

**Memorial Descritivo do Sistema de Microgeração Fotovoltaica, SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE CÓRREGO FUNDO – SAAE, conectado à rede elétrica de BT – Sistema ON-GRID.**

## SUMÁRIO

1.	MEMORIAL DESCRITIVO .....	1
1.1.	JUSTIFICATIVA .....	1
1.2.	OBJETIVO .....	1
1.3.	UNIDADES GERADORAS E CONSUMIDORAS .....	1
1.3.1.	LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE GERADORA .....	1
1.4.	EMPRESA EXECUTORA DO PROJETO .....	2
1.5.	EMPRESA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA ELÉTRICA .....	2
1.6.	LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS .....	2
1.7.	INSTALAÇÃO DA MICRO USINA FOTOVOLTAICA .....	2
1.7.1.	CARACTERÍSTICAS GERAIS .....	2
1.7.2.	MÓDULO FOTOVOLTAICO .....	4
1.7.3.	INVERSOR SOLAR .....	4
1.7.4.	ESTRUTURA METÁLICA .....	6
1.7.5.	PADRÃO DE ENTRADA .....	7
1.7.6.	MEDIDOR BIDIRECIONAL .....	7
1.7.7.	DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CC E AC .....	8
1.7.8.	CONDUTORES E ELETRODUTOS .....	8
2.	CÁLCULOS E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA .....	10
2.1.	CÁLCULO DA PRODUÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	10
2.1.1.	OBJETIVO .....	10
2.1.2.	IRRADIAÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	10
2.1.3.	CÁLCULO DE PRODUÇÃO ANUAL ESTIMADA DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	10
2.2.	SUSTENTABILIDADE .....	12
2.2.1.	OBJETIVO .....	12
2.2.2.	REDUÇÃO DA EMISSÃO DE CO <sub>2</sub> .....	12
2.3.	DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	12
2.3.1.	OBJETIVO .....	12
2.3.2.	DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	12
2.4.	CÁLCULOS ELÉTRICOS .....	13
2.4.1.	OBJETIVO .....	13
2.4.2.	DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS .....	13
2.4.3.	SEÇÃO MÍNIMA E CAPACIDADE DE CONDUÇÃO .....	13
2.4.4.	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DE CADA CIRCUITO .....	14
2.5.	ATERRAMENTO .....	15
2.5.1.	ATERRAMENTO DE INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	15

3. DOCUMENTOS PARA ENVIO À DISTRIBUIDORA..... 16

## 1. MEMORIAL DESCRITIVO

### 1.1. JUSTIFICATIVA

O acessante SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE CÓRREGO FUNDO - SAAE pretende instalar uma usina de geração de energia solar fotovoltaica de 75,0 kW de potência, cuja finalidade é a geração de energia elétrica e injeção de excedente de energia na rede de Baixa Tensão da concessionária distribuidora de energia, CEMIG, caracterizando o sistema de compensação de energia elétrica previsto na REN nº 482 da ANEEL.

### 1.2. OBJETIVO

Este memorial descritivo tem como objetivo apresentar informações e a descrição dos requisitos adotados para a elaboração do projeto elétrico e execução das instalações da usina Solar Fotovoltaica conectada à Rede Elétrica CEMIG em baixa tensão (BT), bem como apresentação dos requisitos para obtenção da autorização de acesso e registro da unidade geradora junto a ANEEL.

### 1.3. UNIDADES GERADORAS E CONSUMIDORAS

A usina de geração solar fotovoltaica será instalada na RUA JADE, Nº 65, ELDORADO no município de CÓRREGO FUNDO/MG.

#### 1.3.1. LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE GERADORA

NOME: SERVIÇO A. DE ÁGUA E ESGOTO

CNPJ: 09.166.603/0001-32

NÚMERO DO CLIENTE: 7008214414

NÚMERO DA INSTALAÇÃO: LIGAÇÃO NOVA

**LOCALIZAÇÃO DO PADRÃO: 20°26'38.3"S 45°33'54.5"W ou Fuso 23 (441050,7739285)**



#### **1.4. EMPRESA EXECUTORA DO PROJETO**

A engenheira contratada para desenvolvimento do projeto do sistema fotovoltaico é da cidade de Arcos/MG. A projetista da usina de Microgeração Solar Fotovoltaica é a Engenheira Eletricista Priscila Contarini Machado, portador do registro profissional CREA/MG: 244721/D.

#### **1.5. EMPRESA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA ELÉTRICA**

A empresa responsável pela distribuição de energia elétrica no município de Córrego Fundo/MG é a Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, situada na Avenida Barbacena, nº 1200, Santo Agostinho - Belo Horizonte. CP 992 - CEP: 30190-131 Belo Horizonte - Minas Gerais, inscrita no CNPJ sob o nº 17.155.730/0001-64.

#### **1.6. LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS**

Os desenhos, equipamentos e materiais do projeto, cumprem as recomendações constantes dos seguintes documentos e normas:

- MÓDULO 3 (PRODIST) – Modulo 3 do Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) – Acesso ao Sistema de Distribuição -Seção 3.7.
- MÓDULO 8 (PRODIST) – Modulo 8 da Resolução Nº 395 de 2009 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão.
- ABNT NBR IEC 62116 – Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.
- ABNT NBR 16149 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 482 – Resolução Nº 482 de 17 de abril de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 687 – Resolução Nº 687 de 24 de Novembro de 2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 414 – Resolução Nº 414 de 09 de setembro de 2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 517 – Resolução Nº 517 de 11 de dezembro de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ABNT NBR 16150 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimento de ensaio de conformidade.
- GED 15303 – Conexão de Micro e Minigeração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

#### **1.7. INSTALAÇÃO DA MICRO USINA FOTOVOLTAICA**

##### **1.7.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS**

O sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica será composto pelos seguintes elementos (Ver figura 1):

- Módulos fotovoltaicos;
- Estrutura metálica de suporte dos módulos fotovoltaicos;
- Inversor AC/DC;

- Cabos de conexão;
- Dispositivos de proteção CC e CA.

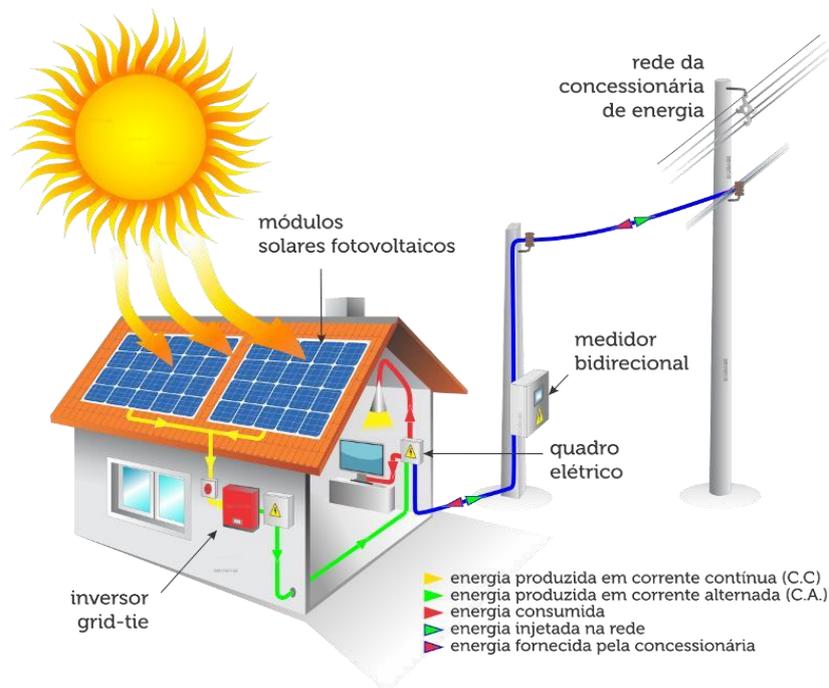


Figura 1: Ilustração geral de uma micro usina de geração solar fotovoltaica.

O sistema de geração fotovoltaica é composto por agrupamentos de módulos fotovoltaicos (séries e/ou paralelos), cada módulo por sua vez é composto de diversas células fotovoltaicas (as células fotovoltaicas captam a luz do sol, fonte primária de energia, transformando a energia luminosa em energia elétrica).

Os módulos fotovoltaicos são montados sobre a estrutura metálica, denominado de suporte dos módulos, que por sua vez são fixados sobre o telhado de forma adequada. Os cabos provenientes dos módulos se conectam diretamente ao inversor no caso de utilização de micro inversores, ou no caso de utilização inversor se conectam entre si formando os agrupamentos de módulos, que por sua vez se conectam por meio da caixa de junção ao inversor.

O inversor transforma a corrente contínua (CC) em corrente alternada (AC). A energia elétrica produzida é consumida pelo local da instalação ao qual está conectada, ou é injetada na rede elétrica, por meio do ponto de entrega de energia da distribuidora, caso a demanda seja inferior a energia produzida.

A quantidade de energia gerada em um dia por um sistema fotovoltaico é proporcional à irradiação disponível no plano dos módulos fotovoltaicos. A energia gerada pelos módulos fotovoltaicos, em corrente contínua, é fornecida ao inversor, que por sua vez a converte em corrente alternada e a injeta na rede de forma sincronizada com a frequência da rede, no caso 60Hz. Durante a noite o inversor deixa de operar e se mantém em estado de "stand by", com o objetivo de minimizar o consumo do sistema. O inversor monitora a tensão e a frequência da rede, entrando em operação somente quando os valores dessas grandezas, em sua saída, estão dentro da faixa de regime normal de operação. O conjunto de proteções de conexão dos inversores não permite que funcione de forma ilhada, ou seja, em caso de falha da rede elétrica a planta de geração solar fotovoltaica é desligada automaticamente (Trip).

### 1.7.2. MÓDULO FOTOVOLTAICO

O módulo fotovoltaico deverá ser constituído de células de silício mono ou policristalino, possuir robustas esquadrias de alumínio resistente à corrosão e independentemente ser testado para suportar altas cargas de vento e cargas de neve. Os módulos deverão dispor das certificações de qualidade ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 e OHSAS 18001:2007. O módulo fotovoltaico deverá apresentar elevada eficiência e classificação "A" pelo INMETRO. A garantia do produto contra defeitos de fabricação deverá ser de no mínimo de 10 anos de duração. A garantia de produção mínima deverá ser de 90% após 10 anos e 80% após 25 anos, de sua potência nominal (Wp). A seguir, estão presentes as características técnicas do módulo utilizado no projeto:

*Tabela 1: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.*

Marca	-
Modelo	-
Tecnologia	Mono ou Poli cristalino
Potência Nominal - P em (Wp)	470
Tensão de Circuito Aberto - Voc (V)	52,14
Tensão de Máxima Potência - Vmp (V)	43,28
Corrente de Curto-Circuito - Isc (A)	11,68
Corrente de Máxima Potência - Imp (A)	10,86
Coef. Temperatura da Potência (%/°C)	-0,35
Coef. Temperatura Isc (%/°C)	0,048
Coef. Temperatura Voc (%/°C)	-0,28
NOCT (°C)	45 +/- 2
Comprimento (mm)	2182
Largura (mm)	1029
Altura (mm)	35
Peso (Kg)	25

### 1.7.3. INVERSOR SOLAR

O inversor é o equipamento responsável por transformar a energia elétrica gerada nos módulos fotovoltaicos, em corrente contínua (DC), na forma de corrente alternada (AC) para entregar à rede.

Em casos de perda ou anormalidades de tensão e frequência na rede AC, o inversor deixa de fornecer energia AC, evitando o funcionamento ilhado, ficando então a garantia de segurança para os trabalhadores de manutenção da rede elétrica da companhia de distribuição de energia elétrica. Voltando os valores de tensão e frequência à sua normalidade, o inversor se conecta novamente automaticamente à rede.

Os inversores aplicados em sistemas fotovoltaicos devem atender aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR IEC 62116. Funcionará também como dispositivo de monitoramento de isolamento, para desconexão automática da instalação fotovoltaica, no caso de perda da resistência de isolamento.

O lado de corrente contínua (DC) do inversor, será conectado aos módulos fotovoltaicos, e o lado de corrente alternada (AC), será conectado ao ponto de distribuição elétrica mais próximo

da planta fotovoltaica, com tensão trifásica de saída AC de 220 V. Como a tensão F/N do ponto de conexão projetado é de 127 V, as fases de saída do inversor, que possuem tensão de 380 V F/F, serão ligadas respectivamente entre as fases R, S e T por meio de um transformador rebaixador 380/220 V. Abaixo o diagrama fasorial com exemplificação da conexão entre as fases R/S

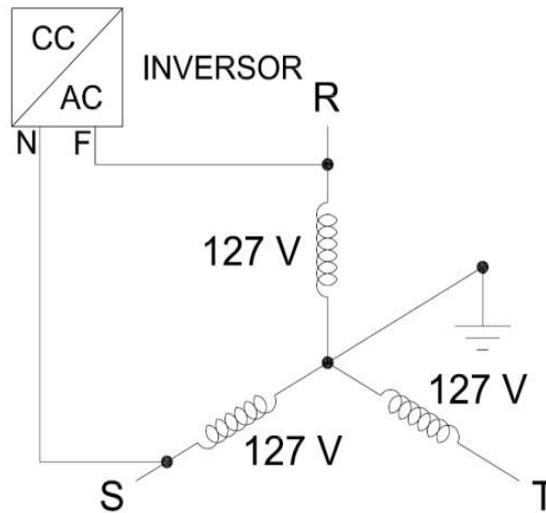


Figura 2: Diagrama Fasorial de conexão do inversor à rede.

O inversor será do tipo microprocessado, garantindo que a corrente alternada será uma curva senoidal com o mínimo de distorção.

O inversor é especialmente projetado para perseguir o ponto de máxima transferência de potência do gerador fotovoltaico (MPPT), e entregar esta potência a rede com o mínimo de perdas possíveis. O inversor a ser utilizado garante uma ótima qualidade de energia com baixa distorção harmônica (<3,0%).

Ele atua como uma fonte de corrente sincronizado com a rede, do tipo auto comutação, por meio de bandas de histerese de operação. Tem a função de anti-ilhamento, através da medição da impedância da rede.

O equipamento é parametrizado pelo fabricante de acordo com a “ABNT NBR 16149:2013, capítulo 4 Compatibilidade com a rede e capítulo 5 – Segurança pessoal e proteção do sistema FV”, quanto às faixas de operação normal de: Tensão AC, Injeção de Componente CC, Frequência (Hz), Fator de Potência, Distorção harmônica de corrente, Proteção contra ilhamento, Reconexão, Isolação e Seccionamento.

Para poder comparar as eficiências de diferentes células ou módulos fotovoltaicos, foi criado um padrão chamado STC, *Standard Test Condition* (condição de teste padrão), no qual o módulo fotovoltaico é exposto há uma irradiância correspondente a 1.000W/m<sup>2</sup>, temperatura de 25° C e AM=1.5. O nome AM vem de massa de ar, (Air Mass em inglês) e 1.5 é o espectro Solar para um dado angulo de inclinação (ângulo zenital).

O inversor pode continuar injetando energia para a rede em termos de irradiação Solar 10% maior do que STC, incluindo 30% maior por apenas 10 segundos, isso ocorre quando a radiação solar supera o valor de 1.000 W/m<sup>2</sup>.

Quando atinge valores de irradiação maiores que 30% de STC, o inversor sai do ponto de potência máxima, e vai para um ponto de potência mais baixo, garantindo que valores de potência elevada não venham prejudicar o equipamento que é dimensionado em função de STC. Enquanto

a tensão de entrada permanece dentro da faixa de segurança, o inversor não é prejudicado. Para garantir isso, a unidade foi dimensionada com uma tensão de circuito aberto que está sempre abaixo da tensão máxima de entrada do inversor.

O inversor possui um rendimento de 96,0% a 100% da potência nominal. Em operação seu consumo estimado é inferior a 30 W, e a noite fora de operação, o consumo é menor que 1 W. Tem um fator de potência superior a 0,99, para a faixa de potência requerida.

O equipamento conta com classe de proteção IP-65, com uma faixa de temperatura tolerável, de -25°C a +60°C, e uma umidade relativa de 0 a 100%. A seguir estão às principais características do inversor utilizado no projeto:

*Tabela 2: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DO INVERSOR.*

Marca	-
Modelo	-
Potência Fotovoltaica máx. (kWp)	112,5
Tensão Máxima DC	1100
Tensão Mínima DC	250
Corrente Máxima MPPT DC (A)	26
Corrente Máxima de curto MPPT DC (A)	32
Potência AC (kW)	75
Corrente Máxima AC (A)	120,8
Tensão AC	380
Conexão AC (Monofásico/Trifásico)	Trifásico
Dimensões (mm)	860×600×300
Peso (Kg)	82
Grau de Proteção IP	65
Frequência (Hz)	60

#### 1.7.4. ESTRUTURA METÁLICA

A instalação deverá ser equipada com uma estrutura baseada em perfis de alumínio ultraleve para evitar corrosão por conta de intempéries. Estas estruturas de apoio para módulos fotovoltaicos são calculadas tendo em conta o peso da carga de vento para a área em questão, e a altitude da instalação. Os pontos de fixação para o módulo fotovoltaico são calculados para uma perfeita distribuição de peso na estrutura, seguindo todas as recomendações do fabricante.

O desenho da estrutura deve basear-se no ângulo de orientação e declive especificada para o módulo fotovoltaico, dada a facilidade de montagem e desmontagem, e a eventual necessidade de substituição de elementos. Os módulos serão prestados fora das sombras das paredes e fixados a própria estrutura.

O modelo adotado para esta instalação será conforme a figura 3, a seguir:

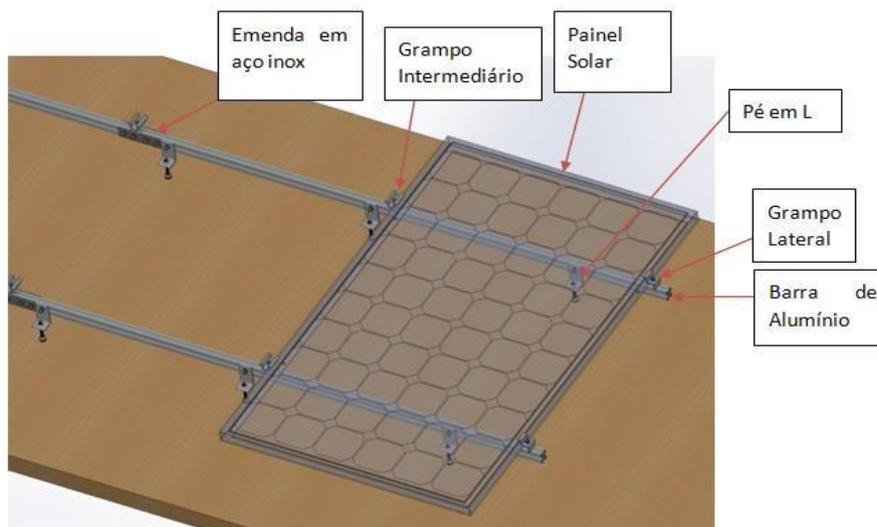


Figura 3: Sistema de fixação dos módulos.

#### 1.7.5. PADRÃO DE ENTRADA

O padrão de entrada deverá ser montado conforme a norma GED 15303 - Conexão de Micro e Mini Geração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica. No padrão de entrada será colocado uma ou mais placas de advertência, confeccionadas em aço inoxidável ou alumínio anodizado, deverá ser afixada de forma permanente na tampa da caixa de medição do padrão de entrada ou cabine primária da unidade consumidora, com os dizeres “CUIDADO – RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA”, com gravação indelével.



Figura 4: Placa de advertência a ser fixada em frente ao padrão de entrada.

A seguir informações do fornecimento de energia:

**CARGA INSTALADA:** 0 kW

**CONEXÃO:** 4 FIOS (TRIFÁSICO 127/220V)

#### 1.7.6. MEDIDOR BIDIRECIONAL

O sistema de medição de energia utilizado pelo usuário deverá ser tipo bidirecional. Em outras palavras, o medidor instalado na entrada deste usuário, será capaz de registrar o consumo

e a geração de eletricidade. Este medidor bidirecional certificado pelo INMETRO é homologado pela CEMIG, e será instalado pela mesma.

Este medidor deverá ser montado conforme a norma GED 15303 - Conexão de Micro e Mini Geração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica. O consumo corresponde ao fluxo de potência com o sentido tradicional da concessionária para o usuário. A geração corresponde à injeção ou exportação de energia para a rede elétrica, que ocorrerá nos instantes em que a geração fotovoltaica for superior ao consumo da unidade consumidora.

O medidor do tipo bidirecional deverá ter dois registradores, com numerações distintas, um para o consumo e outro para a geração de eletricidade. Isso permitirá a apresentação de dois valores, um de geração e outro de consumo, nas faturas de eletricidade dos usuários que possuem um sistema fotovoltaico registrado junto à concessionária. As concessionárias serão responsáveis pela troca do medidor convencional pelo medidor bidirecional, cabendo ao acessante cobrir as despesas deste equipamento para com a CEMIG, pagando o custo total em caso de padrão de entrada novo, ou a diferença, entre o custo do medidor bidirecional e o existente.

Existe um único ponto de conexão do medidor com a rede elétrica, no qual pode ocorrer, entrada ou saída de energia. O gerador fotovoltaico será conectado ao quadro elétrico mais próximo da planta, e as cargas são alimentadas por meio deste.

#### 1.7.7. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CC E AC

Para a proteção dos equipamentos do sistema, das instalações e das pessoas, deverão ser incorporados aos circuitos CC (Corrente Contínua) e AC (Corrente Alternada) os seguintes dispositivos de proteção:

- CIRCUITO DE CORRENTE CONTÍNUA:

DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto);

Disjuntor Termomagnético ou Seccionador CC;

- CIRCUITO DE CORRENTE ALTERNADA:

DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto);

Disjuntor Termomagnético;

Todos os equipamentos de proteção deverão ser condicionados em quadros elétricos com proteção contra intempéries, devidamente sinalizados, para a proteção e instrução de pessoal autorizado, quanto às manobras de operação dos dispositivos de proteção, em caso de manutenções futuras.

Caso o inversor apresente incorporado a ele alguma das proteções aqui descritas, será dispensado o uso de equipamento externo.

#### 1.7.8. CONDUTORES E ELETRODUTOS

Todos os condutores deverão ser de cobre, preferencialmente se utilizará cabos flexíveis, adequados para uso em intempéries, e sua seção será a suficiente para assegurar que a queda de tensão no cabeamento seja compatível com o estabelecido na norma ABNT NBR 5410.

O circuito entre a série de módulos e a entrada CC do inversor, deverá ser composto por cabos preparados para ambientes externos com seção entre 4 e 6 mm<sup>2</sup>. Serão utilizados

conectores do tipo MC4, concebidos especificamente para utilização em sistemas fotovoltaicos para interligar os módulos um ao outro em série e/ou paralelo no circuito ou diretamente ao inversor. Os módulos fotovoltaicos já saem de fábrica com cabo adequado e conectores do tipo MC4. Como a entrada CC do inversor já é preparada para este tipo de conector, isso melhora a qualidade da instalação e facilita a conexão entre os módulos, além de apresentar melhor durabilidade que outros tipos de conectores, quando expostos as condições climáticas típicas de sistemas fotovoltaicos. Os cabos entre o inversor e a caixa de proteção e entre a caixa de proteção e a conexão com a rede, serão dimensionados de acordo os critérios definidos pela ABNT NBR 5410. Os circuitos serão acondicionados preferencialmente em eletrodutos e os cabos serão de cobre isolado do tipo HEPR 0,6/1 kV de tensão nominal não inferior a 1.000 V de isolamento.

## 2. CÁLCULOS E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

### 2.1. CÁLCULO DA PRODUÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

#### 2.1.1. OBJETIVO

Esta seção apresenta a estimativa dos cálculos da produção de energia elétrica, que terá a instalação fotovoltaica, e que são parte do memorial descritivo submetido à aprovação da concessionária.

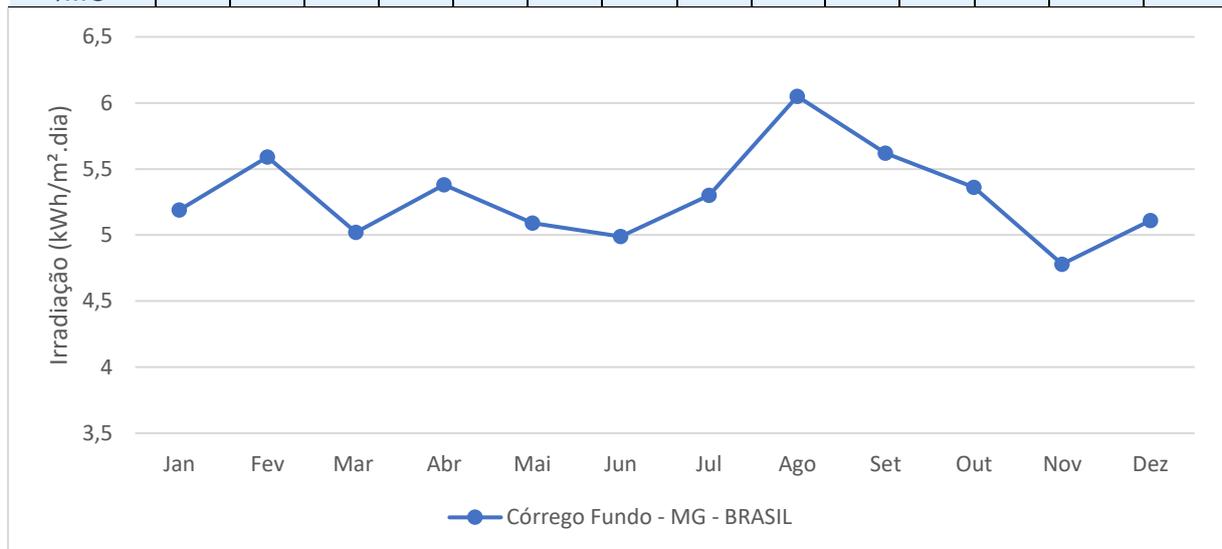
#### 2.1.2. IRRADIAÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

Para a irradiância média mensal e anual sobre superfície horizontal e inclinada G<sub>dm</sub>(0) em kWh/m<sup>2</sup>.dia, se utilizam dados do CRESESB – SunData 3.0 - Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE).

Para a localidade de Córrego Fundo/MG, conforme coordenadas próximas das indicadas no item 1.3.2, temos:

Tabela 3: Dados de irradiação em kWh/m<sup>2</sup>.dia para a localidade de Córrego Fundos/MG.

Município	Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
C. Fundo /MG	5,19	5,59	5,02	5,38	5,09	4,99	5,30	6,05	5,62	5,36	4,78	5,11	5,29	1,27



#### 2.1.3. CÁLCULO DE PRODUÇÃO ANUAL ESTIMADA DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

Conforme dados do SunData 3.0, de acordo com dados de Irradiação Global Inclinada, para o município de Córrego Fundo/MG, e tamanho do sistema apresentado, considerando uma inclinação de 20° dos módulos e um desvio de orientação de -45° com relação ao Norte (Geográfico), temos:

- Média anual GHI = 5,29 kWh/m<sup>2</sup>.dia
- Potência nominal dos inversores = 75 kW
- Potência total de módulos = 103,4 kWp
- Eficiência do sistema = 72,5 %

Calculando, temos a seguinte capacidade de geração esperada:

Tabela 4: CONSUMO MENSAL X GERAÇÃO MENSAL ESPERADA.

Energia consumida mensal x Energia projetada mensal		
Mês	Consumo medido (kWh)	Geração projetada (kWh)
Janeiro	100	12.061
Fevereiro	100	11.734
Março	100	11.666
Abril	100	12.099
Mai	100	11.829
Junho	100	11.222
Julho	100	12.317
Agosto	100	14.060
Setembro	100	12.639
Outubro	100	12.456
Novembro	100	10.750
Dezembro	100	11.875
<b>Média Anual</b>	<b>100</b>	<b>12.059</b>

\*Foi subtraída do total consumido 100 kWh/mês para padrão Trifásico, 50 kWh/mês para padrão Bifásico e 30 kWh/mês para padrão Monofásico, que correspondem à taxa mínima cobrada pela concessionária.

**Observação:** A geração média mensal, anualizada, contratada é de 12.000 kWh/mês.

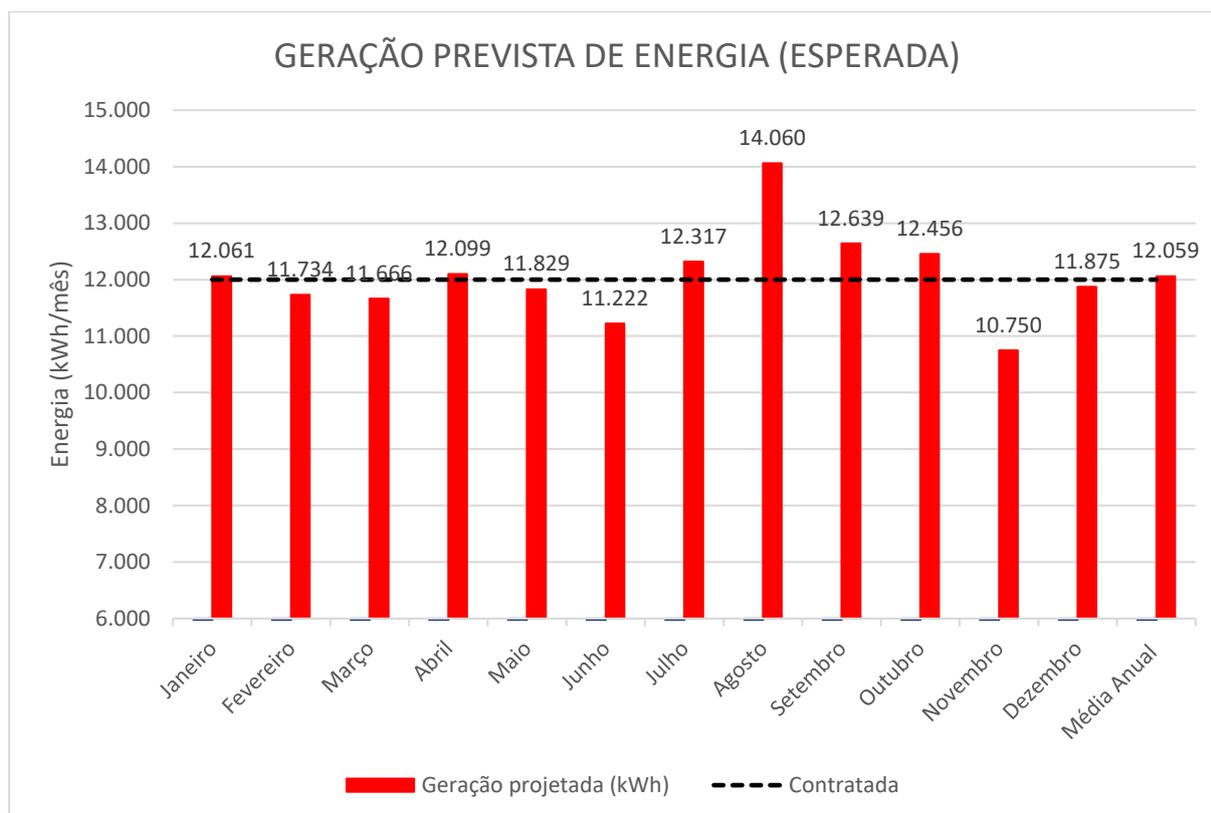


Figura 5: Geração esperada (Base mensal).

**Observação:** Todos os dados apresentados no item 2.1 são estimados com base em dados históricos de irradiação solar fornecidos pelo CRESEB – SunData 3.0 - Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE). Dessa forma, é natural ocorrerem variações para mais ou para menos nos volumes estimados de geração de energia.

## 2.2. SUSTENTABILIDADE

### 2.2.1. OBJETIVO

Este tópico tem como objetivo apresentar os efeitos que o sistema de geração de energia solar fotovoltaica tem com o meio ambiente.

### 2.2.2. REDUÇÃO DA EMISSÃO DE CO<sub>2</sub>

A redução da emissão de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) é uma questão ambiental que vem sendo tratada há muitos anos. Apesar das fontes de energia da Matriz Elétrica Brasileira serem boa parte constituídas de fontes renováveis, ainda sim emitem gases como o CO<sub>2</sub> na atmosfera.

A energia solar fotovoltaica por sua vez não apresenta emissão de CO<sub>2</sub> na produção de energia elétrica. Desta forma é possível utilizar esta energia sem agredir o meio ambiente.

Este projeto prevê uma geração média anual 144,7 MWh/ano. Esta energia gerada equivale à quantidade de energia que deixou de ser utilizada da Matriz Elétrica Brasileira.

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações disponibiliza a média de emissão de CO<sub>2</sub> resultante da energia elétrica utilizada pelo Sistema Interligado Nacional (SIN) do Brasil. Entre os anos de 2012 e 2021 foi emitido em média 0,0933 tCO<sub>2</sub>/MWh (toneladas de Dióxido de Carbono por Mega Watt-hora).

Este projeto estima uma redução na emissão de gases na atmosfera de 13,5 toneladas de Dióxido de Carbono por ano.

Fazendo uma comparação, a redução de emissão de 13,5 toneladas Dióxido de Carbono equivale ao plantio de 96 árvores nos seus primeiros 20 anos de idade.



Figura 6: Redução da Emissão de CO<sub>2</sub> e Árvores plantadas por ano.

## 2.3. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

### 2.3.1. OBJETIVO

Este tópico exibe os cálculos para o dimensionamento da instalação fotovoltaica e conexão dos módulos fotovoltaicos aos inversores.

### 2.3.2. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

A conexão dos módulos fotovoltaicos faz-se tendo em conta as descrições elétricas de entrada do inversor. A tensão de máxima potência de cada série deve estar dentro da faixa de tensão de máxima potência do inversor. Isto deve cumprir-se em condições semelhante aos padrões de teste STC e a 60 °C de temperatura de célula solar. A tensão de circuito aberto de cada

serie com uma temperatura de célula de 10 °C deve estar dentro da faixa de tensão de máxima transferência de potência do inversor.

A tensão de cada série tende a aumentar com a diminuição da temperatura. O quanto diminui esta tensão por grau °C acima do padrão de teste está indicado no *datasheet* dos módulos. A corrente de curto-circuito de todas as séries deve ser inferior à intensidade de corrente contínua máxima do inversor. A seguir dados do dimensionamento da instalação em função do *Standard Test Condition* (Condição de Teste Padrão) dos módulos fotovoltaicos:

Tabela 5: DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO.

Número de inversores	1
Número de entradas MPPT por inversor	7
Número de Arranjos	14
Número de módulos	220
Potência total de módulos (kWp)	103,4 (220x0,470)
Potência total de inversores (kW)	75,0 (1x75,0)
Faixa de temperatura operação da célula (°C)	-40 ~ +85

Tabela 6: DIMENSIONAMENTO DO AGRUPAMENTO DE MÓDULOS GERADORES.

Inclinação ( $\beta$ )	20°
Azimute ( $\alpha$ )	-45°
Número de Arranjos (respectivamente)	4 e 10
Número de Módulos por Série (respectivamente)	15 e 16
Número de Séries em Paralelo	2 por MPPT
Número total de Módulos	220

## 2.4. CÁLCULOS ELÉTRICOS

### 2.4.1. OBJETIVO

Este tópico exhibe os cálculos elétricos e/ou a normas consultadas para dimensionar os condutores e proteções da instalação fotovoltaica.

### 2.4.2. DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Para o dimensionamento técnico dos circuitos foram considerados os critérios estabelecidos na NBR 5410/2004 relativos à escolha da seção de um condutor e seus respectivos dispositivos de proteção.

### 2.4.3. SEÇÃO MÍNIMA E CAPACIDADE DE CONDUÇÃO

Para se definir a seção do condutor de acordo com a NBR 5410/2004 é necessário calcular a corrente do circuito. Esta pode ser obtida por meio das folhas de dados dos equipamentos, como inversores e módulos ou calculada com as equações a seguir.

$$I = \frac{P}{V} * \cos \varphi \quad , \text{ para circuitos monofásicos (1)}$$

$$I = \frac{P}{V * \sqrt{3} * \cos \varphi}, \text{ para circuitos trifásicos (2)}$$

Onde:  $I$  : corrente circulante (A)

$P$  : Potência total (W)

$V$  : tensão de alimentação (V)

$\cos \varphi$  : fator de potência

#### 2.4.4. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DE CADA CIRCUITO

Tabela 7: DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS.

DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS								
DE	PARA	POT. MÁX. (kWp)	CORRENTE (A)	TENSÃO (V)	nº MÓD. SÉRIE (un)	SEÇÃO NOM. (mm <sup>2</sup> )	COMP. (m)	QUEDA DE TENSÃO (%)
Módulos	Inversor (MPPT 1- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	56	0,74
Módulos	Inversor (MPPT 1- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	54	0,72
Módulos	Inversor (MPPT 2- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	49	0,65
Módulos	Inversor (MPPT 2- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	47	0,62
Módulos	Inversor (MPPT 3- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	41	0,54
Módulos	Inversor (MPPT 3- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	40	0,53
Módulos	Inversor (MPPT 4- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	34	0,45
Módulos	Inversor (MPPT 4- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	32	0,42
Módulos	Inversor (MPPT 5- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	26	0,34
Módulos	Inversor (MPPT 5- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	24	0,32
Módulos	Inversor (MPPT 6- ENT 1)	7,05	11,68	782,1	15	6	19	0,27
Módulos	Inversor (MPPT 6- ENT 2)	7,05	11,68	782,1	15	6	17	0,24
Módulos	Inversor (MPPT 7- ENT 1)	7,05	11,68	782,1	15	6	11	0,16
Módulos	Inversor (MPPT 7- ENT 2)	7,05	11,68	782,1	15	6	9	0,13
Inversor 75 kW	Transformador	75	120,8	380	-	50	5	0,10
Transformador	Conexão com a rede	75	196,8	220	-	95	10	0,29

Tabela 8: PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS.

PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS			
DE	PARA	PROTEÇÃO	
Módulos	Inversor (MPPT 1-7)	DPS CC 1.000 V/ 40 kA	SECCIONADORA 1.000Vcc /32 A
Inversor	Transformador	DPS CA CLASSE II 175 V/ 20 kA	DISJUNTOR 150 A TRIPOLAR
Transformador	Conexão com a rede		DISJUNTOR 200 A TRIPOLAR

## 2.5. ATERRAMENTO

### 2.5.1. ATERRAMENTO DE INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

A instalação de aterramento cumpre com os requisitos da norma ABNT NBR 5419, proteções de estruturas contra descargas atmosféricas. Toda peça condutora da instalação elétrica que não faça parte dos circuitos elétricos, mas que, eventualmente ou acidentalmente, possa ficar sob tensão, deve ser aterrada, desde que esteja em local acessível a contatos. A este aterramento se conectará a estrutura de fixação dos geradores fotovoltaicos e o borne de aterramento do inversor. O sistema de aterramento da instalação fotovoltaica deve ser interligado ao sistema de aterramento principal da instalação.

O aterramento está presente em diversos sistemas de proteção dentro da instalação fotovoltaica: proteção contra choques, contra descargas atmosféricas, contra sobtensões, proteção de linhas de sinais, equipamentos eletrônicos e proteções contra descargas eletrostáticas.

O valor da resistência de aterramento será tal que qualquer massa não possa dar tensões de contato superiores a 25 V (situação 2 tabela C.2 ABNT NBR 5410:2004).

A norma brasileira de proteção contra descargas atmosféricas (NBR 5419) recomenda uma resistência de terra com valor máximo de 10 ohms, para isto é necessário conhecer o tipo e a resistividade do solo e as opções de aterramento.

### 3. DOCUMENTOS PARA ENVIO À DISTRIBUIDORA

Apresentar à concessionária responsável pela distribuição de energia no município de Córrego Fundo/MG, a CEMIG, os Desenhos, Diagrama Unifilar, Descrição Técnica dos Equipamentos, Proteções e Formulários para obtenção da autorização de acesso e registro da unidade geradora junto a ANEEL. A seguir a lista dos arquivos que serão enviados para aprovação da CEMIG pelo portal APR WEB (<https://web.cemig.com.br/PARTAPR/SelecaoModulo.aspx>):

- ANEXO 1 – ART
- ANEXO 2 – PROJETO ELÉTRICO
- ANEXO 3 – DETALHES DE REGISTRO DO INVERSOR
- ANEXO 4 – FORMULÁRIO GD

Declaro que as informações apresentadas neste memorial descritivo estão corretas e fazem jus ao que será efetivamente realizado no local.

Córrego Fundo, 10 de Agosto de 2022.



Priscila Contarini Machado – Engenheira Eletricista  
CREA/MG: 244721/D

**Memorial Descritivo do Sistema de Microgeração Fotovoltaica, SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE CÓRREGO FUNDO - SAAE, conectado à rede elétrica de BT – Sistema ON-GRID.**

## SUMÁRIO

1.	MEMORIAL DESCRITIVO .....	1
1.1.	JUSTIFICATIVA .....	1
1.2.	OBJETIVO .....	1
1.3.	UNIDADES GERADORAS E CONSUMIDORAS .....	1
1.3.1.	LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE GERADORA .....	1
1.4.	EMPRESA EXECUTORA DO PROJETO .....	2
1.5.	EMPRESA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA ELÉTRICA .....	2
1.6.	LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS .....	2
1.7.	INSTALAÇÃO DA MICRO USINA FOTOVOLTAICA .....	2
1.7.1.	CARACTERÍSTICAS GERAIS .....	2
1.7.2.	MÓDULO FOTOVOLTAICO .....	4
1.7.3.	INVERSOR SOLAR .....	4
1.7.4.	ESTRUTURA METÁLICA .....	6
1.7.5.	PADRÃO DE ENTRADA .....	7
1.7.6.	MEDIDOR BIDIRECIONAL .....	7
1.7.7.	DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CC E AC .....	8
1.7.8.	CONDUTORES E ELETRODUTOS .....	8
2.	CÁLCULOS E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA .....	10
2.1.	CÁLCULO DA PRODUÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	10
2.1.1.	OBJETIVO .....	10
2.1.2.	IRRADIAÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	10
2.1.3.	CÁLCULO DE PRODUÇÃO ANUAL ESTIMADA DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	10
2.2.	SUSTENTABILIDADE .....	12
2.2.1.	OBJETIVO .....	12
2.2.2.	REDUÇÃO DA EMISSÃO DE CO <sub>2</sub> .....	12
2.3.	DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	12
2.3.1.	OBJETIVO .....	12
2.3.2.	DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	12
2.4.	CÁLCULOS ELÉTRICOS .....	13
2.4.1.	OBJETIVO .....	13
2.4.2.	DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS .....	13
2.4.3.	SEÇÃO MÍNIMA E CAPACIDADE DE CONDUÇÃO .....	13
2.4.4.	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DE CADA CIRCUITO .....	14
2.5.	ATERRAMENTO .....	15
2.5.1.	ATERRAMENTO DE INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	15

3. DOCUMENTOS PARA ENVIO À DISTRIBUIDORA..... 16

## 1. MEMORIAL DESCRITIVO

### 1.1. JUSTIFICATIVA

O acessante SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE CÓRREGO FUNDO - SAAE pretende instalar uma usina de geração de energia solar fotovoltaica de 75,0 kW de potência, cuja finalidade é a geração de energia elétrica e injeção de excedente de energia na rede de Baixa Tensão da concessionária distribuidora de energia, CEMIG, caracterizando o sistema de compensação de energia elétrica previsto na REN nº 482 da ANEEL.

### 1.2. OBJETIVO

Este memorial descritivo tem como objetivo apresentar informações e a descrição dos requisitos adotados para a elaboração do projeto elétrico e execução das instalações da usina Solar Fotovoltaica conectada à Rede Elétrica CEMIG em baixa tensão (BT), bem como apresentação dos requisitos para obtenção da autorização de acesso e registro da unidade geradora junto a ANEEL.

### 1.3. UNIDADES GERADORAS E CONSUMIDORAS

A usina de geração solar fotovoltaica será instalada na RUA GERALDO ORLANDO DE FARIA, Nº 220, VARGEM GRANDE no município de CÓRREGO FUNDO/MG.

#### 1.3.1. LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE GERADORA

NOME: SERVIÇO A. DE ÁGUA E ESGOTO

CNPJ: 09.166.603/0001-32

NÚMERO DO CLIENTE: 7008214414

NÚMERO DA INSTALAÇÃO: LIGAÇÃO NOVA

**LOCALIZAÇÃO DO PADRÃO: 20°27'03.8"S 45°34'30.4"W ou Fuso 23 (440012, 7738498)**



#### **1.4. EMPRESA EXECUTORA DO PROJETO**

A engenheira contratada para desenvolvimento do projeto do sistema fotovoltaico é da cidade de Arcos/MG. A projetista da usina de Microgeração Solar Fotovoltaica é a Engenheira Eletricista Priscila Contarini Machado, portador do registro profissional CREA/MG: 244721/D.

#### **1.5. EMPRESA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA ELÉTRICA**

A empresa responsável pela distribuição de energia elétrica no município de Córrego Fundo/MG é a Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, situada na Avenida Barbacena, nº 1200, Santo Agostinho - Belo Horizonte. CP 992 - CEP: 30190-131 Belo Horizonte - Minas Gerais, inscrita no CNPJ sob o nº 17.155.730/0001-64.

#### **1.6. LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS**

Os desenhos, equipamentos e materiais do projeto, cumprem as recomendações constantes dos seguintes documentos e normas:

- MÓDULO 3 (PRODIST) – Modulo 3 do Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) – Acesso ao Sistema de Distribuição -Seção 3.7.
- MÓDULO 8 (PRODIST) – Modulo 8 da Resolução Nº 395 de 2009 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão.
- ABNT NBR IEC 62116 – Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.
- ABNT NBR 16149 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 482 – Resolução Nº 482 de 17 de abril de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 687 – Resolução Nº 687 de 24 de Novembro de 2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 414 – Resolução Nº 414 de 09 de setembro de 2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 517 – Resolução Nº 517 de 11 de dezembro de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ABNT NBR 16150 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimento de ensaio de conformidade.
- GED 15303 – Conexão de Micro e Minigeração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

#### **1.7. INSTALAÇÃO DA MICRO USINA FOTOVOLTAICA**

##### **1.7.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS**

O sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica será composto pelos seguintes elementos (Ver figura 1):

- Módulos fotovoltaicos;
- Estrutura metálica de suporte dos módulos fotovoltaicos;
- Inversor AC/DC;

- Cabos de conexão;
- Dispositivos de proteção CC e CA.

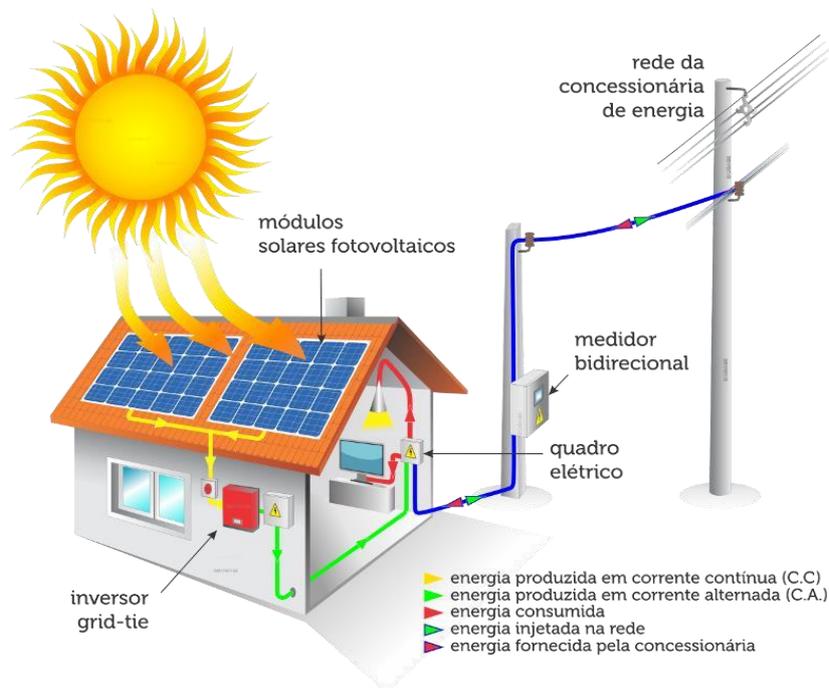


Figura 1: Ilustração geral de uma micro usina de geração solar fotovoltaica.

O sistema de geração fotovoltaica é composto por agrupamentos de módulos fotovoltaicos (séries e/ou paralelos), cada módulo por sua vez é composto de diversas células fotovoltaicas (as células fotovoltaicas captam a luz do sol, fonte primária de energia, transformando a energia luminosa em energia elétrica).

Os módulos fotovoltaicos são montados sobre a estrutura metálica, denominado de suporte dos módulos, que por sua vez são fixados sobre o telhado de forma adequada. Os cabos provenientes dos módulos se conectam diretamente ao inversor no caso de utilização de micro inversores, ou no caso de utilização inversor se conectam entre si formando os agrupamentos de módulos, que por sua vez se conectam por meio da caixa de junção ao inversor.

O inversor transforma a corrente contínua (CC) em corrente alternada (AC). A energia elétrica produzida é consumida pelo local da instalação ao qual está conectada, ou é injetada na rede elétrica, por meio do ponto de entrega de energia da distribuidora, caso a demanda seja inferior a energia produzida.

A quantidade de energia gerada em um dia por um sistema fotovoltaico é proporcional à irradiação disponível no plano dos módulos fotovoltaicos. A energia gerada pelos módulos fotovoltaicos, em corrente contínua, é fornecida ao inversor, que por sua vez a converte em corrente alternada e a injeta na rede de forma sincronizada com a frequência da rede, no caso 60Hz. Durante a noite o inversor deixa de operar e se mantém em estado de "stand by", com o objetivo de minimizar o consumo do sistema. O inversor monitora a tensão e a frequência da rede, entrando em operação somente quando os valores dessas grandezas, em sua saída, estão dentro da faixa de regime normal de operação. O conjunto de proteções de conexão dos inversores não permite que funcione de forma ilhada, ou seja, em caso de falha da rede elétrica a planta de geração solar fotovoltaica é desligada automaticamente (Trip).

### 1.7.2. MÓDULO FOTOVOLTAICO

O módulo fotovoltaico deverá ser constituído de células de silício mono ou policristalino, possuir robustas esquadrias de alumínio resistente à corrosão e independentemente ser testado para suportar altas cargas de vento e cargas de neve. Os módulos deverão dispor das certificações de qualidade ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 e OHSAS 18001:2007. O módulo fotovoltaico deverá apresentar elevada eficiência e classificação "A" pelo INMETRO. A garantia do produto contra defeitos de fabricação deverá ser de no mínimo de 10 anos de duração. A garantia de produção mínima deverá ser de 90% após 10 anos e 80% após 25 anos, de sua potência nominal (Wp). A seguir, estão presentes as características técnicas do módulo utilizado no projeto:

*Tabela 1: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.*

Marca	-
Modelo	-
Tecnologia	Mono ou Poli cristalino
Potência Nominal - P em (Wp)	470
Tensão de Circuito Aberto - Voc (V)	52,14
Tensão de Máxima Potência - Vmp (V)	43,28
Corrente de Curto-Circuito - Isc (A)	11,68
Corrente de Máxima Potência - Imp (A)	10,86
Coef. Temperatura da Potência (%/°C)	-0,35
Coef. Temperatura Isc (%/°C)	0,048
Coef. Temperatura Voc (%/°C)	-0,28
NOCT (°C)	45 +/- 2
Comprimento (mm)	2182
Largura (mm)	1029
Altura (mm)	35
Peso (Kg)	25

### 1.7.3. INVERSOR SOLAR

O inversor é o equipamento responsável por transformar a energia elétrica gerada nos módulos fotovoltaicos, em corrente contínua (DC), na forma de corrente alternada (AC) para entregar à rede.

Em casos de perda ou anormalidades de tensão e frequência na rede AC, o inversor deixa de fornecer energia AC, evitando o funcionamento ilhado, ficando então a garantia de segurança para os trabalhadores de manutenção da rede elétrica da companhia de distribuição de energia elétrica. Voltando os valores de tensão e frequência à sua normalidade, o inversor se conecta novamente automaticamente à rede.

Os inversores aplicados em sistemas fotovoltaicos devem atender aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR IEC 62116. Funcionará também como dispositivo de monitoramento de isolamento, para desconexão automática da instalação fotovoltaica, no caso de perda da resistência de isolamento.

O lado de corrente contínua (DC) do inversor, será conectado aos módulos fotovoltaicos, e o lado de corrente alternada (AC), será conectado ao ponto de distribuição elétrica mais próximo

da planta fotovoltaica, com tensão trifásica de saída AC de 220 V. Como a tensão F/N do ponto de conexão projetado é de 127 V, as fases de saída do inversor, que possuem tensão de 380 V F/F, serão ligadas respectivamente entre as fases R, S e T por meio de um transformador abaixador 380/220 V. Abaixo o diagrama fasorial com exemplificação da conexão entre as fases R/S

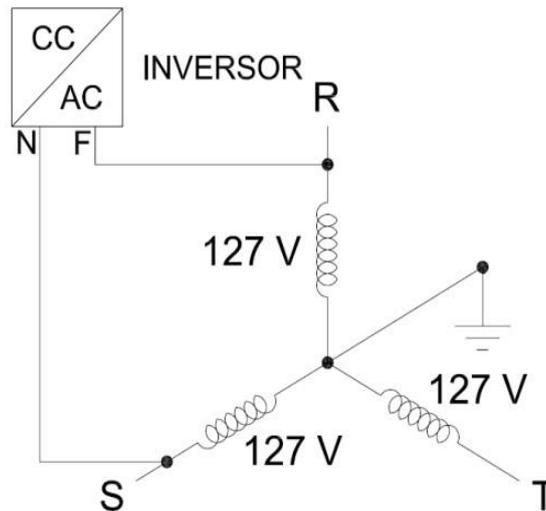


Figura 2: Diagrama Fasorial de conexão do inversor à rede.

O inversor será do tipo microprocessado, garantindo que a corrente alternada será uma curva senoidal com o mínimo de distorção.

O inversor é especialmente projetado para perseguir o ponto de máxima transferência de potência do gerador fotovoltaico (MPPT), e entregar esta potência a rede com o mínimo de perdas possíveis. O inversor a ser utilizado garante uma ótima qualidade de energia com baixa distorção harmônica (<3,0%).

Ele atua como uma fonte de corrente sincronizado com a rede, do tipo auto comutação, por meio de bandas de histerese de operação. Tem a função de anti-ilhamento, através da medição da impedância da rede.

O equipamento é parametrizado pelo fabricante de acordo com a “ABNT NBR 16149:2013, capítulo 4 Compatibilidade com a rede e capítulo 5 – Segurança pessoal e proteção do sistema FV”, quanto às faixas de operação normal de: Tensão AC, Injeção de Componente CC, Frequência (Hz), Fator de Potência, Distorção harmônica de corrente, Proteção contra ilhamento, Reconexão, Isolação e Seccionamento.

Para poder comparar as eficiências de diferentes células ou módulos fotovoltaicos, foi criado um padrão chamado STC, *Standard Test Condition* (condição de teste padrão), no qual o módulo fotovoltaico é exposto há uma irradiância correspondente a 1.000W/m<sup>2</sup>, temperatura de 25° C e AM=1.5. O nome AM vem de massa de ar, (Air Mass em inglês) e 1.5 é o espectro Solar para um dado angulo de inclinação (ângulo zenital).

O inversor pode continuar injetando energia para a rede em termos de irradiação Solar 10% maior do que STC, incluindo 30% maior por apenas 10 segundos, isso ocorre quando a radiação solar supera o valor de 1.000 W/m<sup>2</sup>.

Quando atinge valores de irradiação maiores que 30% de STC, o inversor sai do ponto de potência máxima, e vai para um ponto de potência mais baixo, garantindo que valores de potência elevada não venham prejudicar o equipamento que é dimensionado em função de STC. Enquanto

a tensão de entrada permanece dentro da faixa de segurança, o inversor não é prejudicado. Para garantir isso, a unidade foi dimensionada com uma tensão de circuito aberto que está sempre abaixo da tensão máxima de entrada do inversor.

O inversor possui um rendimento de 96,0% a 100% da potência nominal. Em operação seu consumo estimado é inferior a 30 W, e a noite fora de operação, o consumo é menor que 1 W. Tem um fator de potência superior a 0,99, para a faixa de potência requerida.

O equipamento conta com classe de proteção IP-65, com uma faixa de temperatura tolerável, de -40°C a +55°C, e uma umidade relativa de 0 a 100%. A seguir estão às principais características do inversor utilizado no projeto:

*Tabela 2: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DO INVERSOR.*

Marca	-
Modelo	-
Potência Fotovoltaica máx. (kWp)	112,5
Tensão Máxima DC	1100
Tensão Mínima DC	250
Corrente Máxima MPPT DC (A)	26
Corrente Máxima de curto MPPT DC (A)	32
Potência AC (kW)	75
Corrente Máxima AC (A)	120,8
Tensão AC	380
Conexão AC (Monofásico/Trifásico)	Trifásico
Dimensões (mm)	860×600×300
Peso (Kg)	82
Grau de Proteção IP	65
Frequência (Hz)	60

#### 1.7.4. ESTRUTURA METÁLICA

A instalação deverá ser equipada com uma estrutura baseada em perfis de alumínio ultraleve para evitar corrosão por conta de intempéries. Estas estruturas de apoio para módulos fotovoltaicos são calculadas tendo em conta o peso da carga de vento para a área em questão, e a altitude da instalação. Os pontos de fixação para o módulo fotovoltaico são calculados para uma perfeita distribuição de peso na estrutura, seguindo todas as recomendações do fabricante.

O desenho da estrutura deve basear-se no ângulo de orientação e declive especificada para o módulo fotovoltaico, dada a facilidade de montagem e desmontagem, e a eventual necessidade de substituição de elementos. Os módulos serão prestados fora das sombras das paredes e fixados a própria estrutura.

O modelo adotado para esta instalação será conforme a figura 3, a seguir:

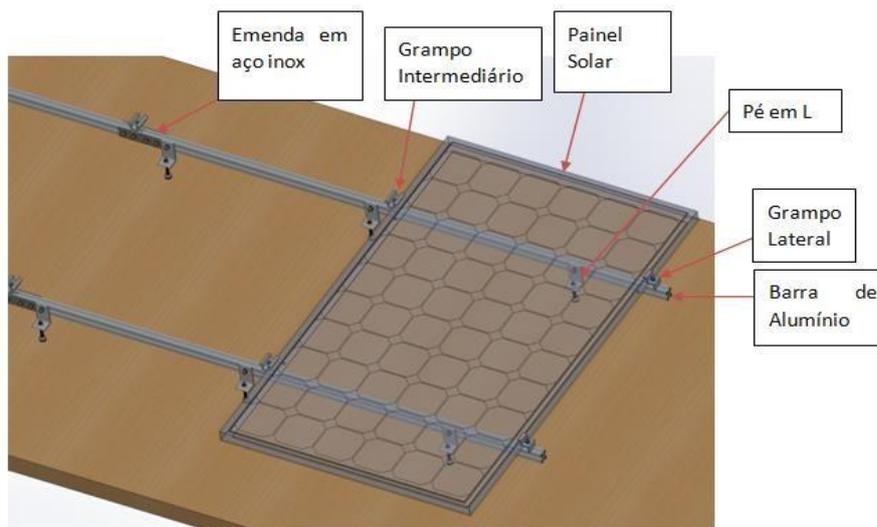


Figura 3: Sistema de fixação dos módulos.

#### 1.7.5. PADRÃO DE ENTRADA

O padrão de entrada deverá ser montado conforme a norma GED 15303 - Conexão de Micro e Mini Geração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica. No padrão de entrada será colocado uma ou mais placas de advertência, confeccionadas em aço inoxidável ou alumínio anodizado, deverá ser afixada de forma permanente na tampa da caixa de medição do padrão de entrada ou cabine primária da unidade consumidora, com os dizeres “CUIDADO – RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA”, com gravação indelével.



Figura 4: Placa de advertência a ser fixada em frente ao padrão de entrada.

A seguir informações do fornecimento de energia:

**CARGA INSTALADA:** 0 kW

**CONEXÃO:** 4 FIOS (TRIFÁSICO 127/220V)

#### 1.7.6. MEDIDOR BIDIRECIONAL

O sistema de medição de energia utilizado pelo usuário deverá ser tipo bidirecional. Em outras palavras, o medidor instalado na entrada deste usuário, será capaz de registrar o consumo

e a geração de eletricidade. Este medidor bidirecional certificado pelo INMETRO é homologado pela CEMIG, e será instalado pela mesma.

Este medidor deverá ser montado conforme a norma GED 15303 - Conexão de Micro e Mini Geração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica. O consumo corresponde ao fluxo de potência com o sentido tradicional da concessionária para o usuário. A geração corresponde à injeção ou exportação de energia para a rede elétrica, que ocorrerá nos instantes em que a geração fotovoltaica for superior ao consumo da unidade consumidora.

O medidor do tipo bidirecional deverá ter dois registradores, com numerações distintas, um para o consumo e outro para a geração de eletricidade. Isso permitirá a apresentação de dois valores, um de geração e outro de consumo, nas faturas de eletricidade dos usuários que possuem um sistema fotovoltaico registrado junto à concessionária. As concessionárias serão responsáveis pela troca do medidor convencional pelo medidor bidirecional, cabendo ao acessante cobrir as despesas deste equipamento para com a CEMIG, pagando o custo total em caso de padrão de entrada novo, ou a diferença, entre o custo do medidor bidirecional e o existente.

Existe um único ponto de conexão do medidor com a rede elétrica, no qual pode ocorrer, entrada ou saída de energia. O gerador fotovoltaico será conectado ao quadro elétrico mais próximo da planta, e as cargas são alimentadas por meio deste.

#### 1.7.7. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CC E AC

Para a proteção dos equipamentos do sistema, das instalações e das pessoas, deverão ser incorporados aos circuitos CC (Corrente Contínua) e AC (Corrente Alternada) os seguintes dispositivos de proteção:

- CIRCUITO DE CORRENTE CONTÍNUA:

DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto);

Disjuntor Termomagnético ou Seccionador CC;

- CIRCUITO DE CORRENTE ALTERNADA:

DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto);

Disjuntor Termomagnético;

Todos os equipamentos de proteção deverão ser condicionados em quadros elétricos com proteção contra intempéries, devidamente sinalizados, para a proteção e instrução de pessoal autorizado, quanto às manobras de operação dos dispositivos de proteção, em caso de manutenções futuras.

Caso o inversor apresente incorporado a ele alguma das proteções aqui descritas, será dispensado o uso de equipamento externo.

#### 1.7.8. CONDUTORES E ELETRODUTOS

Todos os condutores deverão ser de cobre, preferencialmente se utilizará cabos flexíveis, adequados para uso em intempéries, e sua seção será a suficiente para assegurar que a queda de tensão no cabeamento seja compatível com o estabelecido na norma ABNT NBR 5410.

O circuito entre a série de módulos e a entrada CC do inversor, deverá ser composto por cabos preparados para ambientes externos com seção entre 4 e 6 mm<sup>2</sup>. Serão utilizados

conectores do tipo MC4, concebidos especificamente para utilização em sistemas fotovoltaicos para interligar os módulos um ao outro em série e/ou paralelo no circuito ou diretamente ao inversor. Os módulos fotovoltaicos já saem de fábrica com cabo adequado e conectores do tipo MC4. Como a entrada CC do inversor já é preparada para este tipo de conector, isso melhora a qualidade da instalação e facilita a conexão entre os módulos, além de apresentar melhor durabilidade que outros tipos de conectores, quando expostos as condições climáticas típicas de sistemas fotovoltaicos. Os cabos entre o inversor e a caixa de proteção e entre a caixa de proteção e a conexão com a rede, serão dimensionados de acordo os critérios definidos pela ABNT NBR 5410. Os circuitos serão acondicionados preferencialmente em eletrodutos e os cabos serão de cobre isolado do tipo HEPR 0,6/1 kV de tensão nominal não inferior a 1.000 V de isolamento.

## 2. CÁLCULOS E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

### 2.1. CÁLCULO DA PRODUÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

#### 2.1.1. OBJETIVO

Esta seção apresenta a estimativa dos cálculos da produção de energia elétrica, que terá a instalação fotovoltaica, e que são parte do memorial descritivo submetido à aprovação da concessionária.

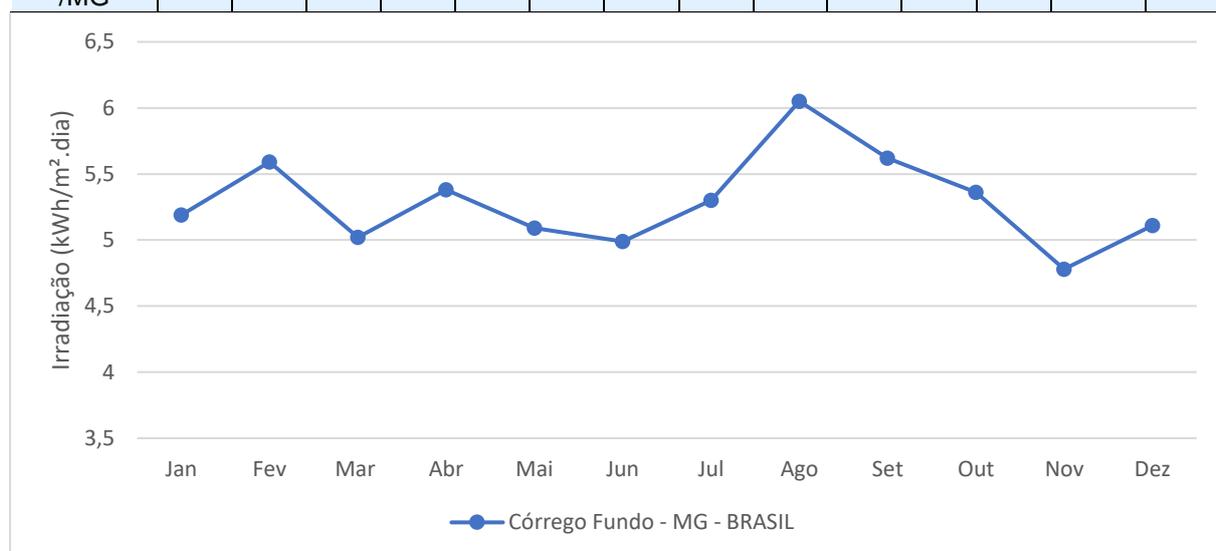
#### 2.1.2. IRRADIAÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

Para a irradiância média mensal e anual sobre superfície horizontal e inclinada G<sub>dm</sub>(0) em kWh/m<sup>2</sup>.dia, se utilizam dados do CRESESB – *SunData 3.0* - Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE).

Para a localidade de Córrego Fundo/MG, conforme coordenadas próximas das indicadas no item 1.3.2, temos:

Tabela 3: Dados de irradiação em kWh/m<sup>2</sup>.dia para a localidade de Córrego Fundos/MG.

Município	Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
C. Fundo /MG	5,19	5,59	5,02	5,38	5,09	4,99	5,30	6,05	5,62	5,36	4,78	5,11	5,29	1,27



#### 2.1.3. CÁLCULO DE PRODUÇÃO ANUAL ESTIMADA DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

Conforme dados do *SunData 3.0*, de acordo com dados de Irradiação Global Inclinada, para o município de Córrego Fundo/MG, e tamanho do sistema apresentado, considerando uma inclinação de 20° dos módulos e um desvio de orientação de 8° com relação ao Norte (Geográfico), temos:

- Média anual GHI = 5,29 kWh/m<sup>2</sup>.dia
- Potência nominal dos inversores = 75 kW
- Potência total de módulos = 103,4 kWp
- Eficiência do sistema = 74,68 %

Calculando, temos a seguinte capacidade de geração esperada:

Tabela 4: CONSUMO MENSAL X GERAÇÃO MENSAL ESPERADA.

Energia consumida mensal x Energia projetada mensal		
Mês	Consumo medido (kWh)	Geração projetada (kWh)
Janeiro	100	12.424
Fevereiro	100	12.086
Março	100	12.017
Abril	100	12.463
Maio	100	12.184
Junho	100	11.560
Julho	100	12.687
Agosto	100	14.482
Setembro	100	13.019
Outubro	100	12.831
Novembro	100	11.073
Dezembro	100	12.232
<b>Média Anual</b>	<b>100</b>	<b>12.422</b>

\*Foi subtraída do total consumido 100 kWh/mês para padrão Trifásico, 50 kWh/mês para padrão Bifásico e 30 kWh/mês para padrão Monofásico, que correspondem à taxa mínima cobrada pela concessionária.

**Observação:** A geração média mensal, anualizada, contratada é de 12.000 kWh/mês.

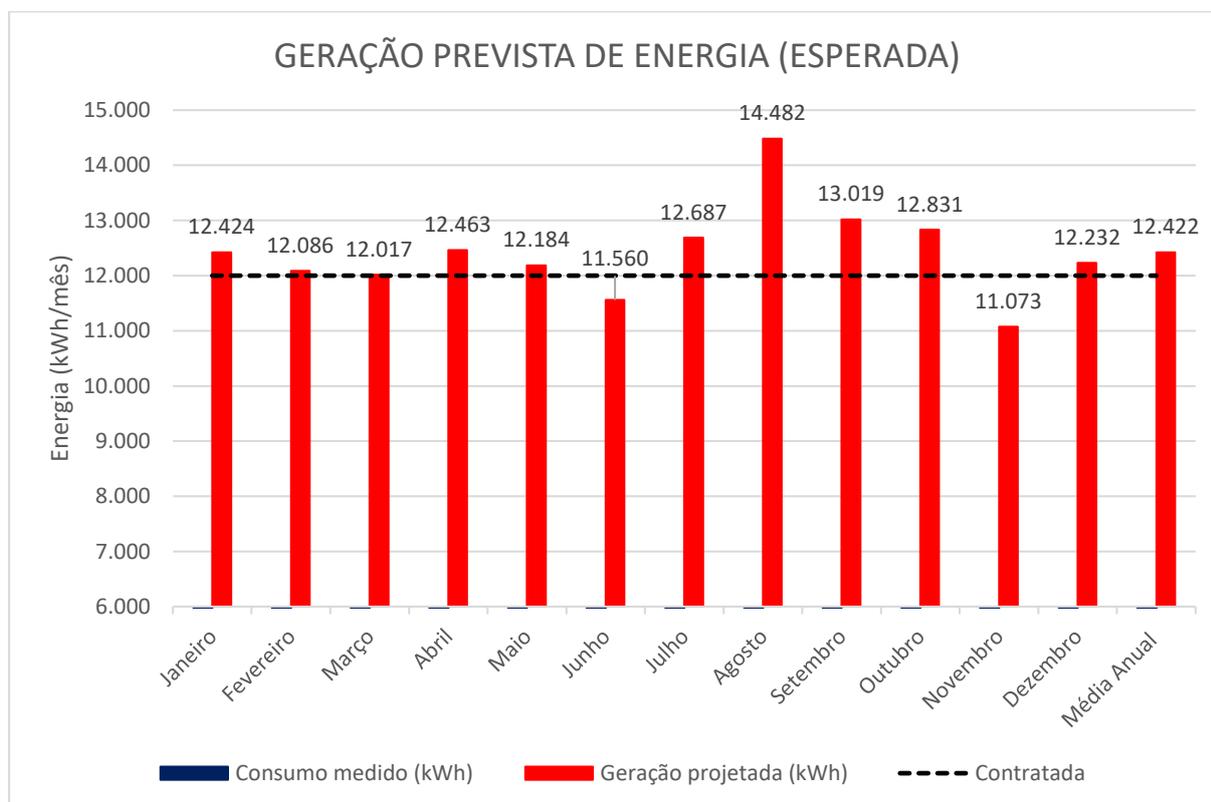


Figura 5: Geração esperada (Base mensal).

**Observação:** Todos os dados apresentados no item 2.1 são estimados com base em dados históricos de irradiação solar fornecidos pelo CRESESB – SunData 3.0 - Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE). Dessa forma, é natural ocorrerem variações para mais ou para menos nos volumes estimados de geração de energia.

## 2.2. SUSTENTABILIDADE

### 2.2.1. OBJETIVO

Este tópico tem como objetivo apresentar os efeitos que o sistema de geração de energia solar fotovoltaica tem com o meio ambiente.

### 2.2.2. REDUÇÃO DA EMISSÃO DE CO<sub>2</sub>

A redução da emissão de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) é uma questão ambiental que vem sendo tratada há muitos anos. Apesar das fontes de energia da Matriz Elétrica Brasileira serem boa parte constituídas de fontes renováveis, ainda sim emitem gases como o CO<sub>2</sub> na atmosfera.

A energia solar fotovoltaica por sua vez não apresenta emissão de CO<sub>2</sub> na produção de energia elétrica. Desta forma é possível utilizar esta energia sem agredir o meio ambiente.

Este projeto prevê uma geração média anual 149,1 MWh/ano. Esta energia gerada equivale à quantidade de energia que deixou de ser utilizada da Matriz Elétrica Brasileira.

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações disponibiliza a média de emissão de CO<sub>2</sub> resultante da energia elétrica utilizada pelo Sistema Interligado Nacional (SIN) do Brasil. Entre os anos de 2012 e 2021 foi emitido em média 0,0933 tCO<sub>2</sub>/MWh (toneladas de Dióxido de Carbono por Mega Watt-hora).

Este projeto estima uma redução na emissão de gases na atmosfera de 13,9 toneladas de Dióxido de Carbono por ano.

Fazendo uma comparação, a redução de emissão de 13,9 toneladas Dióxido de Carbono equivale ao plantio de 99 árvores nos seus primeiros 20 anos de idade.



Figura 6: Redução da Emissão de CO<sub>2</sub> e Árvores plantadas por ano.

## 2.3. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

### 2.3.1. OBJETIVO

Este tópico exibe os cálculos para o dimensionamento da instalação fotovoltaica e conexão dos módulos fotovoltaicos aos inversores.

### 2.3.2. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

A conexão dos módulos fotovoltaicos faz-se tendo em conta as descrições elétricas de entrada do inversor. A tensão de máxima potência de cada série deve estar dentro da faixa de tensão de máxima potência do inversor. Isto deve cumprir-se em condições semelhante aos padrões de teste STC e a 60 °C de temperatura de célula solar. A tensão de circuito aberto de cada

serie com uma temperatura de célula de 10 °C deve estar dentro da faixa de tensão de máxima transferência de potência do inversor.

A tensão de cada série tende a aumentar com a diminuição da temperatura. O quanto diminui esta tensão por grau °C acima do padrão de teste está indicado no *datasheet* dos módulos. A corrente de curto-circuito de todas as séries deve ser inferior à intensidade de corrente contínua máxima do inversor. A seguir dados do dimensionamento da instalação em função do *Standard Test Condition* (Condição de Teste Padrão) dos módulos fotovoltaicos:

Tabela 5: DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO.

Número de inversores	1
Número de entradas MPPT por inversor	7
Número de Arranjos	14
Número de módulos	220
Potência total de módulos (kWp)	103,4 (220x0,470)
Potência total de inversores (kW)	75,0 (1x75,0)
Faixa de temperatura operação da célula (°C)	-40 ~ +85

Tabela 6: DIMENSIONAMENTO DO AGRUPAMENTO DE MÓDULOS GERADORES.

Inclinação ( $\beta$ )	20°
Azimute ( $\alpha$ )	8°
Número de Arranjos (respectivamente)	4 e 10
Número de Módulos por Série (respectivamente)	15 e 16
Número de Séries em Paralelo	2 por MPPT
Número total de Módulos	220

## 2.4. CÁLCULOS ELÉTRICOS

### 2.4.1. OBJETIVO

Este tópico exhibe os cálculos elétricos e/ou a normas consultadas para dimensionar os condutores e proteções da instalação fotovoltaica.

### 2.4.2. DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Para o dimensionamento técnico dos circuitos foram considerados os critérios estabelecidos na NBR 5410/2004 relativos à escolha da seção de um condutor e seus respectivos dispositivos de proteção.

### 2.4.3. SEÇÃO MÍNIMA E CAPACIDADE DE CONDUÇÃO

Para se definir a seção do condutor de acordo com a NBR 5410/2004 é necessário calcular a corrente do circuito. Esta pode ser obtida por meio das folhas de dados dos equipamentos, como inversores e módulos ou calculada com as equações a seguir.

$$I = \frac{P}{V} * \cos \varphi \quad , \text{ para circuitos monofásicos (1)}$$

$$I = \frac{P}{V * \sqrt{3} * \cos \varphi}, \text{ para circuitos trifásicos (2)}$$

Onde:  $I$  : corrente circulante (A)

$P$  : Potência total (W)

$V$  : tensão de alimentação (V)

$\cos \varphi$  : fator de potência

#### 2.4.4. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DE CADA CIRCUITO

Tabela 7: DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS.

DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS								
DE	PARA	POT. MÁX. (kWp)	CORRENTE (A)	TENSÃO (V)	nº MÓD. SÉRIE (un)	SEÇÃO NOM. (mm <sup>2</sup> )	COMP. (m)	QUEDA DE TENSÃO (%)
Módulos	Inversor (MPPT 1- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	56	0,74
Módulos	Inversor (MPPT 1- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	54	0,72
Módulos	Inversor (MPPT 2- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	49	0,65
Módulos	Inversor (MPPT 2- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	47	0,62
Módulos	Inversor (MPPT 3- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	41	0,54
Módulos	Inversor (MPPT 3- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	40	0,53
Módulos	Inversor (MPPT 4- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	34	0,45
Módulos	Inversor (MPPT 4- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	32	0,42
Módulos	Inversor (MPPT 5- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	26	0,34
Módulos	Inversor (MPPT 5- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	24	0,32
Módulos	Inversor (MPPT 6- ENT 1)	7,05	11,68	782,1	15	6	19	0,27
Módulos	Inversor (MPPT 6- ENT 2)	7,05	11,68	782,1	15	6	17	0,24
Módulos	Inversor (MPPT 7- ENT 1)	7,05	11,68	782,1	15	6	11	0,16
Módulos	Inversor (MPPT 7- ENT 2)	7,05	11,68	782,1	15	6	9	0,13
Inversor 75 kW	Transformador	75	120,8	380	-	50	5	0,10
Transformador	Conexão com a rede	75	196,8	220	-	95	8	0,23

Tabela 8: PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS.

PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS			
DE	PARA	PROTEÇÃO	
Módulos	Inversor	DPS CC 1.000 V/ 40 kA	SECCIONADORA 1.000Vcc /32 A
Inversor	Transformador	DPS CA CLASSE II 175 V/ 20 kA	DISJUNTOR 150 A TRIPOLAR
Transformador	Conexão com a rede		DISJUNTOR 200 A TRIPOLAR

## 2.5. ATERRAMENTO

### 2.5.1. ATERRAMENTO DE INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

A instalação de aterramento cumpre com os requisitos da norma ABNT NBR 5419, proteções de estruturas contra descargas atmosféricas. Toda peça condutora da instalação elétrica que não faça parte dos circuitos elétricos, mas que, eventualmente ou acidentalmente, possa ficar sob tensão, deve ser aterrada, desde que esteja em local acessível a contatos. A este aterramento se conectará a estrutura de fixação dos geradores fotovoltaicos e o borne de aterramento do inversor. O sistema de aterramento da instalação fotovoltaica deve ser interligado ao sistema de aterramento principal da instalação.

O aterramento está presente em diversos sistemas de proteção dentro da instalação fotovoltaica: proteção contra choques, contra descargas atmosféricas, contra sobtensões, proteção de linhas de sinais, equipamentos eletrônicos e proteções contra descargas eletrostáticas.

O valor da resistência de aterramento será tal que qualquer massa não possa dar tensões de contato superiores a 25 V (situação 2 tabela C.2 ABNT NBR 5410:2004).

A norma brasileira de proteção contra descargas atmosféricas (NBR 5419) recomenda uma resistência de terra com valor máximo de 10 ohms, para isto é necessário conhecer o tipo e a resistividade do solo e as opções de aterramento.

### 3. DOCUMENTOS PARA ENVIO À DISTRIBUIDORA

Apresentar à concessionária responsável pela distribuição de energia no município de Córrego Fundo/MG, a CEMIG, os Desenhos, Diagrama Unifilar, Descrição Técnica dos Equipamentos, Proteções e Formulários para obtenção da autorização de acesso e registro da unidade geradora junto a ANEEL. A seguir a lista dos arquivos que serão enviados para aprovação da CEMIG pelo portal APR WEB (<https://web.cemig.com.br/PARTAPR/SelecaoModulo.aspx>):

- ANEXO 1 – ART
- ANEXO 2 – PROJETO ELÉTRICO
- ANEXO 3 – DETALHES DE REGISTRO DO INVERSOR
- ANEXO 4 – FORMULÁRIO GD

Declaro que as informações apresentadas neste memorial descritivo estão corretas e fazem jus ao que será efetivamente realizado no local.

Córrego Fundo, 20 de Maio de 2022.



Priscila Contarini Machado – Engenheira Eletricista  
CREA/MG: 244721/D

**Memorial Descritivo do Sistema de Microgeração Fotovoltaica, SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE CÓRREGO FUNDO – SAAE, conectado à rede elétrica de BT – Sistema ON-GRID.**

## SUMÁRIO

1.	MEMORIAL DESCRITIVO .....	1
1.1.	JUSTIFICATIVA .....	1
1.2.	OBJETIVO .....	1
1.3.	UNIDADES GERADORAS E CONSUMIDORAS .....	1
1.3.1.	LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE GERADORA .....	1
1.4.	EMPRESA EXECUTORA DO PROJETO .....	2
1.5.	EMPRESA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA ELÉTRICA .....	2
1.6.	LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS .....	2
1.7.	INSTALAÇÃO DA MICRO USINA FOTOVOLTAICA .....	2
1.7.1.	CARACTERÍSTICAS GERAIS .....	2
1.7.2.	MÓDULO FOTOVOLTAICO .....	4
1.7.3.	INVERSOR SOLAR .....	4
1.7.4.	ESTRUTURA METÁLICA .....	6
1.7.5.	PADRÃO DE ENTRADA .....	7
1.7.6.	MEDIDOR BIDIRECIONAL .....	7
1.7.7.	DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CC E CA .....	8
1.7.8.	CONDUTORES E ELETRODUTOS .....	8
2.	CÁLCULOS E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA .....	10
2.1.	CÁLCULO DA PRODUÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	10
2.1.1.	OBJETIVO .....	10
2.1.2.	IRRADIAÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	10
2.1.3.	CÁLCULO DE PRODUÇÃO ANUAL ESTIMADA DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	10
2.2.	SUSTENTABILIDADE .....	12
2.2.1.	OBJETIVO .....	12
2.2.2.	REDUÇÃO DA EMISSÃO DE CO <sub>2</sub> .....	12
2.3.	DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	12
2.3.1.	OBJETIVO .....	12
2.3.2.	DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	12
2.4.	CÁLCULOS ELÉTRICOS .....	13
2.4.1.	OBJETIVO .....	13
2.4.2.	DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS .....	13
2.4.3.	SEÇÃO MÍNIMA E CAPACIDADE DE CONDUÇÃO .....	13
2.4.4.	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DE CADA CIRCUITO .....	14
2.5.	ATERRAMENTO .....	15
2.5.1.	ATERRAMENTO DE INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	15

3. DOCUMENTOS PARA ENVIO À DISTRIBUIDORA..... 16

## 1. MEMORIAL DESCRITIVO

### 1.1. JUSTIFICATIVA

O acessante SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE CÓRREGO FUNDO - SAAE pretende instalar uma usina de geração de energia solar fotovoltaica de 75,0 kW de potência, cuja finalidade é a geração de energia elétrica e injeção de excedente de energia na rede de Baixa Tensão da concessionária distribuidora de energia, CEMIG, caracterizando o sistema de compensação de energia elétrica previsto na REN nº 482 da ANEEL.

### 1.2. OBJETIVO

Este memorial descritivo tem como objetivo apresentar informações e a descrição dos requisitos adotados para a elaboração do projeto elétrico e execução das instalações da usina Solar Fotovoltaica conectada à Rede Elétrica CEMIG em baixa tensão (BT), bem como apresentação dos requisitos para obtenção da autorização de acesso e registro da unidade geradora junto a ANEEL.

### 1.3. UNIDADES GERADORAS E CONSUMIDORAS

A usina de geração solar fotovoltaica será instalada na RUA OURO, Nº 50, MARIO VELOSO no município de CÓRREGO FUNDO/MG.

#### 1.3.1. LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE GERADORA

NOME: SERVIÇO A. DE ÁGUA E ESGOTO

CNPJ: 09.166.603/0001-32

NÚMERO DO CLIENTE: 7008214414

NÚMERO DA INSTALAÇÃO: LIGAÇÃO NOVA

**LOCALIZAÇÃO DO PADRÃO: 20°26'49.3"S 45°33'57.2"W ou Fuso 23 (440973,7738947)**



#### **1.4. EMPRESA EXECUTORA DO PROJETO**

A engenheira contratada para desenvolvimento do projeto do sistema fotovoltaico é da cidade de Arcos/MG. A projetista da usina de Microgeração Solar Fotovoltaica é a Engenheira Eletricista Priscila Contarini Machado, portador do registro profissional CREA/MG: 244721/D.

#### **1.5. EMPRESA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA ELÉTRICA**

A empresa responsável pela distribuição de energia elétrica no município de Córrego Fundo/MG é a Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, situada na Avenida Barbacena, nº 1200, Santo Agostinho - Belo Horizonte. CP 992 - CEP: 30190-131 Belo Horizonte - Minas Gerais, inscrita no CNPJ sob o nº 17.155.730/0001-64.

#### **1.6. LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS**

Os desenhos, equipamentos e materiais do projeto, cumprem as recomendações constantes dos seguintes documentos e normas:

- MÓDULO 3 (PRODIST) – Modulo 3 do Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) – Acesso ao Sistema de Distribuição -Seção 3.7.
- MÓDULO 8 (PRODIST) – Modulo 8 da Resolução Nº 395 de 2009 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão.
- ABNT NBR IEC 62116 – Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.
- ABNT NBR 16149 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 482 – Resolução Nº 482 de 17 de abril de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 687 – Resolução Nº 687 de 24 de Novembro de 2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 414 – Resolução Nº 414 de 09 de setembro de 2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 517 – Resolução Nº 517 de 11 de dezembro de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ABNT NBR 16150 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimento de ensaio de conformidade.
- GED 15303 – Conexão de Micro e Minigeração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

#### **1.7. INSTALAÇÃO DA MICRO USINA FOTOVOLTAICA**

##### **1.7.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS**

O sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica será composto pelos seguintes elementos (Ver figura 1):

- Módulos fotovoltaicos;
- Estrutura metálica de suporte dos módulos fotovoltaicos;
- Inversor AC/DC;

- Cabos de conexão;
- Dispositivos de proteção CC e CA.

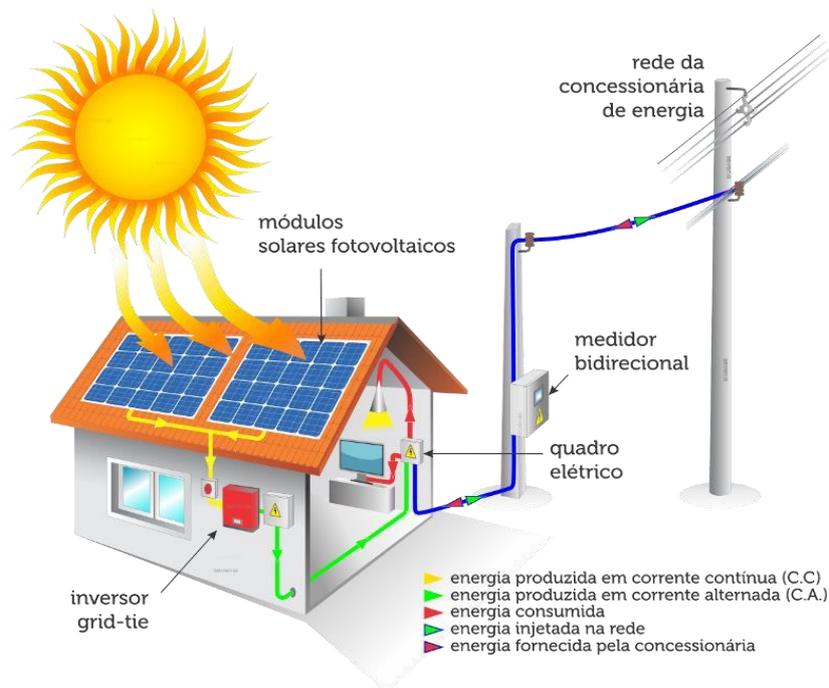


Figura 1: Ilustração geral de uma micro usina de geração solar fotovoltaica.

O sistema de geração fotovoltaica é composto por agrupamentos de módulos fotovoltaicos (séries e/ou paralelos), cada módulo por sua vez é composto de diversas células fotovoltaicas (as células fotovoltaicas captam a luz do sol, fonte primária de energia, transformando a energia luminosa em energia elétrica).

Os módulos fotovoltaicos são montados sobre a estrutura metálica, denominado de suporte dos módulos, que por sua vez são fixados sobre o telhado de forma adequada. Os cabos provenientes dos módulos se conectam diretamente ao inversor no caso de utilização de micro inversores, ou no caso de utilização inversor se conectam entre si formando os agrupamentos de módulos, que por sua vez se conectam por meio da caixa de junção ao inversor.

O inversor transforma a corrente contínua (CC) em corrente alternada (AC). A energia elétrica produzida é consumida pelo local da instalação ao qual está conectada, ou é injetada na rede elétrica, por meio do ponto de entrega de energia da distribuidora, caso a demanda seja inferior a energia produzida.

A quantidade de energia gerada em um dia por um sistema fotovoltaico é proporcional à irradiação disponível no plano dos módulos fotovoltaicos. A energia gerada pelos módulos fotovoltaicos, em corrente contínua, é fornecida ao inversor, que por sua vez a converte em corrente alternada e a injeta na rede de forma sincronizada com a frequência da rede, no caso 60Hz. Durante a noite o inversor deixa de operar e se mantém em estado de "stand by", com o objetivo de minimizar o consumo do sistema. O inversor monitora a tensão e a frequência da rede, entrando em operação somente quando os valores dessas grandezas, em sua saída, estão dentro da faixa de regime normal de operação. O conjunto de proteções de conexão dos inversores não permite que funcione de forma ilhada, ou seja, em caso de falha da rede elétrica a planta de geração solar fotovoltaica é desligada automaticamente (Trip).

### 1.7.2. MÓDULO FOTOVOLTAICO

O módulo fotovoltaico deverá ser constituído de células de silício mono ou policristalino, possuir robustas esquadrias de alumínio resistente à corrosão e independentemente ser testado para suportar altas cargas de vento e cargas de neve. Os módulos deverão dispor das certificações de qualidade ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 e OHSAS 18001:2007. O módulo fotovoltaico deverá apresentar elevada eficiência e classificação "A" pelo INMETRO. A garantia do produto contra defeitos de fabricação deverá ser de no mínimo de 10 anos de duração. A garantia de produção mínima deverá ser de 90% após 10 anos e 80% após 25 anos, de sua potência nominal (Wp). A seguir, estão presentes as características técnicas do módulo utilizado no projeto:

*Tabela 1: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.*

Marca	-
Modelo	-
Tecnologia	Mono ou Poli cristalino
Potência Nominal - P em (Wp)	470
Tensão de Circuito Aberto - Voc (V)	52,14
Tensão de Máxima Potência - Vmp (V)	43,28
Corrente de Curto-Circuito - Isc (A)	11,68
Corrente de Máxima Potência - Imp (A)	10,86
Coef. Temperatura da Potência (%/°C)	-0,35
Coef. Temperatura Isc (%/°C)	0,048
Coef. Temperatura Voc (%/°C)	-0,28
NOCT (°C)	45 +/- 2
Comprimento (mm)	2182
Largura (mm)	1029
Altura (mm)	35
Peso (Kg)	25

### 1.7.3. INVERSOR SOLAR

O inversor é o equipamento responsável por transformar a energia elétrica gerada nos módulos fotovoltaicos, em corrente contínua (DC), na forma de corrente alternada (AC) para entregar à rede.

Em casos de perda ou anormalidades de tensão e frequência na rede AC, o inversor deixa de fornecer energia AC, evitando o funcionamento ilhado, ficando então a garantia de segurança para os trabalhadores de manutenção da rede elétrica da companhia de distribuição de energia elétrica. Voltando os valores de tensão e frequência à sua normalidade, o inversor se conecta novamente automaticamente à rede.

Os inversores aplicados em sistemas fotovoltaicos devem atender aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR IEC 62116. Funcionará também como dispositivo de monitoramento de isolamento, para desconexão automática da instalação fotovoltaica, no caso de perda da resistência de isolamento.

O lado de corrente contínua (DC) do inversor, será conectado aos módulos fotovoltaicos, e o lado de corrente alternada (AC), será conectado ao ponto de distribuição elétrica mais próximo

da planta fotovoltaica, com tensão trifásica de saída AC de 220 V. Como a tensão F/N do ponto de conexão projetado é de 127 V, as fases de saída do inversor, que possuem tensão de 380 V F/F, serão ligadas respectivamente entre as fases R, S e T por meio de um transformador rebaixador 380/220 V. Abaixo o diagrama fasorial com exemplificação da conexão entre as fases R/S

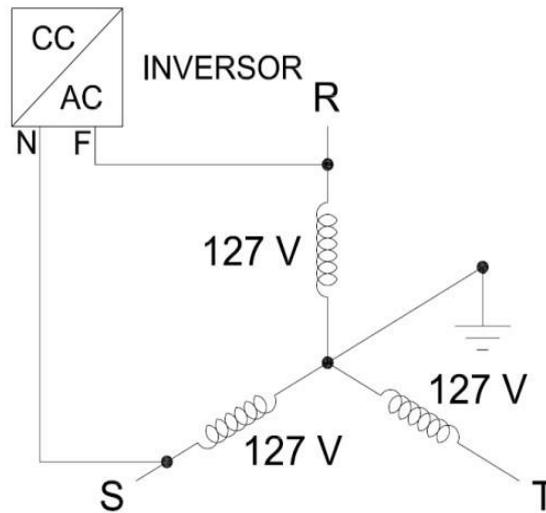


Figura 2: Diagrama Fasorial de conexão do inversor à rede.

O inversor será do tipo microprocessado, garantindo que a corrente alternada será uma curva senoidal com o mínimo de distorção.

O inversor é especialmente projetado para perseguir o ponto de máxima transferência de potência do gerador fotovoltaico (MPPT), e entregar esta potência a rede com o mínimo de perdas possíveis. O inversor a ser utilizado garante uma ótima qualidade de energia com baixa distorção harmônica (<3,0%).

Ele atua como uma fonte de corrente sincronizado com a rede, do tipo auto comutação, por meio de bandas de histerese de operação. Tem a função de anti-ilhamento, através da medição da impedância da rede.

O equipamento é parametrizado pelo fabricante de acordo com a “ABNT NBR 16149:2013, capítulo 4 Compatibilidade com a rede e capítulo 5 – Segurança pessoal e proteção do sistema FV”, quanto às faixas de operação normal de: Tensão CA, Injeção de Componente CC, Frequência (Hz), Fator de Potência, Distorção harmônica de corrente, Proteção contra ilhamento, Reconexão, Isolação e Seccionamento.

Para poder comparar as eficiências de diferentes células ou módulos fotovoltaicos, foi criado um padrão chamado STC, *Standard Test Condition* (condição de teste padrão), no qual o módulo fotovoltaico é exposto há uma irradiância correspondente a  $1.000\text{W}/\text{m}^2$ , temperatura de  $25^\circ\text{C}$  e  $\text{AM}=1.5$ . O nome AM vem de massa de ar, (Air Mass em inglês) e 1.5 é o espectro Solar para um dado angulo de inclinação (ângulo zenital).

O inversor pode continuar injetando energia para a rede em termos de irradiação Solar 10% maior do que STC, incluindo 30% maior por apenas 10 segundos, isso ocorre quando a radiação solar supera o valor de  $1.000\text{W}/\text{m}^2$ .

Quando atinge valores de irradiação maiores que 30% de STC, o inversor sai do ponto de potência máxima, e vai para um ponto de potência mais baixo, garantindo que valores de potência elevada não venham prejudicar o equipamento que é dimensionado em função de STC. Enquanto

a tensão de entrada permanece dentro da faixa de segurança, o inversor não é prejudicado. Para garantir isso, a unidade foi dimensionada com uma tensão de circuito aberto que está sempre abaixo da tensão máxima de entrada do inversor.

O inversor possui um rendimento de 96,0% a 100% da potência nominal. Em operação seu consumo estimado é inferior a 30 W, e a noite fora de operação, o consumo é menor que 1 W. Tem um fator de potência superior a 0,99, para a faixa de potência requerida.

O equipamento conta com classe de proteção IP-65, com uma faixa de temperatura tolerável, de -25°C a +60°C, e uma umidade relativa de 0 a 100%. A seguir estão às principais características do inversor utilizado no projeto:

*Tabela 2: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DO INVERSOR.*

Marca	-
Modelo	-
Potência Fotovoltaica máx. (kWp)	112,5
Tensão Máxima DC	1100
Tensão Mínima DC	250
Corrente Máxima MPPT DC (A)	26
Corrente Máxima de curto MPPT DC (A)	32
Potência AC (kW)	75
Corrente Máxima AC (A)	120,8
Tensão AC	380
Conexão AC (Monofásico/Trifásico)	Trifásico
Dimensões (mm)	860×600×300
Peso (Kg)	82
Grau de Proteção IP	65
Frequência (Hz)	60

#### 1.7.4. ESTRUTURA METÁLICA

A instalação deverá ser equipada com uma estrutura baseada em perfis de alumínio ultraleve para evitar corrosão por conta de intempéries. Estas estruturas de apoio para módulos fotovoltaicos são calculadas tendo em conta o peso da carga de vento para a área em questão, e a altitude da instalação. Os pontos de fixação para o módulo fotovoltaico são calculados para uma perfeita distribuição de peso na estrutura, seguindo todas as recomendações do fabricante.

O desenho da estrutura deve basear-se no ângulo de orientação e declive especificada para o módulo fotovoltaico, dada a facilidade de montagem e desmontagem, e a eventual necessidade de substituição de elementos. Os módulos serão prestados fora das sombras das paredes e fixados a própria estrutura.

O modelo adotado para esta instalação será conforme a figura 3, a seguir:

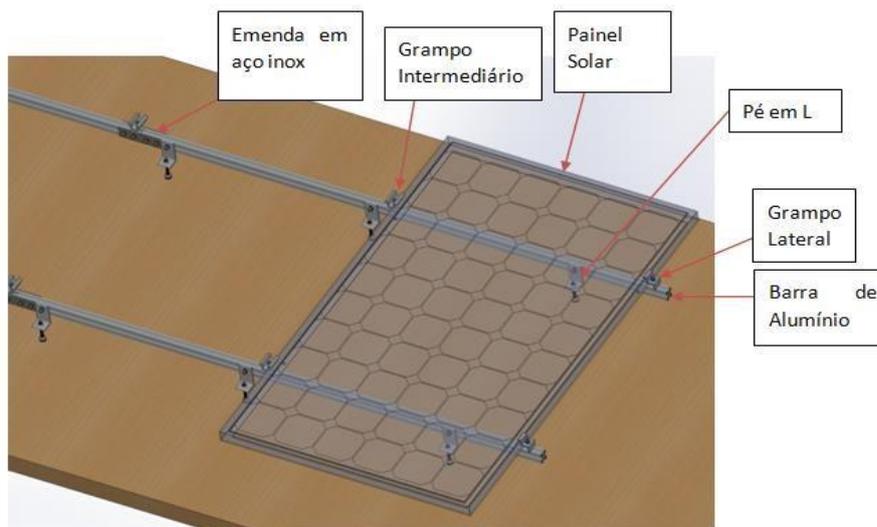


Figura 3: Sistema de fixação dos módulos.

#### 1.7.5. PADRÃO DE ENTRADA

O padrão de entrada deverá ser montado conforme a norma GED 15303 - Conexão de Micro e Mini Geração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica. No padrão de entrada será colocado uma ou mais placas de advertência, confeccionadas em aço inoxidável ou alumínio anodizado, deverá ser afixada de forma permanente na tampa da caixa de medição do padrão de entrada ou cabine primária da unidade consumidora, com os dizeres “CUIDADO – RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA”, com gravação indelével.



Figura 4: Placa de advertência a ser fixada em frente ao padrão de entrada.

A seguir informações do fornecimento de energia:

**CARGA INSTALADA:** 0 kW

**CONEXÃO:** 4 FIOS (TRIFÁSICO 127/220V)

#### 1.7.6. MEDIDOR BIDIRECIONAL

O sistema de medição de energia utilizado pelo usuário deverá ser tipo bidirecional. Em outras palavras, o medidor instalado na entrada deste usuário, será capaz de registrar o consumo

e a geração de eletricidade. Este medidor bidirecional certificado pelo INMETRO é homologado pela CEMIG, e será instalado pela mesma.

Este medidor deverá ser montado conforme a norma GED 15303 - Conexão de Micro e Mini Geração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica. O consumo corresponde ao fluxo de potência com o sentido tradicional da concessionária para o usuário. A geração corresponde à injeção ou exportação de energia para a rede elétrica, que ocorrerá nos instantes em que a geração fotovoltaica for superior ao consumo da unidade consumidora.

O medidor do tipo bidirecional deverá ter dois registradores, com numerações distintas, um para o consumo e outro para a geração de eletricidade. Isso permitirá a apresentação de dois valores, um de geração e outro de consumo, nas faturas de eletricidade dos usuários que possuem um sistema fotovoltaico registrado junto à concessionária. As concessionárias serão responsáveis pela troca do medidor convencional pelo medidor bidirecional, cabendo ao acessante cobrir as despesas deste equipamento para com a CEMIG, pagando o custo total em caso de padrão de entrada novo, ou a diferença, entre o custo do medidor bidirecional e o existente.

Existe um único ponto de conexão do medidor com a rede elétrica, no qual pode ocorrer, entrada ou saída de energia. O gerador fotovoltaico será conectado ao quadro elétrico mais próximo da planta, e as cargas são alimentadas por meio deste.

#### 1.7.7. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CC E CA

Para a proteção dos equipamentos do sistema, das instalações e das pessoas, deverão ser incorporados aos circuitos CC (Corrente Contínua) e CA (Corrente Alternada) os seguintes dispositivos de proteção:

- CIRCUITO DE CORRENTE CONTÍNUA:

DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto);

Disjuntor Termomagnético ou Seccionador CC;

- CIRCUITO DE CORRENTE ALTERNADA:

DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto);

Disjuntor Termomagnético;

Todos os equipamentos de proteção deverão ser condicionados em quadros elétricos com proteção contra intempéries, devidamente sinalizados, para a proteção e instrução de pessoal autorizado, quanto às manobras de operação dos dispositivos de proteção, em caso de manutenções futuras.

Caso o inversor apresente incorporado a ele alguma das proteções aqui descritas, será dispensado o uso de equipamento externo.

#### 1.7.8. CONDUTORES E ELETRODUTOS

Todos os condutores deverão ser de cobre, preferencialmente se utilizará cabos flexíveis, adequados para uso em intempéries, e sua seção será a suficiente para assegurar que a queda de tensão no cabeamento seja compatível com o estabelecido na norma ABNT NBR 5410.

O circuito entre a série de módulos e a entrada DC do inversor, deverá ser composto por cabos preparados para ambientes externos com seção entre 4 e 6 mm<sup>2</sup>. Serão utilizados

conectores do tipo MC4, concebidos especificamente para utilização em sistemas fotovoltaicos para interligar os módulos um ao outro em série e/ou paralelo no circuito ou diretamente ao inversor. Os módulos fotovoltaicos já saem de fábrica com cabo adequado e conectores do tipo MC4. Como a entrada DC do inversor já é preparada para este tipo de conector, isso melhora a qualidade da instalação e facilita a conexão entre os módulos, além de apresentar melhor durabilidade que outros tipos de conectores, quando expostos as condições climáticas típicas de sistemas fotovoltaicos. Os cabos entre o inversor e a caixa de proteção e entre a caixa de proteção e a conexão com a rede, serão dimensionados de acordo os critérios definidos pela ABNT NBR 5410. Os circuitos serão acondicionados preferencialmente em eletrodutos e os cabos serão de cobre isolado do tipo HEPR 0,6/1 kV de tensão nominal não inferior a 1.000 V de isolamento.

## 2. CÁLCULOS E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

### 2.1. CÁLCULO DA PRODUÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

#### 2.1.1. OBJETIVO

Esta seção apresenta a estimativa dos cálculos da produção de energia elétrica, que terá a instalação fotovoltaica, e que são parte do memorial descritivo submetido à aprovação da concessionária.

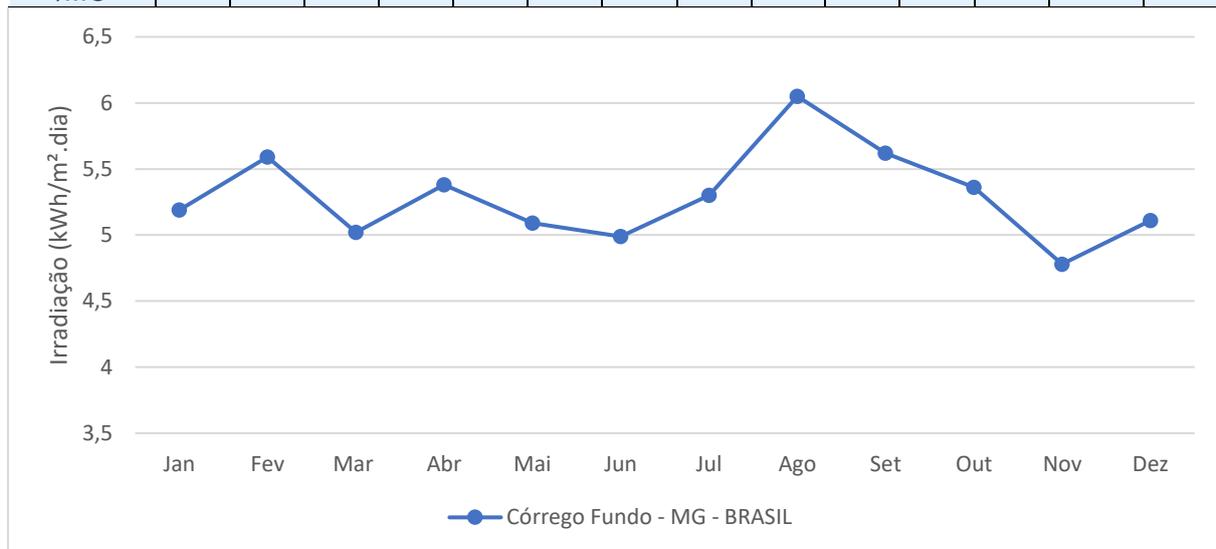
#### 2.1.2. IRRADIAÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

Para a irradiância média mensal e anual sobre superfície horizontal e inclinada G<sub>dm</sub>(0) em kWh/m<sup>2</sup>.dia, se utilizam dados do CRESESB – *SunData* 3.0 - Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE).

Para a localidade de Córrego Fundo/MG, conforme coordenadas próximas das indicadas no item 1.3.2, temos:

Tabela 3: Dados de irradiação em kWh/m<sup>2</sup>.dia para a localidade de Córrego Fundos/MG.

Município	Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
C. Fundo /MG	5,19	5,59	5,02	5,38	5,09	4,99	5,30	6,05	5,62	5,36	4,78	5,11	5,29	1,27



#### 2.1.3. CÁLCULO DE PRODUÇÃO ANUAL ESTIMADA DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

Conforme dados do *SunData* 3.0, de acordo com dados de Irradiação Global Inclinada, para o município de Córrego Fundo/MG, e tamanho do sistema apresentado, considerando uma inclinação de 20° dos módulos e um desvio de orientação de -45° com relação ao Norte (Geográfico), temos:

- Média anual GHI = 5,29 kWh/m<sup>2</sup>.dia
- Potência nominal dos inversores = 75 kW
- Potência total de módulos = 103,4 kWp
- Eficiência do sistema = 72,5 %

Calculando, temos a seguinte capacidade de geração esperada:

Tabela 4: CONSUMO MENSAL X GERAÇÃO MENSAL ESPERADA.

Energia consumida mensal x Energia projetada mensal		
Mês	Consumo medido (kWh)	Geração projetada (kWh)
Janeiro	100	12.061
Fevereiro	100	11.734
Março	100	11.666
Abril	100	12.099
Maio	100	11.829
Junho	100	11.222
Julho	100	12.317
Agosto	100	14.060
Setembro	100	12.639
Outubro	100	12.456
Novembro	100	10.750
Dezembro	100	11.875
<b>Média Anual</b>	<b>100</b>	<b>12.059</b>

\*Foi subtraída do total consumido 100 kWh/mês para padrão Trifásico, 50 kWh/mês para padrão Bifásico e 30 kWh/mês para padrão Monofásico, que correspondem à taxa mínima cobrada pela concessionária.

**Observação:** A geração média mensal, anualizada, contratada é de 12.000 kWh/mês.

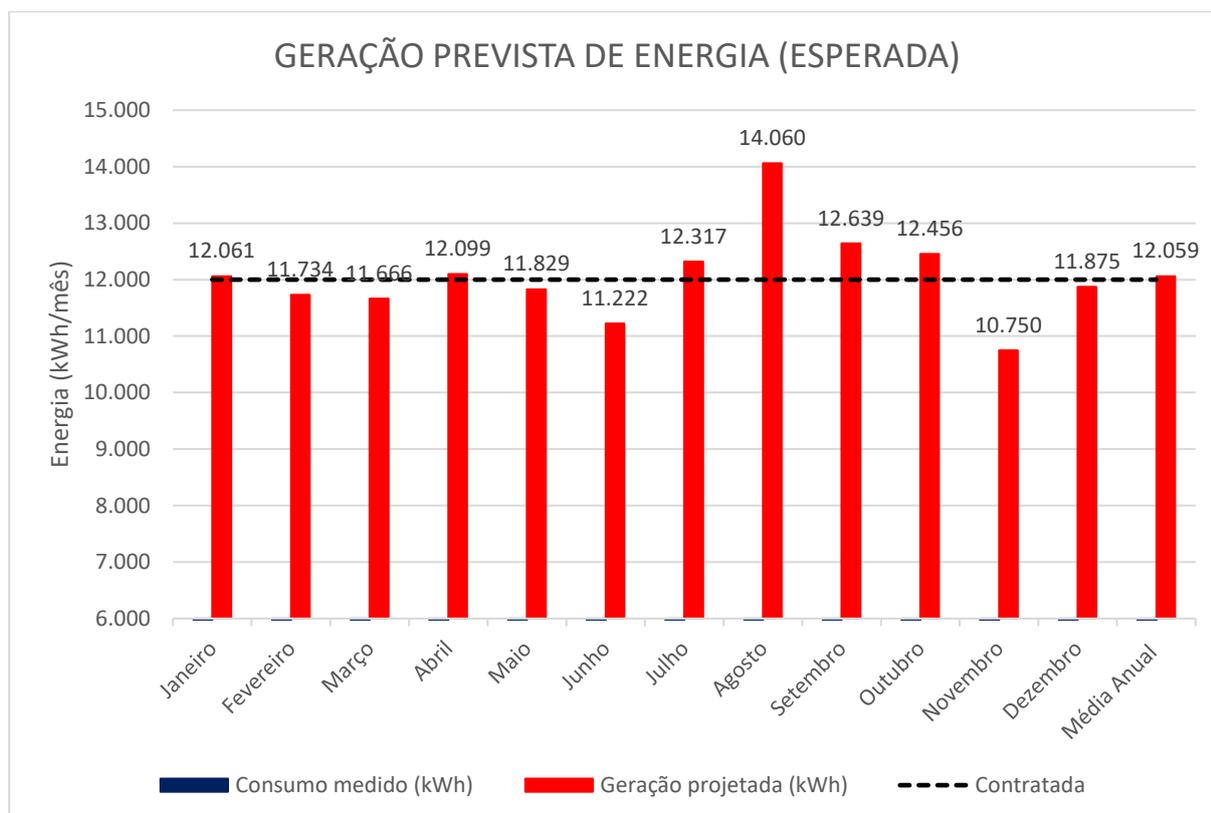


Figura 5: Geração esperada (Base mensal).

**Observação:** Todos os dados apresentados no item 2.1 são estimados com base em dados históricos de irradiação solar fornecidos pelo CRESEB – SunData 3.0 - Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE). Dessa forma, é natural ocorrerem variações para mais ou para menos nos volumes estimados de geração de energia.

## 2.2. SUSTENTABILIDADE

### 2.2.1. OBJETIVO

Este tópico tem como objetivo apresentar os efeitos que o sistema de geração de energia solar fotovoltaica tem com o meio ambiente.

### 2.2.2. REDUÇÃO DA EMISSÃO DE CO<sub>2</sub>

A redução da emissão de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) é uma questão ambiental que vem sendo tratada há muitos anos. Apesar das fontes de energia da Matriz Elétrica Brasileira serem boa parte constituídas de fontes renováveis, ainda sim emitem gases como o CO<sub>2</sub> na atmosfera.

A energia solar fotovoltaica por sua vez não apresenta emissão de CO<sub>2</sub> na produção de energia elétrica. Desta forma é possível utilizar esta energia sem agredir o meio ambiente.

Este projeto prevê uma geração média anual 144,7 MWh/ano. Esta energia gerada equivale à quantidade de energia que deixou de ser utilizada da Matriz Elétrica Brasileira.

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações disponibiliza a média de emissão de CO<sub>2</sub> resultante da energia elétrica utilizada pelo Sistema Interligado Nacional (SIN) do Brasil. Entre os anos de 2012 e 2021 foi emitido em média 0,0933 tCO<sub>2</sub>/MWh (toneladas de Dióxido de Carbono por Mega Watt-hora).

Este projeto estima uma redução na emissão de gases na atmosfera de 13,5 toneladas de Dióxido de Carbono por ano.

Fazendo uma comparação, a redução de emissão de 13,5 toneladas Dióxido de Carbono equivale ao plantio de 96 árvores nos seus primeiros 20 anos de idade.



Figura 6: Redução da Emissão de CO<sub>2</sub> e Árvores plantadas por ano.

## 2.3. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

### 2.3.1. OBJETIVO

Este tópico exibe os cálculos para o dimensionamento da instalação fotovoltaica e conexão dos módulos fotovoltaicos aos inversores.

### 2.3.2. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

A conexão dos módulos fotovoltaicos faz-se tendo em conta as descrições elétricas de entrada do inversor. A tensão de máxima potência de cada série deve estar dentro da faixa de tensão de máxima potência do inversor. Isto deve cumprir-se em condições semelhante aos padrões de teste STC e a 60 °C de temperatura de célula solar. A tensão de circuito aberto de cada

serie com uma temperatura de célula de 10 °C deve estar dentro da faixa de tensão de máxima transferência de potência do inversor.

A tensão de cada série tende a aumentar com a diminuição da temperatura. O quanto diminui esta tensão por grau °C acima do padrão de teste está indicado no *datasheet* dos módulos. A corrente de curto-circuito de todas as séries deve ser inferior à intensidade de corrente contínua máxima do inversor. A seguir dados do dimensionamento da instalação em função do *Standard Test Condition* (Condição de Teste Padrão) dos módulos fotovoltaicos:

Tabela 5: DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO.

Número de inversores	1
Número de entradas MPPT por inversor	7
Número de Arranjos	14
Número de módulos	220
Potência total de módulos (kWp)	103,4 (220x0,470)
Potência total de inversores (kW)	75,0 (1x75,0)
Faixa de temperatura operação da célula (°C)	-40 ~ +85

Tabela 6: DIMENSIONAMENTO DO AGRUPAMENTO DE MÓDULOS GERADORES.

Inclinação ( $\beta$ )	20°
Azimute ( $\alpha$ )	-45°
Número de Arranjos (respectivamente)	4 e 10
Número de Módulos por Série (respectivamente)	15 e 16
Número de Séries em Paralelo	2 por MPPT
Número total de Módulos	220

## 2.4. CÁLCULOS ELÉTRICOS

### 2.4.1. OBJETIVO

Este tópico exhibe os cálculos elétricos e/ou a normas consultadas para dimensionar os condutores e proteções da instalação fotovoltaica.

### 2.4.2. DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Para o dimensionamento técnico dos circuitos foram considerados os critérios estabelecidos na NBR 5410/2004 relativos à escolha da seção de um condutor e seus respectivos dispositivos de proteção.

### 2.4.3. SEÇÃO MÍNIMA E CAPACIDADE DE CONDUÇÃO

Para se definir a seção do condutor de acordo com a NBR 5410/2004 é necessário calcular a corrente do circuito. Esta pode ser obtida por meio das folhas de dados dos equipamentos, como inversores e módulos ou calculada com as equações a seguir.

$$I = \frac{P}{V} * \cos \varphi \quad , \text{ para circuitos monofásicos (1)}$$

$$I = \frac{P}{V * \sqrt{3} * \cos \varphi} , \text{ para circuitos trifásicos (2)}$$

Onde:  $I$  : corrente circulante (A)

$P$  : Potência total (W)

$V$  : tensão de alimentação (V)

$\cos \varphi$  : fator de potência

#### 2.4.4. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DE CADA CIRCUITO

Tabela 7: DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS.

DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS								
DE	PARA	POT. MÁX. (kWp)	CORRENTE (A)	TENSÃO (V)	nº MÓD. SÉRIE (un)	SEÇÃO NOM. (mm²)	COMP. (m)	QUEDA DE TENSÃO (%)
Módulos	Inversor (MPPT 1- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	56	0,74
Módulos	Inversor (MPPT 1- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	54	0,72
Módulos	Inversor (MPPT 2- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	49	0,65
Módulos	Inversor (MPPT 2- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	47	0,62
Módulos	Inversor (MPPT 3- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	41	0,54
Módulos	Inversor (MPPT 3- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	40	0,53
Módulos	Inversor (MPPT 4- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	34	0,45
Módulos	Inversor (MPPT 4- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	32	0,42
Módulos	Inversor (MPPT 5- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	26	0,34
Módulos	Inversor (MPPT 5- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	24	0,32
Módulos	Inversor (MPPT 6- ENT 1)	7,05	11,68	782,1	15	6	19	0,27
Módulos	Inversor (MPPT 6- ENT 2)	7,05	11,68	782,1	15	6	17	0,24
Módulos	Inversor (MPPT 7- ENT 1)	7,05	11,68	782,1	15	6	11	0,16
Módulos	Inversor (MPPT 7- ENT 2)	7,05	11,68	782,1	15	6	9	0,13
Inversor 75 kW	Transformador	75	120,8	380	-	50	5	0,10
Transformador	Conexão com a rede	75	196,8	220	-	95	10	0,29

Tabela 8: PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS.

PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS			
DE	PARA	PROTEÇÃO	
Módulos	Inversor (MPPT 1-7)	DPS CC 1.000 V/ 40 kA	SECCIONADORA 1.000Vcc /32 A
Inversor	Transformador	DPS CA CLASSE II 175 V/ 20 kA	DISJUNTOR 150 A TRIPOLAR
Transformador	Conexão com a rede		DISJUNTOR 200 A TRIPOLAR

## 2.5. ATERRAMENTO

### 2.5.1. ATERRAMENTO DE INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

A instalação de aterramento cumpre com os requisitos da norma ABNT NBR 5419, proteções de estruturas contra descargas atmosféricas. Toda peça condutora da instalação elétrica que não faça parte dos circuitos elétricos, mas que, eventualmente ou acidentalmente, possa ficar sob tensão, deve ser aterrada, desde que esteja em local acessível a contatos. A este aterramento se conectará a estrutura de fixação dos geradores fotovoltaicos e o borne de aterramento do inversor. O sistema de aterramento da instalação fotovoltaica deve ser interligado ao sistema de aterramento principal da instalação.

O aterramento está presente em diversos sistemas de proteção dentro da instalação fotovoltaica: proteção contra choques, contra descargas atmosféricas, contra sobtensões, proteção de linhas de sinais, equipamentos eletrônicos e proteções contra descargas eletrostáticas.

O valor da resistência de aterramento será tal que qualquer massa não possa dar tensões de contato superiores a 25 V (situação 2 tabela C.2 ABNT NBR 5410:2004).

A norma brasileira de proteção contra descargas atmosféricas (NBR 5419) recomenda uma resistência de terra com valor máximo de 10 ohms, para isto é necessário conhecer o tipo e a resistividade do solo e as opções de aterramento.

### 3. DOCUMENTOS PARA ENVIO À DISTRIBUIDORA

Apresentar à concessionária responsável pela distribuição de energia no município de Córrego Fundo/MG, a CEMIG, os Desenhos, Diagrama Unifilar, Descrição Técnica dos Equipamentos, Proteções e Formulários para obtenção da autorização de acesso e registro da unidade geradora junto a ANEEL. A seguir a lista dos arquivos que serão enviados para aprovação da CEMIG pelo portal APR WEB (<https://web.cemig.com.br/PARTAPR/SelecaoModulo.aspx>):

- ANEXO 1 – ART
- ANEXO 2 – PROJETO ELÉTRICO
- ANEXO 3 – DETALHES DE REGISTRO DO INVERSOR
- ANEXO 4 – FORMULÁRIO GD

Declaro que as informações apresentadas neste memorial descritivo estão corretas e fazem jus ao que será efetivamente realizado no local.

Córrego Fundo, 10 de Agosto de 2022.



Priscila Contarini Machado – Engenheira Eletricista  
CREA/MG: 244721/D

**Memorial Descritivo do Sistema de Microgeração Fotovoltaica, SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE CÓRREGO FUNDO - SAAE, conectado à rede elétrica de BT – Sistema ON-GRID.**

## SUMÁRIO

1.	MEMORIAL DESCRITIVO .....	1
1.1.	JUSTIFICATIVA .....	1
1.2.	OBJETIVO .....	1
1.3.	UNIDADES GERADORAS E CONSUMIDORAS .....	1
1.3.1.	LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE GERADORA .....	1
1.4.	EMPRESA EXECUTORA DO PROJETO .....	2
1.5.	EMPRESA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA ELÉTRICA .....	2
1.6.	LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS .....	2
1.7.	INSTALAÇÃO DA MICRO USINA FOTOVOLTAICA .....	2
1.7.1.	CARACTERÍSTICAS GERAIS .....	2
1.7.2.	MÓDULO FOTOVOLTAICO .....	4
1.7.3.	INVERSOR SOLAR .....	4
1.7.4.	ESTRUTURA METÁLICA .....	6
1.7.5.	PADRÃO DE ENTRADA .....	7
1.7.6.	MEDIDOR BIDIRECIONAL .....	7
1.7.7.	DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CC E CA .....	8
1.7.8.	CONDUTORES E ELETRODUTOS .....	8
2.	CÁLCULOS E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA .....	10
2.1.	CÁLCULO DA PRODUÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	10
2.1.1.	OBJETIVO .....	10
2.1.2.	IRRADIAÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	10
2.1.3.	CÁLCULO DE PRODUÇÃO ANUAL ESTIMADA DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	10
2.2.	SUSTENTABILIDADE .....	12
2.2.1.	OBJETIVO .....	12
2.2.2.	REDUÇÃO DA EMISSÃO DE CO <sub>2</sub> .....	12
2.3.	DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	12
2.3.1.	OBJETIVO .....	12
2.3.2.	DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	12
2.4.	CÁLCULOS ELÉTRICOS .....	13
2.4.1.	OBJETIVO .....	13
2.4.2.	DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS .....	13
2.4.3.	SEÇÃO MÍNIMA E CAPACIDADE DE CONDUÇÃO .....	13
2.4.4.	CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DE CADA CIRCUITO .....	14
2.5.	ATERRAMENTO .....	15
2.5.1.	ATERRAMENTO DE INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	15

3. DOCUMENTOS PARA ENVIO À DISTRIBUIDORA..... 16

## 1. MEMORIAL DESCRITIVO

### 1.1. JUSTIFICATIVA

O acessante SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO DE CÓRREGO FUNDO - SAAE pretende instalar uma usina de geração de energia solar fotovoltaica de 75,0 kW de potência, cuja finalidade é a geração de energia elétrica e injeção de excedente de energia na rede de Baixa Tensão da concessionária distribuidora de energia, CEMIG, caracterizando o sistema de compensação de energia elétrica previsto na REN nº 482 da ANEEL.

### 1.2. OBJETIVO

Este memorial descritivo tem como objetivo apresentar informações e a descrição dos requisitos adotados para a elaboração do projeto elétrico e execução das instalações da usina Solar Fotovoltaica conectada à Rede Elétrica CEMIG em baixa tensão (BT), bem como apresentação dos requisitos para obtenção da autorização de acesso e registro da unidade geradora junto a ANEEL.

### 1.3. UNIDADES GERADORAS E CONSUMIDORAS

A usina de geração solar fotovoltaica será instalada na RUA IRACI FARIA DA SILVA, Nº 215, MIZAEL BERNARDES no município de CÓRREGO FUNDO/MG.

#### 1.3.1. LOCALIZAÇÃO DA UNIDADE GERADORA

NOME: SERVIÇO A. DE ÁGUA E ESGOTO

CNPJ: 09.166.603/0001-32

NÚMERO DO CLIENTE: 7008214414

NÚMERO DA INSTALAÇÃO: LIGAÇÃO NOVA

**LOCALIZAÇÃO DO PADRÃO: 20°27'03.9"S 45°32'49.8"W ou Fuso 23 (442927, 7738505)**



#### **1.4. EMPRESA EXECUTORA DO PROJETO**

A engenheira contratada para desenvolvimento do projeto do sistema fotovoltaico é da cidade de Arcos/MG. A projetista da usina de Microgeração Solar Fotovoltaica é a Engenheira Eletricista Priscila Contarini Machado, portador do registro profissional CREA/MG: 244721/D.

#### **1.5. EMPRESA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA ELÉTRICA**

A empresa responsável pela distribuição de energia elétrica no município de Córrego Fundo/MG é a Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, situada na Avenida Barbacena, nº 1200, Santo Agostinho - Belo Horizonte. CP 992 - CEP: 30190-131 Belo Horizonte - Minas Gerais, inscrita no CNPJ sob o nº 17.155.730/0001-64.

#### **1.6. LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS**

Os desenhos, equipamentos e materiais do projeto, cumprem as recomendações constantes dos seguintes documentos e normas:

- MÓDULO 3 (PRODIST) – Modulo 3 do Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) – Acesso ao Sistema de Distribuição -Seção 3.7.
- MÓDULO 8 (PRODIST) – Modulo 8 da Resolução Nº 395 de 2009 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão.
- ABNT NBR IEC 62116 – Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.
- ABNT NBR 16149 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 482 – Resolução Nº 482 de 17 de abril de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 687 – Resolução Nº 687 de 24 de Novembro de 2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 414 – Resolução Nº 414 de 09 de setembro de 2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ANEEL RESOLUÇÃO Nº 517 – Resolução Nº 517 de 11 de dezembro de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- ABNT NBR 16150 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimento de ensaio de conformidade.
- GED 15303 – Conexão de Micro e Minigeração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

#### **1.7. INSTALAÇÃO DA MICRO USINA FOTOVOLTAICA**

##### **1.7.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS**

O sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica será composto pelos seguintes elementos (Ver figura 1):

- Módulos fotovoltaicos;
- Estrutura metálica de suporte dos módulos fotovoltaicos;
- Inversor AC/DC;

- Cabos de conexão;
- Dispositivos de proteção CC e CA.

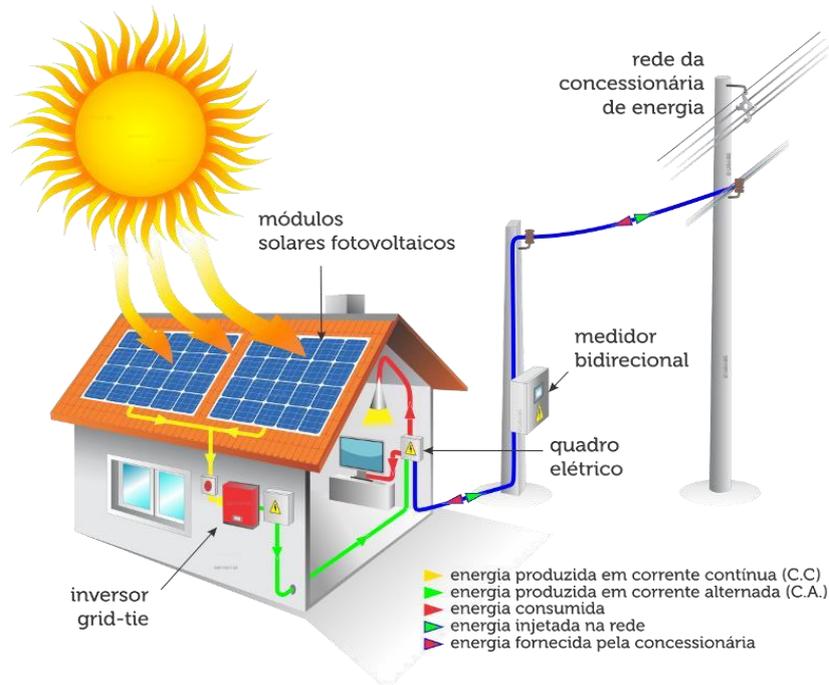


Figura 1: Ilustração geral de uma micro usina de geração solar fotovoltaica.

O sistema de geração fotovoltaica é composto por agrupamentos de módulos fotovoltaicos (séries e/ou paralelos), cada módulo por sua vez é composto de diversas células fotovoltaicas (as células fotovoltaicas captam a luz do sol, fonte primária de energia, transformando a energia luminosa em energia elétrica).

Os módulos fotovoltaicos são montados sobre a estrutura metálica, denominado de suporte dos módulos, que por sua vez são fixados sobre o telhado de forma adequada. Os cabos provenientes dos módulos se conectam diretamente ao inversor no caso de utilização de micro inversores, ou no caso de utilização inversor se conectam entre si formando os agrupamentos de módulos, que por sua vez se conectam por meio da caixa de junção ao inversor.

O inversor transforma a corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA). A energia elétrica produzida é consumida pelo local da instalação ao qual está conectada, ou é injetada na rede elétrica, por meio do ponto de entrega de energia da distribuidora, caso a demanda seja inferior a energia produzida.

A quantidade de energia gerada em um dia por um sistema fotovoltaico é proporcional à irradiação disponível no plano dos módulos fotovoltaicos. A energia gerada pelos módulos fotovoltaicos, em corrente contínua, é fornecida ao inversor, que por sua vez a converte em corrente alternada e a injeta na rede de forma sincronizada com a frequência da rede, no caso 60Hz. Durante a noite o inversor deixa de operar e se mantém em estado de "stand by", com o objetivo de minimizar o consumo do sistema. O inversor monitora a tensão e a frequência da rede, entrando em operação somente quando os valores dessas grandezas, em sua saída, estão dentro da faixa de regime normal de operação. O conjunto de proteções de conexão dos inversores não permite que funcione de forma ilhada, ou seja, em caso de falha da rede elétrica a planta de geração solar fotovoltaica é desligada automaticamente (Trip).

### 1.7.2. MÓDULO FOTOVOLTAICO

O módulo fotovoltaico deverá ser constituído de células de silício mono ou policristalino, possuir robustas esquadrias de alumínio resistente à corrosão e independentemente ser testado para suportar altas cargas de vento e cargas de neve. Os módulos deverão dispor das certificações de qualidade ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 e OHSAS 18001:2007. O módulo fotovoltaico deverá apresentar elevada eficiência e classificação "A" pelo INMETRO. A garantia do produto contra defeitos de fabricação deverá ser de no mínimo de 10 anos de duração. A garantia de produção mínima deverá ser de 90% após 10 anos e 80% após 25 anos, de sua potência nominal (Wp). A seguir, estão presentes as características técnicas do módulo utilizado no projeto:

*Tabela 1: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.*

Marca	-
Modelo	-
Tecnologia	Mono ou Poli cristalino
Potência Nominal - P em (Wp)	470
Tensão de Circuito Aberto - Voc (V)	52,14
Tensão de Máxima Potência - Vmp (V)	43,28
Corrente de Curto-Circuito - Isc (A)	11,68
Corrente de Máxima Potência - Imp (A)	10,86
Coef. Temperatura da Potência (%/°C)	-0,35
Coef. Temperatura Isc (%/°C)	0,048
Coef. Temperatura Voc (%/°C)	-0,28
NOCT (°C)	45 +/- 2
Comprimento (mm)	2182
Largura (mm)	1029
Altura (mm)	35
Peso (Kg)	25

### 1.7.3. INVERSOR SOLAR

O inversor é o equipamento responsável por transformar a energia elétrica gerada nos módulos fotovoltaicos, em corrente contínua (DC), na forma de corrente alternada (AC) para entregar à rede.

Em casos de perda ou anormalidades de tensão e frequência na rede AC, o inversor deixa de fornecer energia AC, evitando o funcionamento ilhado, ficando então a garantia de segurança para os trabalhadores de manutenção da rede elétrica da companhia de distribuição de energia elétrica. Voltando os valores de tensão e frequência à sua normalidade, o inversor se conecta novamente automaticamente à rede.

Os inversores aplicados em sistemas fotovoltaicos devem atender aos requisitos estabelecidos na ABNT NBR IEC 62116. Funcionará também como dispositivo de monitoramento de isolamento, para desconexão automática da instalação fotovoltaica, no caso de perda da resistência de isolamento.

O lado de corrente contínua (DC) do inversor, será conectado aos módulos fotovoltaicos, e o lado de corrente alternada (AC), será conectado ao ponto de distribuição elétrica mais próximo

da planta fotovoltaica, com tensão trifásica de saída AC de 220 V. Como a tensão F/N do ponto de conexão projetado é de 127 V, as fases de saída do inversor, que possuem tensão de 380 V F/F, serão ligadas respectivamente entre as fases R, S e T por meio de um transformador abaixador 380/220 V. Abaixo o diagrama fasorial com exemplificação da conexão entre as fases R/S

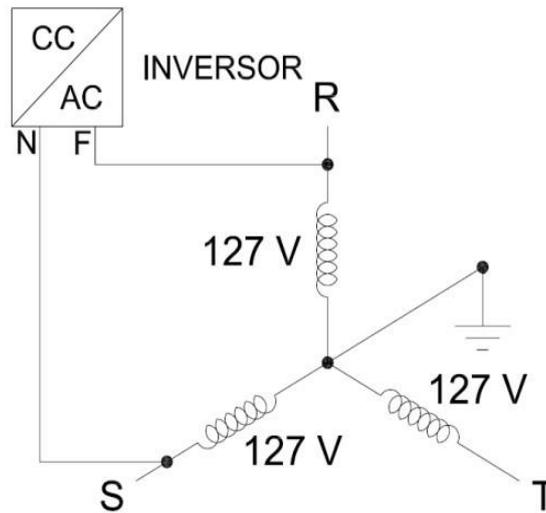


Figura 2: Diagrama Fasorial de conexão do inversor à rede.

O inversor será do tipo microprocessado, garantindo que a corrente alternada será uma curva senoidal com o mínimo de distorção.

O inversor é especialmente projetado para perseguir o ponto de máxima transferência de potência do gerador fotovoltaico (MPPT), e entregar esta potência a rede com o mínimo de perdas possíveis. O inversor a ser utilizado garante uma ótima qualidade de energia com baixa distorção harmônica (<3,0%).

Ele atua como uma fonte de corrente sincronizado com a rede, do tipo auto comutação, por meio de bandas de histerese de operação. Tem a função de anti-ilhamento, através da medição da impedância da rede.

O equipamento é parametrizado pelo fabricante de acordo com a “ABNT NBR 16149:2013, capítulo 4 Compatibilidade com a rede e capítulo 5 – Segurança pessoal e proteção do sistema FV”, quanto às faixas de operação normal de: Tensão CA, Injeção de Componente CC, Frequência (Hz), Fator de Potência, Distorção harmônica de corrente, Proteção contra ilhamento, Reconexão, Isolação e Seccionamento.

Para poder comparar as eficiências de diferentes células ou módulos fotovoltaicos, foi criado um padrão chamado STC, *Standard Test Condition* (condição de teste padrão), no qual o módulo fotovoltaico é exposto há uma irradiância correspondente a 1.000W/m<sup>2</sup>, temperatura de 25° C e AM=1.5. O nome AM vem de massa de ar, (Air Mass em inglês) e 1.5 é o espectro Solar para um dado angulo de inclinação (ângulo zenital).

O inversor pode continuar injetando energia para a rede em termos de irradiação Solar 10% maior do que STC, incluindo 30% maior por apenas 10 segundos, isso ocorre quando a radiação solar supera o valor de 1.000 W/m<sup>2</sup>.

Quando atinge valores de irradiação maiores que 30% de STC, o inversor sai do ponto de potência máxima, e vai para um ponto de potência mais baixo, garantindo que valores de potência elevada não venham prejudicar o equipamento que é dimensionado em função de STC. Enquanto

a tensão de entrada permanece dentro da faixa de segurança, o inversor não é prejudicado. Para garantir isso, a unidade foi dimensionada com uma tensão de circuito aberto que está sempre abaixo da tensão máxima de entrada do inversor.

O inversor possui um rendimento de 96,0% a 100% da potência nominal. Em operação seu consumo estimado é inferior a 30 W, e a noite fora de operação, o consumo é menor que 1 W. Tem um fator de potência superior a 0,99, para a faixa de potência requerida.

O equipamento conta com classe de proteção IP-65, com uma faixa de temperatura tolerável, de -40°C a +55°C, e uma umidade relativa de 0 a 100%. A seguir estão às principais características do inversor utilizado no projeto:

*Tabela 2: ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DO INVERSOR.*

Marca	-
Modelo	-
Potência Fotovoltaica máx. (kWp)	112,5
Tensão Máxima DC	1100
Tensão Mínima DC	250
Corrente Máxima MPPT DC (A)	26
Corrente Máxima de curto MPPT DC (A)	32
Potência AC (kW)	75
Corrente Máxima AC (A)	120,8
Tensão AC	380
Conexão AC (Monofásico/Trifásico)	Trifásico
Dimensões (mm)	860×600×300
Peso (Kg)	82
Grau de Proteção IP	65
Frequência (Hz)	60

#### 1.7.4. ESTRUTURA METÁLICA

A instalação deverá ser equipada com uma estrutura baseada em perfis de alumínio ultraleve para evitar corrosão por conta de intempéries. Estas estruturas de apoio para módulos fotovoltaicos são calculadas tendo em conta o peso da carga de vento para a área em questão, e a altitude da instalação. Os pontos de fixação para o módulo fotovoltaico são calculados para uma perfeita distribuição de peso na estrutura, seguindo todas as recomendações do fabricante.

O desenho da estrutura deve basear-se no ângulo de orientação e declive especificada para o módulo fotovoltaico, dada a facilidade de montagem e desmontagem, e a eventual necessidade de substituição de elementos. Os módulos serão prestados fora das sombras das paredes e fixados a própria estrutura.

O modelo adotado para esta instalação será conforme a figura 3, a seguir:

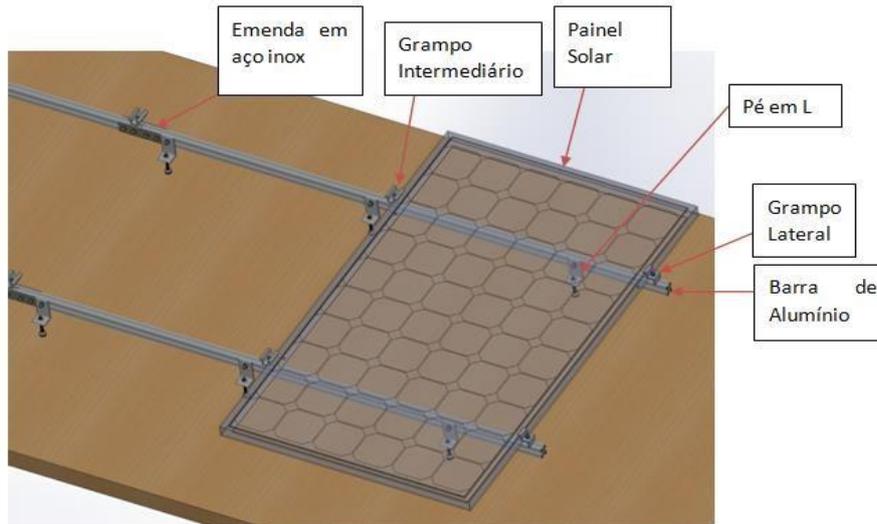


Figura 3: Sistema de fixação dos módulos.

#### 1.7.5. PADRÃO DE ENTRADA

O padrão de entrada deverá ser montado conforme a norma GED 15303 - Conexão de Micro e Mini Geração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica. No padrão de entrada será colocado uma ou mais placas de advertência, confeccionadas em aço inoxidável ou alumínio anodizado, deverá ser afixada de forma permanente na tampa da caixa de medição do padrão de entrada ou cabine primária da unidade consumidora, com os dizeres “CUIDADO – RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA”, com gravação indelével.



Figura 4: Placa de advertência a ser fixada em frente ao padrão de entrada.

A seguir informações do fornecimento de energia:

**CARGA INSTALADA:** 0 kW

**CONEXÃO:** 4 FIOS (TRIFÁSICO 127/220V)

#### 1.7.6. MEDIDOR BIDIRECIONAL

O sistema de medição de energia utilizado pelo usuário deverá ser tipo bidirecional. Em outras palavras, o medidor instalado na entrada deste usuário, será capaz de registrar o consumo

e a geração de eletricidade. Este medidor bidirecional certificado pelo INMETRO é homologado pela CEMIG, e será instalado pela mesma.

Este medidor deverá ser montado conforme a norma GED 15303 - Conexão de Micro e Mini Geração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica. O consumo corresponde ao fluxo de potência com o sentido tradicional da concessionária para o usuário. A geração corresponde à injeção ou exportação de energia para a rede elétrica, que ocorrerá nos instantes em que a geração fotovoltaica for superior ao consumo da unidade consumidora.

O medidor do tipo bidirecional deverá ter dois registradores, com numerações distintas, um para o consumo e outro para a geração de eletricidade. Isso permitirá a apresentação de dois valores, um de geração e outro de consumo, nas faturas de eletricidade dos usuários que possuem um sistema fotovoltaico registrado junto à concessionária. As concessionárias serão responsáveis pela troca do medidor convencional pelo medidor bidirecional, cabendo ao acessante cobrir as despesas deste equipamento para com a CEMIG, pagando o custo total em caso de padrão de entrada novo, ou a diferença, entre o custo do medidor bidirecional e o existente.

Existe um único ponto de conexão do medidor com a rede elétrica, no qual pode ocorrer, entrada ou saída de energia. O gerador fotovoltaico será conectado ao quadro elétrico mais próximo da planta, e as cargas são alimentadas por meio deste.

#### 1.7.7. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CC E CA

Para a proteção dos equipamentos do sistema, das instalações e das pessoas, deverão ser incorporados aos circuitos CC (Corrente Contínua) e CA (Corrente Alternada) os seguintes dispositivos de proteção:

- CIRCUITO DE CORRENTE CONTÍNUA:

DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto);

Disjuntor Termomagnético ou Seccionador CC;

- CIRCUITO DE CORRENTE ALTERNADA:

DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto);

Disjuntor Termomagnético;

Todos os equipamentos de proteção deverão ser condicionados em quadros elétricos com proteção contra intempéries, devidamente sinalizados, para a proteção e instrução de pessoal autorizado, quanto às manobras de operação dos dispositivos de proteção, em caso de manutenções futuras.

Caso o inversor apresente incorporado a ele alguma das proteções aqui descritas, será dispensado o uso de equipamento externo.

#### 1.7.8. CONDUTORES E ELETRODUTOS

Todos os condutores deverão ser de cobre, preferencialmente se utilizará cabos flexíveis, adequados para uso em intempéries, e sua seção será a suficiente para assegurar que a queda de tensão no cabeamento seja compatível com o estabelecido na norma ABNT NBR 5410.

O circuito entre a série de módulos e a entrada DC do inversor, deverá ser composto por cabos preparados para ambientes externos com seção entre 4 e 6 mm<sup>2</sup>. Serão utilizados

conectores do tipo MC4, concebidos especificamente para utilização em sistemas fotovoltaicos para interligar os módulos um ao outro em série e/ou paralelo no circuito ou diretamente ao inversor. Os módulos fotovoltaicos já saem de fábrica com cabo adequado e conectores do tipo MC4. Como a entrada DC do inversor já é preparada para este tipo de conector, isso melhora a qualidade da instalação e facilita a conexão entre os módulos, além de apresentar melhor durabilidade que outros tipos de conectores, quando expostos as condições climáticas típicas de sistemas fotovoltaicos. Os cabos entre o inversor e a caixa de proteção e entre a caixa de proteção e a conexão com a rede, serão dimensionados de acordo os critérios definidos pela ABNT NBR 5410. Os circuitos serão acondicionados preferencialmente em eletrodutos e os cabos serão de cobre isolado do tipo HEPR 0,6/1 kV de tensão nominal não inferior a 1.000 V de isolamento.

## 2. CÁLCULOS E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

### 2.1. CÁLCULO DA PRODUÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

#### 2.1.1. OBJETIVO

Esta seção apresenta a estimativa dos cálculos da produção de energia elétrica, que terá a instalação fotovoltaica, e que são parte do memorial descritivo submetido à aprovação da concessionária.

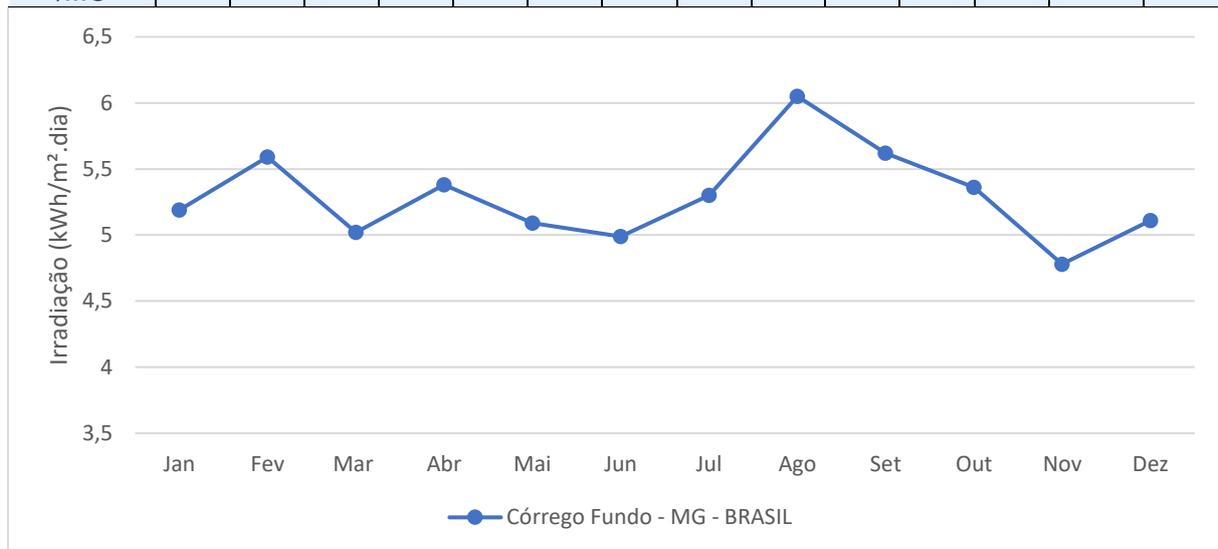
#### 2.1.2. IRRADIAÇÃO ANUAL DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

Para a irradiância média mensal e anual sobre superfície horizontal e inclinada G<sub>dm</sub>(0) em kWh/m<sup>2</sup>.dia, se utilizam dados do CRESESB – *SunData* 3.0 - Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE).

Para a localidade de Córrego Fundo/MG, conforme coordenadas próximas das indicadas no item 1.3.2, temos:

Tabela 3: Dados de irradiação em kWh/m<sup>2</sup>.dia para a localidade de Córrego Fundos/MG.

Município	Irradiação solar diária média [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
C. Fundo /MG	5,19	5,59	5,02	5,38	5,09	4,99	5,30	6,05	5,62	5,36	4,78	5,11	5,29	1,27



#### 2.1.3. CÁLCULO DE PRODUÇÃO ANUAL ESTIMADA DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

Conforme dados do *SunData* 3.0, de acordo com dados de Irradiação Global Inclinada, para o município de Córrego Fundo/MG, e tamanho do sistema apresentado, considerando uma inclinação de 20° dos módulos e um desvio de orientação de -38° com relação ao Norte (Geográfico), temos:

- Média anual GHI = 5,29 kWh/m<sup>2</sup>.dia
- Potência nominal dos inversores = 75 kW
- Potência total de módulos = 103,4 kWp
- Eficiência do sistema = 72,69 %

Calculando, temos a seguinte capacidade de geração esperada:

Tabela 4: CONSUMO MENSAL X GERAÇÃO MENSAL ESPERADA.

Energia consumida mensal x Energia projetada mensal		
Mês	Consumo medido (kWh)	Geração projetada (kWh)
Janeiro	100	12.093
Fevereiro	100	11.764
Março	100	11.697
Abril	100	12.131
Maio	100	11.860
Junho	100	11.252
Julho	100	12.349
Agosto	100	14.097
Setembro	100	12.672
Outubro	100	12.489
Novembro	100	10.778
Dezembro	100	11.906
<b>Média Anual</b>	<b>100</b>	<b>12.091</b>

\*Foi subtraída do total consumido 100 kWh/mês para padrão Trifásico, 50 kWh/mês para padrão Bifásico e 30 kWh/mês para padrão Monofásico, que correspondem à taxa mínima cobrada pela concessionária.

**Observação:** A geração média mensal, anualizada, contratada é de 12.000 kWh/mês.

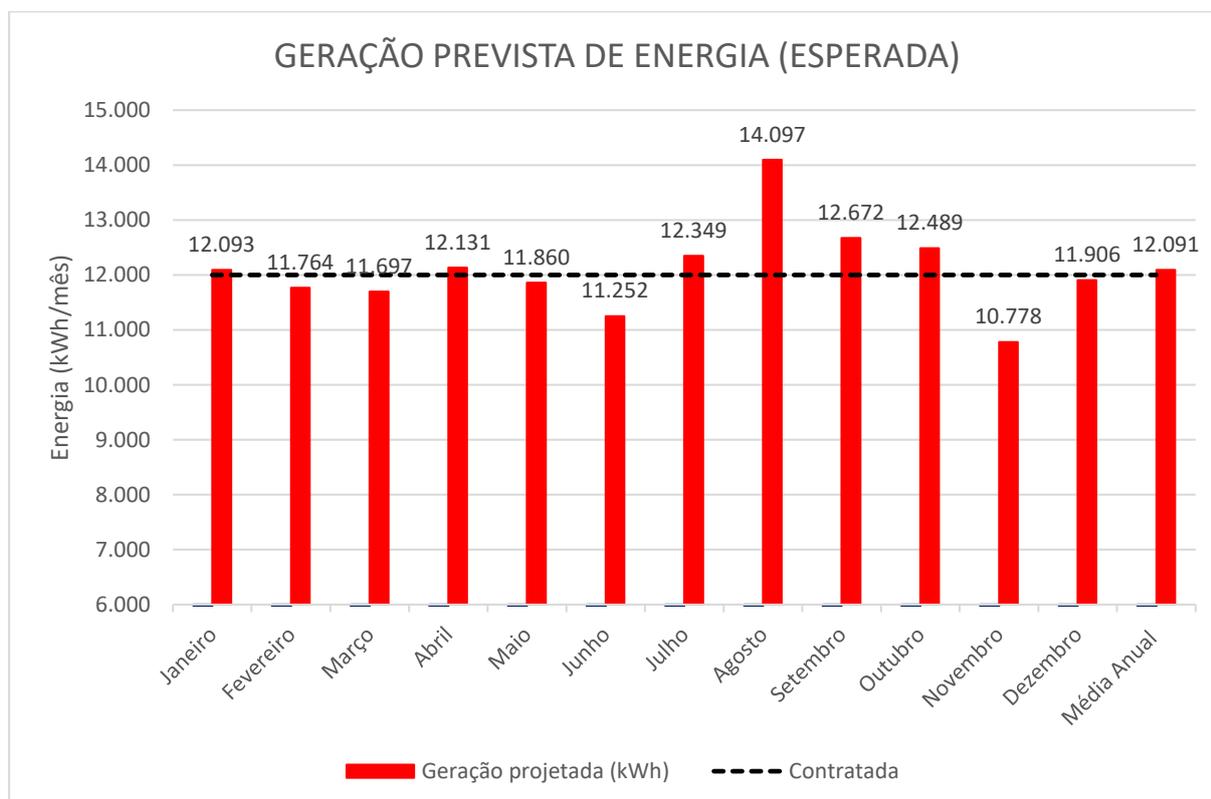


Figura 5: Geração esperada (Base mensal).

**Observação:** Todos os dados apresentados no item 2.1 são estimados com base em dados históricos de irradiação solar fornecidos pelo CRESESB – SunData 3.0 - Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE). Dessa forma, é natural ocorrerem variações para mais ou para menos nos volumes estimados de geração de energia.

## 2.2. SUSTENTABILIDADE

### 2.2.1. OBJETIVO

Este tópico tem como objetivo apresentar os efeitos que o sistema de geração de energia solar fotovoltaica tem com o meio ambiente.

### 2.2.2. REDUÇÃO DA EMISSÃO DE CO<sub>2</sub>

A redução da emissão de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) é uma questão ambiental que vem sendo tratada há muitos anos. Apesar das fontes de energia da Matriz Elétrica Brasileira serem boa parte constituídas de fontes renováveis, ainda sim emitem gases como o CO<sub>2</sub> na atmosfera.

A energia solar fotovoltaica por sua vez não apresenta emissão de CO<sub>2</sub> na produção de energia elétrica. Desta forma é possível utilizar esta energia sem agredir o meio ambiente.

Este projeto prevê uma geração média anual 145,1 MWh/ano. Esta energia gerada equivale à quantidade de energia que deixou de ser utilizada da Matriz Elétrica Brasileira.

O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações disponibiliza a média de emissão de CO<sub>2</sub> resultante da energia elétrica utilizada pelo Sistema Interligado Nacional (SIN) do Brasil. Entre os anos de 2012 e 2021 foi emitido em média 0,0933 tCO<sub>2</sub>/MWh (toneladas de Dióxido de Carbono por Mega Watt-hora).

Este projeto estima uma redução na emissão de gases na atmosfera de 13,5 toneladas de Dióxido de Carbono por ano.

Fazendo uma comparação, a redução de emissão de 13,5 toneladas Dióxido de Carbono equivale ao plantio de 96 árvores nos seus primeiros 20 anos de idade.



Figura 6: Redução da Emissão de CO<sub>2</sub> e Árvores plantadas por ano.

## 2.3. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

### 2.3.1. OBJETIVO

Este tópico exibe os cálculos para o dimensionamento da instalação fotovoltaica e conexão dos módulos fotovoltaicos aos inversores.

### 2.3.2. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

A conexão dos módulos fotovoltaicos faz-se tendo em conta as descrições elétricas de entrada do inversor. A tensão de máxima potência de cada série deve estar dentro da faixa de tensão de máxima potência do inversor. Isto deve cumprir-se em condições semelhante aos padrões de teste STC e a 60 °C de temperatura de célula solar. A tensão de circuito aberto de cada

serie com uma temperatura de célula de 10 °C deve estar dentro da faixa de tensão de máxima transferência de potência do inversor.

A tensão de cada série tende a aumentar com a diminuição da temperatura. O quanto diminui esta tensão por grau °C acima do padrão de teste está indicado no *datasheet* dos módulos. A corrente de curto-circuito de todas as séries deve ser inferior à intensidade de corrente contínua máxima do inversor. A seguir dados do dimensionamento da instalação em função do *Standard Test Condition* (Condição de Teste Padrão) dos módulos fotovoltaicos:

*Tabela 5: DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO.*

Número de inversores	1
Número de entradas MPPT por inversor	7
Número de Arranjos	14
Número de módulos	220
Potência total de módulos (kWp)	103,4 (220x0,470)
Potência total de inversores (kW)	75,0 (1x75,0)
Faixa de temperatura operação da célula (°C)	-40 ~ +85

*Tabela 6: DIMENSIONAMENTO DO AGRUPAMENTO DE MÓDULOS GERADORES.*

Inclinação ( $\beta$ )	20°
Azimute ( $\alpha$ )	-38°
Número de Arranjos (respectivamente)	4 e 10
Número de Módulos por Série (respectivamente)	15 e 16
Número de Séries em Paralelo	2 por MPPT
Número total de Módulos	220

## 2.4. CÁLCULOS ELÉTRICOS

### 2.4.1. OBJETIVO

Este tópico exhibe os cálculos elétricos e/ou a normas consultadas para dimensionar os condutores e proteções da instalação fotovoltaica.

### 2.4.2. DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

Para o dimensionamento técnico dos circuitos foram considerados os critérios estabelecidos na NBR 5410/2004 relativos à escolha da seção de um condutor e seus respectivos dispositivos de proteção.

### 2.4.3. SEÇÃO MÍNIMA E CAPACIDADE DE CONDUÇÃO

Para se definir a seção do condutor de acordo com a NBR 5410/2004 é necessário calcular a corrente do circuito. Esta pode ser obtida por meio das folhas de dados dos equipamentos, como inversores e módulos ou calculada com as equações a seguir.

$$I = \frac{P}{V} * \cos \varphi \quad , \text{ para circuitos monofásicos (1)}$$

$$I = \frac{P}{V * \sqrt{3} * \cos \varphi} , \text{ para circuitos trifásicos (2)}$$

Onde:  $I$  : corrente circulante (A)

$P$  : Potência total (W)

$V$  : tensão de alimentação (V)

$\cos \varphi$  : fator de potência

#### 2.4.4. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DE CADA CIRCUITO

Tabela 7: DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS.

DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS								
DE	PARA	POT. MÁX. (kWp)	CORRENTE (A)	TENSÃO (V)	nº MÓD. SÉRIE (un)	SEÇÃO NOM. (mm²)	COMP. (m)	QUEDA DE TENSÃO (%)
Módulos	Inversor (MPPT 1- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	56	0,74
Módulos	Inversor (MPPT 1- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	54	0,72
Módulos	Inversor (MPPT 2- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	49	0,65
Módulos	Inversor (MPPT 2- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	47	0,62
Módulos	Inversor (MPPT 3- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	41	0,54
Módulos	Inversor (MPPT 3- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	40	0,53
Módulos	Inversor (MPPT 4- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	34	0,45
Módulos	Inversor (MPPT 4- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	32	0,42
Módulos	Inversor (MPPT 5- ENT 1)	7,52	11,68	834,24	16	6	26	0,34
Módulos	Inversor (MPPT 5- ENT 2)	7,52	11,68	834,24	16	6	24	0,32
Módulos	Inversor (MPPT 6- ENT 1)	7,05	11,68	782,1	15	6	19	0,27
Módulos	Inversor (MPPT 6- ENT 2)	7,05	11,68	782,1	15	6	17	0,24
Módulos	Inversor (MPPT 7- ENT 1)	7,05	11,68	782,1	15	6	11	0,16
Módulos	Inversor (MPPT 7- ENT 2)	7,05	11,68	782,1	15	6	9	0,13
Inversor 75 kW	Transformador	75	120,8	380	-	50	5	0,10
Transformador	Conexão com a rede	75	196,8	220	-	95	8	0,23

Tabela 8: PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS.

PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS			
DE	PARA	PROTEÇÃO	
Módulos	Inversor	DPS CC 1.000 V/ 40 kA	SECCIONADORA 1.000Vcc /32 A
Inversor	Transformador	DPS CA CLASSE II 175 V/ 20 kA	DISJUNTOR 150 A TRIPOLAR
Transformador	Conexão com a rede		DISJUNTOR 200 A TRIPOLAR

## 2.5. ATERRAMENTO

### 2.5.1. ATERRAMENTO DE INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA

A instalação de aterramento cumpre com os requisitos da norma ABNT NBR 5419, proteções de estruturas contra descargas atmosféricas. Toda peça condutora da instalação elétrica que não faça parte dos circuitos elétricos, mas que, eventualmente ou acidentalmente, possa ficar sob tensão, deve ser aterrada, desde que esteja em local acessível a contatos. A este aterramento se conectará a estrutura de fixação dos geradores fotovoltaicos e o borne de aterramento do inversor. O sistema de aterramento da instalação fotovoltaica deve ser interligado ao sistema de aterramento principal da instalação.

O aterramento está presente em diversos sistemas de proteção dentro da instalação fotovoltaica: proteção contra choques, contra descargas atmosféricas, contra sobtensões, proteção de linhas de sinais, equipamentos eletrônicos e proteções contra descargas eletrostáticas.

O valor da resistência de aterramento será tal que qualquer massa não possa dar tensões de contato superiores a 25 V (situação 2 tabela C.2 ABNT NBR 5410:2004).

A norma brasileira de proteção contra descargas atmosféricas (NBR 5419) recomenda uma resistência de terra com valor máximo de 10 ohms, para isto é necessário conhecer o tipo e a resistividade do solo e as opções de aterramento.

### 3. DOCUMENTOS PARA ENVIO À DISTRIBUIDORA

Apresentar à concessionária responsável pela distribuição de energia no município de Córrego Fundo/MG, a CEMIG, os Desenhos, Diagrama Unifilar, Descrição Técnica dos Equipamentos, Proteções e Formulários para obtenção da autorização de acesso e registro da unidade geradora junto a ANEEL. A seguir a lista dos arquivos que serão enviados para aprovação da CEMIG pelo portal APR WEB (<https://web.cemig.com.br/PARTAPR/SelecaoModulo.aspx>):

- ANEXO 1 – ART
- ANEXO 2 – PROJETO ELÉTRICO
- ANEXO 3 – DETALHES DE REGISTRO DO INVERSOR
- ANEXO 4 – FORMULÁRIO GD

Declaro que as informações apresentadas neste memorial descritivo estão corretas e fazem jus ao que será efetivamente realizado no local.

Córrego Fundo, 20 de Abril de 2022.



Priscila Contarini Machado – Engenheira Eletricista  
CREA/MG: 244721/D