

Autor
Eider Silveira
Engenheiro Eletricista

Curso Básico de Energia Solar Fotovoltaica ON-GRID

Projeto- Instalação-Homologação



ENGENHARIA

CIP-BRASIL. CATALOGAÇÃO-NA-FONTE

Eider Silveira

Curso Básico de Energia Solar Fotovoltaica ON-GRID: Projeto - Instalação - Homologação / Eider Silveira. - 1. ed. - Porto Alegre : PLUS / Simplíssimo, 2020.

Recurso digital : il.

Formato: ePub2

Requisitos do sistema: Adobe Digital Editions

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 9786586249453

1. Energia solar. 2. Projeto. 3. Instalação. 4. . I. Título.

CDD: 650

Edição digital: julho 2020

Arquivo ePub produzido pela **Simplíssimo Livros**

Sumário

Apresentação

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1- REGRAS APLICÁVEIS À MICRO E MINIGERAÇÃO
DISTRIBUÍDA

1.1.1- Principais aspectos da Resolução Normativa 482

A. Microgeração e Minigeração Distribuída:

B. Potência diferente para Grupos de Consumidores

C. Taxa mínima de cobrança

1.1.2- Principais aspectos da Resolução Normativa Nº 687

D. Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras

E. Geração Compartilhada

F. Autoconsumo Remoto

G. Novas definições de Potências para Grupos de
Consumidores

1.2- Efeito Fotovoltaico

1.3 - Estruturas das Células

1.3.1- Princípio de Funcionamento

1.3.2 - Eficiência quântica e Resposta Espectral

1.3.3 - Fatores característicos da célula solar

CAPÍTULO 2 - GERADOR FOTOVOLTAICO ON-GRID

2.1- Módulo Fotovoltaico

2.1.1- Módulo Monocristalino

2.1.2- Módulo Policristalino

2.2- Inversores Solares Grid-tie

2.2.1- Inversor string

2.2.2- Inversores Centrais

2.2.3- Microinversores

CAPÍTULO 3 - PROJETO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON-
GRID

CAPÍTULO 4 - INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE ENERGIA
SOLAR FOTOVOLTAÍCO

4.1 - Principais equipamentos de fixação

- PERFIL DE ALUMÍNIO
- CONJUNTO COM PARAFUSO CABEÇA CILÍNDRICA ALLEN
- SUORTE “PÉ EM L”
- SUORTE TELHA METÁLICA
- GANCHO AJUSTÁVEL EM ALUMÍNIO
- GRAMPO INTERMEDIÁRIO
- GRAMPO FINAL
- EMENDA PARA PERFIL
- KIT ATERRAMENTO

4.2 - Instalação

CAPÍTULO 5 - HOMOLOGAÇÃO

5.1- Processo de Homologação

Anexos

Referências Bibliográficas

Apresentação

O ebook técnico para projeto e instalação e homologação de sistemas de energia solar fotovoltaicos conectados na rede (on-grid), foi uma iniciativa do Engenheiro Eletricista Eider Silveira, com o intuito de auxiliar em projetos e instalações de sistemas fotovoltaicos em conformidade com as normas técnicas brasileiras.

Este ebook, visa promover conhecimento técnico para profissionais da área, abrangendo, conceitos básicos, conhecimento das tecnologias atualmente empregadas e orientação para elaboração de projetos, instalações e manutenções.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

No Brasil, a energia solar está sendo utilizada em diversos seguimentos como: residências, comércios, indústrias, agronegócio e usinas solares.

Além de auxiliar na economia da fatura de energia e na redução da sobrecarga do consumo de sistemas elétricos de distribuidoras, a energia solar fotovoltaica é responsável também pela diminuição de impactos ambientais, não só no Brasil, mas no mundo como um todo.

Pode-se considerar a energia solar como a melhor opção de investimento a longo prazo, pois trata-se de uma fonte inesgotável de energia. A instalação do sistema de energia solar fotovoltaico é relativamente simples e possui uma baixa manutenção, sendo necessário, em alguns casos, apenas uma limpeza dos painéis anualmente.

No Brasil, a energia solar começou efetivamente a se desenvolver após a regulamentação normativa 482 de 2012 da ANEEL, que possibilita fazer a "troca de energia" com a rede elétrica. Este sistema é conhecido como sistema de compensação de créditos de energia.

Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) divulgam regularmente o ranking dos estados que utilizam essa fonte renovável de energia em todo o território brasileiro, como mostra as figuras 1 e 2.



ABSOLAR

Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

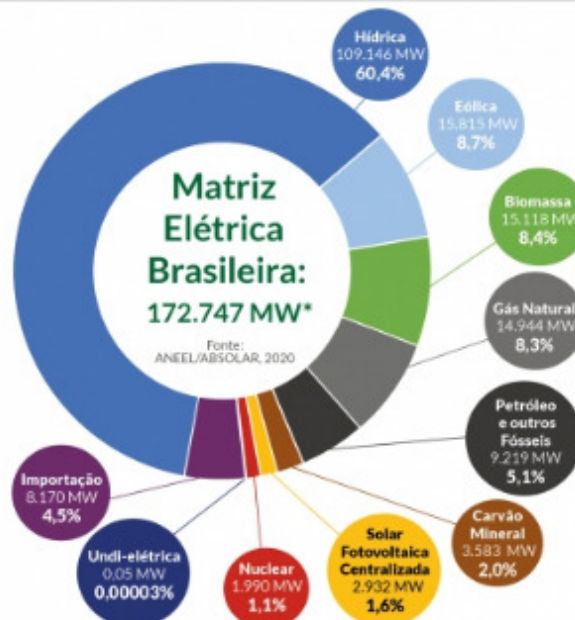
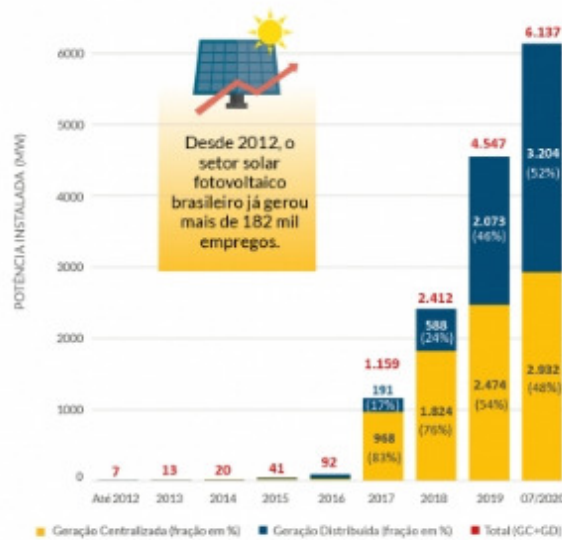
Atualizado em 03/08/2020 | n° 22

Energia Solar Fotovoltaica no Brasil

Infográfico ABSOLAR

Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil

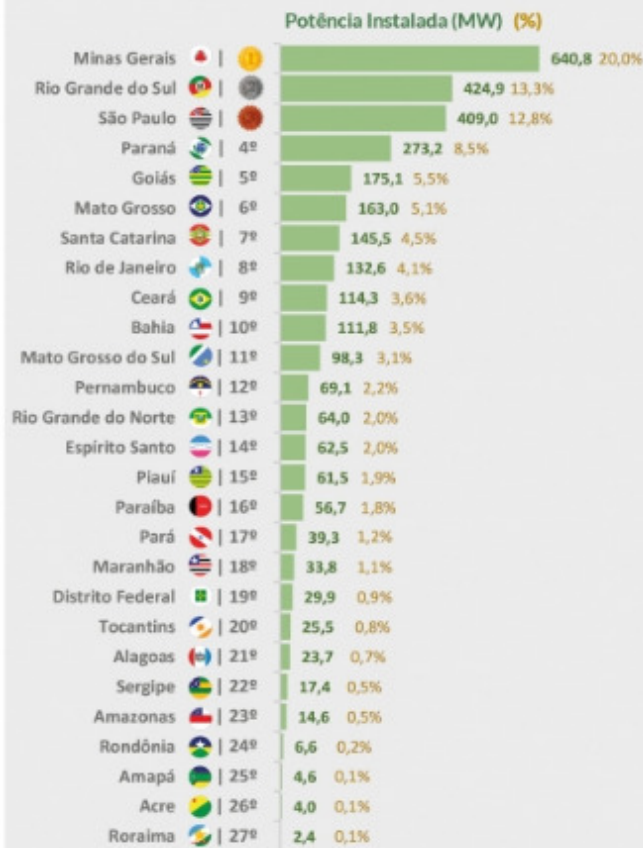
Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2020.



*A potência total da matriz não inclui a importação.

Geração Distribuída Ranking Estadual

Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2020.



Ranking Municipal

Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2020.



Qual a Potência Instalada Solar Fotovoltaica no Brasil?

Geração Centralizada
2.932,4 MW



Micro e Minigeração Distribuída
3.204,1 MW

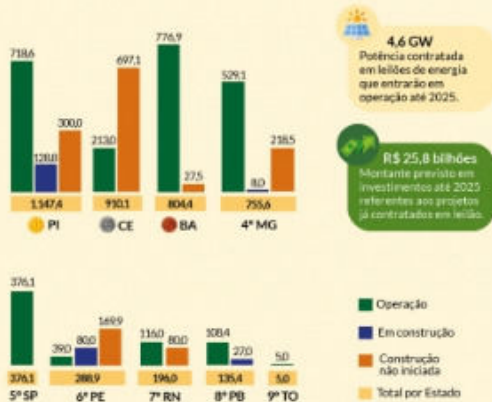


Potência Operacional Total
6.136,5 MW

Geração Centralizada

Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2020.

Potência Instalada (MW) e status das usinas fotovoltaicas dos leilões do mercado regulado por estado:



Evolução do Preço da Fonte Solar Fotovoltaica em Leilões de Energia no Mercado Regulado

Fonte: CCEE/ABSOLAR, 2019.



Recordes de Geração de Energia

Fontes: CNS/MME, 2020.

A fonte solar fotovoltaica atingiu novos recordes de geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN):



Geração Distribuída

Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2020.

Sistemas de microgeração (até 75 kW) e minigeração (acima de 75 kW até 5 MW) distribuída solar fotovoltaica implantados em residências, comércio, indústrias, propriedades rurais e prédios públicos.



Cadeia Produtiva

Fonte: BNDES, 2020.

Quantidade de fabricantes do setor solar fotovoltaico cadastrados no FINAME do BNDES:



Dados atualizados conforme novo procedimento de credenciamento do BNDES ao FINAME.

Infográfico (agosto/2020)

1.1- REGRAS APLICÁVEIS À MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Em 17 de abril de 2012 a Resolução Normativa 482 chega com um objetivo de estabelecer condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída de energia

elétrica, aos sistemas de distribuição e o sistema de compensação de energia elétrica. Para se adequar a geração distribuída (GD) no cenário brasileiro, foram modificadas algumas partes do PRODIST- Procedimento de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional.

Assim, todo consumidor ativamente cadastrado no Ministério da Fazenda, por um CPF ou um CNPJ, tem concessão para conectar um sistema gerador de energia elétrica próprio, oriundo de fontes renováveis (hidráulica, Solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada), paralelamente às redes de distribuição das concessionárias.

Em 01 de março de 2016 entra em vigor a Resolução Normativa nº. 687 de 24 de novembro de 2015, com isso a Resolução 482 da ANEEL sofre algumas atualizações, impactando diretamente sobre o mercado de energia elétrica para micro e minigeradores distribuídos.

1.1.1-Principais aspectos da Resolução Normativa 482



Figura 3 - Resolução Normativa 482 - Abril 2012

A. Microgeração e Minigeração Distribuída:

- Microgeração - Sistema gerador de energia elétrica, com potência instalada inferior ou igual a 100 kW(quilowatts) e que utilize das fontes renováveis (hidráulica, Solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada).
- Minigeração - Sistema gerador de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW (megawatts) e que também utilize das fontes renováveis (hidráulica, Solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada).



Figura 4 - Sistemas de micro e mini geração: definidos pela potência instalada

A compensação de energia elétrica regulamenta que toda a energia ativa, em Watts, injetada na rede pelo sistema gerador de uma unidade consumidora (UC), é emprestada gratuitamente à distribuidora local e posteriormente compensada sobre o consumo de energia elétrica ativa, também em Watts, dessa mesma unidade consumidora ou de outra.

Para isso, todas as UCs devem pertencer ao mesmo titular em CPF ou CNPJ, cabendo ao consumidor definir a ordem de compensação dessas unidades, excluindo-se a unidade consumidora geradora, que deve necessariamente, ser a primeira a ter seu consumo compensado. Os créditos

de energia gerados permanecem válidos podendo ser compensados em um prazo de até 36 meses.

B. Potência diferente para Grupos de Consumidores

- **Grupo A** (alta tensão): Tensão igual ou superior a 2,3 kV(quilovolt) ou por sistema subterrâneo de distribuição, caracterizado pela tarifa binômia (aplicada ao consumo e à demanda faturável), a potência total da central geradora fica limitada à demanda contratada presente na conta de energia elétrica da unidade consumidora.
- **Grupo B** (baixa tensão): Tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia (aplicável apenas ao consumo), a potência das centrais limita-se à carga instalada da unidade.

Caso haja a necessidade de se instalar um sistema gerador com potência superior à definida anteriormente, o consumidor tem a possibilidade de solicitar aumento da demanda contratada, no caso de UC do grupo A ou aumento da carga instalada, no caso de UC do grupo B.

C. Taxa mínima de cobrança

- **Grupo A**

Para consumidores do “grupo A” deve ser cobrado, no mínimo, o valor referente à demanda contratada. Pois existe a possibilidade de geração suprir completamente o consumo ativo de energia elétrica, não havendo faturamento excedente a ser cobrado. Nos demais casos, o faturamento se dá pelo consumo de energia nos horários de ponta e fora

de ponta, já subtraídos os créditos energéticos do sistema de compensação no mesmo horário em que foi gerado.

E, mesmo após a compensação, quando o crédito energético gerado pela unidade é superior ao que ela consumiu da rede elétrica, pode-se utilizar esse excedente para compensar o consumo de energia no posto (horário) seguinte, devendo ser observada a proporção entre os valores das tarifas de energia (TE) para os diferentes postos tarifários (horários), já que 1 kWh (quilowatt-hora) gerado na fora de ponta possui um valor de TE inferior ao valor de 1 kWh gerado na ponta.

- **Grupo B**

Para os consumidores do “grupo B”, deverá ser cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade de acesso à rede (Monofásico: 30kWh, Bifásico: 50 kWh e Trifásico: 100 kWh), quando não houver consumo ativo faturado. Nos demais casos, será cobrado o consumo ativo, já subtraído os créditos energéticos do sistema de compensação da resolução 482 da ANEEL.

1.1.2-Principais aspectos da Resolução Normativa Nº 687



Figura 5 - Resolução Normativa 687- Novembro 2015

A Resolução Normativa 687 traz grandes atualizações na Resolução Normativa 482, facilitando o acesso de centrais geradoras junto às concessionárias de energia elétrica.

Dentre as atualizações, destacam-se o aumento no prazo para uso dos créditos energéticos, que saltou de 36 para 60 meses; o período para a aprovação do sistema fotovoltaico junto à concessionária passou de 82 para 34 dias e a potência limite para micro e minigeração distribuída também sofreu alteração, compreendida por:

- Microgeração - Sistema gerador de energia elétrica através de fontes renováveis, com potência instalada inferior ou igual a 75 kW
- Minigeração - Sistema gerador de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW (para fonte hídrica) e menor ou igual a 5 MW para as

demais fontes renováveis (Solar, eólica, biomassa e cogeração qualificada).

D. Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras

Um sistema de energia solar fotovoltaico instalado em área comum de um condomínio onde as unidades consumidoras do local e a área comum do condomínio sejam energeticamente independentes entre si.

Podem dividir os créditos gerados entre os condôminos participantes, ficando a área comum do empreendimento, sob responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do local.



Figura 6 - Sistemas instalados em áreas comuns(terraços) de condomínios

E. Geração Compartilhada

Quando consumidores de diferentes CPF ou CNPJ são sócios por meio de cooperativa ou consórcio e são

abastecidos pela mesma concessionária de energia, tendo a unidade micro ou minigeradora em local diferente das unidades consumidoras compensatórias. Em outras palavras, através da geração compartilhada os consumidores se unem na geração de energia elétrica.

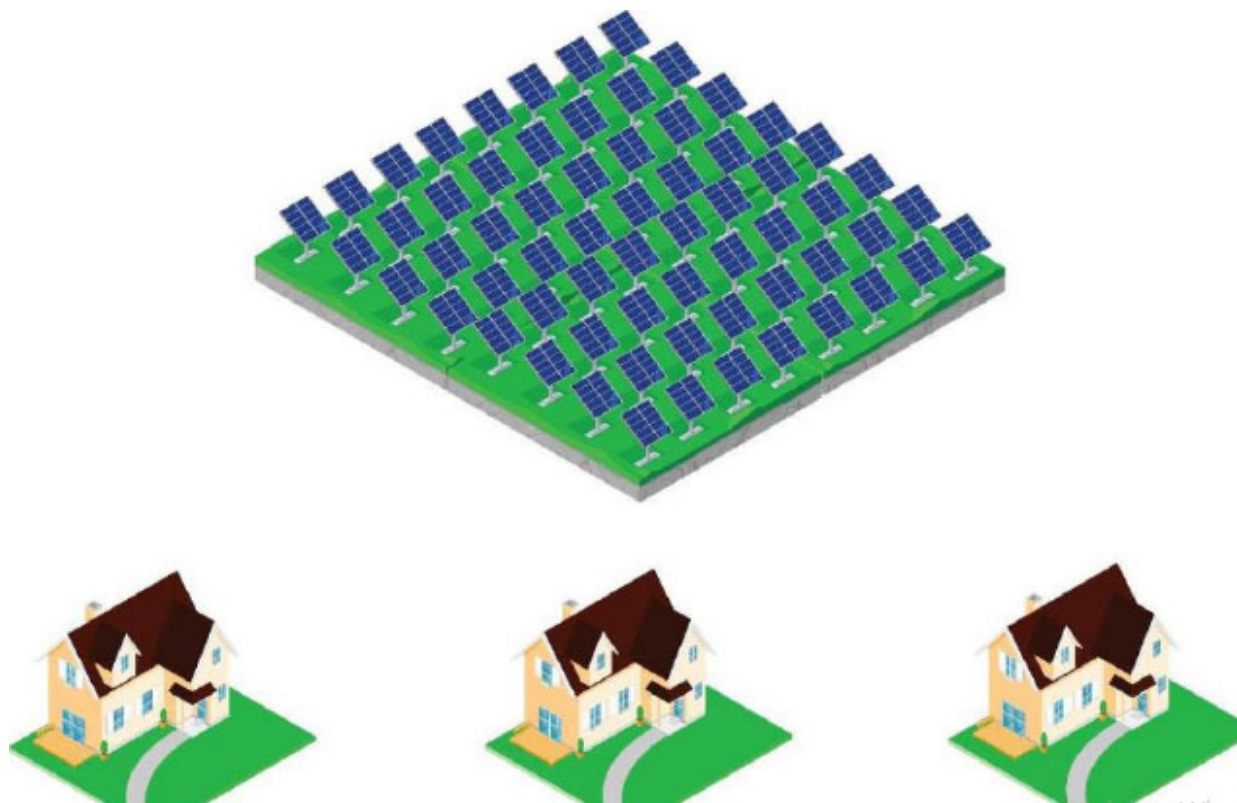


Figura 7 - Geração Compartilhada

F. Autoconsumo Remoto

O autoconsumo remoto é o nome dado quando consumidores pessoa física ou jurídica que possuem UC de mesma titularidade, onde a geração distribuída de energia elétrica está em local diferente dos locais que fazem uso dos créditos energéticos.



Figura 8 - Autoconsumo Remoto

G. Novas definições de Potências para Grupos de Consumidores

Para os consumidores do “grupo B”, pode-se estimar a potência máxima instalada do sistema gerador multiplicando-se o valor da capacidade de corrente do disjuntor geral pela tensão nominal, disponíveis no ramal de entrada.

Havendo a necessidade de aumentar a potência instalada, basta que solicitem o aumento da potência disponibilizada pela concessionária de energia elétrica. No caso de empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras, entende-se como potência disponibilizada àquela contratada pelo condomínio.

Tendo ainda como um dos principais destaques da atualização da Resolução 482 da ANEEL, fica vedada a concessão do acesso à rede por parte de concessionária local quando caracterizada a venda de créditos energéticos por parte dos consumidores geradores a outrem e, no caso de geração remota em área locadas, que caracterize a relação de cobrança de mensalidade em proporção a energia gerada (ANEEL, 2015).

1.2- Efeito Fotovoltaico

Dá-se o nome de efeito fotovoltaico para a conversão da energia do sol em energia elétrica. Notou-se este efeito em certos materiais quando expostos a luz, onde os mesmos eram capazes de produzir uma corrente elétrica, feito descoberto em 1839 por Becquerel. No entanto, somente em 1954, Chapin conseguiu produzir uma célula com 6% de eficiência.

Com a primeira crise energética internacional nos anos 70, vieram as grandes mudanças o que fomentou uma tentativa de diversificação das fontes energéticas, promovendo pesquisa e desenvolvimento da energia solar fotovoltaica.

A CÉLULA SOLAR é o elemento fundamental na conversão fotovoltaica. Ao receber a radiação solar, determinados materiais semicondutores, rompem suas ligações na camada de valência assim que os fótons transmitem sua energia aos elétrons desses semicondutores, tornando-os livres para se movimentar no material. As lacunas criadas pela ausência de elétrons também são consideradas portadoras de carga, assim como os elétrons.

Uma célula solar é um semicondutor preparado com um campo elétrico que obriga a circulação das cargas em sentidos opostos, podendo assim, extrair a circulação de corrente.

1.3 -Estruturas das Células

Na figura 9 é apresentada a estrutura típica de uma célula solar. Para se conseguir um campo elétrico é introduzido impurezas no seu material de base, os quais apresentam excesso ou defeito de elétrons com relação ao

silício. A união p-n se dá na diferença entre elétrons e a lacuna. A união p-n está presente na maioria das células solares. Ainda na figura 4 é apresentado a Capa antirreflexo (AR), a Rede de metalização, As camadas ativas do semiconductor e o Contato metálico posterior.

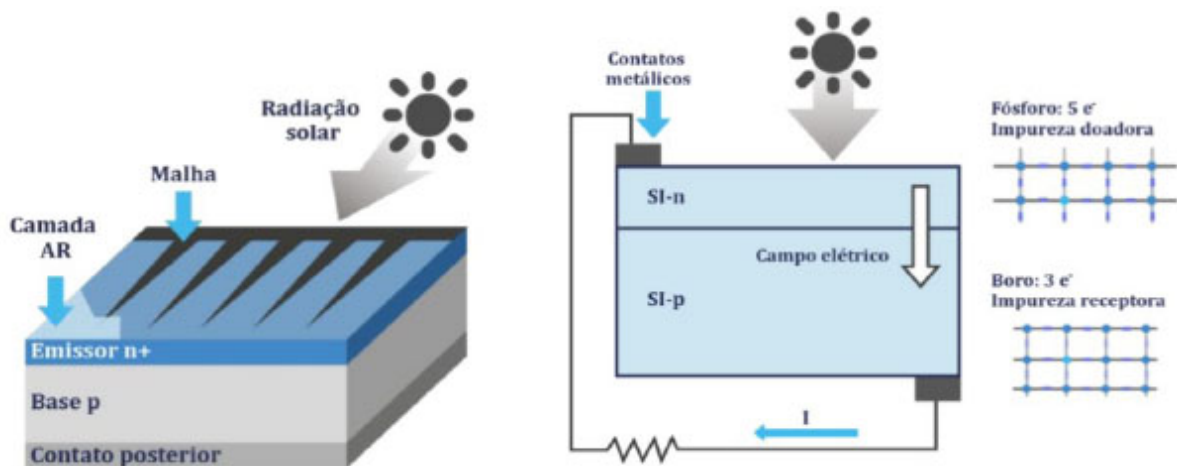


Figura 9 - estrutura típica de uma célula solar

1.3.1-Princípio de Funcionamento

Ao receber a luz solar sobre a sua superfície a célula solar produzirá uma diferença de potencial, se conectada a uma carga, obtendo-se então, uma circulação de corrente do terminal positivo ao terminal negativo da célula.

A corrente gerada pode ser definida como a diferença entre a corrente foto gerada I_L , e a corrente de diodo I_D , devida à recombinação de portadores produzida pela tensão externa.

$$I = I_L - I_D(V)$$

1.3.2 -Eficiência quântica e Resposta Espectral

A eficiência quântica Q_E é definida como o quociente entre o número de elétrons extraídos e o número de fótons incidentes para cada valor de comprimento de onda. A eficiência $\eta_e(\lambda)$ de coleta é a fração de portadores efetivamente extraídos do dispositivo, juntamente com o coeficiente de absorção do material $\alpha(\lambda)$ obtemos Q_E :

$$Q_E = \alpha(\lambda) \cdot \eta_e(\lambda)$$

1.3.3 -Fatores característicos da célula solar

Na figura 10 podemos ver um exemplo da curva da principal característica de uma célula solar, a corrente-tensão I-V. Nesta curva característica é representado todas as possíveis combinações de corrente de tensão que podem ser obtidas.

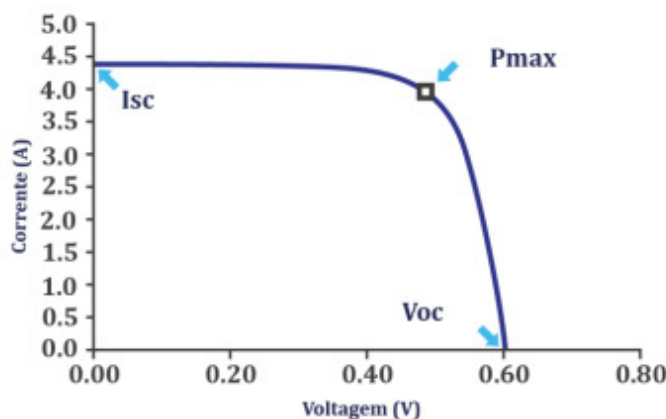


Figura 10 - Curva característica típica I-V de uma célula fotovoltaica

Principais elementos da curva característica I-V :

- Corrente de curto-circuito (I_{sc}) : É a máxima corrente quando a tensão for igual a zero, ou seja, quando aos terminais estão em curto-circuito.
- Tensão de circuito aberto (V_{oc}): É a máxima tensão quando a corrente é igual a zero, ou seja, quando não há carga conectada em seus terminais.
- Potência máxima (P_{max}): É a máxima potência quando a corrente e a tensão forem máximas (V_{xl} , máximo).
- Corrente em o ponto de máxima potência (I_{max}): É o valor da corrente para P_{max} .
- Tensão no ponto de máxima potência (V_{max}): É o valor da tensão para P_{max} .
- Fator de preenchimento o fill fator (FF): É o valor correspondente ao quociente entre P_{max} e o produto $I_{sc} \times V_{oc}$
- Eficiência η : É o quociente entre a potência que pode entregar a célula e a potência da radiação solar que incide sobre ela P_L .
$$\eta(\%) = \frac{P_{m\acute{a}x}}{P_L}$$

TIPOS DE CÉLULAS FOTOVOLTAÍCAS

Podemos distinguir os diversos tipos de células fotovoltaicas a partir do material que são fabricadas ou da sua estrutura. A seguir seguem os modelos atuais:

- Células de Si monocristalino (Si - m);
- Células de Si Policristalino (Si-p);
- Células de Si Amorfo (Si-a);
- Células de materiais híbridos;
- Células compostos binários;
- Células compostos ternários.

Aqui trataremos dos dois tipos de células mais utilizadas no mercado mundial de energia solar fotovoltaica, as células de Monocristalino e Policristalino.

As células de Si-m crescem a partir de um único cristal, de modo que todo o material faz parte de uma mesma rede cristalina. Já na célula de Si-p a sua estrutura está formada por vários monocristais, com orientações cristalográficas aleatórias. Em algumas ocasiões se distingue entre células policristalinas e multicristalinas em função do tamanho dos cristais, denominando-se policristalinas aquelas com cristais menores, na gama de $1\mu\text{m}$ e 1mm , e multicristalinas aquelas com tamanhos de cristais maiores (vários milímetros).

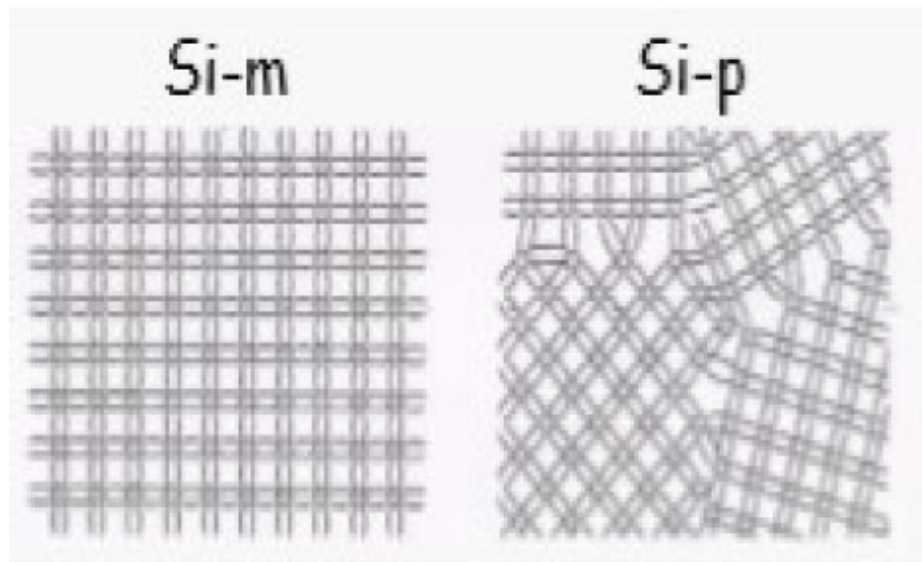


Figura 11 - Esquema da estrutura atômica de um material monocristalino e policristalino

CAPÍTULO 2 - GERADOR FOTOVOLTAICO ON-GRID

Um gerador fotovoltaico é definido pelo conjunto de módulos fotovoltaicos juntamente com inversor(es) que proporcionam energia a uma instalação.

Neste capítulo abordaremos as características dos principais módulos fotovoltaicos: **monocristalino** e **policristalino** . E os principais inversores utilizados em instalações on-grid: **Inversor string** , **inversor central** e **microinversores** .

2.1- Módulo Fotovoltaico

A definição de módulo fotovoltaico pode ser caracterizada pela conexão elétrica de células FV em série-paralelo. Após definido o conjunto de células FV em série-paralelo são encapsulados de forma que fiquem protegidos de intemperes naturais. As primeiras aplicações autônomas de pequena potência costumavam ser constituídas de módulos com 33 ou 36 células de silício monocristalino ou policristalino, associados em série.

A figura 12 demonstra a estrutura mais convencional do módulo fotovoltaico, na seção transversal observamos os seguintes elementos:

- Cobertura Frontal
- Encapsulamento
- Cobertura posterior
- Células solares e seus conectores

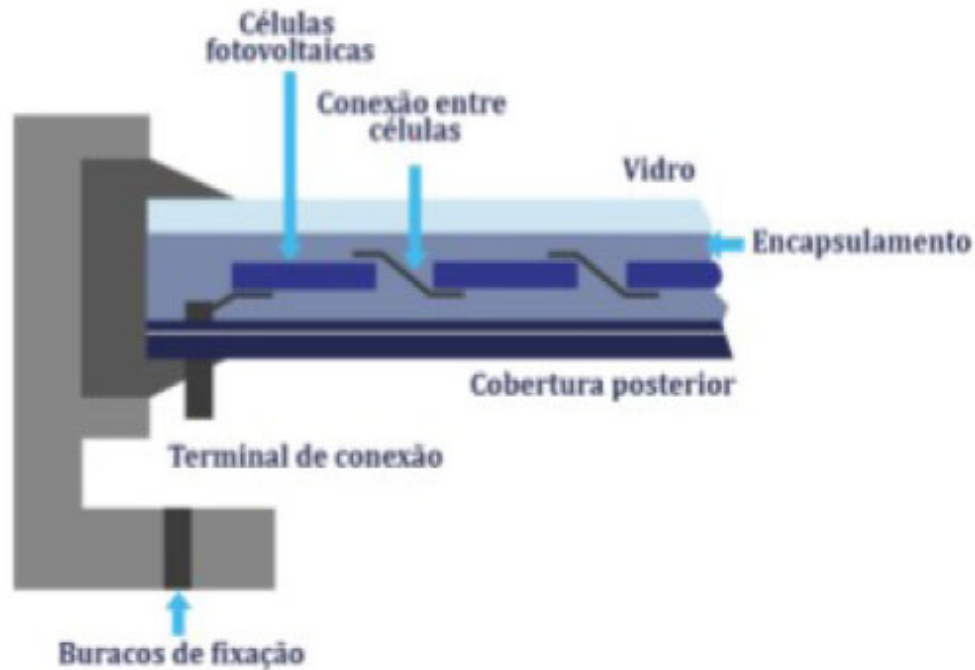


Figura 12 - Seção transversal da configuração convencional de um módulo fotovoltaico

2.1.1-Módulo Monocristalino

O nome Monocristalino vem de uma única formação cristalina, onde os átomos do mosto são orientados pela semente de silício em quanto gira lentamente em conjunto com silício policristalino em uma caldeira.

Através da difusão de vapor a temperaturas entre 800-1200°C é depositado o fósforo e assim cria-se a rede de contatos que recolherão os elétrons liberados pelo efeito fotovoltaico.

Características dos módulos monocristalinos:

- Eficiência: 15-18%;
- Forma: Geralmente arredondadas, ou em formato de pizza;

- Tamanho: Geralmente 10X10 cm² ou 12,5 x 12,5 cm² ; diâmetro 10,12,5 ou 15 cm.
- Espessura: 0,3 mm;
- Cor: Geralmente azul-escuro ou quase preto, cinza ou azul-acinzentado;
- Fabricantes: a Astro Power, Bharat Electronics, BHEL, BP Solar, Canrom, CEL, CellSiCo, Deutsche Cell, Eurosolare, GE Energy, GPV, Helios, Humaei, Isofoton, Kaifeng Solar Cell Factory, Kwazar JSC, Maharishi, Matsushita Seiko, Microsolpower, Ningbo Solar Energy Power, Pentafour Solec Technology, Photowat, RWE Schot Solar, Sharp, Shell Solar, Solartec, Solar Wind Europe, Solec, Solmecs, Solterra, Suntech, Sunways, Telekom-STV, Tianjin Jinneng Solar Cell, Viva Solar, Webel SL, Yunnan Semiconductor.

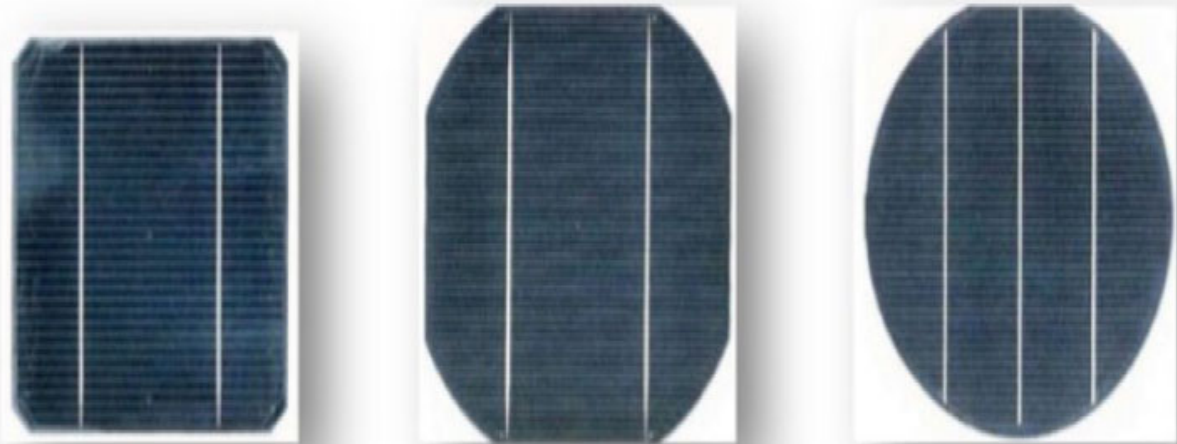


Figura 13 - Células de silício monocristalino

2.1.2-Módulo Policristalino

Através da fundição de lingotes pode-se obter silício policristalino. Esse processo aquece o silício bruto no vácuo até uma temperatura de 1.500°C e depois resfriado até 800°C.

Visando utilizar menos energia, já se adiciona o boro durante a purificação. Assim, são criados blocos de silício de 40x40 cm² com altura de 30cm.

Características do módulos Policristalinos:

- Eficiência: 13-15%;
- Forma: Geralmente quadradas;
- Tamanho: Geralmente 10X10 cm² ou 12,5 x 12,5 cm² ; 15x15 cm²
- Espessura: 0,3 mm;
- Estrutura: Formação multicristalina (facilmente reconhecida);
- Cor: Geralmente azul (com antirreflexo), cinza prateado (sem antirreflexo);
- Fabricantes: Al-Afandi, BP Solar, Deutsche Cell, ErSol, Eurosolare, GPV, Kwazar JSC, Kyocera, Maharishi, Mitsubishi, Motech, Photovoltech, Photowat, Q-Cells, RWE Schot Solar, Sharp, Shell Solar, Solar Power Industries, Solartec, Solterra, Suntech, Sunways, Tianjin Jinneng Solar Cell.



Figura 14 - Células de silício policristalino

2.2-Inversores Solares Grid-tie

Os inversores grid-tie (on-grid) são responsáveis a entregar a energia elétrica na rede da concessionária com as mesmas características com que a eletricidade está fluindo nas linhas de distribuição.

2.2.1-Inversor string

Atualmente o inversor string, o qual é um inversor grid-tie, representa 50% de todos inversores solares utilizados no mundo.

Um inversor possui no seu início um filtro de entrada, normalmente existem conversores cc/cc Boost ou Buck (elevadores ou abaixadores) com MPPT de forma a ajustar a tensão que vem dos módulos FV para a tensão da rede elétrica da concessionária. Após, o módulo CA trata da conversão da energia CC para CA, através de uma ponte de

transistores. Depois as harmônicas da energia CA são retiradas através de filtros afim de deixar a onda senoidal muito aproximada com a da rede em que será conectada.



Figura 15- Inversor string

2.2.2-Inversores Centrais

A estrutura desses inversores são muito parecidas com as dos inversores strings, no entanto são normalmente utilizados em grandes instalações, entre 250kW a 30MW.

Em sistemas com inversores centrais, o arranjo dos módulos fotovoltaicos pode ser fracionado em número de subarranjos. Alguns sistemas fazem uso apenas de inversor central, enquanto outros podem ser utilizados diversos inversores strings.

A escolha de utilização de inversores centrais ou strings, dependerá das características da região de instalação. Em locais onde se é possível posicionar todos os módulos na mesma direção, exatamente com as mesmas características, o inversor central seria o mais indicado. Porém, em um local de instalação onde há mudança de

nivelamento de terreno e/ou inclinação dos módulos, os inversores strings seriam a melhor opção.



Figura 16- Inversor solar central

2.2.3-Microinversores

Os microinversores são uma espécie de miniatura dos inversores strings, eles foram desenvolvidos basicamente para a utilização de apenas um módulo ou pequenas quantidades.

Eles podem também serem utilizados em casos onde o usuário queira aumentar o sistema gradativamente, assim precisaria apenas ir acoplado os inversores e módulos. Outra vantagem desse sistema é onde há sombreamento em alguma parte do dia ou sujeira. Em sistemas com outros tipos de inversores, esse sombreamento iria diminuir o potencial de geração dos módulos sombreados, acarretando na diminuição do potencial de todo sistema, já com os microinversores isso não acontece, pois são conectados individualmente.

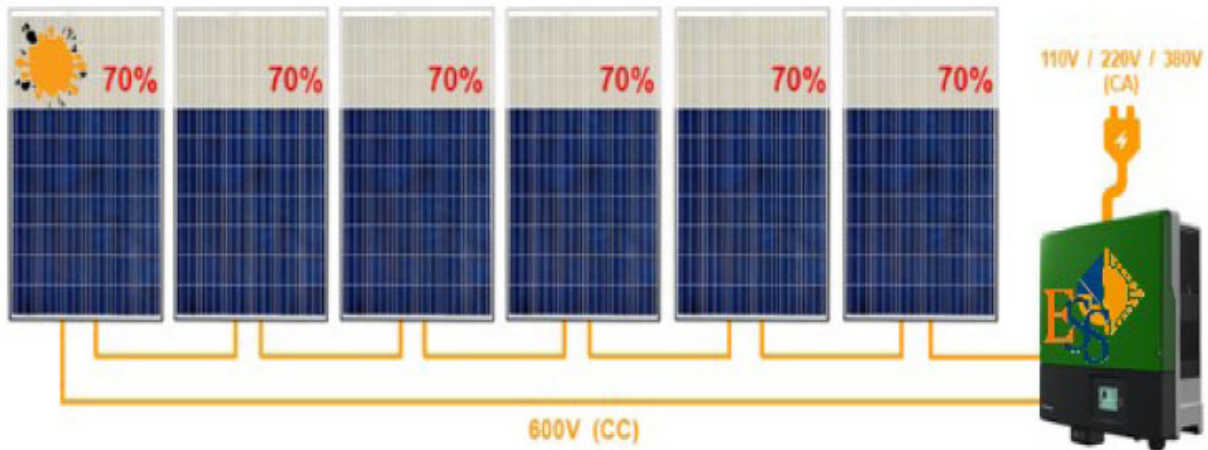


Figura 17 - Sistema com inversor string com sujeira em um dos módulos

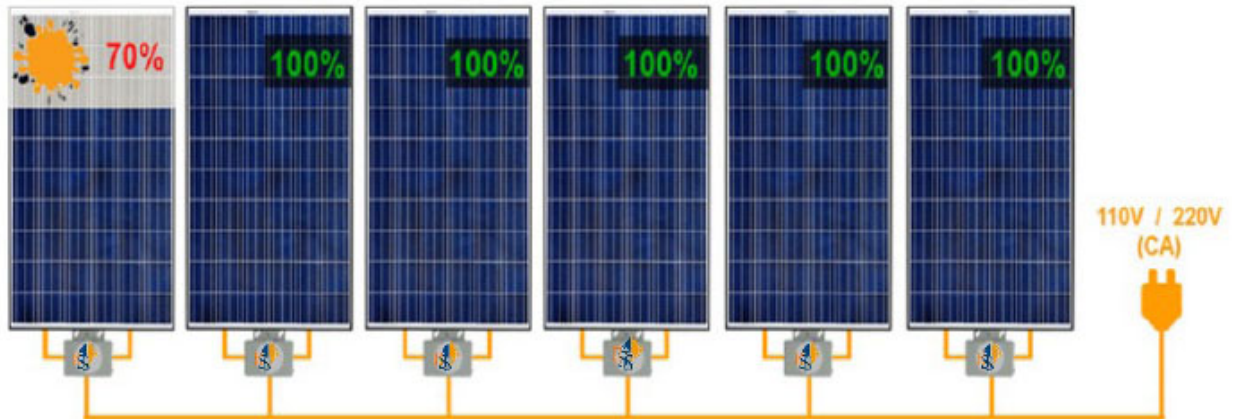


Figura 18- Sistema com microinversor com sujeira em um dos módulos

A utilização mais comum desses equipamentos é em conjunto, ou seja, conectando vários microinversores entre si e então conectados ao sistema de monitoramento. O sistema de monitoramento é responsável, não só por monitorar a geração via web, mas também por repassar a energia à rede elétrica da concessionária.

CAPÍTULO 3 - PROJETO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON-GRID

Projetar um sistema fotovoltaico envolve vários estudos, como: a orientação dos módulos, área disponível, recursos solares, energia a ser gerada e diversos outros fatores.

No Brasil, **a melhor orientação para uma instalação convencional é o Norte Geográfico**, com uma inclinação dos módulos dada por um valor **entre a latitude do local subtraída de 10° e a própria latitude** onde serão instaladas as placas.

Um gerador fotovoltaico depende basicamente da temperatura e irradiação nos módulos. Sendo que a irradiação tem muito mais influência na geração de energia do que a temperatura.

Nas estimativas de produção de energia elétrica é levado em consideração o número de Horas de Sol Pleno (HSP).

$$HSP = \frac{6 \left[\frac{kWh}{m^2} \right]}{1 \left[\frac{kW}{m^2} \right]} = 6 \left[\frac{h}{dia} \right]$$

Na figura 19, podemos visualizar e compreender melhor a grandeza Horas de Sol Pleno.

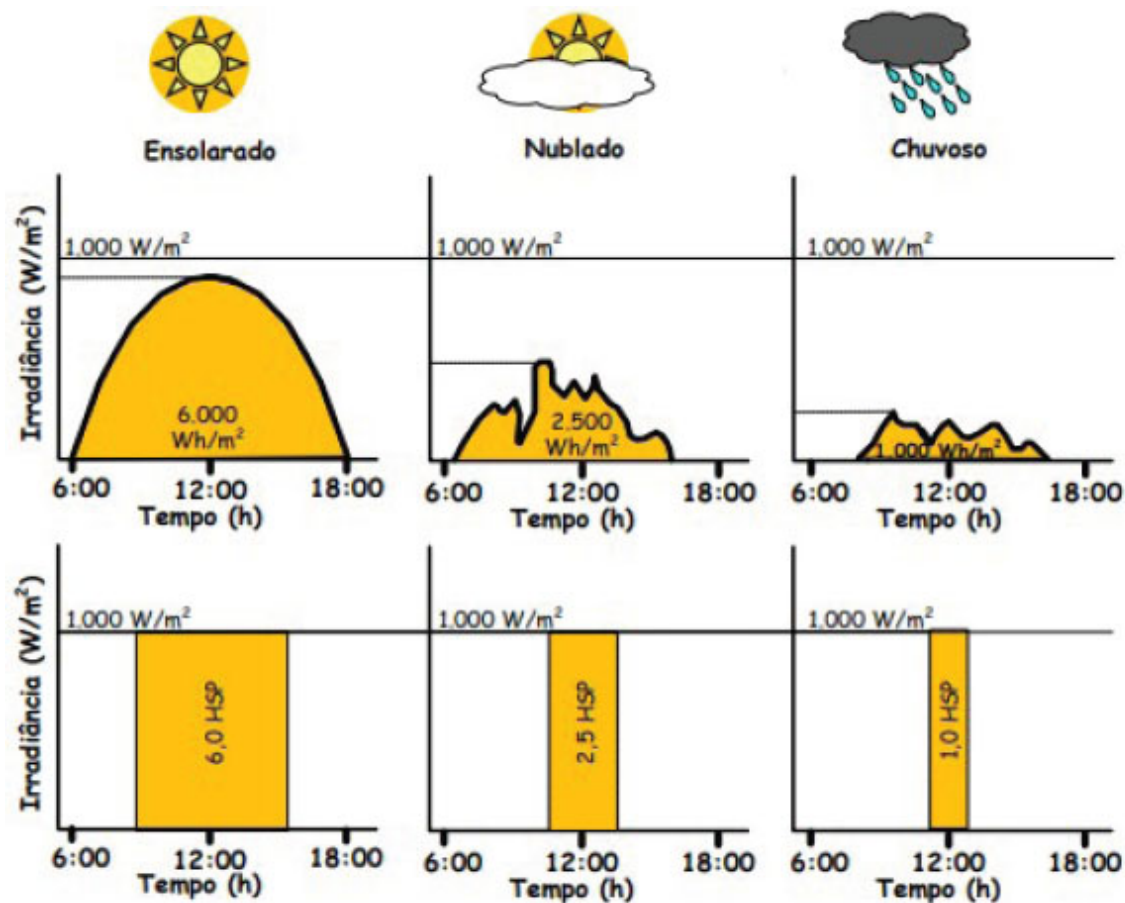


Figura 19- Exemplo de perfis de Irradiação solar diária com valores equivalentes de HSP

Tendo como base mensal, a irradiação incidente no plano dos módulos é convertida para seu valor médio diário em kWh/m^2 e, em seguida, utiliza-se o valor numérico como HSP.

Na prática, utilizaremos o Atlas Solarimétrico para estimar a irradiação no local. As medições realizadas por satélite compõem uma base de dados conhecida como “SWERA”- Solar and Wind Energy Resource Assesment. Disponível no endereço:

<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>

Na aba potencial energético, selecione potencial solar, informe as coordenadas geográficas e click em

buscar. A tabela de radiação solar será exibida .

Para um sistema fotovoltaico conectado a rede é necessário dimensionar e/ou especificar vários componentes, como por exemplo: os módulos, as ligações série/paralelo, os condutores CC, os inversores, os condutores CA, os conectores, dispositivos de manobra e proteção, aterramento e estruturas de fixação.

A seguir exibimos um guia para o dimensionamento de sistemas FV.

- A.** Calcular a média de consumo de energia da instalação. Para isso, podemos utilizar as faturas de energia elétrica com dados de consumo dos meses anteriores.
- B.** Definir quanto será o percentual atendido pelo sistema FV (ex: 10,20,30...,100%), e também o espaço disponível para instalação e tipo de telhado e/ou cobertura.
- C.** Determinar a potência do sistema fotovoltaico a ser instalado.
- D.** Dimensionar os condutores CC e CA.
- E.** E especificar os módulos, inversor(s), dispositivos de proteção e manobra, medição e aterramento, e por fim as estruturas de fixação.

As equações a seguir são utilizadas para o dimensionamento:

I. Dimensionamento do painel fotovoltaico(Wp)



P_{FV} - potência instalada (Wp)

E - energia a ser gerada (Wh)

G_{STC} - irradiação nas CNTP (padrão: 1000W/m²)

H_{TOT} - irradiação total (Wh/m²)

TD - taxa de desempenho ou performance ratio (padrão: 0,8)

II. Estimação da área do painel PV (m²)

$$A = \left(\frac{P_{FV}}{e_f} \right) \cdot 100$$

A - área do painel fotovoltaico

e_f - eficiência da tecnologia dos módulos utilizados

III. Dimensionamento dos condutores (seção transversal em mm²)

$$s_{COND} = \left(\frac{2 \cdot l \cdot P \cdot 0,0178}{V^2 \cdot \Delta V} \right) \cdot 100$$

ΔV - queda de tensão (0,02 para CC e 0,04 para CA)

l - comprimento do cabo (em metros)

V - tensão de operação CC ou CA (em volts)

P - potência máxima

F. Para dimensionar os módulos FV é extremamente importante estudar a máxima tensão e máxima corrente aplicada ao inversor. Cada inversor possui um número X de entradas (mppt). Cada MPPT possui uma máxima tensão e corrente de entrada. A seguir veremos como calcular o número máximo de módulos por entrada (mppt):

I. Dimensionamento do número máximo de módulos por mppt

O número máximo de módulos por mppt especifica quantos módulos poderão ser colocados em cada mppt, de forma que a tensão máxima dos módulos não ultrapasse a permitida pela tensão de entrada (CC) do inversor. Para tal, são necessárias a tensão máxima na entrada do inversor e a tensão de circuito aberto (open circuit) do módulo.

$$n_{Max Mod} = \frac{V_{entrada}}{V_{Circuito\ aberto}}$$

$n_{Max Mod}$ - número máximo de módulos por mppt

$V_{entrada}$ - tensão máxima na entrada (DC) do inversor (disponível no datasheet do inversor)

$V_{Circuito\ aberto}$ - tensão de circuito aberto do módulo (disponível no datasheet do módulo)

II. Dimensionamento do número máximo de string(arranjos)

O número máximo de strings especifica quantas strings poderão ser colocadas em paralelo no sistema FV, de forma que a corrente máxima das strings não ultrapasse a permitida pela corrente de entrada (CC) do inversor. Para tal, são necessárias a corrente máxima na entrada do inversor e a corrente de curto circuito (short circuit) do módulo.

$$n_{Max\ String} \leq \frac{I_{Max\ Inv}}{I_{Curto\ circuito}}$$

$n_{Mas\ String}$ - número máximo de strings

$I_{Max\ Inv}$ - corrente máxima na entrada (DC) do inversor (disponível no datasheet do inversor)

$I_{Curto\ Circuito}$ - Corrente de curto circuito do módulo (disponível no datasheet do módulo)

Alguns softwares disponíveis no mercado, realizam uma boa parte destes dimensionamentos.

Estudo de Caso

Senhor João solicitou uma cotação de um sistema de energia solar fotovoltaico para sua residência. O objetivo do senhor João é implantar um sistema FV que supra todo o seu consumo anual, com base na conta de luz de 2019 (disponível ao lado), e também saber em quanto tempo terá o seu investimento retornado.

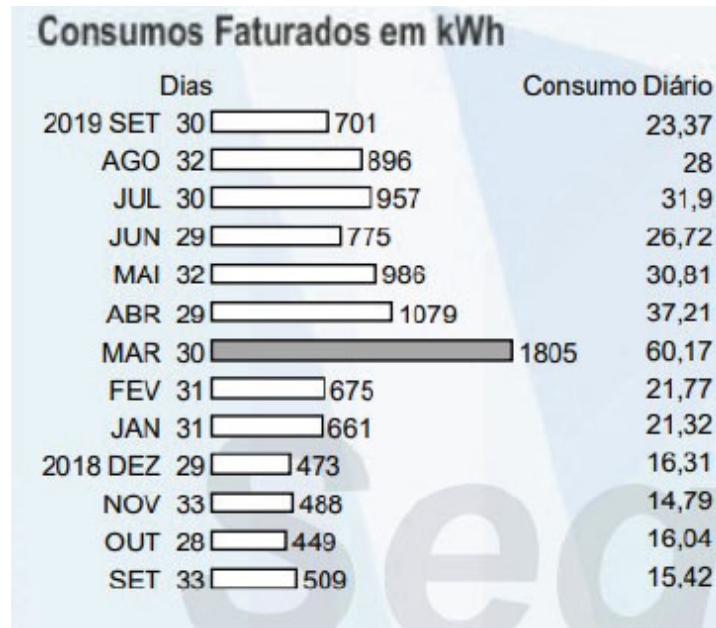
O senhor João mora na rua

Flamingos, nº 120, em Alvorada/RS.

Para dimensionar o sistema do

Senhor João, devemos seguir os

Passos a seguir.



1. Identificar a latitude e longitude da casa do senhor João.

Latitude: -30,01 Longitude: -51,04

2. Irradiação Solar Mensal no ponto desejado

A partir do Atlas Solarimétrico: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>

Localidades próximas

Latitude: 30,01° S
Longitude: 51,04° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m².dia]													Média	Delta		
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out			Nov	Dez
<input checked="" type="checkbox"/>	Alvorada	Alvorada	RS	BRASIL	30° S	51,049° O	1,4	6,37	5,76	4,81	3,78	2,77	2,30	2,51	3,17	3,56	4,73	6,19	6,61	4,38	4,31

3. Inclinação e azimute dos módulos FV para maior geração

Para localidades do hemisfério sul, o melhor azimute é voltado para o norte. Para o sul do Brasil, a melhor inclinação é dada por um valor entre a latitude subtraída de 10° e a própria latitude)

Inclinação	20°
------------	-----

Azimute	0° Norte
---------	----------

4. Potência Fotovoltaica

$$P_{FV} = \frac{E.G_{STC}}{H_{TOT.TD}} = \frac{828 \times 1000}{(4,38 \times 30) \times 0,8} = 7876W = 7,876kW$$

5. Módulos FV

Devemos escolher o módulo FV e analisarmos a tensão de circuito aberto, a corrente de curto-circuito, a potência do painel e quantos painéis serão necessários.

Para este exemplo, utilizaremos o módulo de 335W do fabricante RENOVIGI.

CARACTERÍSTICAS elétricas

Modelo	Pm (Wp)	Tolerância	Vm (v)	Im (A)	Voc (V)	Isc (A)	Eficiência
RENO-335P	335	0~+5W	37,83	8,87	46,7	9,35	17,3%

Tensão de circuito aberto	46,7 V
---------------------------	--------

Potência do módulo	335 Wp	Corrente de curto-circuito	9,35 A
		Quantidade de módulos	24 un

6. Inversores FV

A partir da potência FV calculada, decidimos utilizar o inversor de 8 kW da fabricante RENOVIGI.

DADOS TÉCNICOS

Modelo de Inversor	RENO-8K
Entrada (CC)	
Potência máxima CC (W)	11200
Tensão máxima CC (V)	600
Faixa de tensão MPPT (V)	100 - 500
Máxima corrente de entrada por MPPT (A)	10
Tensão de partida (V)	120
Número MPPT/Strings por MPPT	3/1
Saída (CA)	
Potência nominal CA (W)	8000
Tensão nominal CA (V)	220
Potência aparente CA (VA)	8800
Faixa de tensão de operação por fase (V)	176V - 242
Frequência de rede CA (Hz)	60
Corrente máxima de saída (A)	40
Fator de potência (cos ϕ), ajustável	0,8...1...0,8
Harmônicas	<1,5%
Eficiência	
Máxima eficiência	98,1%
Euro eficiência	97,6%
MPPT eficiência	99,5%
Dados gerais	
Dimensões (mm)	333W*573H*249D
Peso (kg)	18
Temperatura ambiente (°C)	-25 - 60
Grau de proteção (de acordo com IEC 60529)	IP65
Consumo interno (noite) (W)	< 1
Topologia	Sem transformador
Ruído (típico) (dB)	< 20

Máxima tensão De entrada	600V
-----------------------------	------

Tensão de partida	120V
----------------------	------

Máxima corrente Por entrada	3 x 10A
--------------------------------	---------

Número MPPT/ Strings por MPPT	3/1
----------------------------------	-----

7. Cálculo de módulos em série e quantidade de strings

A quantidade máxima de módulos em série é dada pela máxima tensão do inversor dividida pela tensão de circuito aberto do módulo, e a mínima quantidade é dada

pela mínima tensão de MPPT do inversor dividida pela tensão de circuito aberto do módulo. A quantidade máxima de strings por entrada do inversor é dada pela corrente máxima do inversor dividida pela corrente de curto-circuito do módulos.

Quantidade máxima de módulos em série	$\frac{600V}{46,7} \cong 12$
Quantidade mínima de módulos em série	$\frac{120}{46,7} \cong 3$
Quantidade escolhida de módulos em série	8

Quantidade máxima de strings por entrada do inversor	$\frac{3 \times 10}{9,35} \cong 3$
Quantidade escolhida de strings por entrada do inversor	3

8. Custo Sistema

Muitos fornecedores possuem os chamados kits Fotovoltaicos. Os kits são montados conforme a potência desejada e tipo de estrutura a ser utilizado.

Para este exemplo utilizaremos um kit fotovoltaico RENOVIGI para um telhado com telhas cerâmicas. O kit é composto dos seguintes itens:

Kit String 8,04kWp - 220V

24X Painel Fotovoltaico 335W - RENOVIGI

1X Inversor 8,0 kW - RENO-8K - Mono - 220V/60Hz

24X Perfil de Alumínio 2,22m (1un)

5X Kit Grampo Final 35mm (4un)

5X Kit de Aterramento em Alumínio (2un)

12X Kit Grampo Intermediário (4un)

6X Kit Emenda (4un)

24X Kit Gancho Ajustável (2un)

1X String Box CC - 1/1

1X String Box CC - 2/2

1X DPS CA 2P(3090) 275V/20-40KA BN
2X Conector MC4 - Macho/Fêmea (5un)
80X Cabo Solar 1,8kV 4,00mm (Vermelho)
80X Cabo Solar 1,8kV 4,00mm (Preto)

Valor do kit	R\$ 28.500,00
Valor de Projeto, Instalação, homologação e garantias	R\$ 10.000,00
Valor total do sistema	R\$ 38.500,00

9. Retorno do investimento

Considerando o custo de energia R\$ 0,85/kWh e que há um aumento de pelo menos 8% a.a. nestes custos nos próximos anos, temos:

DADOS DA FATURA DE ENERGIA

Custo do kWh (R\$) - COM IMPOSTOS	R\$	0,85
Alíquota de ICMS (%)		30,00%
Alíquota de PIS (%)		0,00%
Alíquota de Cofins (%)		0,00%

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

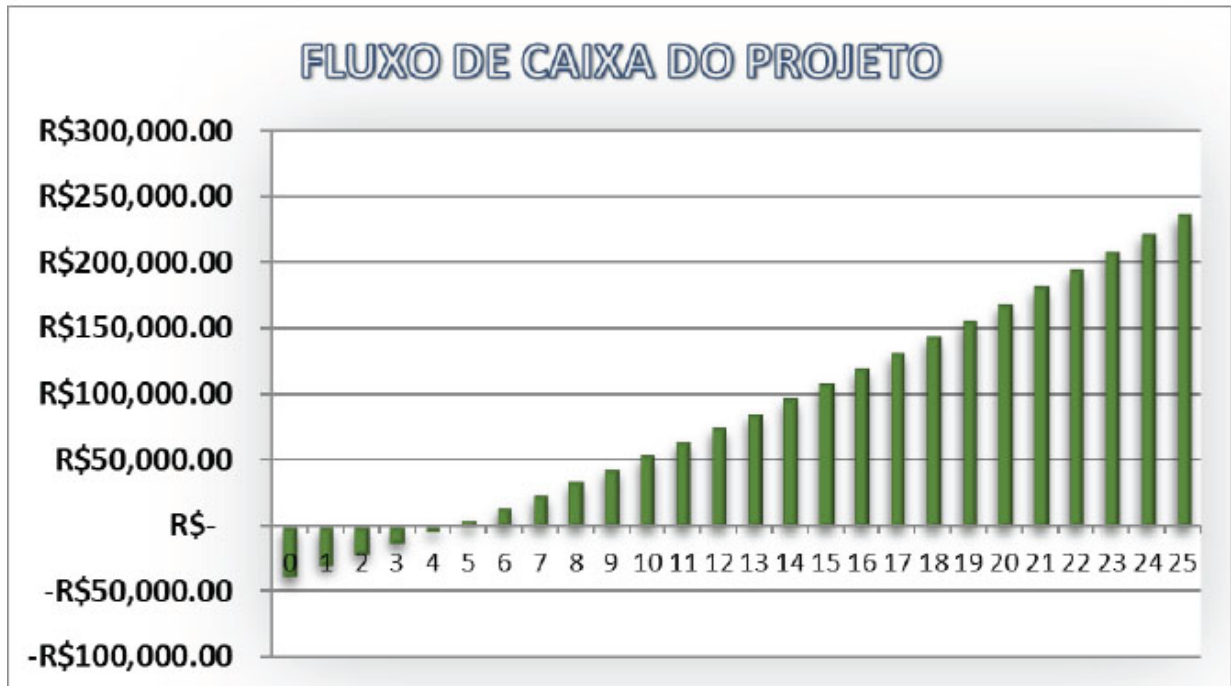
Estado aderiu à isenção do ICMS? (S/N)		s
Estabelecimento Comercial ou Residencial? (C/R)		r

DADOS DO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Geração média mensal do sistema - kWh		840
Valor do investimento por parte do cliente	R\$	38.500,00

CUSTO DO KWh CONSIDERADO NO CÁLCULO DO INVESTIMENTO

Custo Líquido do kWh	R\$	0,85
----------------------	-----	------



 Image

CAPÍTULO 4 - INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAÍCO

Existem vários métodos de instalações e diferentes marcas de equipamentos de fixação de energia solar fotovoltaico. Aqui trataremos de casos residenciais mais comuns e utilizados, que são as instalações em telhados cerâmicos e telhados de fibrocimento, os equipamentos de fixação citados são fornecidos pela Fabricante RENOVIGI.

Antes de qualquer instalação devemos seguir alguns cuidados como:

- A instalação de um sistema de energia solar fotovoltaico é projetado para durar em torno de 30 anos, por isso é necessário avaliar se as telhas e as estruturas de sustentação possuem o mesmo tempo de vida estimado.
- Verificar se há áreas de sombreamento: árvores, chaminés, antenas. Se possível remover e/ou trocar de posição.
- A área do telhado deve ser calculada prevendo espaços para manutenção. Em regra geral, pode-se utilizar para cada 7m² a 10m² para produzir 1kWp.
- Por último, e muito importante, é necessário avaliar se o telhado a ser instalado é capaz de suportar, em média, 15 kg/m² . Em alguns caso será necessário avaliação por engenheiro ou arquiteto.

4.1 -Principais equipamentos de fixação

- **PERFIL DE ALUMÍNIO**

Os perfis geralmente possuem 2,22 metros de comprimento. Nos perfis de alumínio será realizado a fixação dos painéis na borda superior através dos grampos e a borda inferior por sua vez, fixa-se nas estruturas de fixação do telhado.

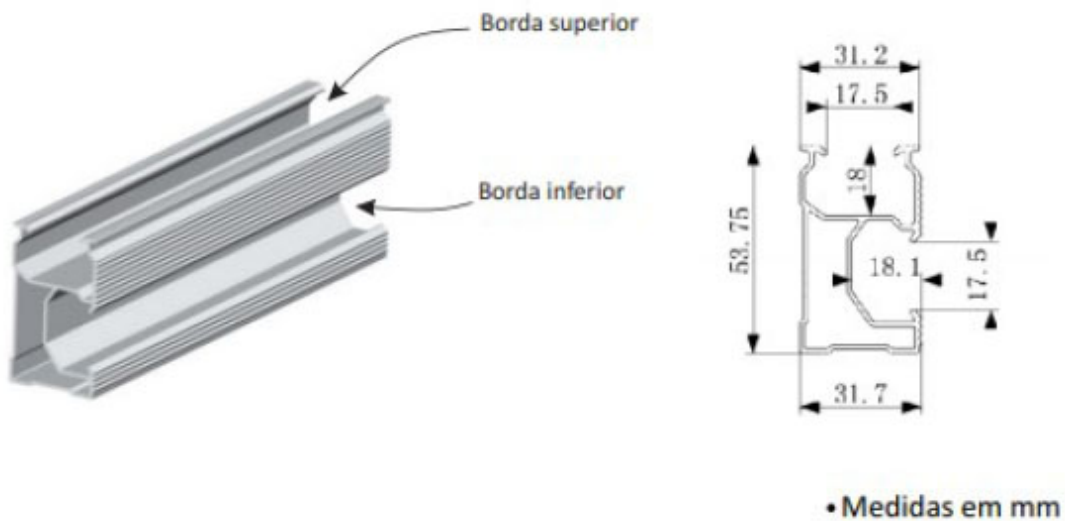


Figura 20 - Perfil de alumínio

- **CONJUNTO COM PARAFUSO CABEÇA CILÍNDRICA ALLEN**



Figura 21 - conjunto com parafuso cabeça cilíndrica allen

Estes parafusos tem a medida de M8X25 e M8x45. O parafuso menor (M8X25) é utilizado junto aos suportes de telhado e grampos finais. O parafuso maior (M8X45) é utilizado para fixação do grampo intermediário no perfil.

Na figura 22, pode-se observar como posicionar a presilha do perfil de alumínio:



Figura 22 - Fixação da presilha no perfil de alumínio

Para a fixação destes parafusos deve-se utilizar uma chave Allen 6mm. Podem ser rosqueada manualmente ou com auxílio de uma parafusadeira.



Figura 23 - Fixação utilizando chave allen 6 mm (parafusadeira e manual)

- SUPORTE “PÉ EM L”



Figura 24 - suporte pé em L

Este suporte é utilizado para fixação sobre a telha, é característico para a instalação em fibrocimento.

Através de uma adaptação técnica, com outros modelos de parafusos, pode-se utilizar este suporte para telha cerâmica, ecológica, shingle, concreto, romana, francesa e metálica ondulada.

OBS: O parafuso que aparece na imagem deve ser aplicado em estrutura de madeira.

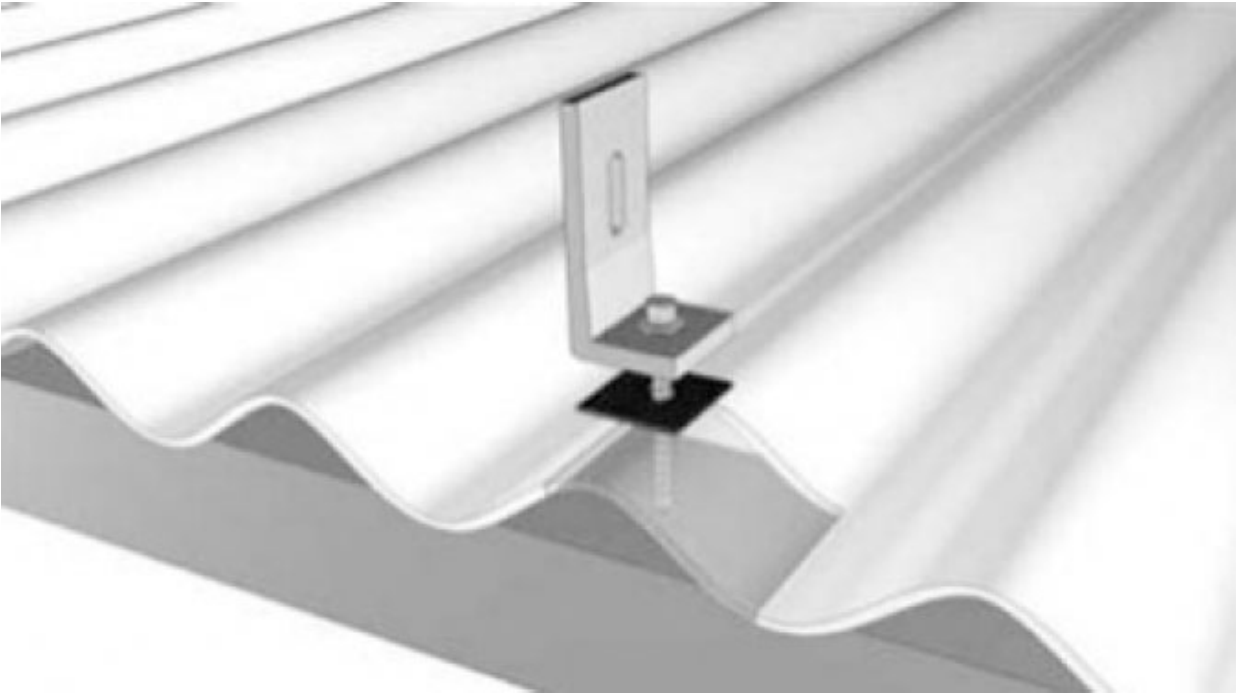


Figura 25 - Fixação suporte Pé em L

- SUPORTE TELHA METÁLICA



Figura 26 - Suporte para telha metálica

O suporte tipo M, constituído por alumínio anodizado, é utilizado para instalação do sistema em telhado metálico trapezoidal. Na figura 27 pode-se analisar um exemplo de aplicação:



Figura 27 - fixação do suporte para telha metálica

- GANCHO AJUSTÁVEL EM ALUMÍNIO



Figura 28 - Gancho ajustável em alumínio

O Gancho ajustável é utilizado para instalação em telha cerâmica, colonial e francesa, denominado de tipo G. A fixação deve ser feita no caibro do telhado, conforme a figura 29.



Figura 29 - Fixação de gancho ajustável

- GRAMPO INTERMEDIÁRIO



Figura 30 - Grampo intermediário

Peça de alumínio anodizado utilizada para a fixação dos painéis no perfil alumínio. Deve ser colocada entre os módulos fotovoltaicos. O espaçamento entre um módulo e outro deixado pelo grampo intermediário é de 2cm. Na figura 31, tem-se um exemplo desta peça em aplicação:



Figura 31 - aplicação grampo intermediário

- GRAMPO FINAL



Figura 32 - grampo final

Peça de alumínio anodizado utilizado para fixação dos módulos no final de uma série de m módulos. Veja abaixo na figura 33 um exemplo de aplicação:

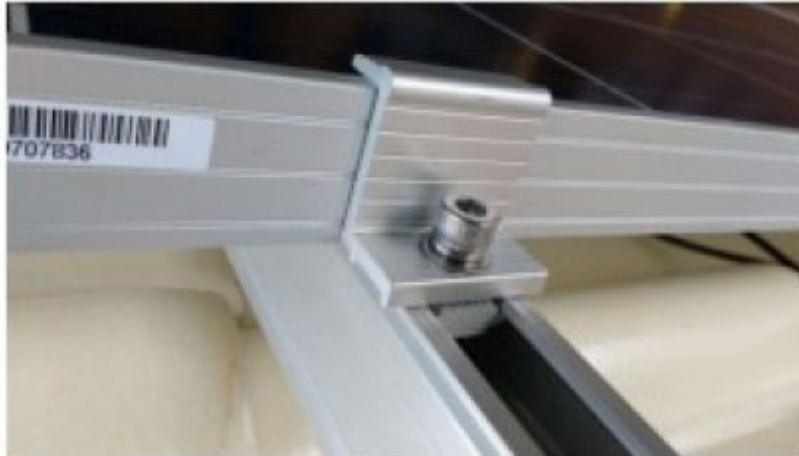


Figura 33 - aplicação grampo final

- EMENDA PARA PERFIL



Figura 34 - emenda para perfil

A emenda é utilizada para a união de dois perfis de alumínio. Observe na figura 35, como é feita a aplicação:



Figura 35 - aplicação emenda para perfil

- **KIT ATERRAMENTO**

O kit de aterramento possui um sistema facilitado para aterrar as estruturas e os módulos fotovoltaicos de modo a romper a anodização entre o módulo e o perfil. Possibilitando o aterramento somente ao final da barra.

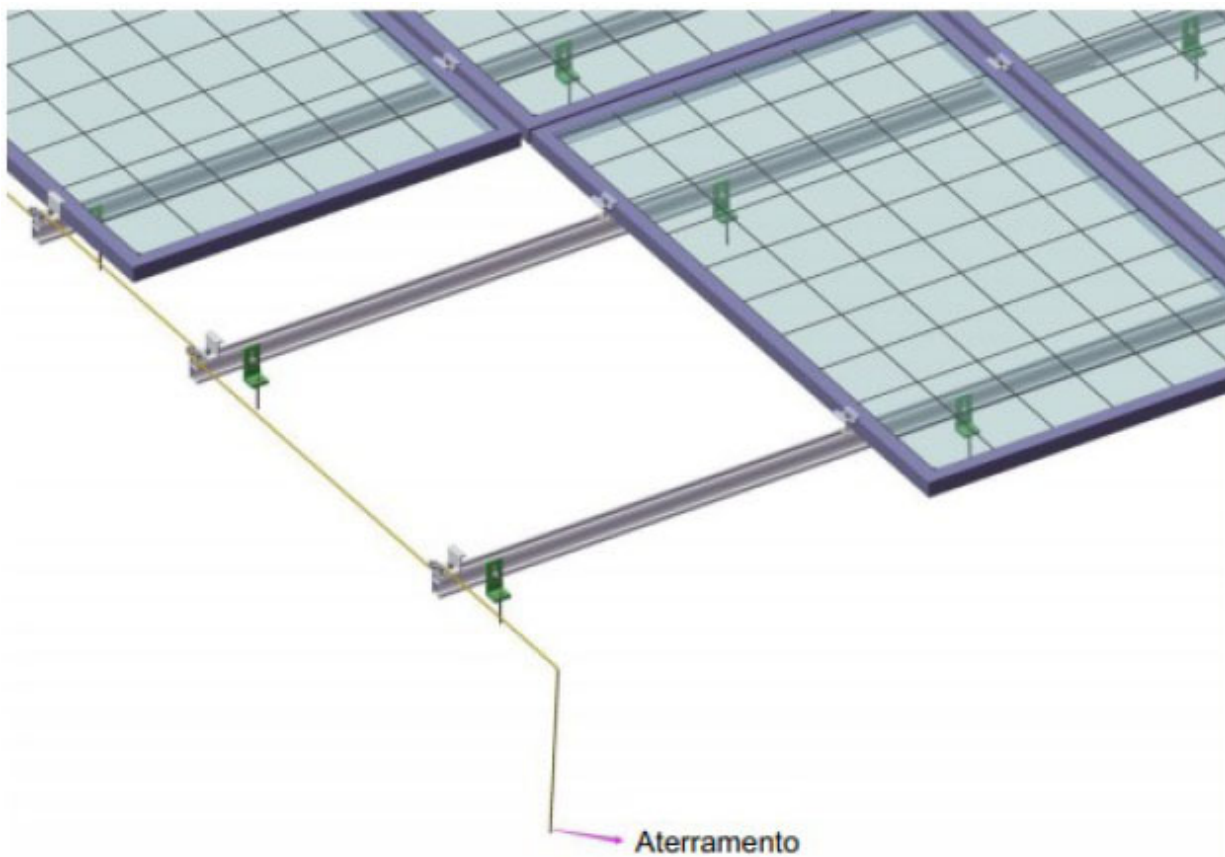


Figura 36 - passagem do cabo de aterramento

Todo o kit de estruturas de fixação que usam os perfis de alumínio convencionais possuem kit de aterramento.

Para a quebra da anodização entre o módulo e o perfil de alumínio, o kit de aterramento dispõe de uma chapa que acompanha o grampo intermediário e o grampo final de aterramento. Esta chapa deve ser colocada junto aos grampos no momento da fixação, conforme figura 37 à baixo:

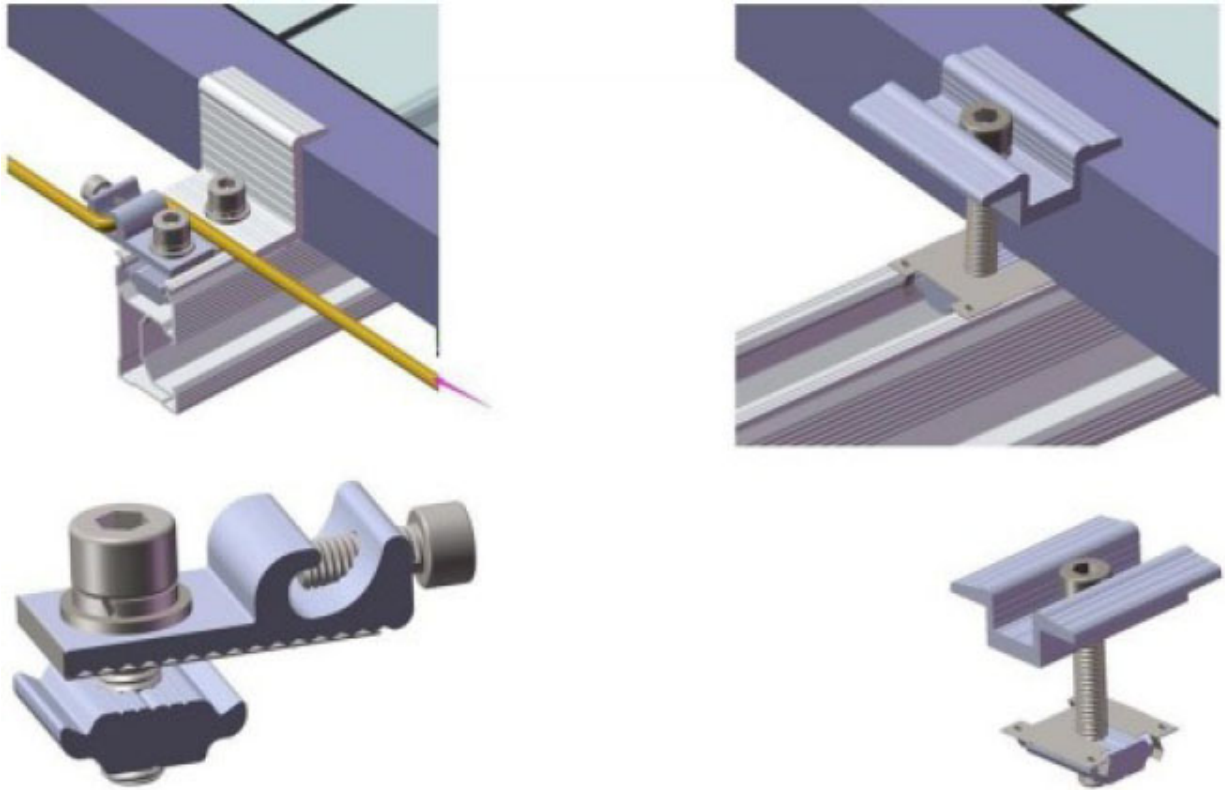


Figura 37 - grampos do kit de aterramento

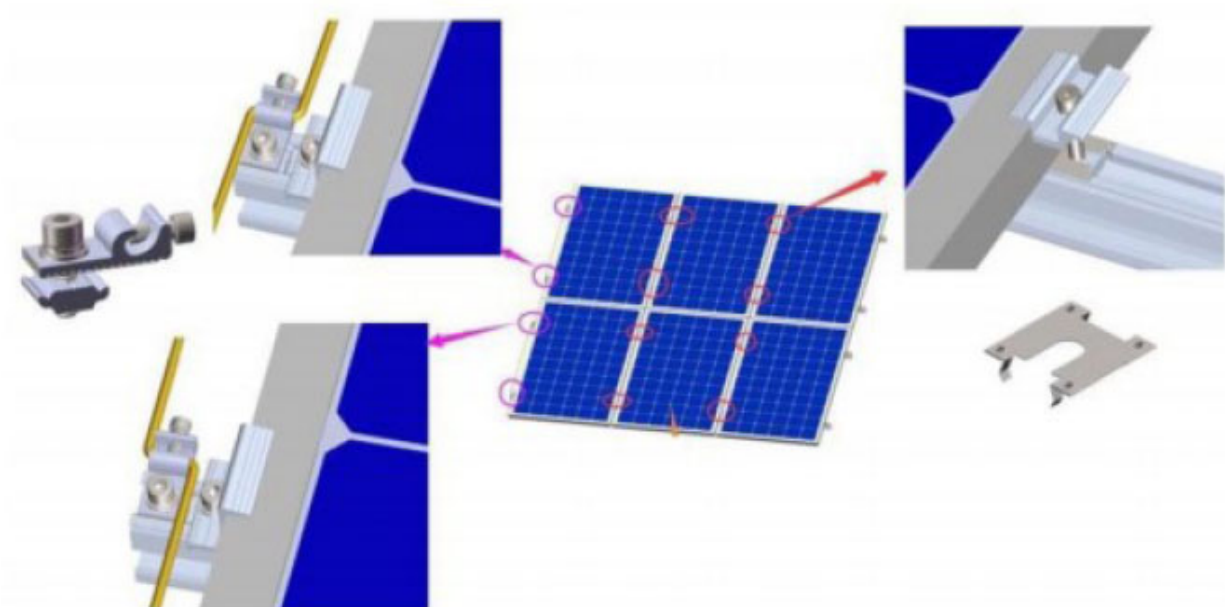


Figura 38 - utilização dos grampos do kit de aterramento

4.2 -Instalação

Na figura 39 abaixo, podemos ver uma instalação completa das estruturas de fixação sobre um telhado colonial.

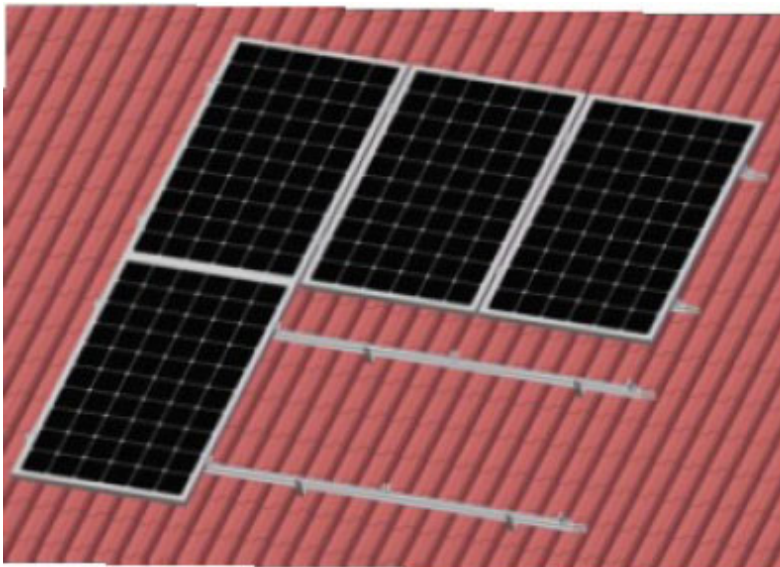


Figura 39 - instalação das estruturas sobre telhado colonial

ATENÇÃO: *Os perfis de alumínio devem ter um espaçamento de cerca de 1,15 metros um do outro, como mostra a Figura 32. Já os suportes de fixação devem possuir em média*

OBS: *Estas distâncias podem variar dependendo do tipo do telhado, por esse motivo um espaçamento de aproximadamente de 1,62m entre um e outro. cada caso deve ser analisado por um responsável técnico .*

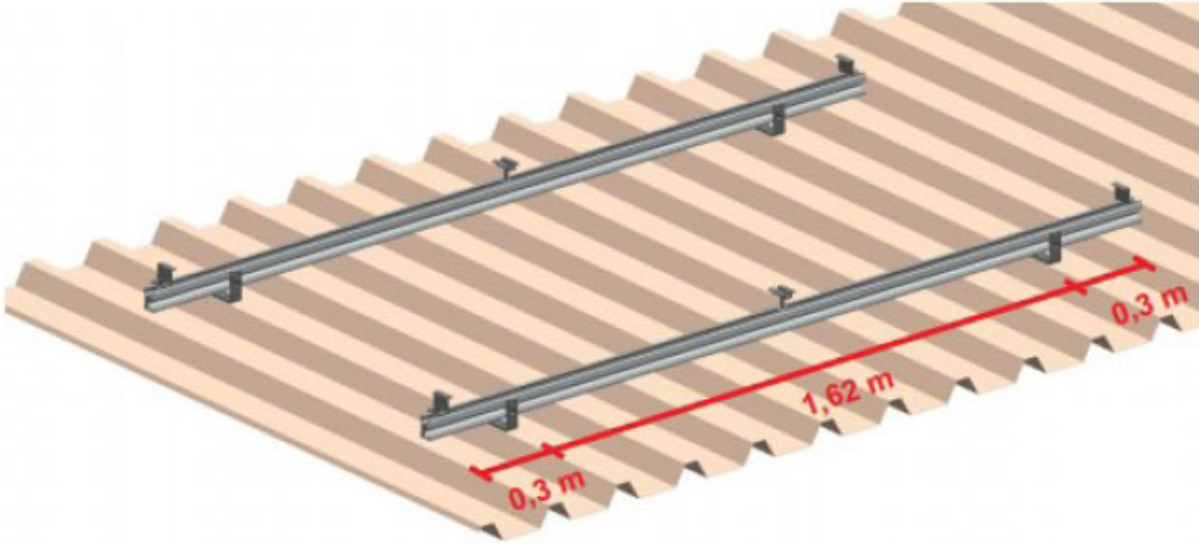


Figura 40 - medidas de instalação dos suportes de fixação
Entre os módulos são fixados os grampos intermediários e nas extremidades, os grampos finais.

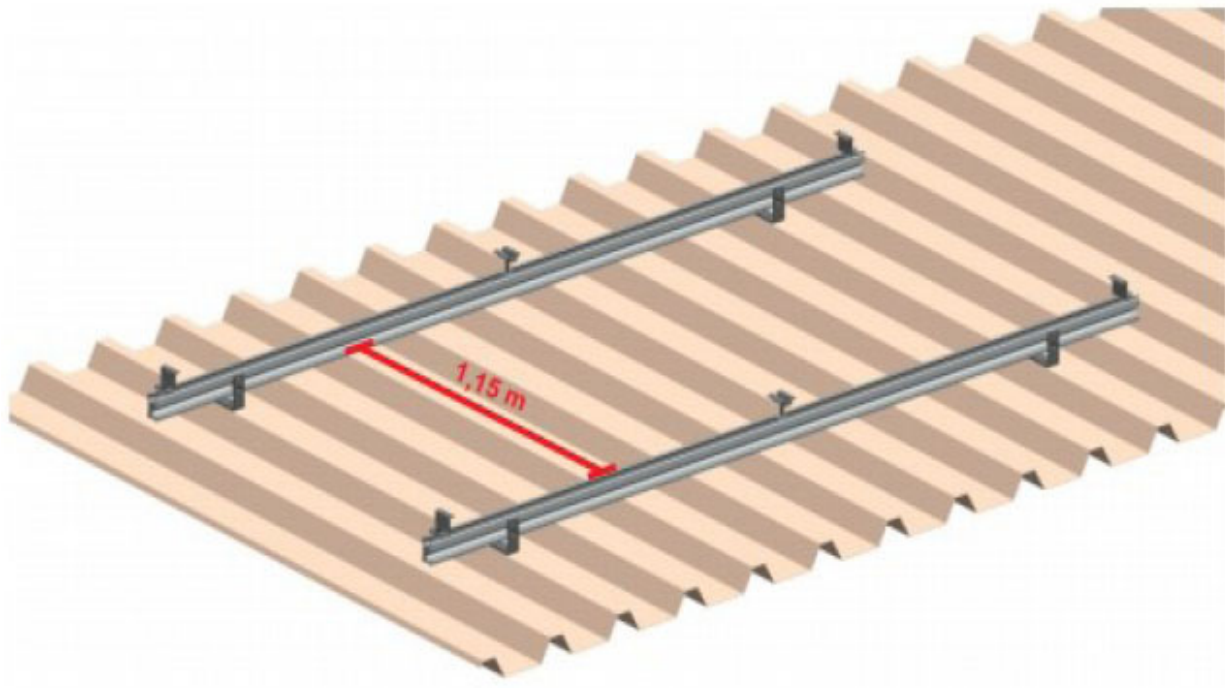


Figura 41 - distância entre os perfis

CAPÍTULO 5 - HOMOLOGAÇÃO

Homologar um sistema de energia solar fotovoltaica nada mais é do que um procedimento padrão em que a distribuidora de energia onde o sistema for conectado realiza a fiscalização do sistema, verificando se o mesmo possui as especificações estabelecidas nas normas de segurança.

Conforme a Resolução Normativa nº 687/2015 revisando a Resolução Normativa nº 482/2012 regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), as novas regras, válidas desde 2016, é permitido o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída.

Centrais geradoras conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras com potência instalada até 75 quilowatts (kW) são classificadas como microgeração, já as centrais geradoras conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 megawatts (MW) (sendo 3MW para a fonte hídrica) são classificadas como minigeração distribuída.

Para efetuar a homologação deve-se seguir os seguintes passos:

- i. É feita a solicitação da conexão do sistema de energia solar previamente à concessionária de energia;
- ii. Será feito o envio do projeto para a concessionária analisar;

- iii. Feito isso, há um prazo de 120 dias para realizar a instalação do seu sistema de energia solar e solicitar a vistoria para a distribuidora de energia;
- iv. Neste passo, um técnico especializado deverá realizar a vistoria (quando solicitado) e desenvolverá um relatório que será encaminhado à concessionária para a regularização;
- v. Por fim, a concessionária fará uma nova vistoria técnica a fim de autorizar a ligação do sistema, quando o relógio é trocado por um medidor bidirecional.

5.1-Processo de Homologação

1º passo - Solicitação de conexão

Para solicitar seu acesso à concessionário, serão necessários os seguintes documentos:

- ✓ Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro, anexo1.
- ✓ Lista de consumidores participantes do sistema de compensação, caso haja mais de uma unidade consumidora participante, anexo 2;
- ✓ ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e pela instalação do sistema de microgeração, anexo 3;
- ✓ Formulários de Solicitação de Acesso preenchidos para a micro e a minigeração distribuída, disponíveis nos Anexos II, III e IV da seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST, determinados em função da

potência instalada da geração, vide anexo 4 e 5. Além disso, o formulário específico para cada caso deve ser protocolado na distribuidora acompanhado dos documentos pertinentes como: **a) documento do representante legal, b) procuração, anexo 6, c) documento do cliente, d) memorial técnico descritivo (cada concessionária possui seu modelo específico), e) diagrama unifilar, anexo 7, f) diagrama multifilar, anexo 8** , não cabendo à distribuidora solicitar documentos adicionais além dos indicados nos formulários padronizados.

2º passo - Análise do projeto pela concessionária

Dentro de um prazo de 15 dias, a concessionária avalia o projeto técnico para então autorizar o início da instalação.

3º passo - Instalação do sistema de energia solar

Após a autorização, inicia-se o processo de instalação do sistema de energia fotovoltaica.

4º passo - Solicitação de vistoria técnica

É necessário realizar o pedido de vistoria da instalação de seu sistema de energia solar.

5º passo - Realização da vistoria

Em um prazo de 7 dias úteis, após a instalação, a equipe técnica da concessionária de energia elétrica deverá avaliar todos seus aspectos. Portanto, fatores apontados no

parecer de conexão e acesso deverão estar cumpridos no momento da vistoria.

6º passo - Concessão do relatório

Caso necessário, após a vistoria, a distribuidora deverá entregar um relatório de pendências dentro do período de 5 dias. Logo, se for o caso, o sistema fotovoltaico deverá passar por algumas alterações para o funcionamento.

7º passo - Homologação do uso do sistema de energia solar

Para concluir, a concessionária trocará o medidor (relógio) do imóvel por um bidirecional. Assim, ela dará o aval de funcionamento para iniciar sua geração de energia solar fotovoltaica.

Anexos

A Registro 001419/2019 Data Concessão 15/02/2019 Validade 26/02/2023	
Razão Social RENOVIGI COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA LTDA - 16.851.732/0001-25	Número de certificado Não aplicável
Endereço AV GETULIO DORNELES VARGAS, 2479 N Cep:89805001 PASSO DOS FORTES - CHAPECÓ - SC	Telefone (49) 3323.9933
E-mail paula@renovigi.com.br	
Objeto/Produto	
Programa de Avaliação da Conformidade: Sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica (módulo, controlador de carga, inversor e bateria)	
Portaria: 4 de 04/01/2011	
Nome de Família: Monofásico / 5000W	

Data	Alteração	Marca	Modelo	Descrição	Código de barras
26/02/2019	Incluído	RENOVIGI	RENO-4K PLUS	INVERSOR ONGRID MONOFASICO 4000W / 220V	

Anexo1- certificado Inmetro inversor RENO-4K-PLUS

Rateio de Créditos de Energia

UNIDADE GERADORA	NUC's participantes do rateio de créditos excedentes X Percentual de rateio	
69219788	5497367-8	40%
	58774-5	10%

Anexo 2 - rateio de créditos de energia



Anotação de Responsabilidade Técnica - ART
 Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Sul



ART Número
 10[REDACTED]76

Tipo: PRESTAÇÃO DE SERVIÇO	Participação Técnica: INDIVIDUAL/PRINCIPAL
Convênio: NÃO É CONVÊNIO	Motivo: NORMAL

Contratado

Carteira: RS233619	Profissional: EIDER DA SILVA SILVEIRA	E-mail: comercial@essengenharia.com.br
RNP: 2217869531	Título: Engenheiro Eletricista	
Empresa: NENHUMA EMPRESA		Nr.Reg.:

Contratante

Nome: FERNANDO [REDACTED]	E-mail:
Endereço: [REDACTED]	Telefone:
Cidade: PORTO ALEGRE	Bairro: JARDIM LEOPOLDINA
	CPF/CNPJ: [REDACTED]
	CEP: 91240210 UF: RS

Identificação da Obra/Serviço

Proprietário: FERNANDO [REDACTED]	CPF/CNPJ: [REDACTED]
Endereço da Obra/Serviço: [REDACTED]	CEP: 91240210 UF: RS
Cidade: PORTO ALEGRE	Bairro: JARDIM LEOPOLDINA
Finalidade: OUTRAS FINALIDADES	Vlr Contrato(R\$): 500,00
Data Início: 27/04/2020	Honorários(R\$): 500,00
Prev.Fim: 27/05/2020	EBL Classe:

Atividade Técnica	Descrição da Obra/Serviço	Quantidade	Unid.
Projeto e Execução	PROJETO E EXECUÇÃO DE USINA SOLAR FOTOVOLTAICA	4,76	KW


ART registrada (paga) no CREA-RS em 28/04/2020

<u>Porto Alegre, 29/04/2020</u>	Declaro serem verdadeiras as informações acima	De acordo
Local e Data	<u>Eider da Silva Silveira</u> EIDER DA SILVA SILVEIRA	[REDACTED]
	Profissional	Contratante

A AUTENTICIDADE DESTA ART PODERÁ SER CONFIRMADA NO SITE DO CREA-RS, LINK CIDADÃO - ART CONSULTA

Anexo 3 - ART de projeto e execução

**ANEXO II - FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MICROGERAÇÃO
DISTRIBUÍDA COM POTÊNCIA IGUAL OU INFERIOR A 10kW**

1 – Identificação da Unidade Consumidora – UC	
Código da UC: 69[REDACTED]88	Classe: RESIDENCIAL
Titular da UC: FERNANDO [REDACTED]	
Rua /Av.: [REDACTED]	nº: 556 CEP: 91240-210
Bairro: JARDIM LEOPOLDINA	Cidade: PORTO ALEGRE
E-mail: [REDACTED]@gmail.com	
Telefone: (51) 32733858	Celular: (51) 991405637
CNPJ/CPF: [REDACTED]	
2- Dados da Unidade Consumidora	
Carga Instalada (kW): 12,7	Tensão de atendimento (V): 220
Tipo de conexão: Monofásica <input type="checkbox"/> Bifásica <input checked="" type="checkbox"/> Trifásica <input type="checkbox"/>	
3 – Dados da Geração	
Potência instalada de geração (kW): 4,0	
Tipo da Fonte de Geração:	
Hidráulica <input type="checkbox"/> Solar <input checked="" type="checkbox"/> Eólica <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Cogeração Qualificada <input type="checkbox"/>	
Outra (especificar):	
4 -Documentação a Ser Anexada	
1.ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de microgeração	<input checked="" type="checkbox"/>
2.Diagrama unifilar contemplando Geração/Proteção(inversor, se for o caso)/Medição e memorial descritivo da instalação.	<input checked="" type="checkbox"/>
3.Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede.	<input checked="" type="checkbox"/>
4. Dados necessários para registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: www.aneel.gov.br/scg .	<input checked="" type="checkbox"/>
5.Listade unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art.:2º da Resolução Normativa nº 482/2012.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.Cópia de instrumento Jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver).	<input type="checkbox"/>
7.Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver).	<input type="checkbox"/>
5- Contato na distribuidora (Preenchido pela Distribuidora)	
Responsável/Área:	
Endereço:	
Telefone:	
E-mail:	
6-Solicitante	
Nome/Procurador Legal: EIDER DA SILVA SILVEIRA	
Telefone: (51) 991405637	
E-mail: comercial@essengenharia.com.br	
PORTO ALEGRE Local	28/04/2020 Data
 Assinatura do Responsável	

Anexo 4- preenchimento anexo II da seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST



FOR-11.005

Formulário de Solicitação de Acesso de Microgeração e Minigeração Distribuída

Porto Alegre, 28 de Abril de 2020.

Nome do Interessado	
Fernando Luiz Kloh	
Tipo de Solicitação	
<input checked="" type="checkbox"/> SOLICITAÇÃO DE ACESSO MICROGERAÇÃO <input type="checkbox"/> SOLICITAÇÃO DE ACESSO MINIGERAÇÃO	
Dados de Contato	
Nº UNIDADE CONSUMIDORA:	69219788
TELEFONE:	(51) 991405637
E-MAIL:	eider.silveira@hotmail.com / comercial@essengenharia.com.br
EI / PROCESSO	

Cordialmente,

Responsável Técnico/Interessado

Check-list dos Documentos para Acesso de Microgeração e Minigeração	* Arquivo Digital	Ok NOK
Cópia de documento de identificação oficial do titular da unidade consumidora; Cópia da procuração e do documento de identificação oficial do procurador (se aplicável)	A1	Ok
ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de microgeração ou minigeração;	A2	Ok
Diagrama unifilar contemplando Geração/ Proteção (Inversor, se for o caso)/ Medição e memorial descritivo da instalação;	A3	Ok
Certificado de conformidade dos(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede;	A4	Ok
Dados necessários para registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: www.aneel.gov.br/foq ;	A5	OK
Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012;	A6	OK
Cópia de Instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver);	A7	NOK
Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver);	A8	NOK
Projeto elétrico das instalações de conexão, memorial descritivo (Aplicável para microgeração maior que 10 kW e Minigeração);	A9	NOK
Estágio atual do empreendimento, cronograma de implantação e expansão (Aplicável para minigeração);	A10	NOK

*Os arquivos transmitidos por e-mail ou entregues de forma digital, devem conter o código de identificação indicado na coluna "Arquivo Digital" para possibilitar o ingresso da sua solicitação. Destacamos que adoção de providências diferentes dos procedimentos estabelecidos nas normativas técnicas da CEEE-D, bem como carência ou inconsciência na apresentação e análise de documentos, culminará no indeferimento do acesso do MMGD nos sistemas de distribuição da CEEE-D e suspensão da contagem de prazos de atendimento.

Atendido conforme solicitado.

Nome e RE do responsável pela verificação

Anexo 5- solicitação de acesso padrão ceee

Porto Alegre, 27 de Abril de 2020

CEEE — Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica

A/C Serviço de Grandes Clientes e Perdas Comerciais

Por meio desse instrumento de procuração, o abaixo assinado, brasileiro, residente e domiciliado na localidade denominada Rua [REDACTED], número 556, bairro Jardim Leopoldina, município de Porto Alegre/RS, CEP 91240-210, Unidade Consumidora 63 [REDACTED]88, na condição de representante e interessada na obra denominada CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA, senhor Fernando [REDACTED], inscrito no CPF sob o nº [REDACTED] nomeia e constitui seu obstante procurador o Sr. Eider da Silva Silveira, inscrito no CPF 014 [REDACTED]86, com a finalidade específica de tratar da referida obra, podendo para tanto, o referido procurador; representa-lo junto a CEEE, estando autorizado a tramitar o projeto e substabelecer tudo que se referir ao bom desempenho desse instrumento específico.

NOME	CPF	ASSINATURA
FERNANDO [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

Endereço para contato com o Procurador/Representante Legal:

Nome: Eider da Silva Silveira

Av.: Tapiaçú, nº 310 sala 404

Bairro/Cidade: Passo D'areia/Porto Alegre

CEP: 91030-080

Fone: (51) 991405637 / 3273.3858

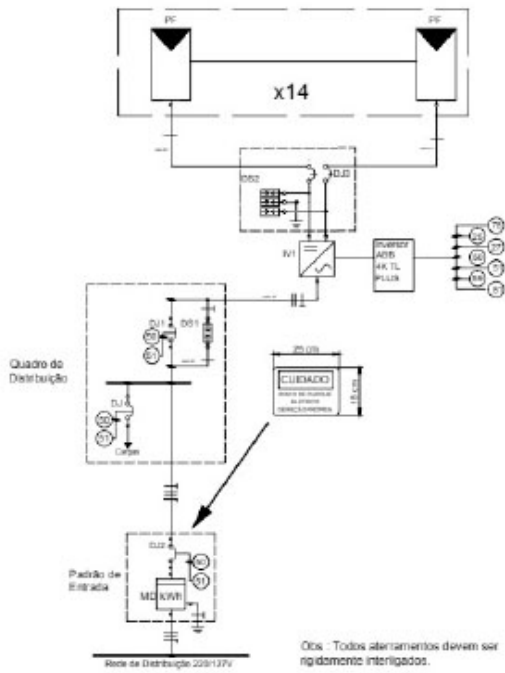
E-mail: comercial@essengenharia.com.br



Leonar Paulo Renner
Escritório Autenticado
HABILITADO EM INSTRUMENTOS EM PAPEL OU RAÍZURAS

Anexo 5- procuração autenticada em cartório

Diagrama Unifilar

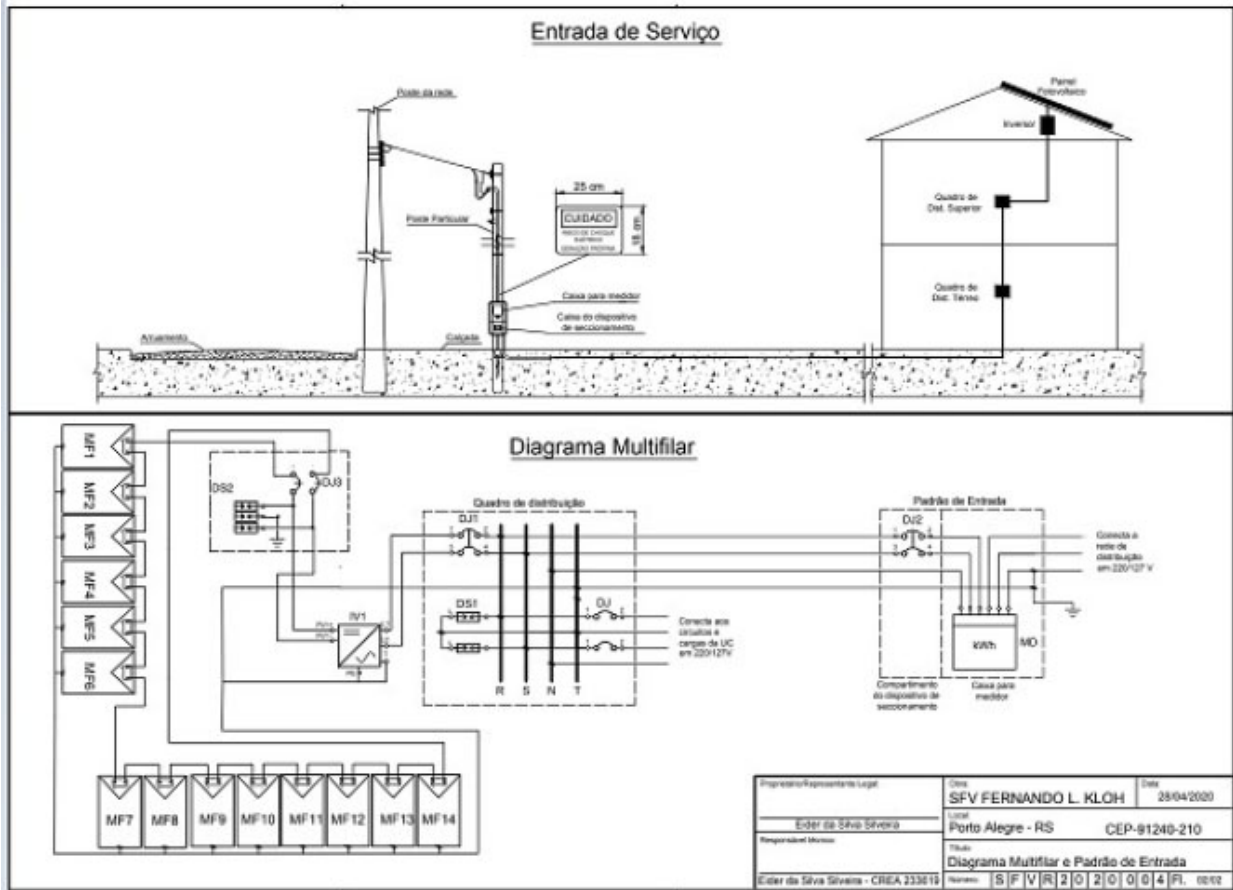


Nº	Funções de Proteção
78	Dispositivo anti-ramento
25	Verificação Sincronismo
27	Subtensão
50	Sobrecorrente instantâneo
51	Sobrecorrente temporizado
59	Sobretensão
81	Relé de sobrefrequência e subfrequência (81 O/U) e anti-ramento (81 dt/dt)

ITEM	QT	DESCRIÇÃO
IV1	1	Inversor ABB 4.0 TL PLUS 4000W
DJ1	1	Disjuntor termomagnético bipolar 32A
DJ2	1	Disjuntor termomagnético bipolar 50A
DJ3	1	Disjuntor CC 2P 600VCC/16A ST
DJ	X	Disjuntores termomagnético multipolares de 16A até 25A
DS1	2	DPS classe 2 275Vca 20-40kA
DS2	1	DPS CC 3P 1000VCC/20-40kA BN
PF	14	Placas fotovoltaicas marca Canadian modelo UNO - DM-4.0 poli
MD	1	Medidor de energia elétrica Bidirecional
cabo #1	x	Cabo Condamax Solarmax Flex BR 4mm² 1800Vcc
cabo #2	x	Cabo Prysmian flex 4.0 mm² 750Vca

Proprietário/Representante Legal	Nome: SFV FERNANDO L. KLOH	Data: 28/04/2020
Responsável Técnico	Local: Porto Alegre - RS	CEP-91240-210
	Título: Diagrama Unifilar	
Elder da Silva Silveira - CREA 233619	Número: S F V R 2 0 2 0 0 0 4 FL 01/02	

Anexo 6 - diagrama unifilar



Anexo 7- diagrama multifilar

Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA(Org.). **Procedimentos de distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional-PRODIST** . Brasília: MME,2012.

CEEE. **Acesso de Microgeração e Minigeração ao Sistema de Distribuição da CEEE-D** . Disponível em : < <https://www.ceee.com.br/normas-tecnicas/procedimentos/it-11-01-081-v02-acesso-de-microgeracao-e-minigeracao-ao-sistema-de-distribuicao-da-ceee-d> > Acesso em 08 Jun. 2020.

JAIN, S.; AGARWAL, V.. **A single-Stage Grid Connected Inverter Topology for Solar PV Systems with Maximum Power Point Tracking** . IEEE Transactions on Power Electronics, v. 22, n.5, p.1928-1940,1 out. 2007.

ANEEL. **Revisão das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída - Resolução Normativa nº 482/2012** . Disponível em : < <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/18485189/6+Modelo+de+AIR+-+SRD+-+Gera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida.pdf/769daa1c-51af-65e8-e4cf-24eba4f965c1> > Acesso em 10 Jun. 2020.

RENOVIGI. **Manual de estruturas para telhado** . Disponível em : < <https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/reno-attachments/938bfa60-f2cc-4620-886d-cbea94aa36fb/e215d287-aa13-4af5-98c4-7623eac4ad55/b941c5cb-5e3a-4fe6-8182->

fe11dde19e52/Manual_estrutura_telhados_REV1.pdf?1584704594 > Acesso em 01 jun. 2020.

ABSOLAR. Infográfico Absolar. Disponível em : < <http://www.absolar.org.br/infografico-absolar.html> > Acesso em 05 jun. 2020.

BLUESOL . Resolução 482 da ANEEL: 3 Principais Pontos Comentados [+BÔNUS]. **Disponível em** : < <https://blog.bluesol.com.br/resolucao-482-da-aneel-guia-completo/> > Acesso em 06 Jun. 2020.

ESTEVES, S.; MONTEIRO, L.. Curso básico de Energia Solar Fotovoltaica: Projeto, seleção de equipamentos, orçamento e instalação. Porto Alegre: Seatec, 2016.

ONU DI. **Programa de capacitação em energias renováveis - Energia Solar Fotovoltaica** . Disponível em : < <https://www.renenergyobservatory.org/br/programa-de-capacitacao.html> > Acesso em 08 mai. 2016.

PINHO, J. et al. Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.

Table of Contents

1. Índice
2. Apresentação
3. CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO
 1. 1.1- REGRAS APLICÁVEIS À MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA
 2. 1.1.1- Principais aspectos da Resolução Normativa 482
 1. A. Microgeração e Minigeração Distribuída:
 2. B. Potência diferente para Grupos de Consumidores
 3. C. Taxa mínima de cobrança
 3. 1.1.2- Principais aspectos da Resolução Normativa Nº 687
 1. D. Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras
 2. E. Geração Compartilhada
 3. F. Autoconsumo Remoto
 4. G. Novas definições de Potências para Grupos de Consumidores
 4. 1.2- Efeito Fotovoltaico
 5. 1.3 - Estruturas das Células
 6. 1.3.1- Princípio de Funcionamento
 7. 1.3.2 - Eficiência quântica e Resposta Espectral
 8. 1.3.3 - Fatores característicos da célula solar
4. CAPÍTULO 2 - GERADOR FOTOVOLTAICO ON-GRID
 1. 2.1- Módulo Fotovoltaico
 2. 2.1.1- Módulo Monocristalino
 3. 2.1.2- Módulo Policristalino
 4. 2.2- Inversores Solares Grid-tie
 5. 2.2.1- Inversor string
 6. 2.2.2- Inversores Centrais

- 7. 2.2.3- Microinversores
- 5. CAPÍTULO 3 - PROJETO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON-GRID
- 6. CAPÍTULO 4 - INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAÍCO
 - 1. 4.1 - Principais equipamentos de fixação
 - 1. • PERFIL DE ALUMÍNIO
 - 2. • CONJUNTO COM PARAFUSO CABEÇA CILÍNDRICA ALLEN
 - 3. • SUPORTE "PÉ EM L"
 - 4. • SUPORTE TELHA METÁLICA
 - 5. • GANCHO AJUSTÁVEL EM ALUMÍNIO
 - 6. • GRAMPO INTERMEDIÁRIO
 - 7. • GRAMPO FINAL
 - 8. • EMENDA PARA PERFIL
 - 9. • KIT ATERRAMENTO
 - 2. 4.2 - Instalação
- 7. CAPÍTULO 5 - HOMOLOGAÇÃO
 - 1. 5.1- Processo de Homologação
- 8. Anexos
- 9. Referências Bibliográficas

Lista de Páginas

2
3
4
5
6
7
8
9
10
11

12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47



Não Sol Mais Céu

Oliveira, Guilherme

9788582457542

31 páginas

[Compre agora e leia](#)

Não Sol Mais Céus reúne diversas poesias da página @versostragostragedias em forma de pílulas, pequenos versos para você ler e reler de forma rápida e profunda.

Uma pílula diária de poesias, um amigo de sentimentos ou apenas uma leitura rápida para se distrair dos problemas do dia a dia. Agora você pode acompanhar as novidades do E-book seguindo no Instagram @leianaosolmaisceu e página no Facebook Não Sol Mais Céu. Já são mais de 40 mil leitores!

[Compre agora e leia](#)



Detalhes Sórdidos

De Marchi, Fernando H.

9788582452073

177 páginas

[Compre agora e leia](#)

Uma vida contada em um livro. Para que estou escrevendo? Caro leitor, preciso desabafar, mas já aviso que, em um desabafo, os pensamentos fluem de uma forma crua, sem tempo para enfeitar os acontecimentos, e sem filtro para os

detalhes sórdidos. Preciso avisar que minha história começará inocente. Porém, não se engane: vai piorar a cada capítulo, e assim, certamente, existirão muitos detalhes sórdidos. Adianto que: "Na controversa busca pelo sucesso, desenhei o meu fracasso alcançando vitórias". Confuso, não é mesmo? Aceite me conhecer e me compreenderá!

[Compre agora e leia](#)



O Filho do Pecado

de Marchi, Fernando H.

9788582451878

250 páginas

[Compre agora e leia](#)

Sinopse: tempos em que a ciência começa aniquilar o conceito de impossível e em que a criatura se torna criadora, surge uma insana ideia: clonar o homem

conhecido como o Filho de Deus. A descoberta de relíquias supostamente pertencentes a Cristo se tornou o ponto de partida de uma compulsiva busca por material genético. Foram reunidas sete amostras, cujas origens permanecem em segredo. Acredita-se que uma delas tenha vindo da mais famosa relíquia cristã: o Santo Sudário. A fé se torna mais uma das cobaias da ciência: eis que ela se encontra aberta, indefesa e pronta para ser dissecada! O que descobriremos? O Livro é uma ficção científica futurista que mistura romance, drama, e uma mensagem de reflexão/fé.

[Compre agora e leia](#)



Teoria do Antitudo

De Marchi, Fernando H.

9788582454541

200 páginas

[Compre agora e leia](#)

A obra propõe um passeio, da física quântica à engenharia genética, passando por nós e indo um pouco adiante. Trata-se de uma viagem sutil e profunda que mergulha nos

maiores mistérios da humanidade. A proposta é trazer o conhecimento científico através de uma linguagem acessível, digna de um escritor de livros de ficção. No entanto, o autor utiliza seu conhecimento acadêmico para abordar o assunto com seriedade, onde a base teórica é fruto de uma extensa pesquisa visando trazer informações atualizadas, apoiadas por livros e artigos de renome. Em uma bela fusão do complicado e do sutil, o objetivo é simplesmente desafiá-lo a pensar sobre tudo e o antitudo, por meio de um enredo surpreendente e incomum. Alguns dos assuntos abordados: Forças fundamentais, Teoria do Tudo, espaço-tempo, multiverso, teoria das cordas, teoria M, Big Bang, relatividade especial e geral, DNA, engenharia genética, armas químicas, hereditariedade, células-tronco, melhoramento genético, clonagem, morte programada, telomerase, antimatéria, matéria escura, energia escura, mecânica quântica, experimento da dupla fenda, salto quântico, emaranhamento quântico, teletransporte quântico, evolução química, mundo do RNA, panspermia, Deus e nós.

[Compre agora e leia](#)



Fazendo um projeto dar certo

de Tarso, Paulo

9781942159070

50 páginas

[Compre agora e leia](#)

O livro apresenta mais de 1000 dicas sobre Gerenciamento de Projetos e Desenvolvimento de Sistemas, moldadas ao longo de uma década criando software ao lado de pessoas

talentosas. O livro é um guia, um catálogo de problemas analisados. O título busca destacar o seu enfoque prático. O objetivo deste trabalho é analisar alguns dos problemas mais recorrentes em projetos de software. A motivação é que alguns problemas ocorrem na maioria dos projetos em menor ou maior grau, mais cedo ou mais tarde e o objetivo aqui é analisá-los de alguma forma.

[Compre agora e leia](#)