

**SOCIEDADE EDUCACIONAL LEONARDO DA VINCI
FACULDADE METROPOLITANA DE RIO DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

BRUNO OTÁVIO DE SOUZA

**O FUTURO DEPENDE DA ENERGIA – ESTUDO
DE CASO APLICADO EM ENERGIA
FOTOVOLTAICA
Sistema Fotovoltaico**

Artigo apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Engenheiro
Eletricista, pelo Curso de Engenharia Elétrica
da Sociedade Educacional Leonardo da Vinci –
UNIASSELVI/FAMESUL

Orientador: Prof. Msc Wilson Massami Ishihara

Rio do Sul - SC

2020

O FUTURO DEPENDE DA ENERGIA – ESTUDO DE CASO APLICADO EM ENERGIA FOTOVOLTAICA

Resumo: O Presente artigo visa no entendimento do funcionamento e aplicação do sistema de geração de energia fotovoltaica. A energia fotovoltaica está sendo uma fonte de energia muito comercializada nos últimos anos com uma forte tendência de crescer ainda mais e se tornar umas das principais fonte de energia do mundo, isso pelo fato de ser uma fonte de energia limpa e renovável. Foi realizado um estudo para instalar o sistema de energia fotovoltaico em um instituto de abrigo a idosos no alto vale, onde o mesmo possui um consumo de energia mensal bem considerável e esse valor pode ser revertido em investimentos em melhorias dentro do próprio instituto e resultar em melhorias para as pessoas que ali residem

Palavras-chave: Energia Solar, Inversor, Módulos fotovoltaicos, Estudo Preliminar

1 1 INTRODUÇÃO

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz do sol em eletricidade (Efeito Fotovoltaico), sendo a célula fotovoltaica, um dispositivo fabricado com material semicondutor, a unidade fundamental desse processo de conversão. Sua produção é feita em grandes usinas solares ou em micro e mini gerações instalados pelos próprios consumidores.

Com o seu uso crescendo exponencialmente, a fonte caminha para se tornar a principal forma de geração elétrica mundial. A energia solar fotovoltaica é uma fonte de energia limpa e renovável, ou seja, infinita. A mesma não produz gases poluentes ao meio ambiente. Portanto, o atual crescimento é decorrente aos benefícios gerados pelo sistema de geração fotovoltaica.

Com a instalação do sistema fotovoltaico, o consumidor final gerará a própria energia. Além de fornecer energia elétrica excedente para os consumidores ao seu redor, sendo assim, as linhas de transmissão e distribuição irão operar menos sobrecarregadas, pelo fato de não ser necessário “transportar” toda a energia de outras usinas até o consumidor final.

Agindo como um grande reator nuclear, o sol libera pequenos “pacotes” que transportam a energia contida nas radiações eletromagnéticas. Nessas radiações, contém pequenas partículas conhecido como fótons, que percorrem aproximadamente 150 milhões de quilômetros para chegar até a terra.

No momento em que os fótons atingem as células de fotovoltaicas, os elétrons livres da estrutura molecular do silício começam a movimentar-se de forma ordenada em um determinado sentido, com esse movimento dos elétrons e uma resistência Ôhmica, surge uma D.D.P em corrente contínua nos terminais da placa, sendo assim, gerando a energia elétrica.

Internamente, a maioria dos eletrodomésticos e eletrônicos residenciais, operam diretamente em Corrente Contínua (CC), porém, como a transmissão em Corrente Alternada (CA) possui maior eficácia, as linhas de transmissão e distribuição, operam todas em forma de onda CA. Nesse contexto, os equipamentos que possuem componentes eletrônicos que operam em corrente CC (Microcontroladores), é necessário converter a energia em CA para CC através de diodos ou outros componentes similares.

Como as linhas de transmissão e distribuição é em CA e as placas fotovoltaicas operam em CC, é necessário a conversão da corrente CC das placas para a corrente CA das linhas de distribuição. O componente utilizado para esse fim é chamado de inversor solar. Em síntese, um inversor solar é um equipamento eletrônico que converte a corrente elétrica contínua (CC) em alternada (sinal elétrico CA) no sistema fotovoltaico. Ou seja, ele funciona como um adaptador de energia para o sistema fotovoltaico. Além disso, ele também garante a segurança de todo o sistema, realiza monitoramento, e é responsável pela otimização de energia produzida.

Atualmente, há centenas de marcas e modelos de inversores e módulos fotovoltaicos. Com o amplo crescimento de demanda de energia solar fotovoltaica, conseqüentemente, aumentou o número de representantes para vendas desses sistemas, sendo assim, no cenário atual, há várias marcas e modelos de módulos fotovoltaicos e inversores.

Para obter maior viabilidade financeira na instalação de um sistema fotovoltaico, o conhecimento das normas da concessionária de energia e o correto dimensionamento das placas e inversores é fundamental. Em muitas situações reais, os sistemas são superdimensionados, gerando créditos de energia com a concessionária e o consumidor não chega a utilizar essa energia gerada a mais, e assim, os créditos expiram, tornando o valor de investimento mais elevado do que o necessário. Ou até mesmo dimensionam o sistema com a capacidade de geração de energia inferior ao consumo, nesse caso, o consumidor permanecerá pagando valores referente ao consumo de energia.

Neste estudo, será realizado o dimensionamento de um sistema de energia fotovoltaica em um instituto de idosos, onde o mesmo abriga mais de 100 idosos. O instituto possui um consumo de aproximadamente 8500 kWh/Mês, convertendo em reais, o valor se aproxima de R\$5700,00 ao mês. O nome da instituição não poderá ser apresentado nesse projeto por política da empresa

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Módulos Fotovoltaicos

2.1.1 Célula Fotovoltaica

A Célula fotovoltaica é o princípio básico de um sistema fotovoltaico. Ela é responsável pela conversão da energia emitida pelo sol em energia elétrica.

Para a geração de energia solar, é necessário uma associação de várias células para elevar a potência de geração e alcançar níveis de tensão e corrente nominal da placa. Essas células são agrupadas e encapsuladas em uma superfície plana para proteção, assim é formado um módulo fotovoltaico.

Os módulos comerciais diferem entre si por vários fatores, como a capacidade de gerar potencial, chamado de potência-pico, fator de forma, área, etc. E esses valores se alteram de acordo ao tipo de célula fotovoltaica utilizada.

2.1.2 Tipos de células fotovoltaicas

Em 1839 o francês Edmond Becquerel observou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas num eletrólito, produziam tensão elétrica quando expostas a luz solar. Efeito fotovoltaico foi nomeado este fenômeno, transformação de energia solar em energia elétrica (VALLÊRA e BRITO 2004).

A história da energia fotovoltaica teve de esperar os grandes desenvolvimentos científicos da primeira metade do século XX, nomeadamente a explicação do efeito fotoelétrico por Albert Einstein em 1905, o advento da mecânica quântica e, em particular, a teoria de bandas e a física dos semicondutores, assim como as técnicas de purificação e dopagem associadas ao desenvolvimento do transistor de silício: sem a ciência moderna, seria impensável o nascimento da energia solar elétrica. As descobertas acidentais e o desenvolvimento empírico nunca nos teriam levado a ultrapassar o limiar de eficiência que a tornou viável (VALLÊRA e BRITO p.10, 2004).

Vários cientistas estudaram sobre esse efeito, mas com pouca eficiência na geração de energia elétrica. Em 1954 Calvin Fuller e Gerald Pearson apresentaram a primeira célula fotovoltaica, com dois centímetros quadrados, gerando cinco m Watts de potência e 6% de eficiência - proporção da radiação que incide na placa que é convertida em energia elétrica. Em 1956 começaram a serem produzidas as células fotovoltaicas industrialmente se beneficiando

de novos componentes em microeletrônica, e estimuladas pela necessidade de levar energia elétrica em regiões distantes (BORBA e CHRISTMANN, 2013).

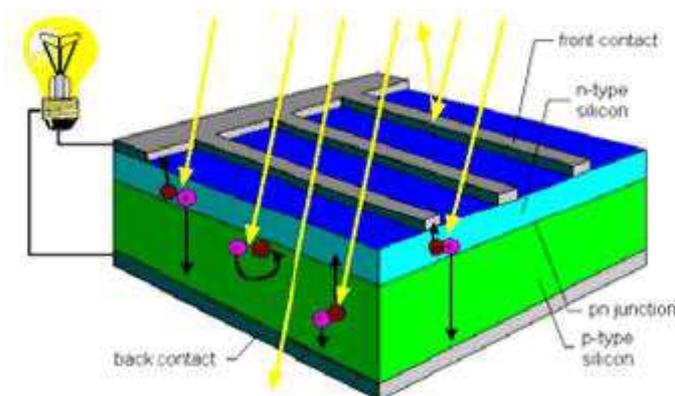
Entre a década de 1960 e 1970 com apoio de alguns países para produzir painéis solares mais baratos e eficientes, obtiveram painéis com 14% de eficácia. Somente em 1999 foi criada a célula fotovoltaica que se tem até hoje com maior eficiência de converter energia solar em energia elétrica (GUERREIRO et al, 2015). “O efeito fotovoltaico ocorre em elementos semicondutores, estes apresentam propriedade como condutora e hora como isolante. O mais utilizado é o silício” (BORBA e CHRISTMANN, p.27, 2013). Nascimento (p.14, 2004) explica que, o silício puro não apresenta características de bons condutores, que são os elétrons livres, para melhorar isto é feito um processo chamado dopagem:

O silício puro não possui elétrons livres e, portanto é um mal condutor elétrico. Para alterar isso se acrescenta porcentagens de outros elementos. Este processo denomina-se dopagem. A dopagem do silício com Fósforo obtém-se um material com elétrons livres ou materiais com portadores de carga negativa (silício tipo N) ... Realizando o mesmo processo, mas agora acrescentado Boro ao invés de Fósforo, obtém-se um material com características inversas, ou seja, falta de elétrons ou material com cargas positivas livres (silício tipo P).

O silício continua neutro, mesmo após dopagem, devido os prótons e elétrons terem a mesma quantia. Porém, no momento em que o silício do tipo N é colocado junto com o silício do tipo P, os elétrons livres do material com dopagem do tipo N completam as lacunas do material com dopagem do tipo P. Imediatamente, a camada do tipo N, que forneceu elétrons, encontra-se positivamente carregada; a camada do tipo P, que ganhou elétrons, está negativamente carregada. Um campo elétrico contínuo que impede o acesso de mais elétrons da camada N para a camada P é causado devido essas cargas estarem detidas. Esta ação atinge equilíbrio quando o campo elétrico cria um impedimento de potencial apto a impedir o fluxo dos elétrons livres remanescentes na face N, origina-se a ligação PN (NASCIMENTO, 2004).

No momento no qual um elétron da camada P ganha energia externa satisfatório do fóton da luz solar na junção PN, ele desloca-se para a ala de condução e gera o par elétron-lacuna (buraco criado pela ausência de um elétron). O campo elétrico presente obriga a mudança desse elétron para a porção N, não deixando a sua volta, e, ao mesmo tempo, afasta a lacuna para o extremo oposto da camada P. Originada a situação de fluxo de corrente elétrica no material semicondutor, a inserção de conexões elétricas nas extremidades do material possibilita à tensão elétrica existente entre elas causar corrente elétrica, provocando a causa pretendida na carga instalada (CANTOR, 2017).

Figura 1 Efeito Fotovoltaico



Fonte: <https://www.strombrasil.com.br/efeito-fotovoltaico/>

Produção de eletricidade a partir de um sistema fotovoltaico depende do recurso solar disponível e é influenciada pela inclinação e orientação dos módulos fotovoltaicos e eficiência do sistema. Além disso, desempenho do sistema pode ser influenciado pelo clima (BENEDITO, p.33, 2016 apud FUSANO, 2013).

Em um estudo sobre a influência climática na geração de energia fotovoltaica CANTOR obteve conclusões como:

[...] O aumento da temperatura ambiente reduz a eficiência, o incremento na radiação melhora o desempenho de conversão fotovoltaica, a velocidade do vento reduz a temperatura de trabalho dos módulos, melhorando a eficiência. O efeito da umidade relativa do ar pode diminuir a eficiência fotovoltaica, mas o seu impacto é tão insignificante que pode-se desprezar... A presença de nuvens diminui os níveis de radiação, portanto, diminui a corrente do sistema. Isso representa uma diminuição tanto na produção de energia elétrica como no desempenho dos painéis. Porém, a nebulosidade impede também determinar de forma exata, os fatores que influenciam na eficiência dos módulos fotovoltaicos (p.170, 2017).

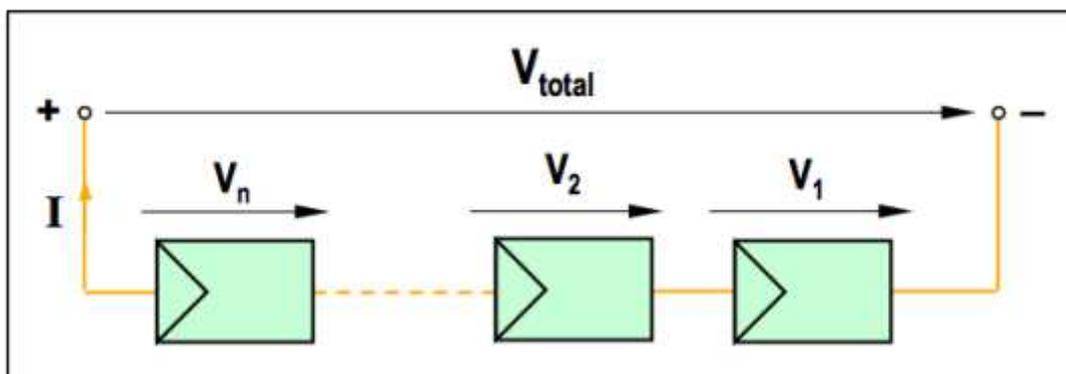
A primeira geração de células fotovoltaica é constituída pelas células provenientes do silício na forma monocristalina com espessura de 200 micrometros, recebem tratamento antirreflexo e apresentam aspecto uniforme, apresentam eficiência de 18% para células comerciais; e policristalina que são feitas com vários cristais, de tamanhos e características distintas, apresenta aparência heterogênea, apresenta eficiência de 15% para células comerciais. A segunda geração é constituída por tecnologias de filmes finos com 9,5% de eficiência para célula comercial, podendo ser formados por camadas alternadas de silício amorfo com 7,5% de eficiência para célula comercial e policristalino, disseleneto de cobre e índio ou disseleneto de cobre, índio e gálio com 14% de eficiência para célula comercial e telureto de cádmio com 10% para célula comercial. A terceira geração é formada por células multijunção, células com corantes, células orgânicas e híbridas. As células multi-junção, podem ser fabricadas com dois, três ou quatro junções de semicondutores. Nesse formato pode chegar a 40% de eficiência em

laboratórios devido à absorção diferenciada por comprimento de onda da luz incidente. As células sensibilizadas por corantes. Estes são acrescentados à célula auxiliando o absorvimento da energia foto-incidente. Eficiência de 27%, e por causa de sua simplicidade comparando com as células de silício seu preço fica pela metade (BENEDITO, 2016).

A célula solar orgânica é de polímero que utiliza a eletrônica orgânica. Este lida como polímeros orgânicos condutores ou pequenas moléculas orgânicas, para o absorvimento de luz e locomoção de carga para geração de eletricidade a partir de a luz solar pelo efeito fotovoltaico. São menos eficientes que as outras células (PORTAL SOLAR). A célula solar híbrida possui semelhança com os painéis monocristalinos, mas com uma passivação com camadas de silício amorfo. Este placa possui sistema de geração de energia e aquecimento de água integrados na placa e por esse motivo consegue manter um bom desempenho mesmo com altas temperaturas externas. Eficiência de 24% (PORTAL SOLAR).

O módulo fotovoltaico é formado por conjunto de 36 a 216 células fotovoltaicas associadas em série/ ou paralelo. Esta associação é o resultado dos parâmetros elétricos (tensão, corrente e potência) mais apropriados à utilização a que o módulo se remete. São formados por 30 a 36 células em série, módulos com tensão nominal 12 Volts em corrente contínua, este formato é o mais utilizado (ASSUNÇÃO, 2014). Como Carneiro (2010) define ligações elétricas das células e módulos se tiverem os resultados esperados de tensão, corrente: Ligação de células ou módulos em série: 1ª Lei de Ohm: $U=U_1+U_2+\dots+U_m$ $I=I_1=I_2=\dots=I_n$ U =tensão I =corrente elétrica.

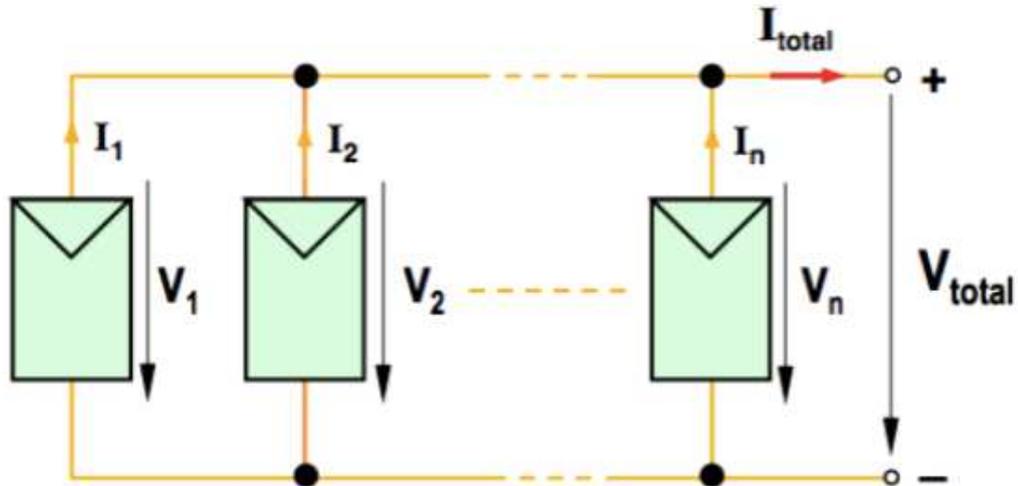
Figura 2 - Módulos Fotovoltaicos em Serie



Fonte: CARNEIRO, Joaquim Carneiro. Electromagnetismo B Módulos Fotovoltaicos Características E Associações, 2010, P.9

Associação de células ou módulos em paralelo: Lei de Ohm: $U=U_1=U_2=...=U_m$
 $I=I_1+I_2+...+I_n$.

Figura 3 - Módulos Fotovoltaicos em Paralelo

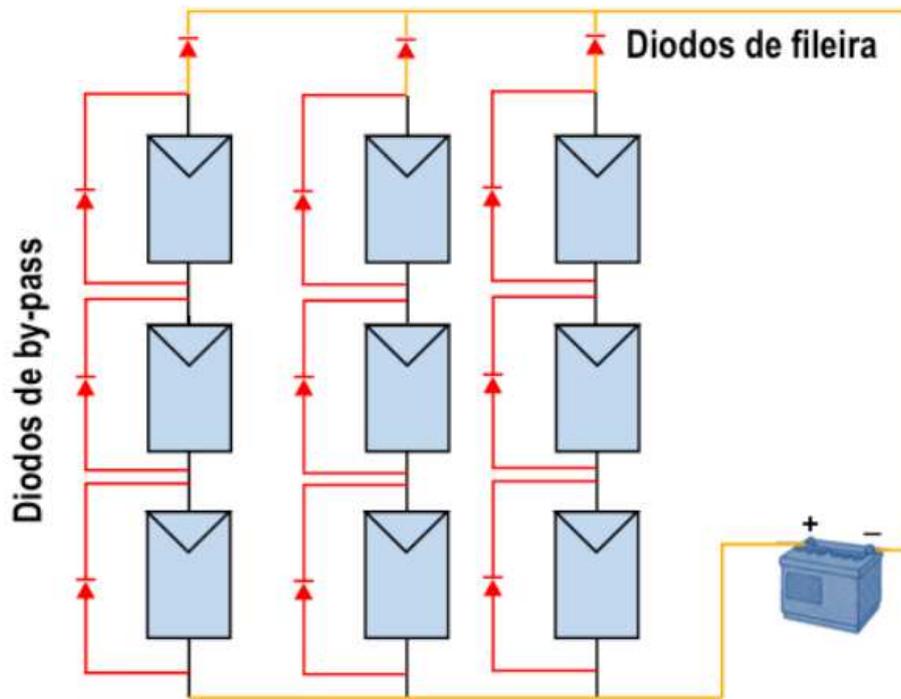


Fonte: CARNEIRO, Joaquim Carneiro. Electromagnetismo B Módulos Fotovoltaicos Características E Associações, 2010, P.11

Conforme Carneiro esclarece, diodos são utilizados para auxiliar no funcionamento do sistema quando alguma célula ou fileira de células apresentam defeito:

Os diodos de desvio (by-pass) são normalmente utilizados para evitar eventuais avarias que possam ocorrer em módulos fotovoltaicos associados em série. Neste sentido, os diodos de by-pass são ligados em paralelo (com cada módulo que integra uma determinada fileira) com o intuito de efetuarem o desvio da corrente produzida pelos outros módulos. Neste sentido, apenas o módulo defeituoso é colocando fora de serviço. Por outro lado, nas associações em paralelo, são por vezes utilizados diodos de fileira. Os diodos de fileira têm a função de evitarem curto-circuito e correntes inversas entre fileiras, em situações onde possam surgir avarias ou o aparecimento de tensões diferentes nas fileiras. Modo esquemático a utilização destes diodos (p.14, 2010).

Figura 4 Esquema de ligação de Diodos de By-pass



Fonte: CARNEIRO, Joaquim Carneiro. Electromagnetismo B Módulos Fotovoltaicos Características E Associações, 2010, P.14

Carneiro aponta ainda que o dimensionamento do diodo é normatizado e que há casos que são utilizados fusíveis:

De acordo com a norma CEI 60364-7-712 secção 712.512.1.1, é indicada que a tensão inversa dos diodos de fileira deve corresponder ao dobro da tensão de circuito aberto em condições STS ($V_{D, inv} \geq 2 \times V_{ca}$), na fileira. Os diodos mais utilizados são tipo Schottky. No entanto, se forem utilizados módulos fotovoltaicos do mesmo tipo, é habitual não se utilizarem diodos de fileira. Nesta situação, é comum a colocação de fusíveis de proteção nos dois lados da fileira de modo a garantir a proteção contra sobre intensidade (p.14, 2010).

Figura 6



Fonte: <https://blog.bluesol.com.br/modulo-fotovoltaico/>

Vidro Normalmente é temperado de alta transparência, antirreflexo, resistente e mais fino possível. Permite a entrada de luz e protege contra impacto as células.

Filme de EVA: Polímero que exposto ao calor se torna uma resina. Sua função é dar consistência as células fotovoltaicas, juntando ao vidro e ao mesmo tempo protegendo do contato direto do vidro e a parte de baixo do painel, que é o filme TPT.

Células fotovoltaicas: Material que converte energia solar em energia elétrica possui cerca de 100 milímetros quadrados, gera aos seus terminais uma tensão entre 0,5 e 1 Volt, com uma corrente em curto circuito de dezenas de miliampéres.

Filme TPT: Filme plástico, resistente, tem a finalidade de proteger a parte de trás do painel, e sobre ele é fixado à caixa de junção.

Caixa de junção: Tem o objetivo de proteger contra a corrente reversa através de diodos e facilitar a saída dos cabos.

Conforme explicitado em: (ENERGIA TOTAL, 2017).

Sistema fotovoltaico conectado à rede segundo MELO (2014) possui ligação com a rede elétrica pública, em que nos momentos que a geração é maior que o consumo do domicílio, o excesso é inserido à rede. Nesta situação o uso de banco de baterias é dispensável. Os principais componentes do sistema conectado à rede são: Módulo fotovoltaico; Inversor; Cabos; Proteção da parte de corrente contínua (CC): Aterramento dos módulos e inversores; Fusível para corrente contínua; Chave seccionadora CC; Proteção contra sobre tensões CC; Caixa de junção; Proteção da parte de corrente alternada-CA: Disjuntores CA; Proteção contra sobre tensão CA; Dispositivo de seccionamento visível (DSV); Medidor de energia elétrica.

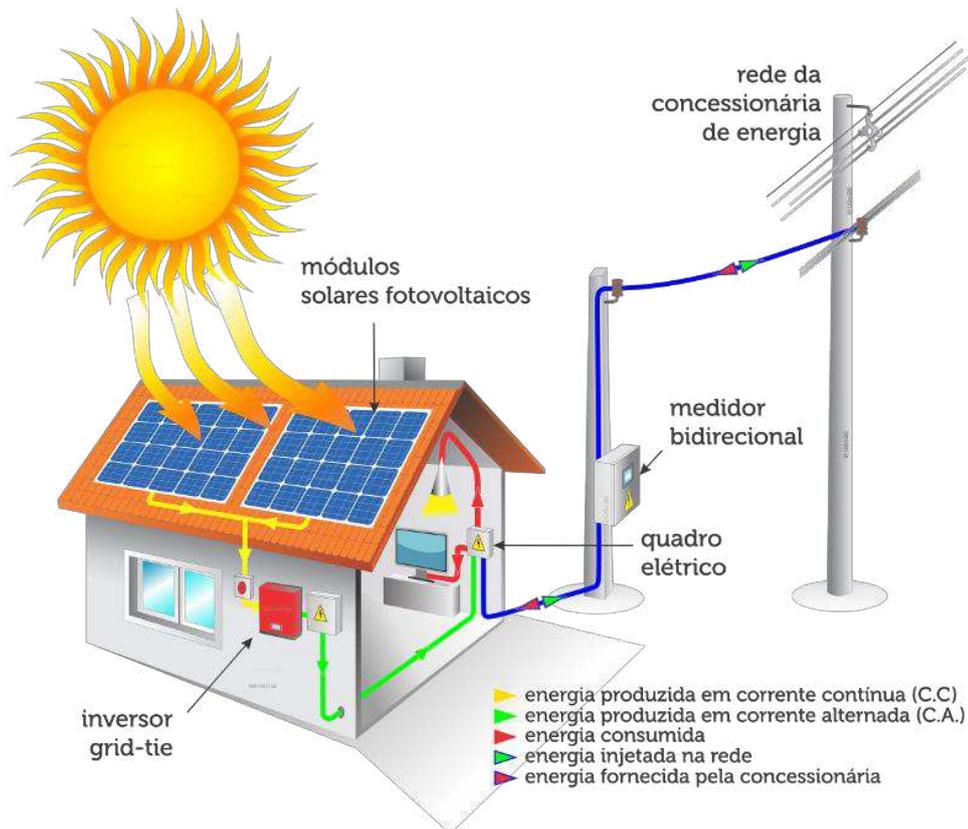
Se ao fechar a fatura mensal, este consumidor gerar mais energia do que consumiu, essa diferença gera créditos que poderão ser debitados de faturas posteriores no prazo de até 60 meses ou debitado também da fatura de outro endereço, mas que tenha o mesmo titular e mesma concessionária (ANEEL, 2018).

Figura 7 – Módulo fotovoltaico de 400Wp



Fonte: Acervo do Fabricante

Figura 8 Sistema de geração de energia elétrica fotovoltaico conectado a rede elétrica da concessionária.



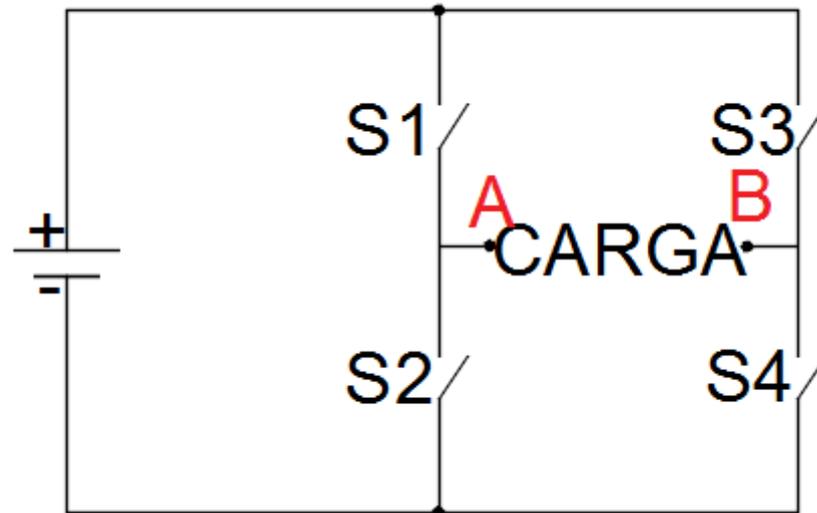
Fonte: <https://luzsolar.com.br/como-funciona-o-sistema-fotovoltaico>

2.2 Inversores

Os inversores estão tomando papel de destaque na tecnologia moderna, devido ao grande crescimento de carros elétricos e de energias renováveis. Os inversores convertem corrente contínua em corrente alternada. Também são usados no controle de máquinas de fonte energia interrupta e na filtragem de energia,

A corrente alternada, periodicamente, inverte sua direção, por essa razão, o valor médio de uma corrente alternada em um ciclo será zero. Os inversores mais antigos costumavam produzir simples ondas quadradas, ele funcionavam como na figura abaixo.

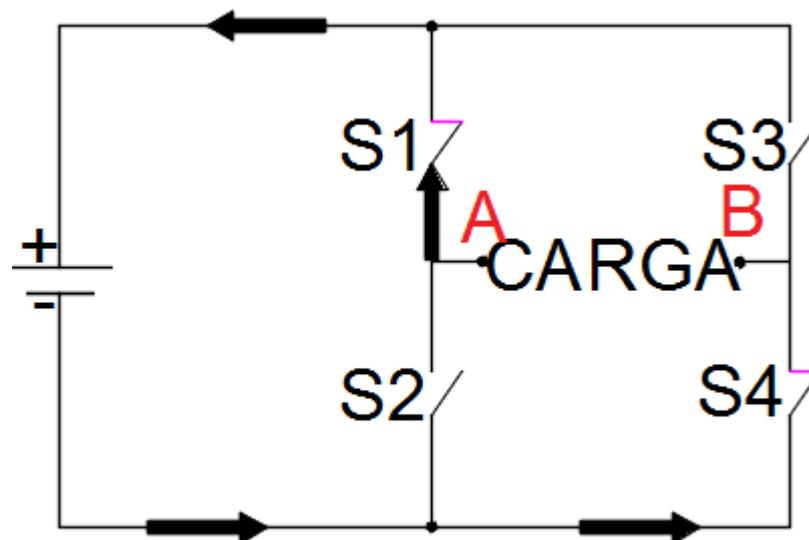
Figura 9 – Chaveamento do inversor



Fonte: Autor da Pesquisa

Esse circuito é conhecido como inversor em ponte completa. A saída é desenhada entre os pontos “A” “B”

Figura 10 – Sentido da corrente de acordo com o chaveamento.



Fonte: Autor da Pesquisa

A corrente circula em um determinado sentido pela carga quando as chaves “S1” e “S4” estão fechadas. Quando as chaves “S2” e “S3” estão fechadas, A corrente circula pela carga em uma direção Oposta.

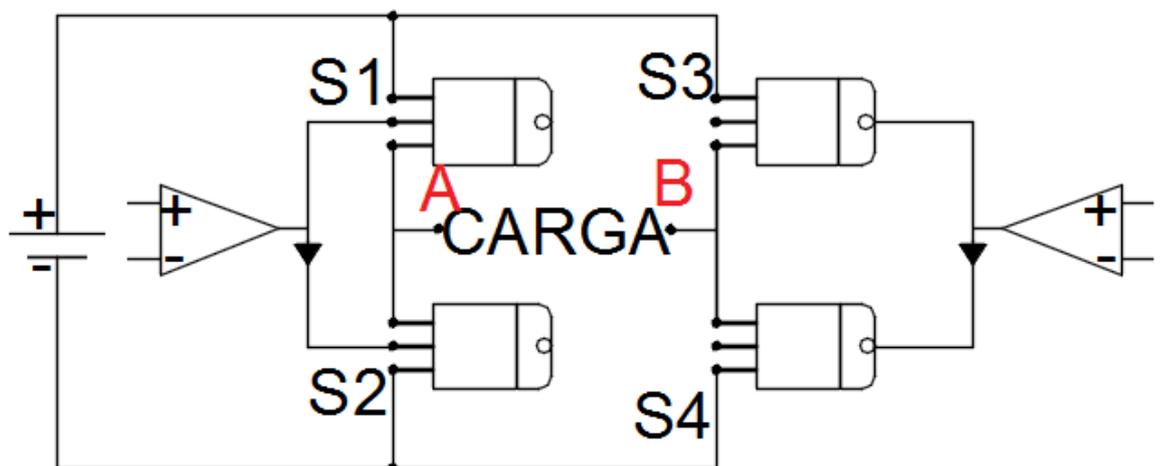
A frequência disponível na rede das concessionárias nacionais, é de 60Hz. Isso significa que é preciso ligar e desligar as chaves 120 vezes em um segundo. Esse chaveamento não é possível realizar manualmente ou com chaves mecânicas. Portanto, para realizar esse chaveamento, é utilizado chaves semicondutoras, por exemplo, Mosfets. Os mosfets podem ser ligados e desligados milhares de vezes por segundo. Com a utilização de sinais de controle, é possível ligar e desligar os transistores com frequências elevadas.

A forma de onda quadrada, é muito aproximada da forma de onda senoidal. Os inversores primórdios produziam formato de onda quadrada em sua saída, porém, os equipamentos domésticos são desenvolvidos para operar com formato de onda senoidal, sendo assim, esses equipamentos geram ruídos e aquecimentos se aplicar uma onda quadrada em sua operação.

Os inversores modernos produzem uma forma de onda senoidal pura. Para obter-se essa forma de onda, é utilizado uma técnica de modulação de largura de pulso (PWM). A lógica do PWM é gerar a tensão DC com mesma amplitude em forma de pulsos e com diferentes larguras. Nas regiões de amplitude maiores, o pulso terá uma largura maior. Portanto, a tensão média será maior quando a largura desse pulso for mais larga. Sendo assim, terá uma forma de onda semelhante a onda senoidal.

No inversor real, dois comparadores são utilizados são utilizados para comparar as ondas senoidal com ondas triangulares. Um dos comparadores utiliza a onda senoidal normal enquanto o outro utiliza a mesma forma de onda, porém em amplitude oposta. O Primeiro comparador, controla as chaves “S1” e “S2”, e o segundo comparador, controla as chaves “S3” e “S4” (Como na figura abaixo)

Figura 11 – Chaveamento do inversor com chaves semicondutoras



As chaves S1 e S2 determinam o nível de tensão no ponto “A”, enquanto as chaves “S3” e “S4” determinam o nível de tensão no ponto “B”. Em uma das chaves do transistor de cada comparador, terá uma porta “NOT”, nesse contexto, quando S1 estiver ligada, S2 estará desligada, pois um sinal será o oposto do outro. Isso significa que as duas chaves (S1 e S2) não serão ligadas ao mesmo tempo. Caso acontecesse de acionar S1 e S2 no mesmo instante, isso resultaria em um curto circuito.

A lógica do chaveamento do PWM funciona da seguinte maneira, quando o valor da onda senoidal for maior do que a onda triangular, o comparador produzirá um sinal de nível alto (Comparador = 1). Caso a onda senoidal for menor do que a onda triangular, o valor será de nível baixo (Comparador = 0).

Quando o comparador estiver com a saída de nível = 1, o transistor estará “ligado”.

Figura 12 – Ponto A

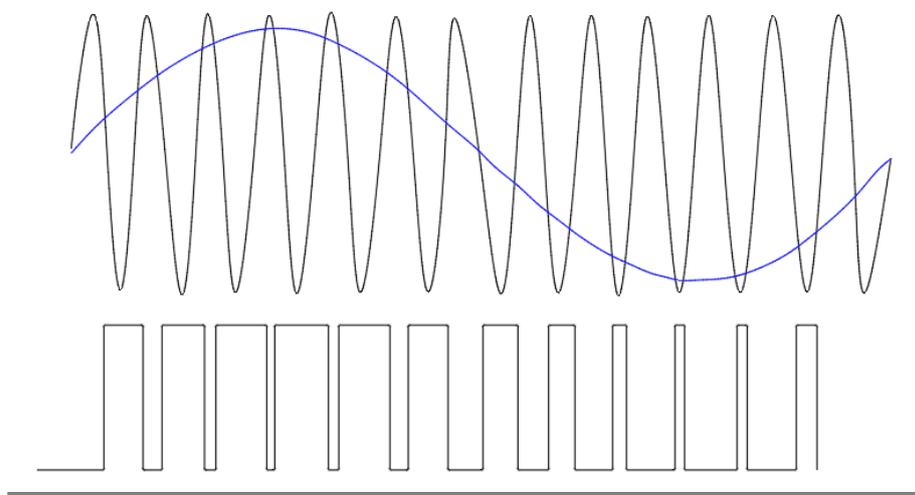
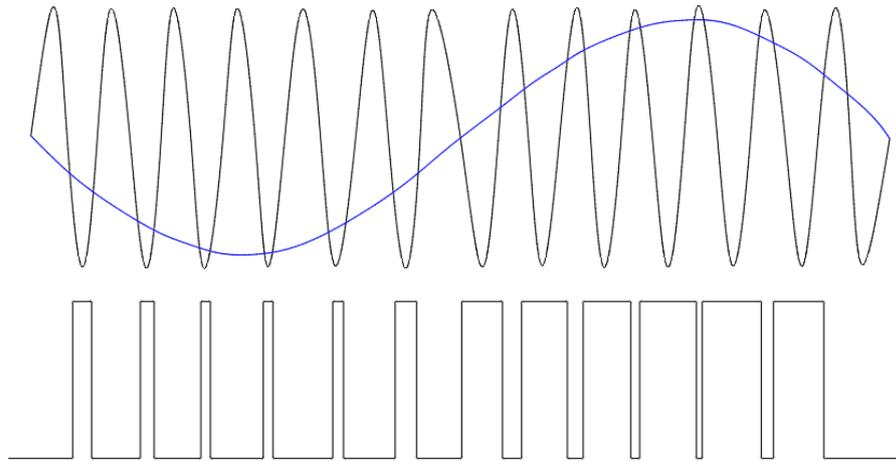
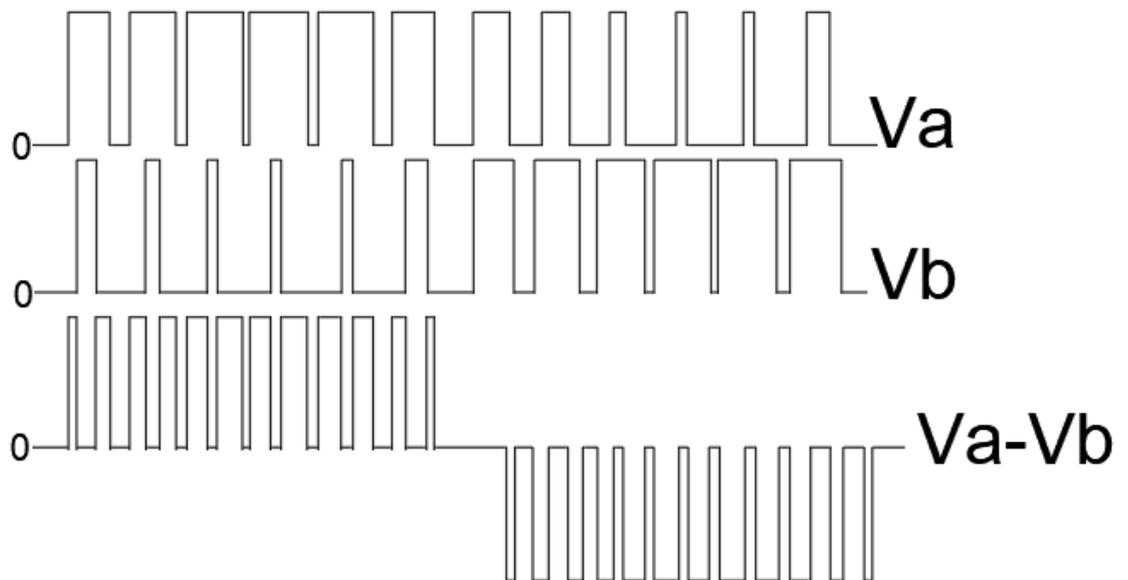


Figura 13 – Ponto B



Como a tensão de saída do inversor é modulada entre o ponto “A” e “B”, a tensão real do inversor será a diferença entre o ponto “A” e “B”.

Figura 14 - diferença entre os níveis de tensão entre o ponto a e b



Este é exatamente o sinal necessário para criar a onda senoidal. Quando mais fino for o sinal do PWM, mais preciso será a curva da onda senoidal.

Para realizar a onda senoidal com maior precisão, componentes com características de armazenamento de energia, como por exemplo, capacitores e indutores são utilizados no

circuito para suavizar o fluxo de energia. Esses componentes são chamados de filtros passivos. Os indutores tem a característica de atrasar a corrente e o capacitor de atrasar a tensão, sendo assim, eles armazenam a energia em seus corpos e acabam gerando um suavização no circuito permitindo a onda operar de maneira mais suave.

Os inversores devem possuir vários circuitos de proteção, tanto para o sistema fotovoltaico quando para a rede de distribuição. Na norma I.432.0004 da CELESC D. na tabela 2 está descrito as proteções mínimas que o inversor deve possuir para poder ser conectado à rede da CELESC D.

Figura 15 – Tabela normativa de proteção dos inversores

| FUNÇÃO | PARAMETRIZAÇÃO (REFERÊNCIA) | TEMPO MÁXIMO DE ATUAÇÃO |
|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Subtensão (27) | 0,8 pu | 0,4 s |
| Sobretensão (59) | 1,1 pu | 0,2 s |
| Subfrequência (81U) | 57,5 Hz | 0,2 s |
| Sobrefrequência (81O) | 62,0 Hz | 0,2 s |
| Sincronismo (25) | 10° / 10% tensão / 0,5 Hz | N/A |
| Anti-ilhamento (78) | Ativa | N/A |

Tabela 2 – Ajuste de proteção dos inversores

Fonte: Norma CELESC D. I.432.0004

Subtensão – É uma queda do nível do sinal elétrico. A tensão existe, mas seu valor é muito menor que o valor nominal.

Sobretensão – É exatamente o contrário da subtensão. O nível de tensão é muito maior que o valor nominal.

Subfrequencia – é uma queda da frequência na tensão de saída.

Sobrefrequência – é uma elevação da frequência na tensão de saída

Sincronismo - sincronização com a forma de onda da tensão da rede, com o objetivo de injetar na rede elétrica a energia extraída dos painéis solares.

Anti-Ilhamento – proteção contra operação indevida de geradores fotovoltaicos na ausência da rede elétrica provida pela concessionária local

Figura 16 – inversor 75kW

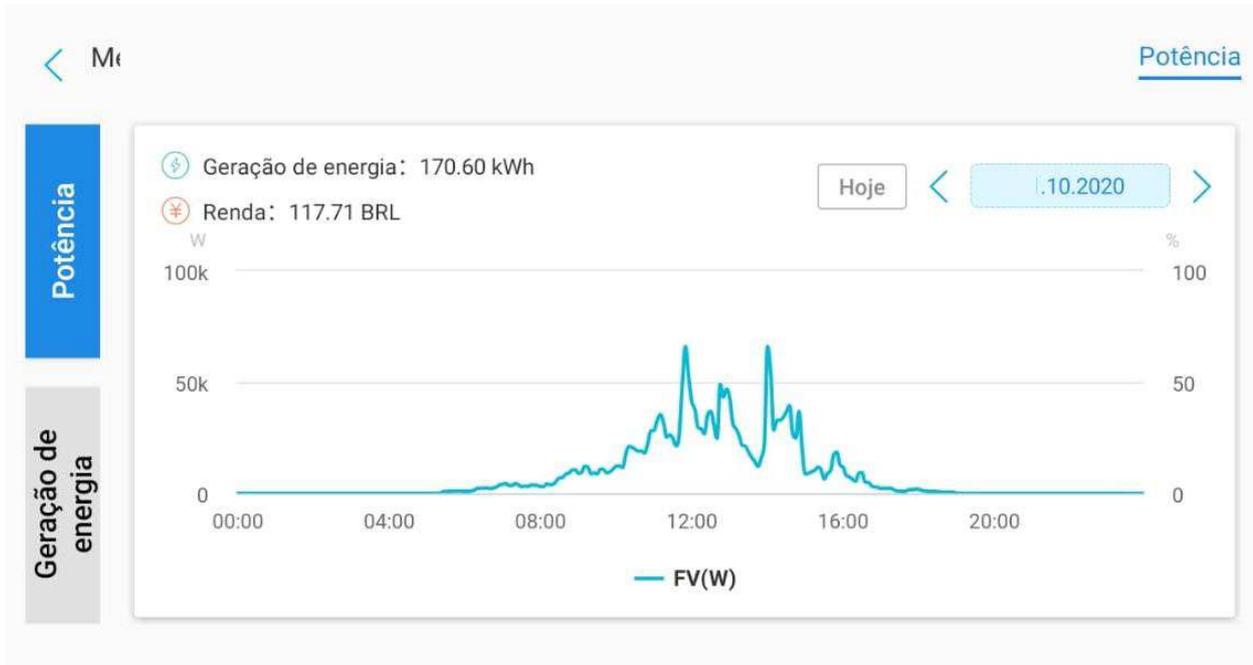


Fonte - <https://www.solarinove.com.br/>

Os Inversores da marca GoodWe possui sistema de acompanhamento de geração de energia através de aplicativo. O inversor possui conexão com o Wi-fi e seus dados são jogados em nuvem. Assim, o usuário não precisa estar conectado na mesma rede para consultar os dados de geração do inversor.

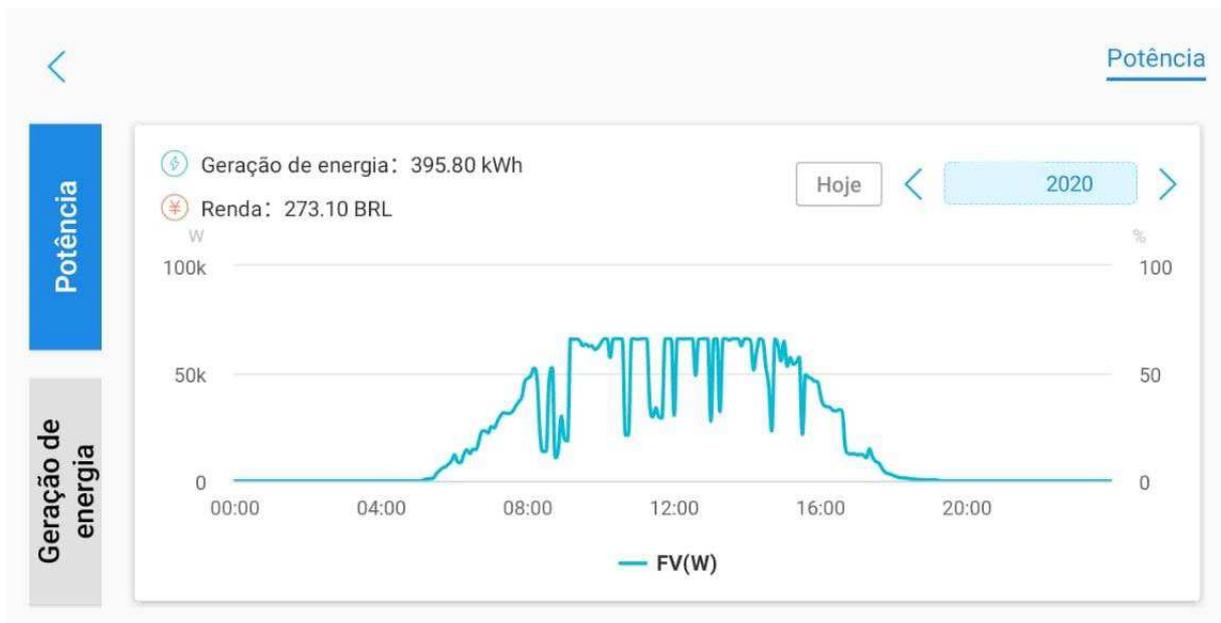
Abaixo, será apresentado os gráficos de geração de um supermercado no município de Brusque - SC que já possui o sistema instalado. Nos gráficos é possível acompanhar a geração em dias com interseção de nuvens, e a influencia da irradiação tem sobre os módulos fotovoltaicos.

Figura 17 - Geração de um sistema fotovoltaico em um dia baixa irradiação



Fonte: Sems Portal

Figura 18 - Geração de um sistema fotovoltaico em um dia com irradiação maior



Fonte: Sems Portal

Figura 19 - Gerção Mensal



Fonte: Sems Portal

O Sistema foi instalado no mês de junho de 2020, nos mês de julho, foi o pior período de geração, isso dá pelo fato de o mês de julho ter um clima mais nublado, conseqüentemente a irradiação direta é menor.

3 PROCESSO PARA INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Em Santa Catarina, a concessionária responsável pelo fornecimento de energia elétrica aos consumidores é a CELESC Distribuidora S.A. A concessionária possui normas para serem seguidas no processo de instalação de sistema fotovoltaico e liga-lo à rede.

A norma que regulamenta a interligação dos sistemas fotovoltaicos On-Grid (Conectado à rede) é a I4320004. Nela, consta os requisitos mínimos necessários para a conexão de agentes classificados como microgeração ou minigeração de energia elétrica ao sistema da Celesc Distribuição, em baixa tensão (BT) ou média tensão (MT).

Junto com essa norma, consta os aspectos legais de outras resoluções normativas, como por exemplo, da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e portarias do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia).

O sistema fotovoltaico, precisa ser projetado e calculado a quantidade de módulos fotovoltaicos é necessário para suprir determinado consumo. O sistema fotovoltaico é dividido em dois grupos na I432.0004, em microgeração e minigeração.

Microgeração: 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, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (I432.0004 – 10/2020)

Minigeração: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW 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. (I432.0004 – 10/2020)

Para poder instalar o sistema fotovoltaico, o fornecedor deverá contratar uma empresa especializada que forneça os equipamentos e realize o dimensionamento do sistema. Após o estudo, e consumidor adquirir o sistema fotovoltaico, o consumidor deverá formalizar a CELESC D. a solicitação de acesso como micro/minigeração e encaminhar as informações necessárias.

A CELESC D. realizará o estudo e emitirá o parecer técnico se a rede de distribuição está apta para receber o sistema fotovoltaico, ou se será necessário realizar melhorias na rede.

Após o parecer técnico da CELESC D. aprovar a ligação, o sistema poderá ser instalado na Unidade Consumidora, porém, não poderá ser ligado à rede de distribuição. Ao finalizar a instalação, o consumidor ou o responsável técnico encaminha à CELESC D. a solicitação de vistoria.

Após a vistoria, caso aprovado, a CELESC D. substitui o medidor convencional pelo bidirecional (Mede a energia que entra e que sai da Unidade Consumidora). Em casos de anomalias no sistema, será emitido um relatório de vistoria com as adequações a serem realizadas. Após o sistema estar totalmente regularizado e aprovado pela concessionária, poderá realizar a ligação com a rede de distribuição.

4 PROJETO

O Estudo será realizado sobre uma instituição de abrigo de idosos. Na qual não poderá ser mencionado o nome da instituição por questões políticas da entidade.

Atualmente o Instituto tem um consumo médio aproximado de energia de 8.500 kWh/Mês, totalizando em média R\$5.500 ao mês.

Com a instalação do sistema solar fotovoltaico, o valor mensal da fatura de energia elétrica poderá ser reduzido em até 95%. O Valor não poderá ser zerado por motivo das taxas e tarifas da concessionária CELESC.

4.1 Projeção do sistema de geração de energia fotovoltaico

Para obter um bom resultado no Payback desse investimento, é necessário o correto dimensionamento do sistema. Portanto, o dimensionamento será realizado através do consumo atual do Instituto.

4.1.1 Levantamento de dados

Tabela 1 – Projeção de consumo

| CONSUMO EM 2019 | |
|------------------------|--------------------------|
| MÊS | CONSUMO |
| JANEIRO | 7933,50 kWh/Mês |
| FEVEREIRO | 8763,75 kWh/Mês |
| MARÇO | 7533,75 kWh/Mês |
| ABRIL | 8271,75 kWh/Mês |
| MAIO | 9532,50 kWh/Mês |
| JUNHO | 9624,00 kWh/Mês |
| JULHO | 11992,00 kWh/Mês |
| AGOSTO | 10516,00 kWh/Mês |
| SETEMBRO | 9655,50 kWh/Mês |
| OUTUBRO | 7441,50 kWh/Mês |
| NOVEMBRO | 7810,50 kWh/Mês |
| DEZEMBRO | 7164,75 kWh/Mês |
| TOTAL | 106239,50 kWh/Ano |
| Média Mensal | 8853,29 kWh/Mês |

Fonte: Fatura de energia Celesc, 2019

No ano de 2019 o Instituto teve um consumo médio de 8.853,29 kWh/mês.

Atualmente a edificação é alimentada pela concessionária de energia elétrica CELESC Distribuidora através de um transformador próprio do instituto de 75kVA. A concessionária fornece em média tensão (23,1KV) e o transformador reduz a tensão de 23,1kV para 220/380V. Portanto, o sistema de geração de energia não poderá ultrapassar a potência nominal do transformador instalado no local.

4.1.2 Cálculo do sistema

Para dimensionar o sistema, a projeção do posicionamento dos módulos fotovoltaicos é primordial para calcular as perdas de geração.

Conforme as estações do ano, o posicionamento do sol sofre alterações por conta do movimento de inclinação da Terra. No solstício de junho o sol incide diretamente no trópico de Câncer, no solstício de dezembro o sol incide diretamente no trópico de Capricórnio.

Para obter melhor aproveitamento da energia do sol, os módulos fotovoltaicos são posicionados com um determinado ângulo para melhor captação. Como no decorrer do ano o sol tem seu posicionamento diferente, o ponto médio de posicionamento é na linha do equador. O instituto fica localizado na no hemisfério sul. Portanto, para obter melhores resultados, os

módulos fotovoltaicos precisam estar direcionados para o sentido norte geográfico com o ângulo de inclinação próximo ao ângulo da latitude do local onde será instalado os módulos.

Na localidade do instituto a irradiação solar média anual é de 4,42 kWh/m². A cada 1 kW/m² é correspondente a 1 hora de sol pico. Ou seja, a energia emitida pelo sol durante todo o dia, é equivalente a emissão de energia do sol em sua “máxima” potência em uma média de 4,42 horas por dia. A geração solar não possui uma linearidade, tendo em vista dias nublados e chuvosos. A média de irradiação solar no Brasil é de 6.5kWh/m².

Em estudos de eficiência do sistema de geração fotovoltaica, os sistemas possuem um rendimento médio de 75%. As perdas de energia elétrica são geradas pelos cabos, conversão de Corrente Contínua (CC) para Corrente Alternada (CA) no Inversor, conectores, aquecimento das placas fotovoltaicas, intempéries na superfície da placa, etc.

Portanto:

Potência consumida média mensal = 8853,29 kWh/mês

Para obter o consumo médio diário, é necessário dividir a potência média mensal pelos dias do mês, Portanto:

$$\text{Potência diária} = \frac{8853,29 \text{ (kWh/mês)}}{30 \text{ (Dias)}}$$

Potência diária = 295,11 kWh/Dia

O Sistema necessitará gerar 295,11 kWh em um dia para suprir o consumo mensal médio do Instituto. Porém, o sistema não gera 24 horas por dia. Ele irá gerar somente em períodos que há incidência solar. Na localização geográfica do Instituto, utilizando como referência o Site (<https://globalsolaratlas.info/>) a irradiação média anual é de 4,42kWh/m², ou seja, o sistema irá gerar ao equivalente de 4,42 horas por dia na sua potência máxima. Isso significa que a potência diária consumida em 24 horas do IPMMI, deverá ser gerada em 4,42 horas de sol pico. Portanto:

$$\text{Potência média gerada ao dia} = \frac{295,11 \text{ (kWh/Dia)}}{4,42 \text{ (h/Dia)}}$$

Potência média gerada ao dia = 66,77 kWp

A potência média gerada ao dia é o valor necessário para poder suprir o consumo mensal do Instituto. As perdas do sistema fotovoltaico deverá ser considerada para obter a quantidade de placas necessárias. Sendo assim, obtêm-se a potência total do sistema fotovoltaico: Portanto:

$$\text{Potência total do sistema} = \frac{66,77(\text{kWp})}{75\% (\text{Rendimento})}$$

Potência total do sistema = 89,02 kWp

O Sistema de geração fotovoltaico deverá possuir uma potência mínima de placas instaladas de 89,02 kWp.

A edificação possui uma área útil disponível para instalação do sistema fotovoltaico de aproximadamente 780 m² de telhado.

De acordo com a norma I432.0004, quando o consumidor tiver o sistema de geração considerado como Minigeração, o mesmo deverá ter demanda contratada em sua Unidade Consumidora. Portanto, Esse sistema será instalado um inversor de 75kW, Assim não terá necessidade de contratação de demanda. A demanda contratada deverá ser a potência máxima de saída do inversor, pelo motivo do mesmo poder em algum momento fornecer essa potência para a rede de distribuição e o medidor realizar a leitura dessa demanda.

Figura 20 – Datasheet do inversor de 75kW

| Technical Data | GW70KHV-MT | GW80KHV-MT | GW75K-MT |
|--|---------------------|-------------------|-----------------|
| DC Input Data | | | |
| Potência Máxima de Entrada (W) | 91000 | 120000 | 112500 |
| Tensão Máxima de Entrada (V) | 1100 | 1100 | 1100 |
| Faixa de Operação MPPT (V) | 200~1000 | 200~1000 | 200~1000 |
| Tensão de Partida (V) | 200 | 200 | 200 |
| Min. Tensão de alimentação (V) | 210 | 210 | |
| Tensão Nominal de Entrada (V) | 750 | 800 | 600 |
| Corrente Máxima de Entrada (A) | 33/33/33/33 | 44/44/44/44 | 44/44/44/44 |
| Corrente Máxima de Curto (A) | 41.5/41.5/41.5/41.5 | 55/55/55/55 | 55/55/55/55 |
| Número de MPPTs | 4 | 4 | 4 |
| Número de Strings por MPPT | 3/3/3/3 | 3/3/3/3 | 4/4/4/4 |
| Dados de Saída CA | | | |
| Potência Nominal de Saída (W) | 70000 | 80000 | 75000 |
| Potência Máxima de Saída (W) | 77000 | 88000 | 75000 |
| Potência Máx. Aparente de Saída (VA) | 77000 | 88000 | 75000 |
| Tensão Nominal de Saída (V) | 540, 3L/PE | 500, 3L/PE | 380/415 |
| Frequência Nominal de Saída (Hz) | 50/60 | 50/60 | 50/60 |
| Corrente Máxima de Saída (A) | 89 | 94,1 | 94,1 |
| Fator de Potência de Saída | | | ~1 (Ajusta) |
| THDi Nominal de Saída | <3% | <3% | <3% |
| Eficiência | | | |
| Eficiência Máxima | 99,0% | 99,0% | 98,8% |
| Eficiência Euro | 98,4% | 98,4% | 98,3% |
| Proteções | | | |
| Monitoramento de Corrente de String FV | Integrado | Integrado | Integrado |
| Proteção Anti-ilhamento | Integrado | Integrado | Integrado |
| Proteção de Polaridade Reversa | Integrado | Integrado | Integrado |
| Monitoramento de Isolamento | Integrado | Integrado | Integrado |
| Fusível CC | Integrado | Integrado | Integrado |
| Função Anti-PID Fotovoltaico | Opcional | Opcional | Opcional |
| Proteção Contra Surtos CC (DPS) | | | |
| Proteção Contra Surtos CA (DPS) | | | |
| Monitoramento de Corrente Residual | Integrado | Integrado | Integrado |
| Proteção Sobrecorrente de Saída | Integrado | Integrado | Integrado |
| Proteção de Curto de Saída | Integrado | Integrado | Integrado |
| Proteção de Sobretensão de Saída | Integrado | Integrado | Integrado |
| Monitoramento de umidade | NA | NA | Integrado |

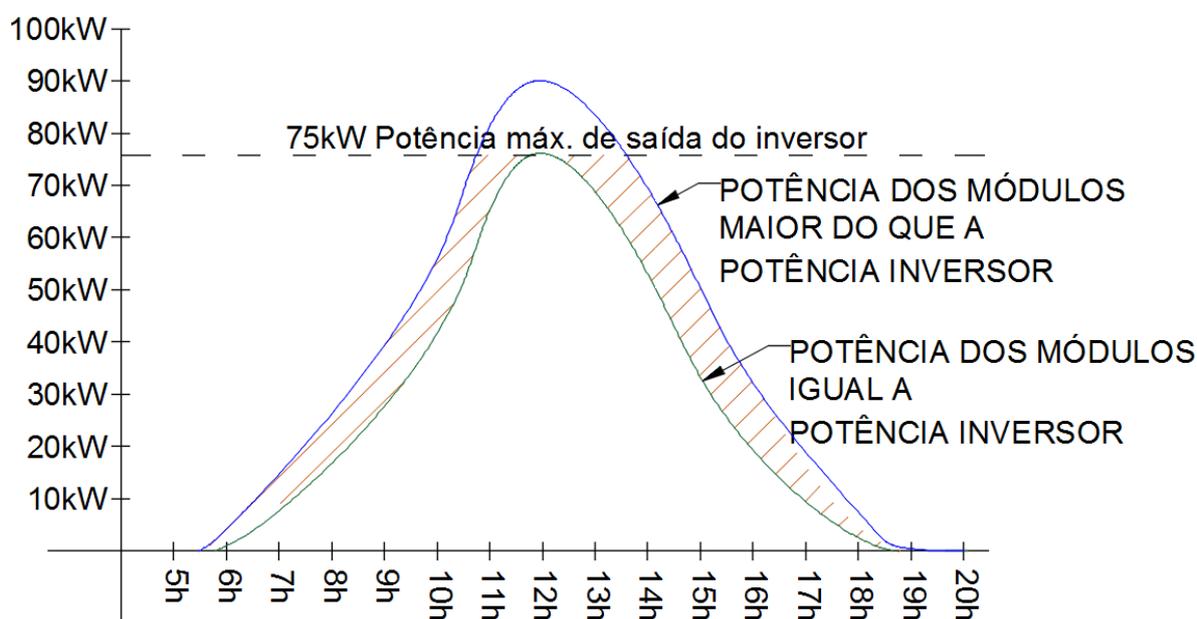
Fonte: Acervo do Fabricante

Na primeira linha, consta a potência máxima de entrada do inversor, ou seja, o inversor de 75kW suporta uma potência máxima de módulos fotovoltaicos de 112,5kW, ou seja, 50% de sobrecarga.

A finalidade dessa sobrecarga, é aumentar o período de geração em dias nublados, onde a irradiação é mais baixa.

No Gráfico a seguir é possível observar a projeção de geração em um dia sem nuvens quando é instalado uma potência de módulos fotovoltaicos superior à potência do inversor.

Gráfico 1 – Curva de geração de energia fotovoltaica



Fonte: Autor da pesquisa

Com o aumento da quantidade de módulos sobre o inversor solar, o período de geração é maior, porém, quando ultrapassa a potência de 75kW, o inversor limita essa potência de saída. Outra vantagem, é que em períodos nublados o sistema também terá uma geração de energia elétrica superior.

Essa sobrecarga do inversor, se torna viável até determinado ponto. Quando a sobrecarga ultrapassa 30% da potência nominal do inversor, o investimento passa a ser mais alto comparado com a geração proposta, pois será necessário investir em mais módulos fotovoltaicos, cabos, suporte, conectores, etc. por conta do inversor limitar a potência de saída, cortar mais cedo essa geração.

Para obter um bom aproveitamento de espaço, quanto maior for a eficiência do módulo, menor será a quantidade de módulos necessários. Para esse projeto, será utilizado o módulo da GCL, com potência de 400Wp.

Anteriormente, foi definido a potência necessária do sistema fotovoltaico e do inversor, porém, como o sistema ultrapassou a potência de 75kW e deveria contratar demanda, foi adotado o inversor de 75kW para não obter essa obrigatoriedade.

Figura 21 – Datasheet Módulo fotovoltaico

Electrical Specification (STC*)

| | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Maximum Power | P _{max} (W) | 365 | 370 | 375 | 380 | 385 | 390 | 395 | 400 |
| Maximum Power Voltage | V _{mp} (V) | 39.20 | 39.40 | 39.60 | 39.80 | 39.98 | 40.17 | 40.35 | 40.53 |
| Maximum Power Current | I _{mp} (A) | 9.31 | 9.39 | 9.47 | 9.55 | 9.63 | 9.71 | 9.79 | 9.87 |
| Open Circuit Voltage | V _{oc} (V) | 47.60 | 47.80 | 48.00 | 48.20 | 48.40 | 48.60 | 48.80 | 49.00 |
| Short Circuit Current | I _{sc} (A) | 9.89 | 9.97 | 10.05 | 10.13 | 10.21 | 10.29 | 10.37 | 10.45 |
| Module Efficiency | (%) | 18.8 | 19.1 | 19.3 | 19.6 | 19.8 | 20.1 | 20.4 | 20.6 |
| Power Output Tolerance | (W) | 0~+5 | | | | | | | |

* Irradiance 1000W/m², Module Temperature 25°C, Air Mass 1.5

Fonte: Acervo do Fabricante

A Potência máxima calculada é de 89.02kWp, para definir a quantidade de módulos, é necessário dividir a potência total calculada do sistema pela potência máxima do módulo fotovoltaico.

Portanto:

$$\text{Quantidade de módulos} = \frac{\text{Potência total}}{\text{Potência do módulo}}$$

$$\text{Quantidade de módulos} = \frac{89.020 \text{ Wp}}{400}$$

$$\text{Quantidade de módulos} = 222,55$$

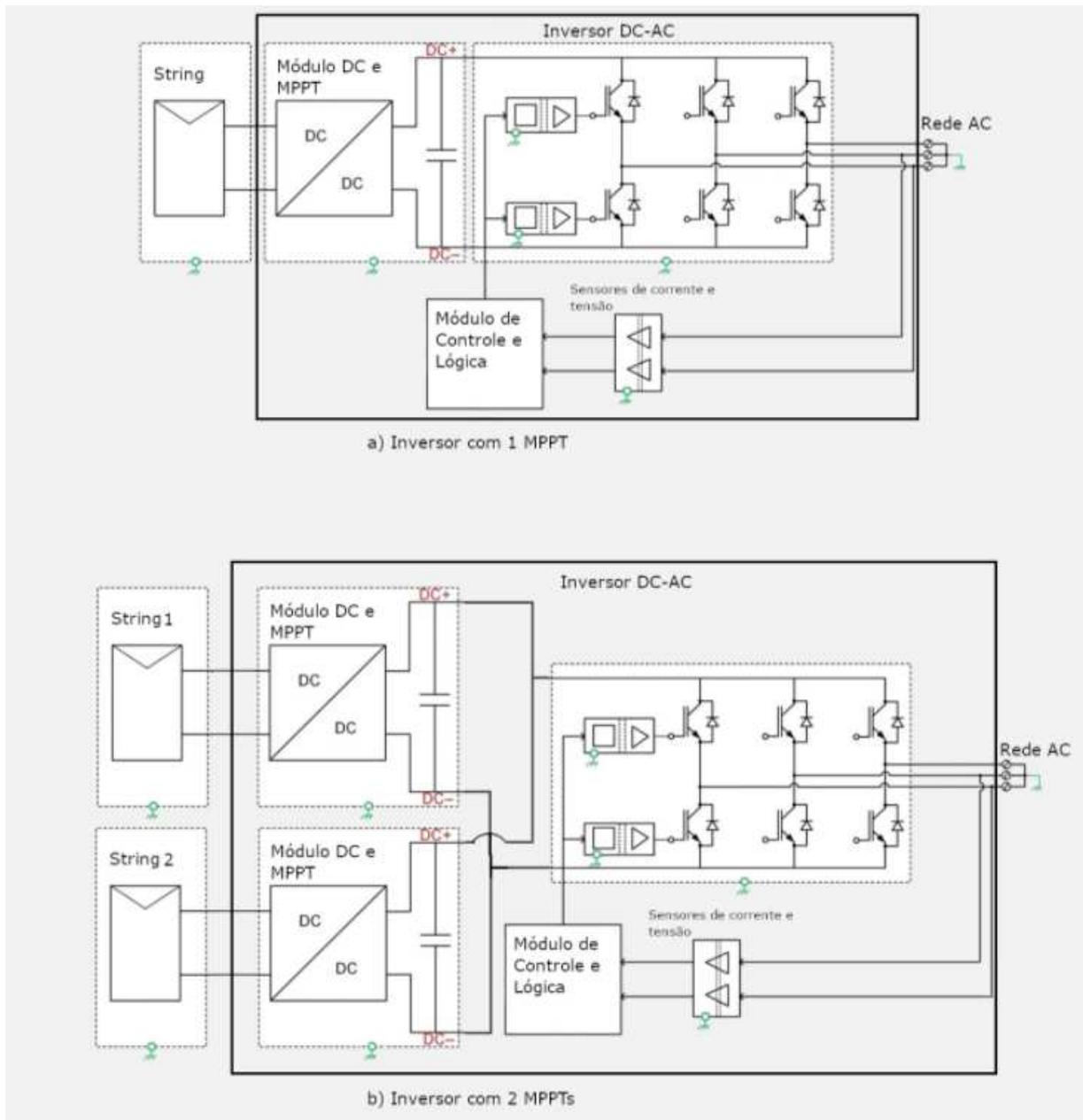
Arredondando para cima, o sistema teria 223 módulos de 400Wp, porém, o fabricante de inversores, sugere que trabalhe com números pares de módulos. Sendo assim, o sistema terá 224 módulos fotovoltaicos. Portanto, a potência do sistema passará a ser 89,6kWp. Com esse aumento da potência, o sistema passará a ter um período de geração um pouco maior comparado com o período anterior.

O inversor possui 4 (Quatro) módulos MPPT (*do inglês Maximum Power Point Tracking*) e 4 String por cada MPPT. Isso resulta em 16 entradas CC no inversor. Porém, as entradas das String de cada MPPT deve estar equilibrado, Por exemplo, não pode associar módulos fotovoltaicos de maneira que a sua potência final seja diferente em cada String de mesma MPPT.

Um inversor com múltiplas entradas de MPPT permite a conexão de arranjos com potências e inclinações diferentes, além de ter capacidade de monitorar cada uma das entradas de MPPT separadamente.

Abaixo há dois diagramas mostrando a organização interna de um inversor convencional e de um inversor com múltiplas entradas. A saída, que corresponde ao estágio de conversão CC-CA é idêntica em ambos. A diferença ocorre na entrada, com um número maior de módulos CC-CC (com o recurso de MPPT) nos inversores com múltiplas entradas.

Figura 22 - Esquema de ligação do inversor com uma e duas MPPT's



4.1.3 Análise da Estrutura do telhado

Foi efetuado uma visita no Instituto, a fim de analisar a situação atual da estrutura de cobertura do edifício. Grande parte da estrutura é composta por madeira de lei e telhas fibrocimento. Apenas na área do refeitório, a estrutura é composta por treliças metálicas e telhas metálicas.

Ambos os materiais encontrados no local, apresentam boas condições de uso, sem a presença de cupins e ferrugens. Além disso, a seção das peças possui tamanho adequado para cumprir seu papel de suporte das telhas existentes e intempéries.

Figura 23 – Foto da estrutura do telhado



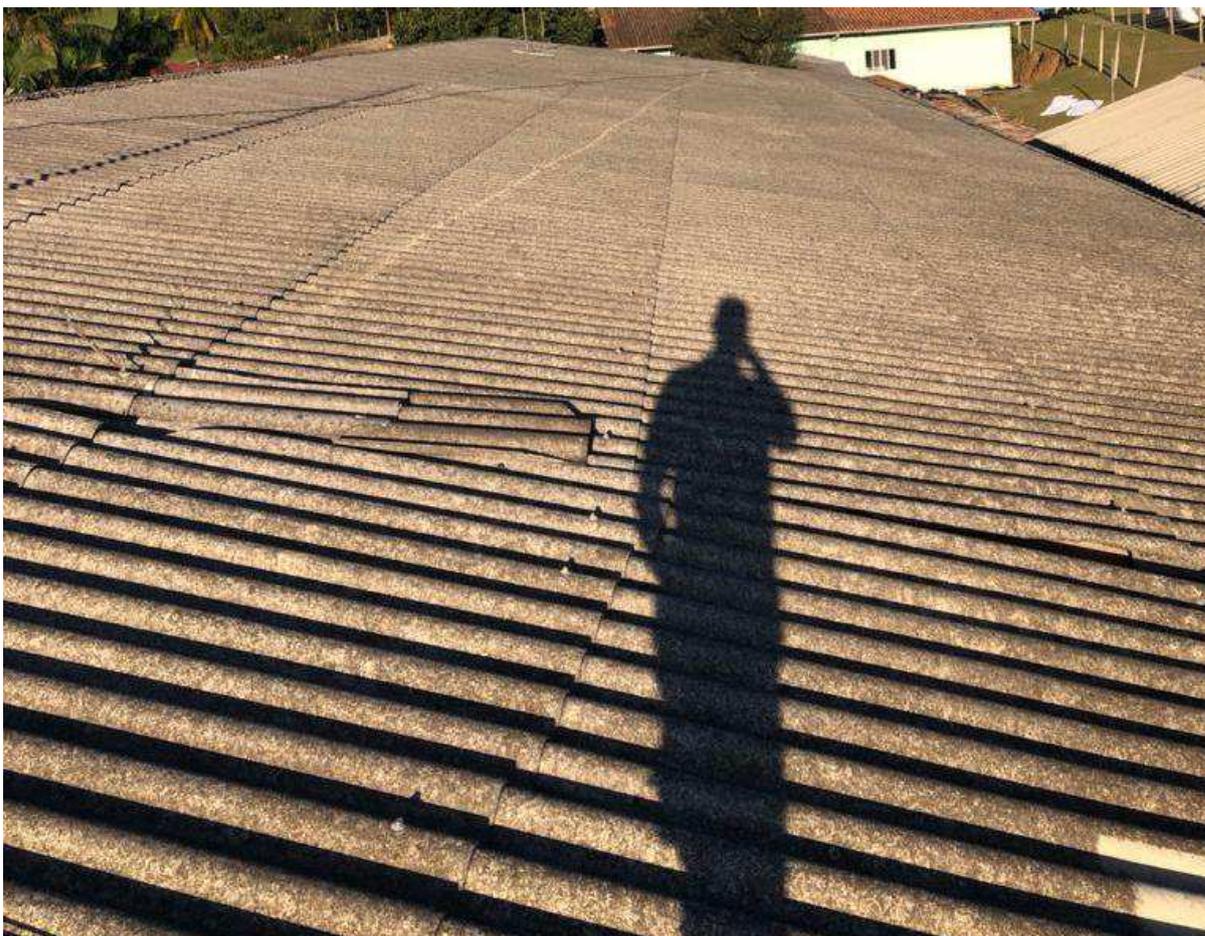
Fonte: Acervo GC Engenharia Elétrica

Figura 24 – Foto da estrutura do telhado



Fonte: Acervo GC Engenharia Elétrica

Figura 25 – Foto da estrutura do telhado



Fonte: Acervo GC Engenharia Elétrica

5 RETORNO FINANCEIRO

Para a realizar a instalação do projeto, foi realizado orçamento com 3 empresas especializadas em fornecimento e instalação de sistema de geração de energia fotovoltaica. Os orçamentos foram realizados de acordo com os levantamentos de dados realizados através do consumo mensal do instituto. Com esse projeto proposto, não haverá mais custos anuais com o consumo de energia, terá custos somente com as taxas de disponibilidade de energia da concessionária CELESC D, Cosip (Iluminação Pública) e o ICMS cobrado pela TUSD (Tarifa do Uso do Sistema de Distribuição).

Quando é instalado o sistema fotovoltaico, o consumidor tem o direito de solicitar a isenção do ICMS, porém, esse ICMS é abatido apenas da TE (Tarifa de Energia) e da TUSD o ICMS ainda é cobrado. Portanto, toda a energia que o consumidor gerar e enviar para o sistema de distribuição e pegar essa energia de volta, toda essa diferença que o medidor bidirecional registrar, será cobrado o valor de ICMS da TUSD do consumidor final. O que for consumo

remoto (Gerar a energia e consumir no mesmo instante sem passar pelo medidor bidirecional, não será cobrado o ICMS).

As empresas que realizaram os orçamentos para o instituto são:

Tabela 2 – Orçamentos propostos

| EMPRESA | VALOR |
|------------|----------------|
| Empresa 01 | R\$ 268.000,00 |
| Empresa 02 | R\$ 260.653,35 |
| Empresa 03 | R\$ 257.500,00 |

Fonte: Empresas do ramo de energia fotovoltaica

Através do payback, é possível identificar a economia média que obterá com a instalação do sistema de geração de energia fotovoltaico.

Por conta do custo de disponibilidade, Cosip e ICMS. O instituto terá um valor médio de 500 Reais ao mês. O ICMS irá variar de acordo com o consumo registrado pelo medidor bidirecional.

Além dos custos com a CELESC, o instituto terá custos com a manutenção preventiva do sistema, é recomendado realizar limpezas nos módulos fotovoltaicos e realização de limpeza nos conectores. Outro custo que deverá ser incluso será o do seguro do sistema fotovoltaico. O custo do seguro da usina gira em torno de 1% do valor do sistema fotovoltaico. Esse valor total do seguro do sistema mais a manutenção, será em torno de R\$300,00 por mês. Portanto, o instituto terá um custo médio total por mês de R\$800,00

No primeiro ano de instalação. A empresa que fornece o sistema fotovoltaico oferece o seguro para o sistema contra desastres naturais que possa vir a ocorrer. Caso a instituição possua seguro na edificação, a cobertura do sistema fotovoltaico pode ser incluso dentro desse seguro.

Para realizar o estudo do payback, foi realizado uma média aritmética dos valores dos 3 sistemas fotovoltaicos propostos ao Instituto.

Tabela 3 – Fluxo de caixa

| FLUXO DE CAIXA | | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| PERÍODO | FLUXO DE CAIXA ANUAL | VPL | FCA |
| ANO 0 | -R\$ 262.051,12 | -R\$ 262.051,12 | -R\$ 262.051,12 |
| ANO 1 | R\$ 64.665,24 | R\$ 60.785,33 | -R\$ 201.265,79 |
| ANO 2 | R\$ 68.587,37 | R\$ 64.472,13 | -R\$ 136.793,66 |
| ANO 3 | R\$ 73.794,65 | R\$ 69.366,97 | -R\$ 67.426,69 |
| ANO 4 | R\$ 79.348,73 | R\$ 74.587,81 | R\$ 7.161,12 |
| ANO 5 | R\$ 85.272,72 | R\$ 80.156,36 | R\$ 87.317,47 |
| ANO 6 | R\$ 91.591,24 | R\$ 86.095,77 | R\$ 173.413,24 |
| ANO 7 | R\$ 98.330,58 | R\$ 92.430,74 | R\$ 265.843,98 |

Fonte: Autor da pesquisa

O valor médio do investimento no sistema de geração de energia fotovoltaico é de R\$262.051,12. Na Tabela 2 é possível observar que o retorno do investimento ocorre da passagem do quarto para o quinto ano. Esse retorno fica próximo a 4 anos e 11 meses aproximadamente.

No gráfico a seguir, é apresentado a projeção do valor economizado pelo Instituto nas faturas de energia elétrica em um período de 25 anos.

Gráfico 2 – Economia em Reais no período de 25 Anos



Fonte: Autor da pesquisa

Nos últimos 10 anos, a concessionária de energia de Santa Catarina, CELESC D manteve um aumento médio anual da tarifa de energia elétrica de 6,66% considerando que esse percentual se mantenha nos próximos anos, o valor investido na instalação do sistema de geração de energia fotovoltaica irá se pagar em aproximadamente 4 anos.

Como é apresentado no gráfico acima, em 25 anos, o Instituto terá economizado aproximadamente R\$3.664.560,47 com a instalação do sistema fotovoltaico.

**O valor economizado poderá sofrer alterações de acordo com as variações das condições climáticas e tarifas fixas da concessionária.*

Figura 26 – Projeção do módulos fotovoltaicos no telhado do instituto.



Fonte: Acervo GC Engenharia Elétrica

6 CONCLUSÃO

Como o ano de 2020 é um período bem atípico para a realidade de consumo de energia elétrica por conta da COVID-19, foi realizado o estudo sobre o período de 2019. A intenção do instituto é realizar investimentos em equipamentos e ampliar o espaço para melhor atender as pessoas que ali convivem, no caso desse instituto, o investimento em energia fotovoltaica traria um retorno bom, tendo em vista que o instituto não possui outras alternativas de investimento para arrecadar fundos. Portanto, a alternativa é investir em energia fotovoltaica e produzir a própria energia e reduzir o valor da fatura de energia. Sem sofrer com os reajustes tarifários aplicado pela concessionária.

7 REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO; H. D. **Degradação de módulos fotovoltaicos de silício cristalino instalados no DEE-UFC**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza/ Ceará, 2014. Disponível em:

<http://www.dee.ufc.br/anexos/TCCs/2014.1/H%C3%89LIO%20DELGADO%20ASSUN%C3%87%C3%83O.pdf> Acessado em: 13 de outubro de 2020.

CANTOR; G. A. R. **Influência dos fatores climáticos no desempenho de módulos fotovoltaicos em regiões de clima tropical**. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/ Paraíba, 2017. Disponível em:

http://www.cear.ufpb.br/arquivos/ppger/documentos/versao_final_Guillermo.pdf Acessado em 13 de outubro de 2020.

CARNEIRO; J. **Módulos fotovoltaicos, características e associações**. Universidade do Minho, Portugal, 2010. Disponível em:

https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/16961/1/M%C3%B3dulos%20Fotovoltaicos_Caracteristicas%20e%20Associa%C3%A7%C3%B5es.pdf Acessado em: 13 de outubro de 2020.

ENERGIA TOTAL ENERGIA SOLAR. **Como funciona o painel solar fotovoltaico e de que é feito**. 2017. Disponível em: <https://www.energiatotal.com.br/como-funciona-o-painel-solar-fotovoltaico-e-do-que-sao-feitos> Acessado em 13 de outubro de 2020.

MELO; F. C. **Projeto e análise de desempenho de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica de baixa tensão em conformidade com a reatuação normativa 482 da ANEEL**. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/ Minas Gerais, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14560/1/ProjetoAnaliseDesempenho.pdf> Acessado em 14 de outubro de 2020.

NASCIMENTO C. A. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica**. UFLA, Lavras / Minas Gerais, 2004. Disponível em: http://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf Acessado em 16 de outubro de 2020.

PINHO; J. T., GALDINO; M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. CEPTEL-CRESESB, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/manual_de_engenharia_fv_2014.pdf Acessado em: 16 de outubro de 2020.

PORTAL SOLAR. **Tipos de painel solar fotovoltaico**. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html> Acessado em 13 de outubro de 2018.

SERRÃO; M. A. S. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico para uma casa de veraneio em Pouso da Cajaíba-Paraty**. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000620.pdf> Acessado em: 16 de outubro de 2020.

VALLÊRA; A. M., BRITO; M. C. **Meio século de energia fotovoltaica**. Departamento de Física e Centro de Física da Matéria Condensada (CFMC), Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa Campo Grande, Lisboa, 2004. Disponível em: <<http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>> Acessado em 17 de outubro de 2020.

Atlas Global Solar, Busca de dados de irradiação Solar, Disponível em:

<<https://globalsolaratlas.info>> Acessado em 06 de Novembro de 2020

Rede Celesc
23,1kV

Vn = 25kV
In = 100A
Icc = 6,3kA
Elo = 5H

Transf. Trifásico
25KV/380/220V
75KVA

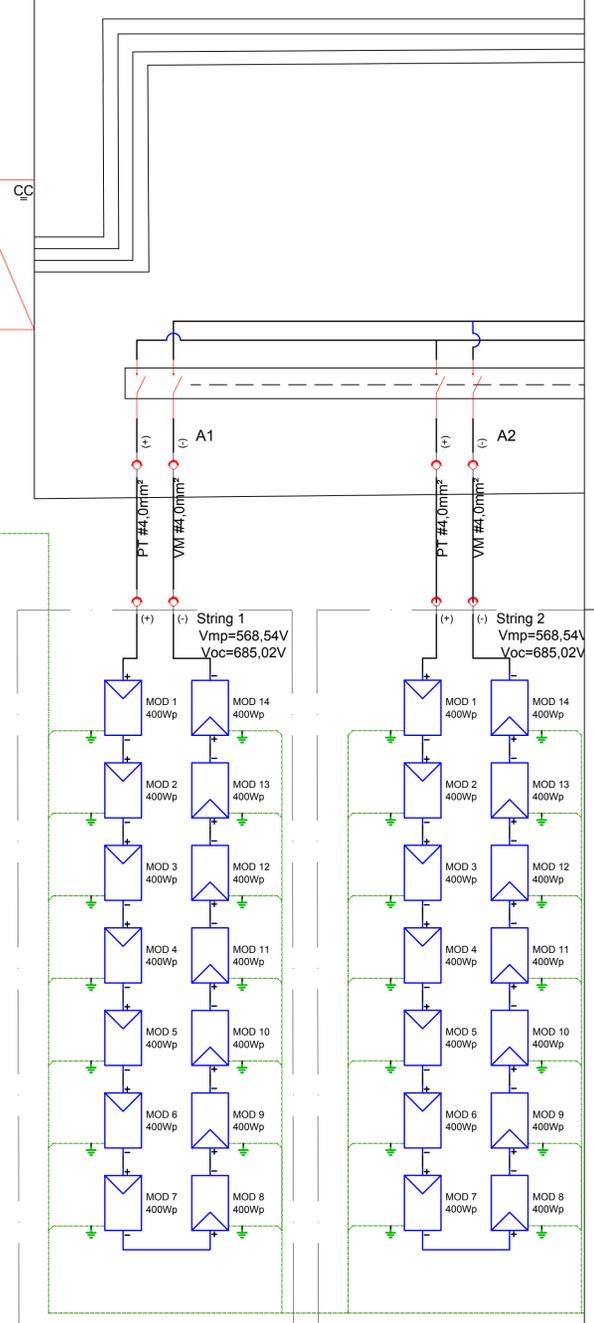
CABINE DE MEDIÇÃO

DG
Geral
125 A
Icc Min=6kA
em 380V

QUADRO GERAL
DE DISTRIBUIÇÃO/
CHAVE TRANSFERÊNCIA

G
GERADOR CA
Á DIESEL 126kW

INVERSOR FOTOVOLTAICO
GOODWE GW75K-MT



CC
CA

VM #35mm²
BR #35mm²
PT #35mm²
AZ #35mm²
VD #35mm²

VD/AM #16mm²

String 1
Vmp=568,54V
Voc=685,02V

String 2
Vmp=568,54V
Voc=685,02V

MOD 1 400Wp
MOD 2 400Wp
MOD 3 400Wp
MOD 4 400Wp
MOD 5 400Wp
MOD 6 400Wp
MOD 7 400Wp
MOD 8 400Wp
MOD 9 400Wp
MOD 10 400Wp
MOD 11 400Wp
MOD 12 400Wp
MOD 13 400Wp
MOD 14 400Wp

CCENGENHARIA ELÉTRICA LTDA. CREA SC. 1.14373/0 - DIREITOS AUTORAIS
RESERVADOS POR MEIO DAS LEIS DE BERNÁ (1886) ARTIGOS 2-1 E 6 BIS-1,
DECRETO Nº 75.699/75 ARTIGO XXVII - 2, DECLARAÇÃO UNIVERSAL DOS
DIREITOS HUMANOS ARTIGO 5º, XXVII, LEIS 5.194/66 E 96.109/8

CONTINUAÇÃO DO INVERSOR
GOODWE GW75K-MT

DEM PARA O MÓDULO MPPT 4

DEM PARA O MÓDULO MPPT 3

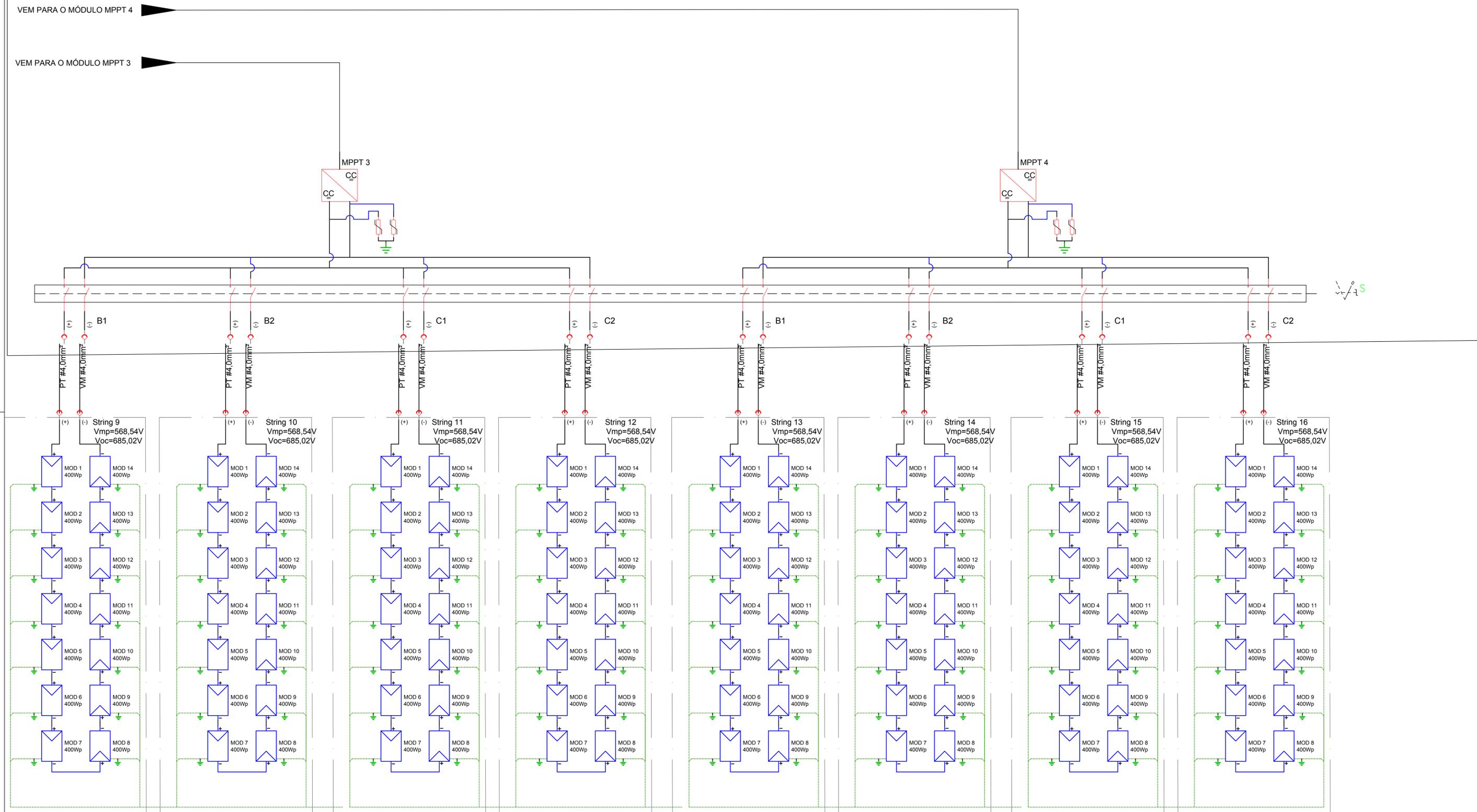


DIAGRAMA UNIFILAR 2/2
ESC.: S/E

CC ENGENHARIA ELÉTRICA LTDA. CREA SC. 1.14373/0 - DIREITOS AUTORAIS
RESERVADOS POR MEIO DAS LEIS DE BERNARDO (1886) ARTIGOS 2.º E 6.º BIS-1.
DECRETO Nº 75.697/75 ARTIGO XXVII - 2.ª DECLARAÇÃO UNIVERSAL DOS
DIREITOS HUMANOS ARTIGO 5.º XXVII E 26. 10/98

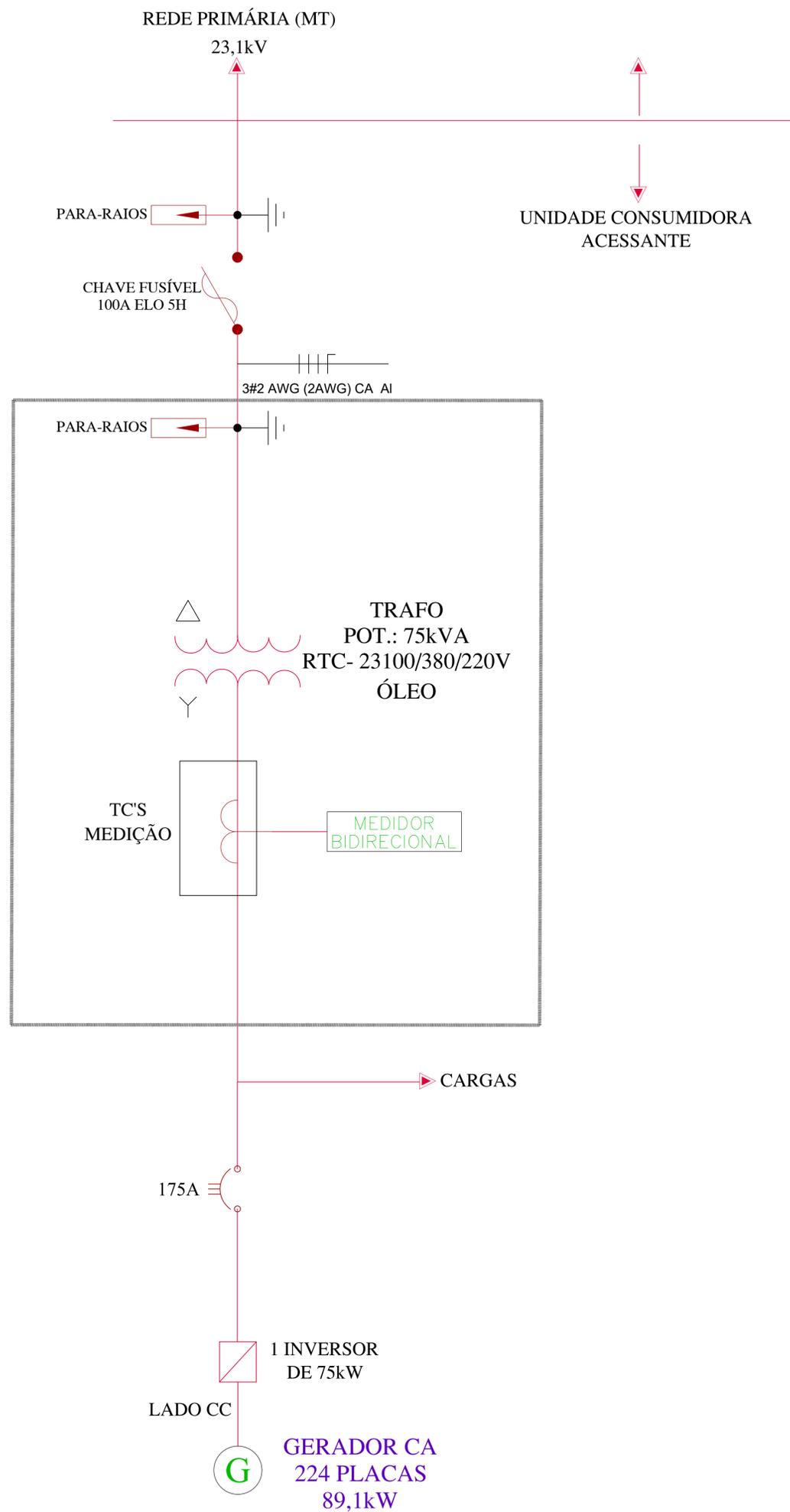


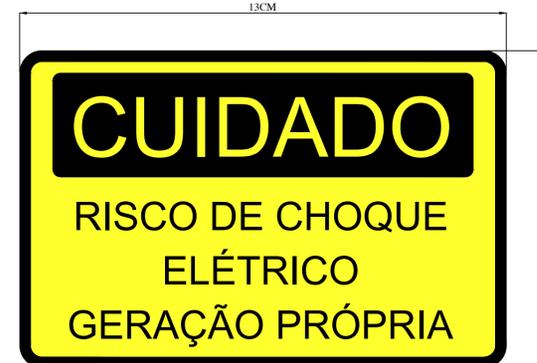
DIAGRAMA FUNCIONAL
ESC.: S/E

UNIDADE CONSUMIDORA
ACESSANTE



ENTRADA DE ENERGIA
ESC.: S/E

PLACA DE ADVERTÊNCIA



Observação:
Além da tampa da caixa do medidor, esta mesma placa deverá também ser instalada nos seguintes locais:
1- No caso de ponto de entrega aérea, no postinho, ou parede, ou cabine com buchas de passagem, do lado da via pública, na conexão do ramal de ligação (ou serviço).
2- No caso de conexão de unidade consumidora (UC) em edifício com múltiplas unidades (edifício de uso coletivo ou com medição agrupada), no ponto de entrega do edifício (poste) e na caixa de distribuição (se houver).
3- No caso de ponto de entrega subterrânea, na parte mais alta do duto de entrada localizado no poste da CPFL.

ENTRADA DE ENERGIA
ESC.: S/E