

## **Estudo de caso: projeto de um sistema fotovoltaico conectado à rede para residência**

### **Case study: design of a grid-connected photovoltaic system for a residence**

DOI:10.34117/bjdv7n7-451

Recebimento dos originais: 07/06/2021

Aceitação para publicação: 20/07/2021

#### **Rildo Afonso Almeida**

Mestrando em Engenharia Elétrica  
Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)  
Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba – MG  
rildo.almeida@uemg.br

#### **Nilo de Lima Domingues**

Bacharelado em Engenharia Elétrica-UEMG  
Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)  
Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba – MG  
nilolimadomingues@gmail.com

#### **Adriana de Souza Guimarães**

Mestre em Ciência da Computação-UFU  
Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)  
Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba – MG  
adriana.guimaraes@uemg.br

#### **Saulo de Moraes Garcia Júnior**

Mestre em Engenharia Elétrica-UFU  
Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG)  
Rua Vereador Geraldo Moisés da Silva, s/n, Universitário, Ituiutaba – MG  
saulo.junior@uemg.br

#### **RESUMO**

O presente artigo diz respeito de um estudo de caso de uma implantação de um sistema de geração de energia elétrica por meio de fonte solar, com uma potência de pico de 2,65 kWp e tem como objetivo a conexão da microgeração distribuída à rede de distribuição de energia elétrica da Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, onde serão adotados os critérios de acesso e critérios técnicos, operacionais e demais requisitos aplicáveis ao projeto, para a conexão à rede de distribuição da CEMIG, garantindo que o sistema, após a execução, opere com eficiência, qualidade, segurança e confiabilidade.

**Palavras-chave:** Estudo de caso, Energia Solar, Microgeração Distribuída.

## ABSTRACT

This article concerns a case study of an implementation of an electric power generation system using a solar source, with a peak power of 2.65 kWp and aims to connect distributed microgeneration to the distribution network of electricity of Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, where access criteria and technical, operational and other requirements applicable to the project will be adopted, for connection to CEMIG's distribution network, ensuring that the system, after execution, operate with efficiency, quality, safety and reliability.

**Keywords:** Case study, Solar Energy, Distributed Micro Generation.

## 1 INTRODUÇÃO

O estudo de caso apresentado tem como objetivo estabelecer o desenvolvimento de um projeto de geração fotovoltaica em uma residência, situada na cidade de Ituiutaba-MG, de forma a reduzir o valor da fatura de energia elétrica do consumidor. Será feito um estudo no intuito de propor a viabilidade da instalação do projeto na residência, visto que é necessário fazer um levantamento de dados referente ao recurso solar local.

### 1.1 MEMÓRIA DE CÁLCULO

Neste item será apresentada a memória de cálculo para o desenvolvimento do projeto, e tem como objetivo realizar o dimensionamento dos equipamentos utilizados no gerador, adotando as seguintes etapas preliminares:

- Levantamento do recurso solar no local;
- Localização de instalação do sistema;
- Análise dos dados de consumo e demanda de energia elétrica;
- Dimensionamento do gerador fotovoltaico;
- Dimensionamento do inversor para a conexão com a rede de distribuição;
- Dimensionamento dos dispositivos de proteção do sistema;

#### 1.1.1 Levantamento de dados referente ao recurso solar no local

Para que o gerador fotovoltaico opere com maior eficiência, é necessário obter dados referentes ao recurso solar local, que permitirá fazer uma avaliação sobre seu potencial solar. Nessa fase do projeto serão utilizadas informações do banco de dados do instituto SWERA (*Solar and Wind Energy Resource Assessment*), que reúne um conjunto de dados de recursos de Energia Solar e Eólica.

A figura 1 apresenta os dados referentes ao recurso solar e de ambiente para o local do projeto, onde a irradiação global no plano inclinado conforme latitude é de 5,6 kWh/m<sup>2</sup>/dia.

**Figura 1-** Dados de incidência solar e do ambiente para o local do projeto.

LOCAL DA RESIDÊNCIA	
Irradiação Normal Direta (Diária) [kWh/m <sup>2</sup> ]	5.691
Irradiação Global Horizontal (Diária) [kWh/m <sup>2</sup> ]	5.531
Irradiação Global no Plano Inclinado Conforme Latitude (Diária) [kWh/m <sup>2</sup> ]	5.6
Temperatura do Ar a 10 m [°C]	24,36
Temperatura da Superfície da Terra [°C]	25,75
Pressão Atmosférica [kPa]	94,27
Umidade Relativa do Ar [%]	58,82

**Fonte:** SWERA.

Através desses dados, poderá obter o valor do número de horas de sol pleno, ou seja, é o valor acumulado de energia solar ao longo de um dia, sendo calculado por meio da seguinte fórmula:

$$HSP = \frac{\text{Irradiação Solar Global (kWh/m}^2\text{)}}{1 \text{ kW/m}^2}$$

Onde:

HSP = Horas de Sol Pleno.

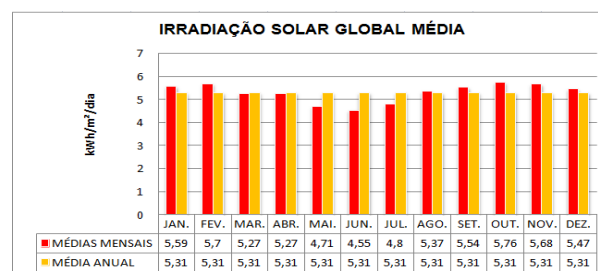
1 kW/m<sup>2</sup> = constante do número de horas da irradiação solar.

Dessa forma, será obtido o número de Horas de Sol Pleno – HSP:

$$HSP = \frac{\text{Irradiação Solar Global (kWh/m}^2\text{)}}{1 \text{ kW/m}^2} = \frac{5,6 \text{ kWh/m}^2}{1 \text{ kW/m}^2} = 5,6 \text{ h/dia}$$

Sendo assim, o local do projeto possui 5,6 horas de energia solar por dia, o que apresenta um bom potencial solar no local. Além disso, é necessário fazer uma análise da irradiação solar global média durante os meses do ano, onde será apresentada no gráfico representado na figura 2 a seguir:

**Figura 2 -** Gráfico Irradiação Horizontal Global Média para o local do projeto



**Fonte:** O autor, adaptado de SWERA.

Assim, observa-se que os valores de irradiação solar global média mensal, para o local, varia entre 4,55 e 5,76 kWh/m<sup>2</sup>/dia, obtendo uma média anual de 5,31 kWh/m<sup>2</sup>/dia, comprovando um bom potencial solar para o local.

### 1.1.2 Localização da instalação do sistema

A residência do estudo de caso está localizada na cidade de Ituiutaba no estado de Minas Gerais, e possui as seguintes coordenadas geográficas: 18°58'58.0''S e 49°28'45.6''O.

Para conseguir uma maior eficiência na geração de energia é necessário que a instalação do sistema seja feita com a face para o Norte, e possuir o ângulo de inclinação igual ao da latitude local, que neste caso deverá possuir 18° de inclinação.

- Ângulo A:

$$Takgekta A = \frac{193}{400} = 0,4825$$

$$Takgekta^{-1}(0,4825) = 25,76^\circ$$

- Ângulo B:

$$Takgekta B = \frac{193}{660} = 0,2924$$

$$Takgekta^{-1}(0,2924) = 16,3^\circ$$

O ângulo de inclinação do telhado da residência que mais se aproxima ao ângulo da latitude local é o de 16,3°, como o ângulo da latitude local é de 18°, nota-se que há uma

pequena diferença entre eles, sendo assim, o local direito é o mais viável para a instalação dos módulos, pois não será necessária que a estrutura tenha certa inclinação, para que os módulos gerem energia com uma maior eficiência.

### 1.1.3 Análise de dados de consumo de energia elétrica

A estimativa de consumo de energia elétrica do local será obtida através da fatura de energia elétrica da residência, conforme o anexo 6, a qual apresenta o histórico de consumo de energia dos últimos doze meses e a média diária de consumo. Os dados referentes ao consumo de energia elétrica serão apresentados na tabela da figura 3 a seguir.

**Figura 3-**Tabela Histórico de consumo de energia elétrica da residência.

HISTÓRICO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA		
Mês/ Ano	Consumo kWh	Média kWh/ dia
dez/16	320	10,66
jan/17	456	14,7
fev/17	303	10,44
mar/17	303	10,1
abr/17	282	9,72
mai/17	289	9,03
jun/17	267	8,9
jul/17	257	8,03
ago/17	249	8,3
set/17	310	9,39
out/17	291	10,39
nov/17	327	10,54
Média Anual	304,5	10,017

**Fonte:** O autor, adaptado de CEMIG.

Após a análise de estimativa do consumo de energia, observa-se que a média anual do consumo mensal e diário é de 304,5 kWh e 10,017 kWh/dia, respectivamente.

#### 1.1.4 Dimensionamento do gerador fotovoltaico

Para critérios de dimensionamento do gerador em residências, são utilizados 90% sobre o consumo de energia elétrica da mesma, sendo aplicado nos cálculos, fórmula a seguir

$$P_{FV}(W_p) = \frac{(E/TD)}{HSP}$$

Através dos valores obtidos por meio das análises de dados do consumo de energia elétrica, é possível fazer o cálculo do dimensionamento da potência do gerador, onde será utilizada a incidência solar do mês de Junho, no valor de 4,55 kWh/ m<sup>2</sup>/ dia, por ser considerado o mês crítico. Após o dimensionamento da potência do gerador fotovoltaico, será feita a escolha dos painéis, de forma a garantir o melhor custo benefício. O painel solar escolhido para o estudo de caso é o modelo CSI CS6P-265P de 265 Wp do fabricante *Canadian Solar*, o mesmo possui dimensões (1638 x 982 x 40) mm, sendo composto por 60 células de silício policristalino, garantindo uma potência máxima nominal de 265 W,

**Figura 4-**Tabela - Dados do painel CSI CS6P-265P *Canadian Solar*.

DADOS ELÉTRICOS DO PAINEL CSI CS6P-265P	
Potência Máxima Nominal (P <sub>máx</sub> )	265 W
Tensão de Operação (V <sub>mp</sub> )	30,6 V
Corrente de Operação (I <sub>mp</sub> )	8,66 A
Corrente de curto-circuito (I <sub>sc</sub> )	9,23 A
Eficiência do módulo	16,47%

**Fonte:** *Canadian Solar*.

A partir da potência máxima nominal do painel, será calculada a quantidade de painéis necessários para compor o arranjo fotovoltaico. Logo, temos:

$$\text{Número de painéis} = \frac{2476,73}{265} = 9,346 \text{ painéis}$$

Como o número de painéis obtidos não foi exato será feito uma aproximação, utilizando no mínimo 10 painéis no arranjo. Para efeito de correção da potência do arranjo, temos que: Potência corrigida =  $10 \times 265 = 2650 \text{ Wp}$ , Será feito o cálculo dos parâmetros para temperaturas extremas, onde os coeficientes são obtidos na folha de dados do painel fotovoltaico. O valor de variação da tensão em função da temperatura do painel escolhido é  $\gamma = -0,31\% / ^\circ\text{C}$ . Para o cálculo deve transformar esse valor para  $\text{V}/^\circ\text{C}$ , sendo feito a partir da seguinte equação:

$$\gamma (\text{V}/^\circ\text{C}) = \frac{\Delta P_{MP}}{\Delta T}$$

Substituindo os valores obtidos na folha de dados na equação descrita anteriormente, temos:

$$\gamma (\text{V}/^\circ\text{C}) = \frac{-0,31}{100} * V_{PPM}$$

$$\gamma (\text{V}/^\circ\text{C}) = -0,0031 * 30,6$$

$$\gamma (\text{V}/^\circ\text{C}) = -0,09486 \text{ V}/^\circ\text{C}$$

Aplicando o resultado obtido no cálculo de máxima e mínima tensão de máxima potência, a uma temperatura mínima e temperatura máxima, temos os seguintes resultados:

$$V_{PPM(T)} = \left( 1 + \frac{(T-25)*\gamma}{100} \right) * V_{CA(25^\circ\text{C})}$$

Onde:

$V_{PPM(T)}$  = Tensão de máxima potência a determinada temperatura

$T$  = Temperatura

$\gamma (\text{V}/^\circ\text{C})$  = Valor de variação da tensão em função da temperatura do painel

$V_{CA(25^\circ\text{C})}$  = Tensão de circuito aberto do painel a  $25^\circ\text{C}$

Substituindo os valores de mínima e máxima temperatura dos módulos na equação,

Termos:

$$V_{PPM(-10^{\circ}C)} = \left(1 + \frac{(-10-25)*(-0,09486)}{100}\right) * 30.6 = 31.62 \text{ V}$$

$$V_{PPM(-70^{\circ}C)} = \left(1 + \frac{(70-25)*(-0,09486)}{100}\right) * 30.6 = 29.29 \text{ V}$$

### 1.1.5 Dimensionamento do inversor

O dimensionamento do inversor deve ser feito de forma que o mesmo tenha potência igual ou superior à potência do gerador fotovoltaico, sendo assim o inversor escolhido para o estudo de caso foi o Inversor Fronius Galvo 3.0-1 de 3000 W. Para garantir um perfeito funcionamento do inversor, é necessário analisar os níveis de tensão de entrada do mesmo, onde os painéis deverão atender a faixa de tensão especificada pelo fabricante. Esse modelo de inversor tem uma tensão de entrada de inicialização de 185 V, e uma máxima tensão de entrada de 550 V, sendo assim será feito um cálculo para ver a quantidade de módulos que deverão ser instalados em série, como é apresentado a seguir:

$$\frac{V_{PPM \text{ min. inv.}}}{V_{PPM (70^{\circ}C)}} < \text{Número de módulos em série} < \frac{V_{PPM \text{ máx. inv.}}}{V_{PPM (-10^{\circ}C)}}$$

Onde:

$V_{PPM \text{ min. inv}}$  = Mínima tensão de operação do inversor

$V_{PPM \text{ máx. inv}}$  = Máxima tensão de operação do inversor

$V_{PPM (-10^{\circ}C)}$  = Tensão de máxima potência a  $-10^{\circ}C$

$V_{PPM (70^{\circ}C)}$  = Tensão de máxima potência a  $70^{\circ}C$

Substituindo os valores encontrados

$$\frac{165}{29,29} < \text{Número de módulos em série} < \frac{440}{33,61}$$

$$5,63 < \text{Número de módulos em série} < 13,09$$

Sendo assim, o número de módulos instalados em série deve ser entre 5,63 e 13,09 módulos. Os módulos conectados em série, deve admitir uma corrente inferior

à máxima de entrada do inversor. Para garantir que esse limite não seja excedido, será calculado o número máximo de fileiras das séries, de módulos conectados em paralelo.

$$\text{N}^\circ \text{ máximo de fileiras} = \frac{I_{MÁX}}{I_{SC}}$$

Onde:

$$I_{MÁX} = \text{Corrente máxima CC admitida na entrada do inversor}$$
$$I_{SC} = \text{Corrente de curto-circuito do módulo fotovoltaico}$$

A partir dos dados colhidos na folha de dados do inversor e do painel, será possível executar o cálculo.

$$\text{N}^\circ \text{ máximo de fileiras} = \frac{19,8}{9,23} = 2,14$$

Dessa forma o arranjo será composto por uma fileira de dez módulos em série, pois em máxima potência terá uma tensão de 306 V e uma corrente de 8,66 A, permitindo que os módulos operem dentro da faixa de operação do inversor.

## 1.2 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES

### 1.2.1 Condutores de corrente contínua

O dimensionamento dos condutores de corrente contínua deverá ser feito conforme tensão e a corrente no ponto de máxima potência máxima. Os painéis serão conectados em série em cada string, para o cálculo da seção dos condutores será necessário somar as tensões de máxima potência de cada painel, sendo feito da seguinte forma:

$$V_{STRINGS} = V_{PPM} * \text{N}^\circ \text{ de módulos} \qquad V_{STRINGS} = 30,6 * 10 = 306 \text{ V}$$

O cálculo da corrente também é feito através do produto da corrente no ponto de máxima potência pelo número de strings, logo temos que:

$$I_{STRINGS} = I_{PPM} * \text{N}^\circ \text{ de strings} \qquad I_{STRINGS} = 8,66 * 1 = 8,66 \text{ A}$$

Admitindo-se uma queda de tensão máxima de 1%, e fazendo o produto da máxima queda de tensão admissível com a tensão no ponto de máxima potência, logo temos:

$$e(\%) = 0,01 * 306 = 3,06 \text{ V}$$



A máxima queda de tensão admissível para o sistema é de 3,06 V. Dessa forma a equação para obtenção da seção do condutor pelo critério da queda de tensão é a seguinte:

$$S = 2\rho \frac{1}{e(\%)V^2} * (p * l)$$

Onde:

S = Seção do condutor dada em mm<sup>2</sup>

e(%) = Máxima queda de tensão admissível percentual  $\rho$  = Resistividade do cobre

(0,0172414 ohms x mm<sup>2</sup>/m) p = Potência em Watts

V = Tensão

l = Comprimento dado em metros

Substituindo os valores fornecidos na equação, temos:

$$S = 2(0,0172414) \frac{1}{(3,06)(306)^2} * (2650 * 10) = 3,19 \text{ mm}^2$$

Dessa forma, o próximo valor comercial é de 4 mm<sup>2</sup>, logo será utilizado o cabo solar *Prysmian Afumex* 4 mm<sup>2</sup> de 1kV.

### 1.2.2 Condutores de corrente alternada

O dimensionamento dos condutores de corrente alternada será feito da mesma forma para o lado de corrente contínua, porém utilizando dados de saída do inversor. A tensão nominal de saída do inversor varia entre 180 e 270 V, e sua potência máxima é de 3000 W,

Admitindo-se uma queda de tensão máxima de 1%, e fazendo o produto da máxima queda de tensão admissível com a tensão nominal máxima de saída do inversor, logo temos:

$$e(\%) = 0,01 * 270 = 2,7 \text{ V}$$

A máxima queda de tensão admissível para o sistema é de 2,7 V. Dessa forma, utilizando a mesma equação para obtenção da seção do condutor de corrente alternada, temos que:

$$S = 2(0,0172414) \frac{1}{(2,7)(270)^2} * (3000 * 10) = 5,26 \text{ mm}^2$$

Dessa forma será utilizado o cabo com seção de 6 mm<sup>2</sup> para conexão da saída do inversor.

### 1.2.3 Dimensionamento da proteção do sistema

A proteção do sistema fotovoltaico será dimensionada de forma a garantir a segurança de todo o sistema projetado. A parte alimentada em corrente contínua será protegida por meio de fusíveis, os quais serão dispostos em cada fileira do arranjo, disjuntor C.C. e DPS.

O cálculo dos fusíveis será feito através da equação:

$$I_{FUSÍVEL} = 1,5 * I_{SC}$$

Onde:

$$I_{FUSÍVEL} = \text{Corrente do fusível} \quad I_{SC} = \text{Corrente de curto-circuito dos strings}$$
$$FUSÍVEL = 1,5 * 9,23 = 13,85 \text{ A}$$

O valor comercial mais próximo é de 15 A, dessa forma será utilizado o fusível GPV tipo fotovoltaico de 15 A. O dimensionamento do disjuntor de corrente contínua será feito a seguir:

$$I_{DISJ.CA} = 1,25 * 19,8 = 24,75 \text{ A}$$

O disjuntor a ser utilizado no lado de corrente contínua é do tipo bipolar de 25 A. O DPS de corrente contínua será do tipo classe II com corrente de interrupção de 40 kA, neste projeto será utilizado o DPS do fabricante Clamper, modelo Clamper Solar 600V 40kA classe II. A proteção da saída do sistema será feita por meio de disjuntor C.A. e DPS, os quais garantirão a segurança do projeto. Para fins de cálculo serão utilizados dados de saída do inversor, sendo calculado da seguinte forma:

$$I_{DISJ.CA} = 1,25 * I_{SAÍDA INV.}$$

Onde:

$$I_{DISJ.CA} = \text{Corrente de interrupção do disjuntor}$$

$$I_{SAÍDA INV.} = \text{Corrente máxima de saída do inversor}$$

Substituindo o valor de corrente máxima do inversor, temos:

$$I_{DISJ.CA} = 1,25 * 14,5 = 18,13 \text{ A}$$

O valor comercial mais próximo é de 20 A, portanto será utilizado um disjuntor termomagnético unipolar de 20 A. O DPS de corrente alternada será do tipo classe II com corrente de interrupção de 45 kA, neste projeto será utilizado o DPS do fabricante Clamper, modelo VCL SP 275 V 45kA classe II.

### 1.3 MEMORIAL DESCRITIVO

#### 1.3.1 Referências normativas

##### Legislação - ANEEL

- Resolução Normativa N° 482, de 17 de abril de 2012 – Acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e sistema de compensação de energia elétrica.
- PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional.

##### Normas técnicas – CEMIG

- ND – 5.30 – Requisitos para a Conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig D – Conexão em Baixa Tensão.

#### 1.3.2 Dados da unidade consumidora

Tipo: Residencial; Rede monofásica, a dois fios, individual, baixa tensão, disjuntor geral do padrão de entrada é do tipo monopolar, 35 A.

**Figura 5** - Foto da unidade consumidora./**Figura 6**- Disjuntor geral do padrão de entrada da unidade consumidora.



Fonte: O autor.

#### 1.3.3 Unidade geradora

A unidade geradora terá uma potência instalada de 2,65 kW, sendo conectada a rede de distribuição de média tensão através das instalações da unidade consumidora, a qual está interligada a rede monofásica em 127 V.

### 1.3.4 Descrição do sistema

A energia elétrica será gerada por meio de um grupo gerador fotovoltaico composto por dez módulos, os quais serão distribuídos em uma área de 16,085 m<sup>2</sup>, e um inversor. A potência nominal do sistema é de 2,65 kWp, onde a energia elétrica gerada será entregue a rede de distribuição por meio do inversor, conforme o diagrama unifilar em anexo. Os módulos serão instalados sobre o telhado da unidade consumidora por meio de uma estrutura de apoio conforme a inclinação do mesmo.

### 1.3.5 Gerador fotovoltaico

Os dados dos equipamentos a serem utilizados no sistema da unidade geradora serão descritos a seguir:

### 1.3.6 Dados dos módulos fotovoltaicos

**Figura 7-Tabela - Dados dos Módulos Fotovoltaicos.**

Especificações Técnicas e Elétricas do Painel	
Fabricante	Canadian Solar
Modelo	CSI CS6P-265P - BR
Máxima Potência (P <sub>máx.</sub> )	265 W
Tolerância	0/ 5 W
Tensão de Máxima Potência (V <sub>máx.</sub> )	30,6 V
Corrente de Máxima Potência (I <sub>máx.</sub> )	8,66 A
Tensão de Circuito Aberto (V <sub>oc</sub> )	37,7 V
Corrente de Curto Circuito (I <sub>oc</sub> )	9,23 A
Tensão Máxima do Sistema	1000 V
Eficiência do Painel	16,47%
Coeficiente de Temperatura da Potência (P <sub>máx.</sub> )	-0,41%/ °C
Coeficiente de Temperatura da Corrente (I <sub>máx.</sub> )	0,053%/ °C
Coeficiente de Temperatura da Tensão (V <sub>máx.</sub> )	-0,31%/ °C
Temperatura Nominal de Operação de Célula (TNOC/ NOCT)	45+/-2 °C
Especificações Mecânicas	
Dimensões do Painel	(1638 x 982 x 40)mm
Código IP da Caixa de Junção	IP 67, 3 diodos
Número de Células e Tipo	60, Silício Policristalino
Peso do Módulo	18,0 kg
Vidro, Tipo e Espessura	Vidro Temperado de Alta Transmissividade, Liga de Alumínio Anodizado, Vidro Temperado de 3,2mm

**Fonte:** Neosolar.

Os valores de tensão, especificados acima, variam de acordo com a temperatura de funcionamento, porém estão dentro da faixa de valores aceitáveis pelo inversor.

### 1.3.7 Dados gerais do inversor

**Figura 8-Tabela - Dados do Inversor.**

Especificações Técnicas e Elétricas do Inversor	
Fabricante	Fronius
Modelo	Galvo 3.0-1
<b>Entrada</b>	
Potência Máxima de Entrada	3210 W
Tensão Máxima de Entrada	550 Vcc
Faixa de Tensão do MPP.	165 a 440 Vcc
Tensão Mínima de Entrada	165 Vcc
Tensão para Inicialização	185 Vcc
Corrente Máxima de Entrada	19,8 A
<b>Saída</b>	
Potência Nominal de Saída	3000 W
Tensão de Saída (Faixa)	180 Vca a 270 Vca
Frequência de Saída	60 Hz
Corrente Máxima de Saída	14,5 A
<b>Outras Características</b>	
Eficiência Máxima	96,10%
Consumo Interno (noite)	< 1 W
Temperatura de Operação	25 °C a 50 °C
<b>Proteção</b>	
Transformador e isolamento galvânico	Sim
Elemento de Interrupção	Sim
Proteção de Sub e Sobretensão	Sim
Proteção de Sub e Sobrefrequência	Sim
Relé de Sincronismo	Sim
Anti-Ilhamento	Sim
<b>Especificações Mecânicas</b>	
Dimensões do Inversor (L x A x P)	(645 x 431 x 204)mm
Peso do Inversor	16,8 kg

Fonte: Neosolar.

### 1.3.8 Dados gerais da estrutura de apoio

Os módulos serão instalados em suportes seguindo a mesma inclinação do telhado, Os suportes devem ser compostos de trilhos e grampos em alumínio, onde os grampos para fixação dos perfis no telhado devem ser em aço inoxidável, com resistência de rajadas de vento com velocidade de até 45 m/s.

### 1.3.9 Condutores elétricos

A instalação do sistema será adotada de cabos condutores isolados. Para garantir a segurança dos trabalhadores na instalação, manutenção ou verificação, os condutores deverão seguir os esquemas de cores a seguir:

Cabos para corrente alternada:

- Cabos de fase – cor cinza/ marrom;
- Cabos de neutro – cor azul claro (obrigatório);
- Cabos de proteção – cor amarela – verde (obrigatório);

Cabos para corrente contínua:

- Cabo positivo – cor vermelha ou deve conter indicação específica de (+);
- Cabo negativo – cor preto ou deve conter indicação específica de (-);
- Os condutores de corrente alternada deverão possuir seção de 6 mm<sup>2</sup>, logo será utilizado o cabo flexível de 6 mm<sup>2</sup>.
- Os condutores de corrente contínua deverão possuir seção de 4 mm<sup>2</sup>, logo será utilizado o cabo solar *Prysmian Afumex* 4 mm<sup>2</sup> de 1kV, ou equivalente. Para uma maior facilidade e segurança nas conexões série e paralelo, será utilizado conectores MC4 de duas entradas e uma saída para conexão paralelo, e conectores MC4 de uma entrada e uma saída para as conexões série dos painéis.

### 1.3.10 Proteções elétricas

A proteção do lado alimentado em corrente contínua será feita por meio de fusíveis GPV tipo fotovoltaico de 15 A, os quais serão instalados em cada fileira do arranjo, um disjuntor do tipo bipolar de 25 A e um DPS do fabricante Clamper, modelo Clamper Solar 600 V 40kA classe II, onde o disjuntor e o DPS devem ser dispostos em um quadro de proteção elétrica, o qual pode ser substituído por quadro do tipo (Stringbox), composto por dispositivos de proteção equivalente.

A proteção do lado alimentado em corrente alternada deverá ser composta por disjuntor termomagnético unipolar de 20 A e um DPS de corrente alternada será do tipo classe II com corrente de interrupção de 45 kA, do fabricante Clamper, modelo VCL SP 275 V 45kA classe II, ou equivalente, sendo instalados junto ao QGBT ou quadro específico.

### 1.3.11 Aterramento

O sistema de geração distribuída deverá estar conectado ao sistema de aterramento da unidade consumidora.

### 1.3.12 Previsão da produção de energia

Figura 9-Tabela - Previsão de produção de energia elétrica.

ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA			
MÊS	ISGM	PRODUÇÃO ENERGIA/ DIA (kWh/ dia)	PRODUÇÃO ENERGIA/ MÊS (kWh/ mês)
jan.	5,59	11,8508	355,524
fev	5,7	12,084	362,52
mar	5,27	11,1724	335,172
abr	5,27	11,1724	335,172
mai	4,71	9,9852	299,556
jun	4,55	9,646	289,38
jul	4,8	10,176	305,28
ago	5,37	11,3844	341,532
set	5,54	11,7448	352,344
out	5,76	12,2112	366,336
nov	5,68	12,0416	361,248
dez	5,47	11,5964	347,892
MÉDIA DE PRODUÇÃO MENSAL (kWh)			337,663

\*ISGM - Irradiação Solar Global Média (kWh/ m<sup>2</sup>/ dia)

Fonte: O autor.

É previsto que a unidade geradora produza uma média mensal de 337,66 kWh, operando o dia todo.

### 1.3.13 Requisitos para a conexão com a rede elétrica de distribuição

A medição de energia elétrica será do tipo bidirecional, a qual vai medir tanto a energia ativa injetada na rede quanto à energia ativa consumida da rede. Como a unidade consumidora possui um medidor instalado, será de responsabilidade da CEMIG fazer a substituição do mesmo, porém a diferença entre o custo do medidor convencional e o medidor bidirecional é de responsabilidade do cliente.

### 1.3.14 Sinalização de segurança

A sinalização de segurança deverá ser instalada junto ao padrão de entrada de energia, próximo a caixa de medição, a qual será composta por placa de advertência com os seguintes dizeres “CUIDADO – RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO-GERAÇÃO PRÓPRIA”.

### 1.3.15 Análise de viabilidade econômica

No desenvolvimento de um projeto de microgeração distribuída é necessário que se faça uma análise para um melhor custo benefício com o objetivo de viabilizá-lo economicamente. Dessa forma, foi feito o orçamento dos materiais a serem utilizados para a execução do projeto.

**Figura 10-Tabela - Orçamento para fins de execução do projeto.**

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTD. DE	PREÇO	
				UNITÁRIO	TOTAL
1	Módulo fotovoltaico Canadian CSI CS6P-265P (265Wp) ou equivalente	Un.	10	R\$ 623,85	R\$ 6.238,50
2	Inversor Fronius Galvo 3.0-1 (3.000W)	Un.	1	R\$ 5.274,00	R\$ 5.274,00
3	Kit de montagem Schletter para telhado - 10 painéis	Un.	1	R\$ 2.800,00	R\$ 2.800,00
4	Quadro Elétrico Fotovoltaico (Stringbox), 2x1 str IP65 25A 1000V	Un.	1	R\$ 1.490,00	R\$ 1.490,00
5	Cabo solar Prysmian Afumex 4mm <sup>2</sup> Preto 1kV	m.	20	R\$ 3,99	R\$ 79,80
6	Cabo solar Prysmian Afumex 4mm <sup>2</sup> Vermelho 1kV	m.	20	R\$ 3,99	R\$ 79,80
7	Cabo Flexível 6mm <sup>2</sup> Preto	m.	15	R\$ 1,35	R\$ 20,25
8	Disjuntor termomagnético unipolar de 20 A	Un.	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
9	DPS Clamper, modelo VCLSP 275 V 45KA classe II.	Un.	1	R\$ 62,99	R\$ 62,99
10	Porta fusível com fusível CC Solar 1000 V - 15 A	Un.	2	R\$ 29,80	R\$ 59,60
11	Conector MC4 1:1 (par)	Un.	16	R\$ 23,80	R\$ 380,80
<b>TOTAL DOS MATERIAIS</b>					<b>R\$ 16.495,74</b>

\* Os valores estão baseados aos praticados no comércio atual.

Fonte: O autor.

Para a análise, serão considerados os valores gastos em energia elétrica apresentada na tabela 9, exceto a contribuição para o custeio da iluminação pública, esses valores somam 3654 kWh anuais, visto que o valor médio do kWh é de R\$ 0,85646948, logo foram gastos:

Valor médio gasto anual = Quantidade de energia consumida anual x Preço do Kwh  
 Valor médio gasto anual = 3654 x 0,85646948 = R\$ 3129,54

Pela previsão de produção de energia elétrica, o gerador produzirá em média 4051,956kWh anuais. Dessa forma, o valor médio de energia produzido será de:

Valor médio produzido anual = Quantidade de energia média produzida anual x Preço do Kwh

Valor médio produzido anual = 4051,956 x 0,85646948 = R\$ 3470,38

Para o cálculo de retorno do investimento, será considerado o custo total dos materiais utilizados e o valor médio da energia produzida pelo gerador.

$$\text{Retorno do investimento} = \frac{\text{Custo total dos materiais}}{\text{Valor médio produzido anual}}$$

R\$ 16495,74



$$\text{Retorno do investimento} = \frac{\text{Custo total}}{\text{Valor anual do investimento}} = 4,75 \text{ anos}$$

Por meio da análise o retorno do investimento ocorrerá em 4,75 anos, o equivalente a 57 meses. Como os painéis possuem uma vida útil média de 25 anos, será feita uma análise em longo prazo, considerando que o inversor possui uma vida útil média de 10 a 15 anos, ao longo de 25 anos será previsto uma substituição do inversor, dessa forma é calculado o custo total com materiais no período dos 25 anos.

Custo total = Custo total dos materiais + Preço do inversor

$$\text{Custo total} = \text{R\$ } 16495,74 + \text{R\$ } 5274,00 = \text{R\$ } 21769,74$$

Logo, será feito o cálculo do valor anual do investimento:

$$\text{Valor anual do investimento} = \frac{\text{R\$ } 21769,74}{25} = \text{R\$ } 870,79$$

Dessa forma pode ser feito o cálculo da economia mensal que o consumidor terá ao executar o projeto. Valor médio gasto mensal- R\$260,80 e valor mensal do investimento- R\$72,57.

Economia mensal = Valor médio gasto mensal – Valor mensal do investimento

$$\text{Economia mensal} = \text{R\$ } 260,80 - \text{R\$ } 72,57 = \text{R\$ } 188,23$$

Portanto, a economia que o consumidor terá no prazo de 25 anos será de:

$$\text{Economia}_{25 \text{ anos}} = \text{Economia mensal} * 300$$

Onde:

$$300 = \text{quantidade de meses em 25 anos.}$$

$$\text{Economia}_{25 \text{ anos}} = \text{R\$ } 188,23 * 300 = \text{R\$ } 56469,00$$

Sendo assim, o projeto desenvolvido apresenta uma economia considerável em relação aos gastos com energia elétrica, pois no prazo de 25 anos o consumidor vai ter uma economia de R\$ 56469,00, representando uma economia média mensal de R\$188,23, com isso pode considerar que o projeto de geração solar é viável tanto economicamente quanto ambientalmente, por se tratar de uma fonte limpa e renovável.

## 2 CONCLUSÃO

No presente trabalho foi desenvolvido um projeto de uma microgeração distribuída em uma residência, onde foi analisada a viabilidade de implantação do sistema na mesma. A partir dos dados obtidos referentes à irradiação solar, o local apresenta uma grande capacidade de geração, tornando viável a implantação do projeto proposto.

Na análise econômica, não foi admitido os valores relacionados à instalação do projeto, considerando apenas os valores dos materiais relacionados. Dessa forma, o consumidor terá o retorno do investimento em apenas 4,75 anos, como o sistema tem uma vida útil estimada de 25 anos, isso indica que ele poderá usufruir cerca de 20 anos do gerador fotovoltaico instalado.

Sendo assim, a implantação do sistema em residências é viável, visto que o consumidor terá uma grande economia com relação aos gastos mensais com energia elétrica, além de contribuir com o meio ambiente, pois é uma fonte limpa e renovável. Além disso, o custo para aquisição dos equipamentos, mesmo de forma lenta, vem sendo reduzido, que juntamente com os incentivos governamentais, facilitam o acesso às energias renováveis.

## REFERÊNCIAS

1. ALSOL Energias Renováveis. **USINA DE GERAÇÃO SOLAR COMBINADA COM BATERIAS É INAUGURADA EM UBERLÂNDIA-MG.** Disponível em: < <http://alsolenergia.com.br/cases/usina-de-geracao-solar-combinada-com-baterias-e-inaugurada-em-uberlandia-mg>>. Acesso em: 27 de Junho de 2018.
2. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **ANEEL AMPLIA POSSIBILIDADES PARA MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA.** Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=8955&id\\_ar ea=90](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8955&id_ar ea=90)> Acesso em: 15 de Janeiro de 2017.
3. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **BIG – BANCO DE INFORMAÇÕES DE GERAÇÃO.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acesso em: 27 de Junho de 2018.
4. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **EVOLUÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL.** Disponível em: < [http://www.aneel.gov.br/aneel-essencial/-/asset\\_publisher/c4M6OIOMkLad/content/evolucao-da-energia-eolica-no-brasil?inheritRedirect=false](http://www.aneel.gov.br/aneel-essencial/-/asset_publisher/c4M6OIOMkLad/content/evolucao-da-energia-eolica-no-brasil?inheritRedirect=false)> Acesso em: 27 de Fevereiro de 2017.
5. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **PROCEDIMENTOS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PRODIST, MÓDULO 3.** Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/PRODIST-M%C3%B3dulo3\\_Revis%C3%A3o7/ebfa9546-09c2-4fe5-a5a2-ac8430cbca99](http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/PRODIST-M%C3%B3dulo3_Revis%C3%A3o7/ebfa9546-09c2-4fe5-a5a2-ac8430cbca99). Acesso em: 30 de Setembro de 2017.
6. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 673/ 2015.** Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015673.pdf>> Acesso em: 15 de Março de 2017.
7. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 687/ 2015.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 19 de Julho de 2017.
8. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 482/ 2012.** Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 30 de Setembro de 2017.
9. BLUESOL ENERGIA SOLAR. **OS SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.** Disponível em: <<http://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>>. Acesso em: 11 de Agosto de 2017.

10. CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. **Atlas Solarimétrico de Minas Gerais, volume 2.** Disponível em: [http://www.cemig.com.br/ptbr/A\\_Cemig\\_e\\_o\\_Futuro/inovacao/Alternativas\\_Energeticas/Documents/atlas\\_solarimetrico.pdf](http://www.cemig.com.br/ptbr/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Documents/atlas_solarimetrico.pdf). Acesso em 22 de Julho de 2017.
11. CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. **MINI E MICROGERAÇÃO DISTRIBUIDA – SISTEMA DE COMPENSAÇÃO.** Disponível em: [https://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/corporativo/Paginas/micro\\_minigeracao.aspx](https://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/corporativo/Paginas/micro_minigeracao.aspx). Acesso em: 05 de Janeiro de 2018.
12. CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. **NORMA DE DISTRIBUIÇÃO 5.30.** Disponível em: <https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Clientes/Documents/Normas%20TC3%20A9cnicas/ND.5.30.pdf>. Acesso em: 05 de Outubro de 2017.
13. CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. **Resumo Atlas Solarimétrico de Minas Gerais.** Disponível em: [http://www.cemig.com.br/ptbr/A\\_Cemig\\_e\\_o\\_Futuro/inovacao/Alternativas\\_Energeticas/Documents/Resumo%20do%20Atlas%20Solarimetrico.pdf](http://www.cemig.com.br/ptbr/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Documents/Resumo%20do%20Atlas%20Solarimetrico.pdf). Acesso em: 27 de Julho de 2017.
14. CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.** Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf). Acesso em: 09 de Agosto de 2017.
15. Energia Limpa. **USINA TERMELÉTRICA ABASTECIDA POR RESÍDUOS DECANA – DE – AÇÚCAR.** Disponível em: <http://blogatti1967.blogspot.com.br/2013/01/usina-termeletrica-abastecida-por.html>. Acesso em: 21 de Fevereiro de 2017.
16. EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **RELATÓRIO SÍNTESE DO BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL – ANO BASE 2016.** Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2017\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf). Acesso em: 27 de Junho de 2018.
17. EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas. **RESENHA MENSAL DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA – MAIO 2018.** Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-153/topico-351/Resenha%20Mensal%20-%20Maio%202018\\_vf.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-153/topico-351/Resenha%20Mensal%20-%20Maio%202018_vf.pdf). Acesso em: 27 de Junho de 2018.
18. GOOGLE MAPS. **Local da Residência.** Disponível em: <

<https://www.google.com.br/maps/place/R.+Ant%C3%B4nio+Souza+Martins+-+Marta+Helena,+Ituiutaba+-+MG/@-18.9825315,-49.4800727,184m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x94a231cfe8239c95:0x76e9b33b08738653!8m2!3d-18.9818394!4d-49.4783835?hl=pt-BR>>. Acesso em: 18 de Outubro de 2017.

19. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **POPULAÇÃO**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>> Acesso em: 19 de Janeiro de 2017.

20. Infraestrutura Urbana. Projetos, custos e construção. **ENERGIA**. Disponível em: <http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/6/artigo227165-2.aspx> Acesso em: 28 de Fevereiro de 2017.

21. INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **TABELA E CERTIFICAÇÃO INVERSOR SOLAR**. Disponível em: <http://www.asolar.com.br/arquivos/tabela-de-certificacao-inversor-solar-inmetro-2016-02-06.pdf>>. Acesso em: 05 de Janeiro de 2018.

22. MME – Ministério de Minas e Energia. **BIOMASSA SUPERA 12 GW DE POTÊNCIA E SE APROXIMA DO GÁS COMO SEGUNDA FONTE DE ENERGIA**. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial?p\\_p\\_auth=5gujCoK0&p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&\\_101\\_struts\\_action=%2Fasset\\_publisher%2Fview\\_content&\\_101\\_returnToFullPageURL=%2F&\\_101\\_assetEntryId=2425891&\\_101\\_type=content&\\_101\\_urlTitle=biomassa-supera-12-gw-de-potencia-e-se-aproxima-do-gas-como-segunda-fontedeenergia&redirect=http%3A%2F%2Fwww.mme.gov.br%2Fweb%2Fguest%2Fpaginainicial%3Fp\\_p\\_id%3D3%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3Dmaximized%26p\\_p\\_mode%3Dview%26\\_3\\_groupId%3D0%26\\_3\\_keywords%3Dbiomassa%26\\_3\\_struts\\_action%3D%252Fsearch%252Fsearch%26\\_3\\_redirect%3D%252F&inheritRedirect=true](http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial?p_p_auth=5gujCoK0&p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=%2F&_101_assetEntryId=2425891&_101_type=content&_101_urlTitle=biomassa-supera-12-gw-de-potencia-e-se-aproxima-do-gas-como-segunda-fontedeenergia&redirect=http%3A%2F%2Fwww.mme.gov.br%2Fweb%2Fguest%2Fpaginainicial%3Fp_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dmaximized%26p_p_mode%3Dview%26_3_groupId%3D0%26_3_keywords%3Dbiomassa%26_3_struts_action%3D%252Fsearch%252Fsearch%26_3_redirect%3D%252F&inheritRedirect=true)> Acesso em: 19 de Fevereiro de 2017.

23. MME – Ministério de Minas e Energia. **ENERGIA SOLAR NO BRASIL EMUNDO**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/17+-+Energia+Solar+-+Brasil+e+Mundo+-+ano+ref.+2015+%28PDF%29/4b03ff2d-1452-4476907d9301226d26c;jsessionid=41E8065CA95D1FABA7C8B26BB66878C9.srv154> . Acesso em: 12 de Julho de 2017.

24. MME – Ministério de Minas e Energia. **PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA – PROINFA**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/galerias/arquivos/apresentacao/PROINFA-ANEXO1-InstitucionalMME.pdf> Acesso em: 19 de Fevereiro de 2017.

25. MME – Ministério de Minas e Energia. **RANKING MUNDIAL DE ENERGIA ESOCIOECONOMIA**. Disponível em:

<<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139093/Ranking+Mundial+de+Energia+2015.pdf/f088fe16-e0d2-49ad-b72c-8376f749c661>> Acesso em: 13 de Janeiro de 2017.

26. MME – Ministério de Minas e Energia. **RESENHA ENERGÉTICA BRASILEIRA, ANO BASE 2017.** Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/02+-+Resenha+Energ%C3%A9tica+Brasileira+2018+-+ano+ref.+2017+%28PDF%29/6f00cc7c-be9a-4257-ab5d-8ab1935611aa;jsessionid=DE9158023A984B962AECA56C0CB6595C.srv155>. Acesso em 27 de Junho de 2018.

27. Portal Energia – Energias Renováveis. **COMO FUNCIONA UM AEROGERADOR.** Disponível em: <http://www.portal-energia.com/funcionamento-de-um-aerogerador/> Acesso em: 28 de Fevereiro de 2017.

28. Portal PCH. **O QUE É UMA PCH?.** Disponível em: <http://www.portalpch.com.br/saiba-mais/o-que-e-uma-pch.html> Acesso em: 16 de Março de 2017.

29. PORTAL SOLAR. **SEGUIDOR SOLAR – TRACKER: VANTAGENS E DESVANTAGENS PARTE 1.** Disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/blog-solar/painel-solar/seguidor-solar---tracker-vantagens-e-desvantagens-parte-1.html>. Acesso em: 03 de Agosto de 2017.

30. REN21. **RELATÓRIO DE STATUS GLOBAL RENOVÁVEIS 2017.** Disponível em: [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399\\_GSR\\_2017\\_Full\\_Report\\_0621\\_Opt.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399_GSR_2017_Full_Report_0621_Opt.pdf). Acesso em: 13 de Julho de 2017.

31. SWERA – Solar and Wind Energy Resource Assessment. **DADOS DE INCIDÊNCIA SOLAR E DO AMBIENTE PARA O LOCAL DA RESIDÊNCIA.** Disponível em: <https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=eFtuaK%255Bv%255D%3Dt&bL=groad&cE=0&lR=0&mC=-18.982384110281767%2C-49.47848439216614&zL=18>. Acesso em: 24 de Outubro de 2017.

32. SWERA – Solar and Wind Energy Resource Assessment. **IRRADIAÇÃO HORIZONTAL GLOBAL MÉDIA PARA O LOCAL DA RESIDÊNCIA.** Disponível em: <https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=we1q1F%255Bv%255D%3Dt&bL=groad&cE=0&lR=0&mC=-18.982404401055025%2C-49.47945535182953&zL=18>. Acesso em: 24 de Outubro de 2017.