POSSUI UC BENEFICIÁRIA<<<				

V6

2. CARACTERÍSTICAS DA GERAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA

Estrutura dos painéis utilizados na usina:

Nº	Qtd.	Fabricante	Modelo dos painéis	Area total do arranjo (M²)	Potência (kW)	Subtotal (kW)
1	56	9 - JA SOLAR	881 - JAM72D30-550/MB		0,55	30,8
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
				Area Total:	0m²	Potencia Total (kW): 30,8

Estrutura do(s) inversor(es) utilizado(s) na usina:

Nº	Qtd.	Fabricante	Modelo do(s) inversor(es)	Potência (kW)	Subtotal (kW)	Tensão nominal (V)
1	1	11 - GROWATT	773 - MID 30KTL3-X	30	30	380
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
				Potencia Total (kW):	30	

NECESSITA DE AUTOTRAFO OU DE TRANSFORMADOR DE ACOPLAMENTO?

POTÊNCIA: NÃO

ATENDIMENTO COM TRAFÓ EXCLUSIVO (GRUPO "A" E CONSUMIDORES RURAIS)?

POTÊNCIA: NÃO

Assinatura do Projetista

### 3. AJUSTES RECOMENDADOS DAS PROTEÇÕES - PARAMETRIZAÇÕES DO INVERSOR

DESCRIÇÃO	PARAMETROS	TEMPO DE ATUAÇÃO
Tensão no ponto de Conexão:	$V < 80\% (0,8 \text{ PU}) V_n$	Desligar em 0,2 s
Tensão no ponto de Conexão:	$V < 110\% (1,1 \text{ PU}) V_n$	Desligar em 0,2 s
Regime Normal de Operação:	$80\% \leq V \leq 110\%$	Condições normais
Subfrequência:	$f < 57,5 \text{ HZ}$	Desligar em até 0,2 s
Sobrefrequência:	$f > 62,0 \text{ HZ}$	Desligar em 0,2 s
Frequência Nominal da Rede:	$f = 60 \text{ HZ}$	Condições normais
Após a perda da rede (ilhamento), deverá interromper o fornecimento de energia a rede:	Ilhamento	Interromper em até 2s
Após a retomada das condições normais de tensão e frequência da rede, religar:	Reconexão	Após 180s

### 4. REQUISITOS DE SEGURANÇA

O projeto deve ser elaborado atendendo todos os requisitos de segurança solicitado no item 10 da NDU013 e NDU015. Para os sistemas de Geração Distribuída, é necessária a instalação de dispositivo de proteção contra surto (DPS) devidamente projetado e de acordo com as indicações estabelecidas na ABNT NBR 5419:2015 e os diagramas, conforme Desenhos NDU013.

#### 4.1 Variações de Tensão e Frequência

Condições anormais de operação podem surgir na rede elétrica e requerem uma resposta do sistema de Geração Distribuída conectado a essa rede. Esta resposta é para garantir a segurança das equipes de manutenção da rede e das pessoas em geral, bem como para evitar danos aos equipamentos conectados à rede, incluindo o sistema de geração distribuída.

#### 4.2 Proteção Anti-Ilhamento

Na ocorrência de uma eventual falta na rede da Energisa durante a operação de paralelismo, o sistema de Geração deve desligar-se através do inversor e isolar a geração da rede, no máximo, em 2 segundos. O inversor deve garantir o sincronismo da geração com a rede e evitar conexões indevidas. Em nenhuma hipótese será permitido o ilhamento de geradores conectados ao sistema Elétrico da Energisa.

#### 4.3 Reconexão

Depois de uma "desconexão" devido a uma condição anormal da rede, o sistema de Geração Distribuída não pode retomar o fornecimento de energia à rede elétrica (reconexão) por um período mínimo de 180 segundos após a retomada das condições normais de tensão e frequência da rede.

#### 4.4 Aterramento

O sistema de Geração Distribuída deverá estar conectado ao sistema de aterramento da unidade consumidora. As instalações de Centrais Geradoras deverão estar providas de sistemas de aterramento que garantam que, em quaisquer circunstâncias, não sejam geradas tensões de contato superiores aos limites estabelecidos conforme NBR 5410. O estudo relativo ao sistema de aterramento da geração distribuída deverá ser de responsabilidade do responsável técnico pelo projeto.

#### 4.5 Sinalização de Segurança

A sinalização de segurança deve ser instalada junto ao padrão de entrada de energia, próximo à caixa de medição/proteção. Deverá ser instalada uma placa de advertência com os seguintes dizeres:

**"CUIDADO - RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO - GERAÇÃO PRÓPRIA"**

Sendo identificado com tinta anticorrosiva, não sendo aceita a utilização de adesivos. A placa de advertência deverá ser confeccionada em PVC ou acrílico com espessura mínima de 1mm e conforme modelo do desenho NDU013 pág. 65.



Modelo de placa de Advertência

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Projetista



## Diagrama Unifilar para Sistemas Fotovoltaicos Conforme NDU013.

### Dados do Projeto:

Tensão Nominal (V):	380
Nº de fases:	3
Cabos por fase:	1
Bitola fase (mm²):	16
Bitola neutro (mm²):	16
Bitola terra (mm²):	10
Proteção (A):	70

### Módulo(s) solar(es):

Fabricante:	9 - JA SOLAR
Modelo dos Painéis:	881 - JAM72D30-550/MB
Qtd. de módulos:	56
Potência total módulos (kWp):	30,8 kWp

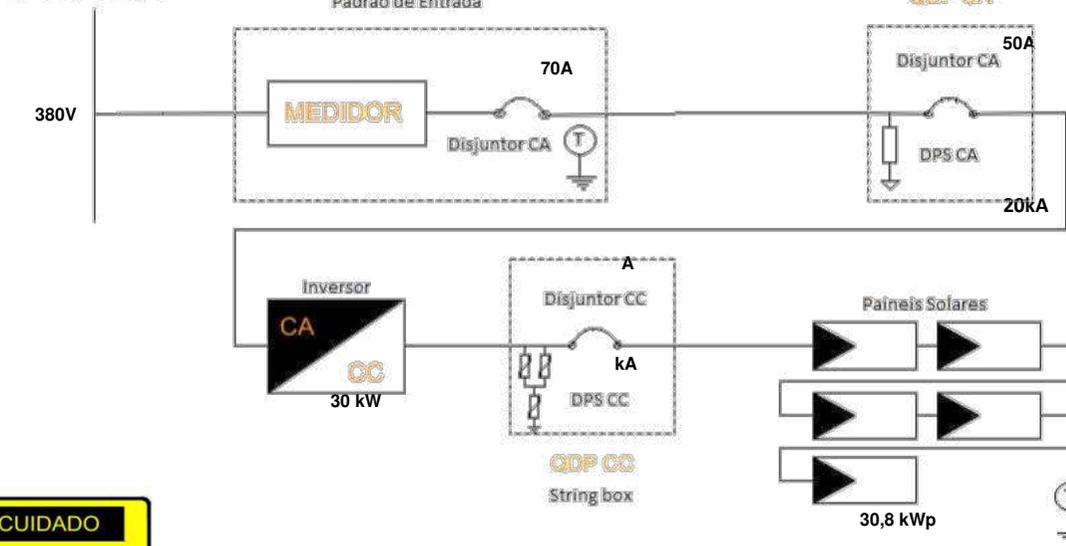
### Inversor(es):

Fabricante:	11 - GROWATT
Modelo dos Inversores:	773 - MID 30KTL3-X
Qtd. de inversores:	1
Potência total inversores (kW):	30 kW
DPS CA (A)	20
DPS CC (A)	0

### Localização da Unidade Consumidora:

Código do cliente (UC):	UC NOVA
Título:	EDIFICIO RESIDENCIAL BELLAGIO
Logradouro:	SITIO SANTA LUZIA, 0
Bairro:	BR 177
Cidade:	SOLEDADE
CEP:	5815000
Fuso:	24K
Latitude (X):	790262
Longitude (Y):	9223987

Rede BT - Energisa



Modelo de placa de Advertência

A sinalização de segurança deve ser instalada junto ao padrão de entrada de energia, próximo a caixa de medição proteção. Deverá ser instalada uma placa de advertência com os seguintes dizeres:  
CUIDADO - RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO

Assinatura do Projetista

### Notas:

- 1 - O sistema de GD deverá estar conectada ao sistema de aterramento da UC.
- 2 - O sistema de GD deve possuir dispositivo de proteção contra sobrecorrentes, a fim de limitar e interromper o fornecimento de energia, como proporcionar proteção à rede da Energisa contra eventuais defeitos a partir do sistema de Geração Distribuída.
- 3 - O inversor deve garantir o sincronismo da geração com a rede e evitar conexões indevidas. Em nenhuma hipótese será permitido o ilhamento de geradores conectados ao sistema Elétrico da Energisa.
- 4 - O aumento à revelia da capacidade de geração não é permitido sob pena de interromper o canal de geração da unidade consumidora.
- 5 - É vedada a divisão de centrais geradoras.
- 6 - A adesão ao sistema de compensação de energia elétrica não se aplica aos consumidores livres ou especiais.

## **Anexo III**

**NOTAS OBRIGATÓRIAS**

1. O inversor será instalado em local de fácil acesso;
2. Somente deverá injetar energia na rede elétrica após a instalação do medidor bidirecional por parte da Energisa;
3. O padrão de entrada de energia está em condições técnicas e de conservação próprias para a instalação do medidor de energia;
4. As instalações serão executadas de acordo com a NBR-5410 e 14039 da ABNT;
5. Todos os disjuntores serão certificados pelo INMETRO;
6. A aprovação da vistoria pela Energisa, referente a obra deste projeto, fica condicionada a apresentação da ART/TRT (Anotação de Responsabilidade Técnica/ Termo de Responsabilidade Técnica) de execução visada no CREA/CFI da localidade;
7. A placa de advertência deverá ser confeccionada em PVC/acrílico com espessura mínima de 1mm

**BREVE DESCRITIVO DO EMPREENDIMENTO**

O projeto prevê a instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica conectado ao sistema de distribuição de BT da Energisa para acesso a microgeração, com potência instalada inferior a 75 kW. O projeto tem como finalidade atender a residência registrada pelo nº da UC PRINCIPAL LIGAÇÃO NOVA, fazendo conexão com a rede elétrica da concessionária e participar do sistema de compensação através da modalidade GERAÇÃO NA PRÓPRIA UC.

**LEGENDA E ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

- DISJUNTOR MONOPOLAR
- DISJUNTOR BIPOLAR
- DISJUNTOR TRIPOLAR
- DPS CA
- DPS CC
- MEDIDOR BIDIRECIONAL
- ATERRAMENTO
- QUADRO DE PROTEÇÃO
- INVERSOR CC/CA GROWATT MID30KTL3-X
- PLACA SOLAR 550 W JA SOLAR JAM72D30-550/MR
- CHAVE SECCIONADORA CC BIPOLAR

**DADOS DO PROJETO:**

Endereço: **SITIO SANTA LUZIA, 0, ZONA RURAL**

Cidade / Setor: **SOLEDADE - PB**

Proprietário: **EDIFÍCIO RESIDENCIAL BELLAGIO RESIDENCE**

Autor do Projeto: **VICTOR HUGO BRITO CANTALICE**

Interessado: **EDIFÍCIO RESIDENCIAL BELLAGIO RESIDENCE**

VICTOR HUGO BRITO CANTALICE  
Autor do Projeto Nº CREA:

EDIFÍCIO RESIDENCIAL BELLAGIO RESIDENCE  
Interessado Nº ART: **PB202405**

**VISTORIADO E APROVADO POR:**

APROVADO POR: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

ANALISADO POR: \_\_\_\_\_

O acessante deve solicitar a vistoria à distribuidora acessada em até 120 (cento e vinte) dias após a emissão do parecer de acesso. A inobservância do prazo estabelecido acima implica na perda das condições de conexão estabelecidas no parecer de acesso, exceto se um novo prazo for pactuado entre as partes.

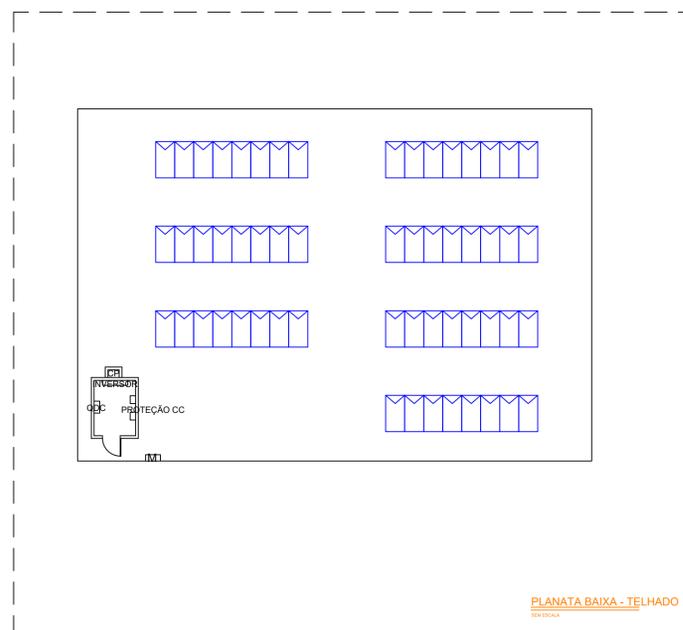
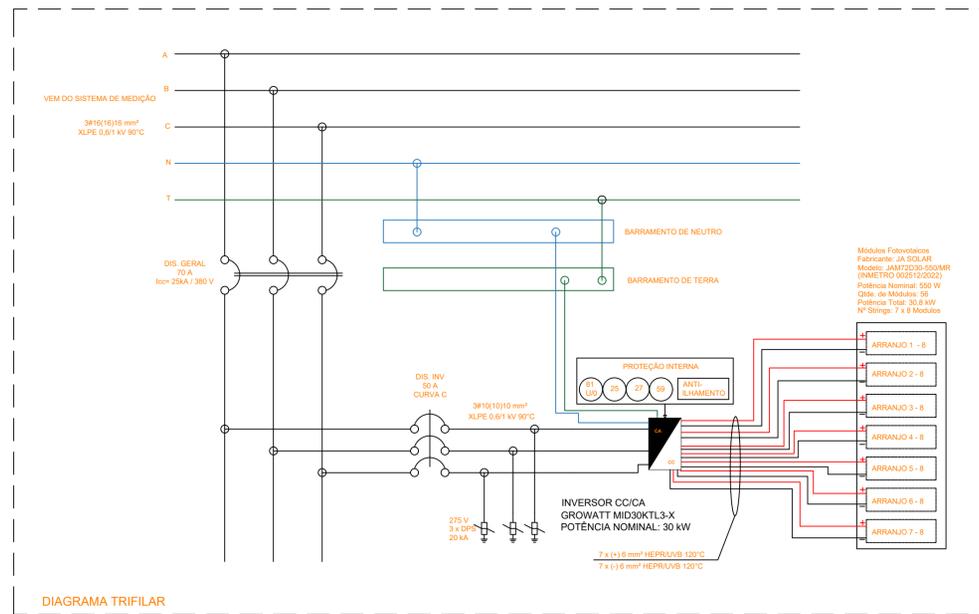
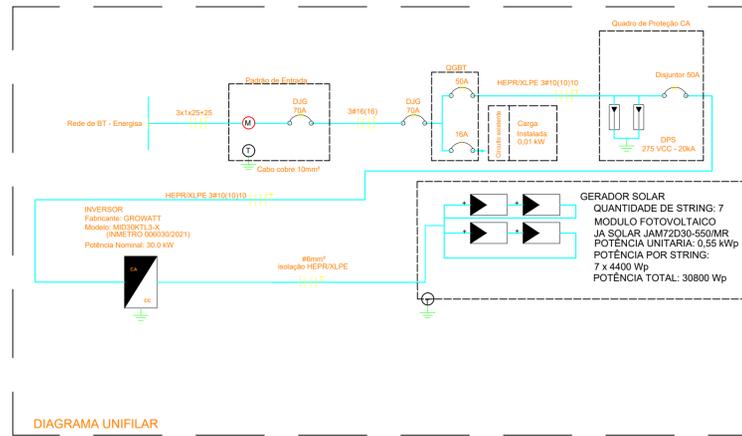
**PROJETO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA**

01

Diagrama Unifilar  
Plantas baixa, de 1º pavimento (inversor, QPCC e QPCA) e de situação  
Fachada Frontal (localização dos módulos)  
Detalhe do ponto de acesso, medição bidirecional e aterramento

A1 - Preto e Branco

Escala: Sem Escala Data Completa: Fevereiro, 2024 Desenho: Solar Nobre



TITULAR DA UC: EDIFÍCIO RESIDENCIAL BELLAGIO RESIDENCE  
UC: LIGAÇÃO NOVA  
FUSO: 24K  
X: 790262  
Y: 9223987

**DETALHE DO PONTO DE ACESSO, MEDIÇÃO BIDIRECIONAL E ATERRAMENTO**



Escala: Sem Escala Data Completa: Fevereiro, 2024 Desenho: Solar Nobre