

**REDE DOCTUM DE ENSINO  
FACULDADE INTEGRADAS DE CARATINGA  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA CONECTADA À  
REDE DO SUPERMERCADO RENATO**

**GABRIELA DA SILVA DE SOUZA ALVARENGA**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**Caratinga/MG**

**2017**

**GABRIELA DA SILVA DE SOUZA ALVARENGA**

**ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA CONECTADA À  
REDE DO SUPERMERCADO RENATO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Elétrica das Faculdades Integradas de Caratinga da DOCTUM Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Professor Orientador: Vinícius Murilo Lima Rodrigues.

**Caratinga/MG**

**2017**



**TERMO DE APROVAÇÃO**

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: **IMPLANTAÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE DO SUPERMERCADO RENATO**, elaborado pela aluna **GABRIELA DA SILVA DE SOUZA ALVARENGA** foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de Engenharia ELÉTRICA das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de:

**BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA.**

Caratinga 06 de julho 2017

  
VINÍCIUS MURILO LIMA RODRIGUES

  
RICARDO BOTELHO CAMPOS

  
DANIEL MAGESTE BUTTERS

*Ao meu Senhor Jesus Cristo por ser fiel e me dar muito além do que mereço, ao meu irmão Diego pelo exemplo de vida, aos meus pais Viberto e Elza por sempre acreditarem no meu potencial, e ao meu esposo Fabrício pelo amor, incentivo e carinho.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu Senhor Jesus Cristo por se fazer presente na minha vida, me dar forças a cada manhã, e me mostrar que sem Ele não sou nada.

Agradeço com muito carinho a minha mãe Elza, por sempre está comigo e fazer por muitas das vezes além do que pode para ver os meus sonhos serem realizados. Meu pai Viberto, que me ensinou a persistir, lutar e conquistar o que almejo. A minha tia Anailda, pelo carinho e cuidado, meus avós Elzo e Dilcéia pelo exemplo de vida.

Ao meu amado esposo Fabrício pelo carinho, orações, incentivos, motivação, por ser um excelente companheiro e ótimo amigo, eu te amo!

A cada amizade que conquistei ao longo do curso de graduação, vocês são muito especiais. Principalmente a Patrícia e José Francisco por estarmos juntos do início ao final do curso, e a Fabiana por ser a melhor parceira e amiga que já tive em toda a minha vida. André, Diego, Elton, Genício, Márcio, Paulo, Thales Wesley, Weverton, pela parceria nos trabalhos em equipe, grupos de estudo e por toda ajuda que me deram.

Ao meu orientador, professor Vinícius pela ajuda, dedicação e paciência.

A todos os membros da Comunidade Águas Vivas de Ubaporanga pelas orações, principalmente aos meus pastores Vinícius e Amanda, por cuidarem tão bem da minha vida espiritual.

Ao Renato Rezende, proprietário do Supermercado Renato, por autorizar a realização do estudo de caso em seu estabelecimento.

Aos meus colegas de trabalho, pelo incentivo e apoio durante a reta final do curso de graduação.

A todos os professores do curso de engenharia elétrica, por ajudaram em meu desenvolvimento pessoal e profissional.

E a todos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui, muito obrigada !

*“A fé é a certeza de que vamos receber as coisas que esperamos  
e a prova de que existem coisas que não podemos ver.”  
( Hebreus 11:1)*

ALVARENGA, Gabriela da Silva de Souza. **ESTUDO DE CASO: IMPLANTAÇÃO DE USINA FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE DO SUPERMERCADO RENATO** Caratinga, 2017. ??f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica - Curso de Engenharia Elétrica. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

## **RESUMO**

Neste trabalho será apresentado um estudo de caso sobre a implantação de uma usina fotovoltaica, utilizando painéis solares conectados à rede, instalados no telhado do supermercado do Renato, localizado na cidade de Ubaporanga, no estado de Minas Gerais. O estudo abordará o sistema de compensação de energia elétrica, ou seja, a energia gerada pelos painéis solares que não for consumida pelo supermercado, será injetada na rede elétrica da concessionária local gerando créditos de energia, e quando a geração for menor do que a demanda do supermercado, a rede da distribuidora local suprirá a diferença de energia. Conforme às inovações trazidas pela Resolução Normativa nº 482/2012, em que incentiva a geração distribuída a partir de fontes renováveis, as vantagens econômicas trazidas com este avanço, tem feito que os consumidores veem a implantação de um sistema de geração solar fotovoltaica como um ótimo investimento, pois além de gerar uma energia limpa, traz retorno financeiro em médio a longo prazo. Devido aos seus benefícios e aproveitando da área de telhados do supermercado Renato, foi apresentado o sistema de geração solar fotovoltaica para suprir a sua demanda.

**Palavras-chave:** Usina fotovoltaica. Energia solar. Compensação de energia elétrica.

ALVARENGA, Gabriela da Silva de Souza. **CASE STUDY: IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC PLANTS CONNECTED TO THE RENATO SUPERMARKET NETWORK** Caratinga, 2017. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Elétrica - Curso de Engenharia Elétrica. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2017.

## **ABSTRACT**

In this work a case study will be presented about the implementation of a photovoltaic plant using solar panels connected to the electrical network, installed on the roof of the Renato's supermarket, located in the city of Ubaporanga, Minas Gerais state. The study will address the electric energy compensation system, in other words, the energy generated by the solar panels that is not consumed by the supermarket will be injected into the local utility network generating energy credits, and when the generation is lower than the demand of the Supermarket, the network of the local distributor will supply the energy difference. According to the innovations brought by Normative Resolution 482/2012, which encourages the generation of renewable energy sources, The economic advantages brought with this advance have made consumers see the implementation of a photovoltaic solar generation system as a great investment, since in addition to generating clean energy, it brings financial returns in the medium to long term. Due to its benefits and taking advantage of the roof area of the Renato's supermarket, the photovoltaic solar generation system was presented to supply its demand.

**Key-words:** Photovoltaic power plant. Solar energy. Compensation of electricity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b>	– Interrelação entre a radiação solar e atmosfera terrestre. . . . .	17
<b>Figura 2</b>	– Exemplo de sistema fotovoltaico isolado. . . . .	18
<b>Figura 3</b>	– Exemplo de sistema fotovoltaico híbrido. . . . .	19
<b>Figura 4</b>	– Procedimentos e etapas de acesso. . . . .	21
<b>Figura 5</b>	– Sistema de compensação de energia elétrica. . . . .	22
<b>Figura 6</b>	– Composição de uma célula fotovoltaica. . . . .	23
<b>Figura 7</b>	– Painel solar fotovoltaico de silício monocristalino . . . . .	24
<b>Figura 8</b>	– Painel solar fotovoltaico de silício policristalino . . . . .	25
<b>Figura 9</b>	– Painel solar fotovoltaico de filmes de silício fino. . . . .	25
<b>Figura 10</b>	– Conexão de células fotovoltaicas em série . . . . .	26
<b>Figura 11</b>	– Conexão de células fotovoltaicas em paralelo . . . . .	27
<b>Figura 12</b>	– Inversor CC-CA Grid-tie Fronius. . . . .	27
<b>Figura 13</b>	– Regulador solar MPPT . . . . .	28
<b>Figura 14</b>	– Conector MC4 engate rápido (Par) Weidmueller - PV-STICK . . . . .	30
<b>Figura 15</b>	– Dispositivos de proteção contra surtos SPW . . . . .	30
<b>Figura 16</b>	– Latitude e longitude do Supermercado Renato . . . . .	33
<b>Figura 17</b>	– Irradiação solar no plano inclinado em Caratinga- MG . . . . .	34
<b>Figura 18</b>	– Imagem do telhado supermercado Renato . . . . .	36
<b>Figura 19</b>	– Dados climáticos e radiação do município de Ubaporanga. . . . .	39
<b>Figura 20</b>	– Gráfico de radiação do município de Ubaporanga. . . . .	39
<b>Figura 21</b>	– Dados básicos do inversor Fronius IG 390. . . . .	40
<b>Figura 22</b>	– Características mecânicas do inversor Fronius IG 390. . . . .	40
<b>Figura 23</b>	– Dados básicos do módulo fotovoltaico YL250P-29b. . . . .	41
<b>Figura 24</b>	– Características mecânicas módulo fotovoltaico YL250P-29b. . . . .	41
<b>Figura 25</b>	– Produtibilidade da planta . . . . .	42
<b>Figura 26</b>	– Produção mensal do sistema fotovoltaico. . . . .	42
<b>Figura 27</b>	– Avaliação econômica. . . . .	45
<b>Figura 28</b>	– Fluxo de caixa acumulativo. . . . .	45
<b>Figura 29</b>	– Lucro líquido. . . . .	46

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	– Consumo anual em kwh/mês dos padrões de energia do Supermercado Renato.	32
<b>Tabela 2</b>	– Irradiação solar diária no plano horizontal na cidade de Caratinga. . . . .	34
<b>Tabela 3</b>	– Ângulo de inclinação do módulo fotovoltaicos em relação a latitude geográfica do local. . . . .	35
<b>Tabela 4</b>	– Área disponível X área necessária . . . . .	38
<b>Tabela 5</b>	– Média das porcentagens dos reajustes anuais da CEMIG. . . . .	43
<b>Tabela 6</b>	– Análise econômica feita pelo software BlueSol. . . . .	44
<b>Tabela 7</b>	– Orçamento feito pela Neosolar. . . . .	46
<b>Tabela 8</b>	– Comparação do investimento na implantação do sistema fotovoltaico com o investimento na poupança. . . . .	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus Celsius
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AV	Avenida
C	Graus Celsius
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CEMIG	Companhia energética de Minas Gerais
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CPF	Cadastro Pessoa Física
CRESESB	Centro de Referência para energia Solar e Eólica de Sérgio de Salvo Brito
DPS	Dispositivos de Proteção Contra Surtos
GEPEA	Grupo de Energia Escola da Politécnica Universidade de São Paulo
INEE	Instituto Nacional e Eficiência Energética
IST	Instituto superior técnico da Universidade de Lisboa
KW	Quilowatt
M <sup>2</sup>	Metro quadrado
MPPT	Maximum Power Point Tracking
MW	Megawatt
NBR	Norma Brasileira aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas
OFF GRID	Sistema Fotovoltaico Isolado
PMP	Ponto de máxima Potência
PRODIST	Procedimentos e Distribuição de Energia Elétrica
REN	Resolução Normativa

SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
SFI	Sistema Fotovoltaico Isolado da Rede
TFSC	Painel Solar de película fina
TIR	Taxa Interna de Retorno

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</b>	<b>16</b>
2.1 CONCEITO	16
2.2 RADIAÇÃO SOLAR	16
2.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO	17
2.4 SISTEMA FOTOVOLTAICO HÍBRIDO	18
2.5 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	20
<b>3 COMPONENTES PARA O SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>	<b>23</b>
3.1 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS	23
3.1.1 Painel solar fotovoltaico de silício monocristalino	24
3.1.2 Painel solar fotovoltaico de silício policristalino	24
3.1.3 Painel solar fotovoltaico de filmes de silício fino	25
3.2 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	26
3.2.1 Associação em série	26
3.2.2 Associação em paralelo	26
3.3 INVERSORES	27
3.3.1 Controlador solar MPPT	28
3.4 CABEAMENTO	29
3.5 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO	30
<b>4 ESTUDO DE CASO</b>	<b>32</b>
4.1 ANÁLISE PARA IMPLANTAÇÃO DA USINA FOTOVOLTAICA	32
4.2 IRRADIAÇÃO INCIDENTE	33
4.3 ÂNGULOS DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS	34
4.4 CÁLCULOS DE DIMENSIONAMENTO DO PROJETO SOLAR	35
4.5 SOFTWARE BLUE SOL	38
4.6 VIABILIDADE FINANCEIRA	43
4.6.1 Orçamento Neosolar	46
4.6.2 Comparação do investimento na implantação do sistema fotovoltaico com o investimento na poupança	46
<b>5 CONCLUSÃO</b>	<b>48</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>49</b>
<b>APÊNDICE A - TERMO DE AUTORIZAÇÃO</b>	<b>51</b>

<b>ANEXO A CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA DA INSTALAÇÃO NÚMERO 3001524233</b>	
.....	<b>52</b>
<b>ANEXO B CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA DA INSTALAÇÃO NÚMERO 3004408021</b>	
.....	<b>53</b>
<b>ANEXO C CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA DA INSTALAÇÃO NÚMERO 3007543909</b>	
.....	<b>54</b>
<b>ANEXO D ORÇAMENTO NEOSOLAR PARA USINA FOTOVOLTAICA DE 26,400 KWP</b>	
.....	<b>55</b>
<b>ANEXO E ORÇAMENTO NEOSOLAR PARA A INSTALAÇÃO INSTALAÇÃO NÚMERO 3001524233</b>	
.....	<b>57</b>
<b>ANEXO F ORÇAMENTO NEOSOLAR PARA A INSTALAÇÃO INSTALAÇÃO NÚMERO 3004408021</b>	
.....	<b>59</b>
<b>G ORÇAMENTO NEOSOLAR PARA A INSTALAÇÃO NÚMERO 3007543909</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país de clima tropical e apresenta um território com vastos recursos naturais, podendo investir em diversas fontes de energia elétrica para suprir a sua demanda, mas devido o cenário energético brasileiro ser baseado em fontes geradoras provenientes de usinas hidroelétricas, mediante ao pouco índice de chuvas, o país tem vivido constantes baixas em seus reservatórios. Com a escassez da sua principal fonte geradora, foi necessário recorrer a outro recurso para abastecer a população, assim elevando o custo de geração de energia utilizando usinas termelétricas.

Visando sair da instabilidade do setor energético brasileiro, diminuir gastos e atender com agilidade o crescimento industrial e populacional, o país tem investido em recursos provenientes de energia limpa e renovável, com o intuito de também diminuir a contaminação gerada e aumentar a consciência ambiental.

A geração de energia elétrica através da fonte solar vem ganhando espaço no mercado, principalmente por sua matéria prima está presente em todo o território nacional, influenciar na valorização do imóvel e devido às recentes mudanças nas regras inseridas pela ANEEL para implantação de geração através de fontes renováveis.

Adotando ao sistema o conceito de geração distribuída o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica, e fornecer o excedente para a rede de distribuição local. Além de beneficiar o sistema elétrico, reduzindo o carregamento das redes, expandindo os sistemas de transmissão e distribuição, diminuindo o impacto ambiental e diversificando as fontes geradoras de energia elétrica do país.

Conforme as vantagens concedidas pela implantação e distribuição da energia solar, retorno financeiro significativo, visando a redução de gastos, e considerável área de telhado, o estabelecimento do Supermercado Renato foi escolhido para o presente estudo de caso.

O estudo se iniciará com uma revisão bibliográfica, tendo a visão de apresentar o leitor conceitos de cada parte de uma usina fotovoltaica, regulamentações e normas. Após será apresentado o estudo de caso, que trará os passos para dimensionar o sistema proposto, e por fim, um memorial descritivo de instalação da usina fotovoltaica conforme a concessionária de distribuição de energia elétrica local.

## 2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

### 2.1 CONCEITO

A energia solar é uma fonte de energia renovável que é proveniente da radiação emitida pelo sol através do sistema solar. A mesma radiação que depois do processo de transformação se converte em energia elétrica, é responsável pelas condições de vida no planeta terra. (IST, 2004)

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez por Alexandre Edmond Becquerel em 1839, um físico francês, que enquanto realizava uma experiência com eletrodos e uma solução condutora de eletricidade, analisou que com o aumento da incidência de luz solar, a eletricidade obtinha um aumento significativo. (IST, 2004)

Em 1873, o engenheiro eletricitista Willoughby Smith descobriu a fotocondutividade, onde percebeu que o selênio se transforma em um condutor de energia quando está exposto à luz. Adams e Richard Day foram os desenvolvedores do primeiro dispositivo sólido de fotoprodução de eletricidade, utilizando um filme de selênio depositado num substrato de ferro, onde um filme de ouro servia de contato frontal. (IST, 2004)

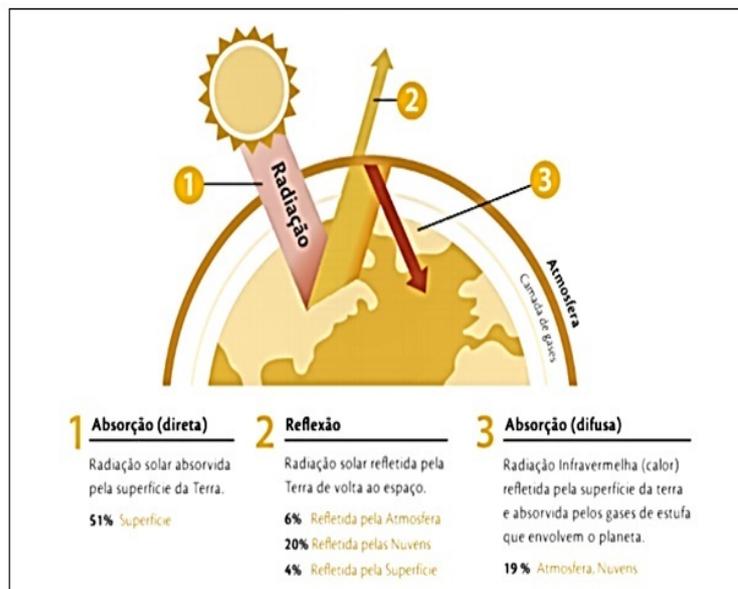
Ao decorrer dos anos, vários pesquisadores foram desenvolvendo conceitos e projetos para a melhora do uso da radiação solar, assim chegando aos modernos painéis solares existentes no mundo.

### 2.2 RADIAÇÃO SOLAR

Segundo o CRESESB, o sol é a principal fonte de energia para a terra, sendo responsável pela existência de vida no planeta, emitindo radiação solar, a qual é uma fonte inesgotável de energia, podendo ser convertida em energia térmica e elétrica. O sol é uma estrela composta de vários gases no seu interior como hidrogênio, hélio, carbono, nitrogênio, neon, ferro, entre outros. O núcleo solar é a parte onde se encontra mais massa e calor, segundo modelos de estruturas estelares, o calor produzido é conduzido através da convecção e irradiação.

É do sol que provem a radiação solar, que segundo (SCHOFFEL,2010) é fonte primária de energia para os processos biológicos e meteorológicos que ocorrem na superfície. A sua importância é fundamental para a existência de vida no planeta Terra, além de ser uma inesgotável fonte energética, tendo um grande potencial para a utilização através de captação e conversão para outras formas de energia.

Conforme a figura 1, mostra como o planeta Terra recebe a radiação solar e as perdas que ela sofre até a superfície terrestre. Em média 18



**Figura 1:** Interrelação entre a radiação solar e atmosfera terrestre.

**Fonte:** GUERRA,2011.

Segundo (BOYLE,2012), o sistema que converte radiação solar em eletricidade é direta por meio de um semicondutor que na medida em que é estimulado pela radiação, o fluxo de partículas positivas e negativas é estimulado. Devido às células fotovoltaicas possuírem duas camadas de semicondutores, carregadas respectivamente de cargas positivas e negativas, formam um junção eletrônica, a qual há um fluxo de elétrons conforme a radiação atinge o semicondutor. Quanto maior a incidência de luz, maior será o fluxo de energia elétrica.

### 2.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO ISOLADO

Os sistemas autônomos ou isolados, em inglês OFF GRID são conhecidos como sistemas que não dependem da rede de energia elétrica convencional para funcionarem. Caracterizado por abastecer diretamente os equipamentos que são alimentados por energia elétrica e sua construção é geralmente com um propósito local e específico. (PEREIRA,OLIVEIRA, 2011)

Em localidades remotas, o sistema isolado é comum, devido ser um modo mais econômico e simples de adquirir energia elétrica. Exemplos que demonstram a utilização desse sistema são o uso para bombeamento de água, geladeira para armazenar medicamentos e vacinas, postes de luz entre outros.

De uma maneira simples, os sistemas isolados de geração de energia solar fotovoltaica são compostos de quatro componentes. (NEOSOLAR, 2017)



**Figura 2:** Exemplo de sistema fotovoltaico isolado.

**Fonte:** Neosolar,2017.

- Painéis solares ou placas solares: É a parte principal o sistema, onde a radiação solar é captada e transformada em energia elétrica, na forma de corrente contínua. Um sistema pode ter apenas um painel ou vários painéis interligados entre si.

- Controladores de carga: garantem o correto abastecimento das baterias evitando sobrecargas e descargas profundas, aumentando sua vida útil.

- Inversores: São equipamentos onde a sua função é constituída em transformar corrente contínua (CC) em corrente alternada (AC), e levar a tensão. Em alguns casos pode ser ligado a outro tipo de gerador ou à própria rede elétrica para abastecer as baterias.

- Baterias: Armazenam a energia elétrica para ser utilizada nos momentos em que o sol não esteja presente e não haja outras fontes de energia.

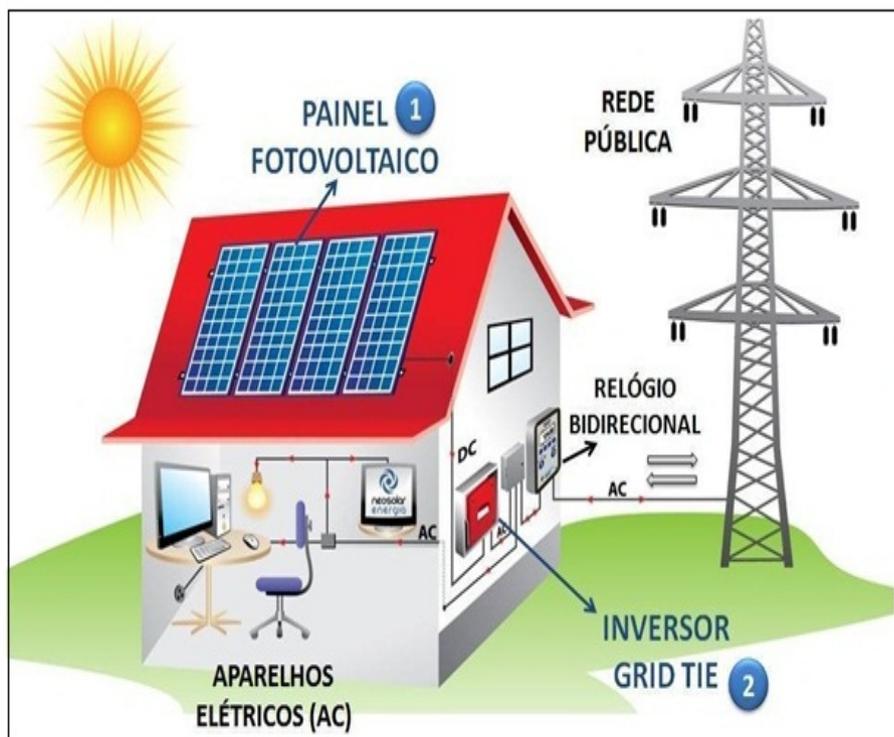
## 2.4 SISTEMA FOTOVOLTAICO HÍBRIDO

Um sistema de energia híbrido geralmente consiste de duas ou mais fontes de energia renováveis utilizadas em conjunto para proporcionar uma maior eficiência no sistema, bem como um maior equilíbrio no fornecimento de energia.

VILLALVA (2012) afirma que “sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, podem ser conectados à redes monofásicas ou trifásicas de residências, empresas, prédios comerciais

e qualquer outro tipo de consumidor que seja atendido pela rede pública de distribuição de eletricidade.”.

Enquanto um sistema isolado necessita de baterias e controladores de carga, sistemas conectados à rede funcionam somente com painéis e inversores, já que não precisam armazenar energia.



**Figura 3:** Exemplo de sistema fotovoltaico híbrido.

**Fonte:** Neosolar,2017.

Após a divulgação da Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012 da ANEEL que estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências, possibilitou aos produtores de energia renováveis escoarem a sua geração as redes de distribuição de energia elétrica.

Segundo a ANEEL (por: SRD - publicado: 28/09/2015 10:48, última modificação: 31/03/2017 08:35) em 1º de março de 2016 começaram a valer as novas regras sobre sistemas híbridos, onde é permitido o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW (sendo 3 MW para a fonte hídrica), conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

## 2.5 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Conforme o INEE (Instituto Nacional e Eficiência Energética) , geração distribuída pode ser definida como uma fonte de energia elétrica conectada diretamente à rede de distribuição ou situada no próprio consumidor.

Através da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. A Resolução Normativa - REN nº 687/2015 revisou pontos da REN nº 482/2012 em relação a redução de custos e tempo para a conexão da micro e minigeração, aumentar o público alvo e melhorar as informações na fatura de energia elétrica. (ANEEL, 2015)

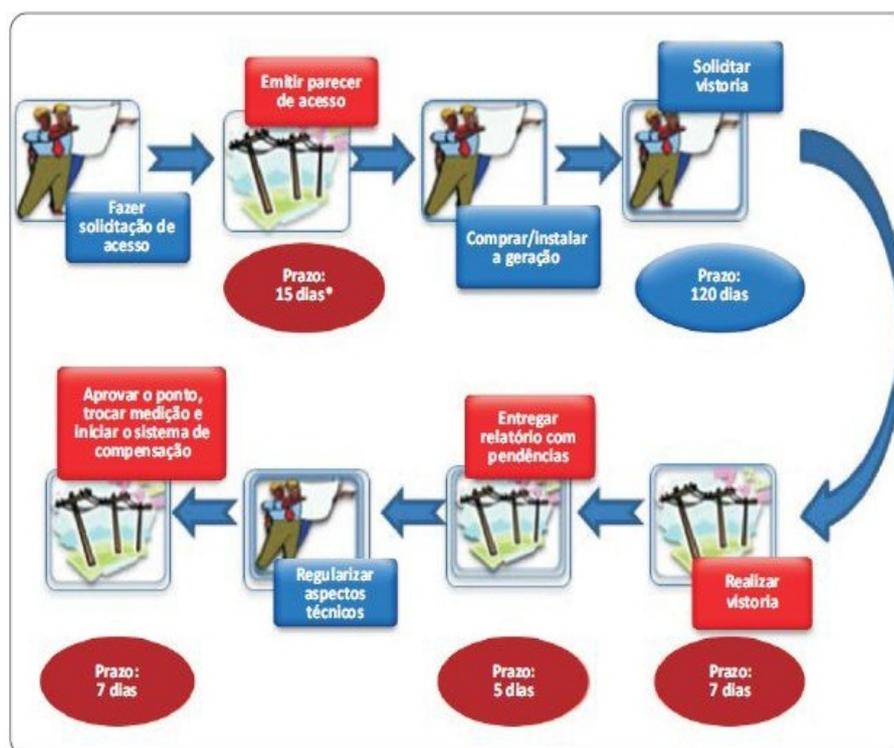
Pode-se definir a micro e a minigeração distribuída como a pequenas centrais geradoras que usam fontes renováveis de energia elétrica ou cogeração, para a produção de energia elétrica conectada à rede de distribuição através de unidades consumidoras. (ANEEL, 2016)

Para efeitos de diferenciação, a microgeração distribuída refere-se a uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 quilowatts (kW), enquanto que a minigeração distribuída diz respeito às centrais geradoras com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 megawatt (MW), para a fonte hídrica, ou 5 MW para as demais fontes. (ANEEL , 2016, pg 9)

A ANEEL diz que o potencial de benefício que a modalidade de geração distribuída proporciona ao sistema elétrica, justificam o grande estímulo de recursos para o setor. Podendo citar o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética.

A seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST estabelece os procedimentos para acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema de distribuição, os quais podem ser exemplificados na figura 4.

Para que a central geradora seja caracterizada como micro ou minigeração distribuída, são obrigatórias as etapas de solicitação e de parecer de acesso. A solicitação de acesso é o requerimento formulado pelo consumidor, e que, uma vez entregue à distribuidora, implica a prioridade de atendimento, de acordo com a ordem cronológica de protocolo.

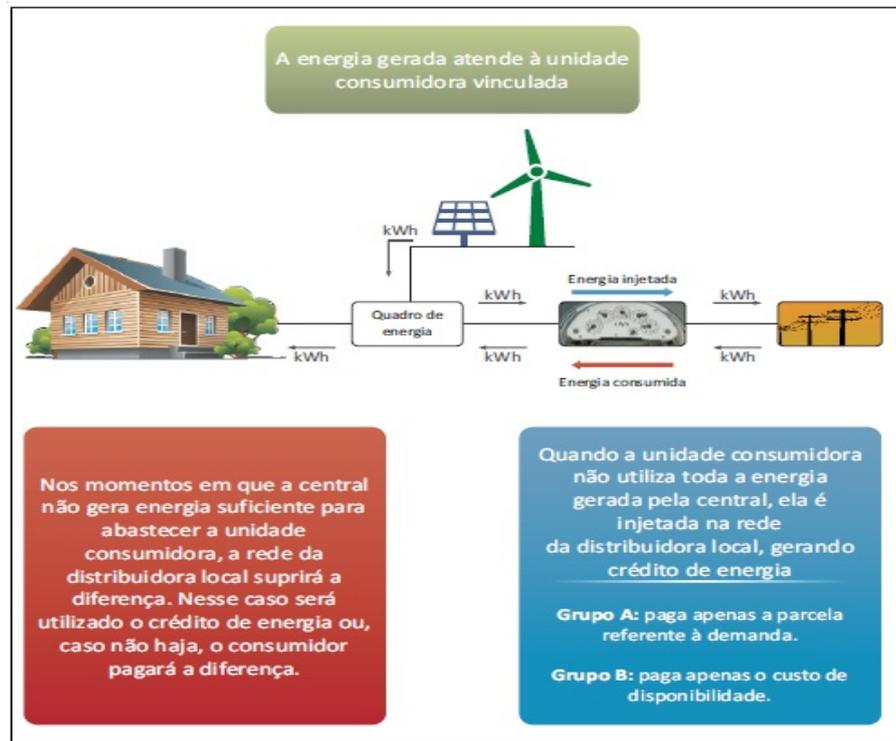


**Figura 4:** Procedimentos e etapas de acesso.

**Fonte:** ANEEL,2016.

Outro fator que incentiva a geração distribuída de energia é o sistema de compensação de créditos, que começaram a valer em 1º de março de 2016, que é quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes. De acordo com as novas regras, o prazo de validade dos créditos passou de 36 para 60 meses, sendo que eles podem também ser usados para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que na área de atendimento de uma mesma distribuidora. (PORTAL BRASIL, 2017)

Na figura 5 é possível exemplificar como funciona um sistema de compensação de energia elétrica, partindo da geração por meio de fontes alternativas de energia, passando pelo quadro de energia, e por um medidor bidirecional. Através do medidor bidirecional, o consumidor pode utilizar a energia gerada pelas fontes instaladas, ou em momentos que a que a geração for menor que o consumo, o sistema utiliza a energia que é disponibilizada pela concessionária local, assim também podendo injetar o excesso energia gerada na rede de distribuição local.



**Figura 5:** Sistema de compensação de energia elétrica.

**Fonte:** ANEEL,2016.

Os usuários estão divididos em dois grupos pela ANEEL, sendo eles Grupo A e Grupo B. O Grupo A são os consumidores de alta tensão (conexões de 75 KW a 5MW) e o Grupo B (conexões de até 75 KW) são os consumidores de baixa tensão. O valor a ser faturado nos dois grupos é calculado diferentemente, pois os consumidores do Grupo A não possuem uma taxa de valor mínimo referente ao seu consumo, sendo faturados pela sua demanda, e os do Grupo B pagarão a diferença entre a energia consumida da concessionária subtraindo a energia injetada, caso esse valor seja maior superior ao consumido da concessionária, haverá crédito deste excedente, e se caso o valor seja menor, o consumidor pagará a diferença a concessionária.

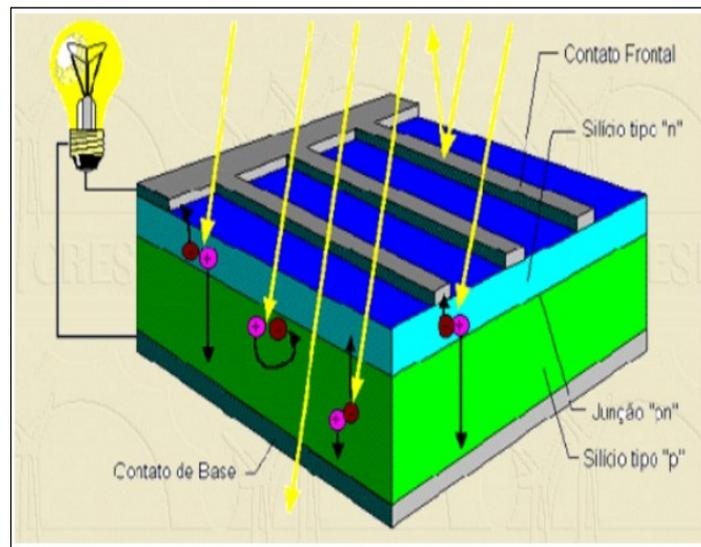
O sistema de crédito pode ser utilizado pelo usuário gerador de energia elétrica ou transferido para outra unidade consumidora na próxima conta de energia elétrica ou em 60 meses seguintes, nas contas de energia elétrica que o usuário estiver vinculado com o seu Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) ou Cadastro de Pessoa Física (CPF) e que seja localizada na mesma área de concessão.

### 3 COMPONENTES PARA O SISTEMA FOTOVOLTAICO

#### 3.1 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Pode-se definir painéis fotovoltaicos como um conjunto de células fotovoltaicas que são montados em uma estrutura rígida e interligados eletricamente em série, para produzir maiores valores de tensão. As células fotovoltaicas são dispositivos que têm a capacidade de transformar a energia luminosa, proveniente de uma fonte de luz, que na maioria dos casos é o Sol, em energia elétrica. (VILLALVA, 2012)

Os módulos solares são equipamentos que utilizam a radiação solar para gerar energia elétrica. Para aproveitar ao máximo a energia incidente é preciso a presença de um campo elétrico, onde é possível encontrar o efeito fotovoltaico que é a presença de bandas de valência onde elétrons são permitidos, e outras bandas que são vazias, que são as bandas de condução, presentes em materiais considerados semicondutores. As células fotovoltaicas trabalham o princípio de que os elétrons sejam deslocados, conforme os fótons incidentes colidem com os átomos dos semicondutores, sendo estes elétrons que puderem ser capturados antes de retornarem a seus orbitais atômicos, podem ser aproveitados, livres, como corrente elétrica (COMETTA, 1978).



**Figura 6:** Composição de uma célula fotovoltaica.

**Fonte:** Portal Energia, 2014.

Conforme o (GEPEA, 2006) o silício é o semicondutor mais utilizado para a produção de células fotovoltaicas, pois os seus átomos possuem quatro elétrons de ligação que se ligam aos vizinhos, formando uma rede cristalina. Os tipos básicos de painéis fotovoltaicos, são os de silício policristalino, silício monocristalino e o de filme fino, tendo diferentes escalas de eficiência e vida útil.

### 3.1.1 Painel solar fotovoltaico de silício monocristalino

Segundo o CRESEB, as células de silício monocristalino são as mais usadas e comercializadas para converter a radiação solar em eletricidade, por ser um processo simples e bem difundido.

Esses painéis são feitos através de um único cristal de silício com uma pureza entre 98 e 99



**Figura 7:** Painel solar fotovoltaico de silício monocristalino .

**Fonte:** Portal Solar,2016.

Algumas das vantagens desse tipo de painel é a sua eficiência entre 14

### 3.1.2 Painel solar fotovoltaico de silício policristalino

Nos painéis que apresentam a características de silício policristalino, as células são produzidas quando cristais de silício são fundidos em um bloco , mantendo a característica de múltiplos cristais, podendo ser observado ao cortar o bloco. Após fundidos, são cortados em blocos quadrados e fatiados, Os painéis policristalinos também podem ser conhecidos como polisilício (p-Si) e silício multi-cristalino (mc-Si). (PORTAL ENERGIA, 2016)



**Figura 8:** Painel solar fotovoltaico de silício policristalino .

**Fonte:** Portal Solar,2016.

Os painéis policristalinos são tem menor custo do que os painéis monocristalinos e também apresentam uma vida útil em média de 30 anos. Eles têm uma eficiência menor, que fica entre 13 e 16.5

### 3.1.3 Painel solar fotovoltaico de filmes de silício fino

Podendo também ser chamado de painel solar de película fina, Thin-film ou simplesmente TFSC, esse tipo de painel é composto por uma ou várias camadas finas de material fotovoltaico, que estão sobre um substrato de custo baixo, por exemplo o vidro, aço, inox e alguns plásticos. Dependendo da sua composição, os painéis de filme fino chegam a ter a eficiência entre 7



**Figura 9:** Painel solar fotovoltaico de filmes de silício fino.

**Fonte:** Portal Solar,2016.

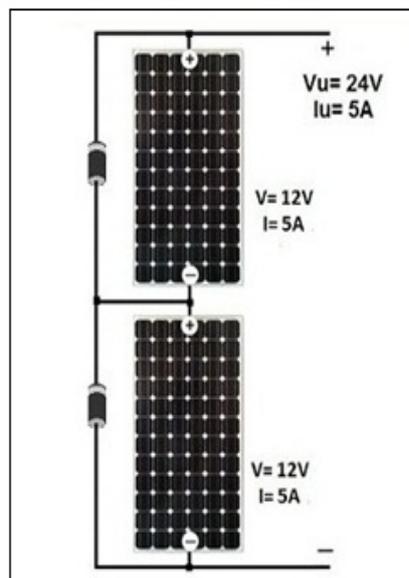
Pode-se citar como vantagem desse tipo de painéis é o fato do seu baixo custo e a facilidade em produzir em larga escala, são menos impactados com baixa temperatura, mais flexíveis e de fácil aplicação. Em contrapartida, tem mais baixa eficiência, tem degradação rápida, e vida útil baixa. (PORTAL ENERGIA, 2016)

## 3.2 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Devido a célula fotovoltaica possuir baixa tensão e corrente de saída, é preciso fazer um agrupamento de várias células formando um módulos fotovoltaico, que podem ser associados eletricamente em série e/ou paralelo, de forma a obter tensões e correntes de saída adequadas para a sua utilização .

### 3.2.1 Associação em série

Segundo o PORTAL DA ENERGIA na conexão em série, o terminal de um dispositivo fotovoltaico é conectado ao terminal negativo do outro dispositivo, conforme a figura 10. Quando os painéis forem iguais, as tensões são somadas e a corrente permanece a mesma.

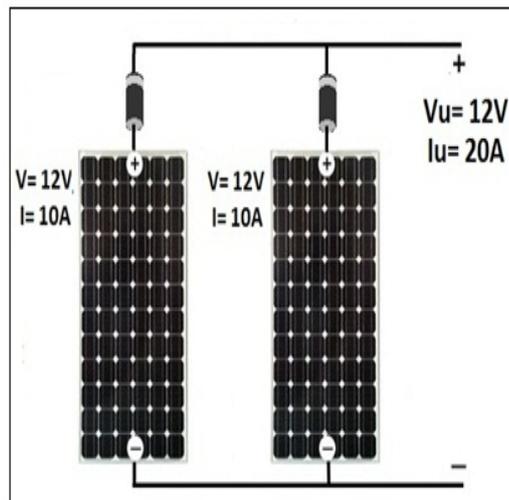


**Figura 10:** Conexão de células fotovoltaicas em série .

**Fonte:** Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos.

### 3.2.2 Associação em paralelo

Segundo o PORTAL DA ENERGIA na conexão em paralelo, os terminais positivos dos dispositivos são interligados entre si, como os dos terminais negativos. O valor de tensão fica inalterado e as correntes são somadas.



**Figura 11:** Conexão de células fotovoltaicas em paralelo .

**Fonte:** Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos.

### 3.3 INVERSORES

O papel do inversor solar em um sistema de geração de energia fotovoltaica é de suma importância, devido a sua função ser de inverter a energia elétrica gerada em corrente contínua pelos painéis, em corrente alternada para o consumo, pois grande parte das cargas são alimentadas por corrente alternada. Além de garantir a segurança do sistema e aferir a energia produzida pelos painéis solares. (PORTAL SOLAR, 2017)

O inversor, ilustrado na figura 12, identifica e ajusta a tensão, frequência, forma e amplitude da onda de forma automática com a rede da concessionária de energia, fazendo que o sistema esteja em perfeito sincronismo com a rede, podendo inserir ou absorver corrente na rede de distribuição.



**Figura 12:** Inversor CC-CA Grid-tie Fronius.

**Fonte:** Energia Total, 2017.

Conforme (RÜTHER,2004) , há dois tipos mais comuns de inversores utilizados, sendo eles: os inversores de rede que são ligados à rede elétrica, que também são conhecidos como inversores grid-tie e os inversores autônomos. O inversor grid-tie transfere a energia produzida ao quadro de distribuição de força do local para ser utilizada. Com a luz solar a energia produzida será injetada e utilizada, caso essa energia não seja suficiente para alimentar toda a carga será retirada energia da rede. Caso sobre energia dos painéis fotovoltaicos, essa energia excedente será injetada na rede. Durante a noite, o sistema necessitará da rede para se alimentar, pois os painéis não produzirão energia. Todo esse processo é feito pelo inversor automaticamente, sem a intervenção do usuário.

Conforme as descrições no site da empresa NEOSOLAR, os principais critérios de qualidade de um inversor são as seguintes características: alta eficiência de conversão, alta confiabilidade, baixa manutenção, operação em uma faixa ampla de tensão de entrada, boa regulação na tensão de saída, baixo conteúdo harmônico, baixo ruído audível, baixa interferência eletromagnética, tolerância aos surtos de partida das cargas, segurança e garantia de fábrica de pelo menos dois anos.

### 3.3.1 Controlador solar MPPT

O rastreamento de máxima potência fotovoltaica, também conhecido pela sigla MPPT, é responsável por regular a tensão e a corrente de operação, sendo variável proporcionalmente a radiação solar. O MPPT é capaz de informar ao sistema de corrente a informação sobre a amplitude da corrente que deve ser produzida, assim alterando o fluxo da potência injetada na rede elétrica. (ZANOTTI,2014)



**Figura 13:** Regulador solar MPPT

**Fonte:** Energia Total, 2017.

O MPPT funciona por meio de um algoritmo muito simples, que consiste em perturbar a operação dos módulos, alterando intencionalmente a tensão nos seus terminais, e observar o que acontece com a potência fornecida. (ZANOTTI,2014)

Os controladores de carga são classificados segundo a quantidade de entrada MPPT: simples ou múltiplas MPPT. O MPPT múltiplo apresenta claras vantagens com relação ao MPPT simples, pois é capaz de rastrear o ponto de potência para mais de uma string de painéis com diferentes características, tais como orientação, inclinação ou até mesmo diferentes modelos de painéis. (SOUZA, 2016)

Para as strings do painel que possuam características iguais, o MPPT múltiplo ainda é mais aconselhado, visto que em caso de uma string danificada ou sob efeito de sombreamento todo o sistema será afetado pelo fato de estarem conectadas em uma única entrada MPPT simples. Já para um MPPT duplo com duas string conectadas em diferentes entradas, os painéis da string que opera corretamente seguirão atuando em seus PMPs, diminuindo o prejuízo do sistema.(SOUZA, 2016)

### 3.4 CABEAMENTO

Todo o cabeamento de um sistema fotovoltaico seja conectado à rede ou não, deve ser dimensionado de acordo com a norma NR10, e ter bastante atenção durante o projeto, pois toda a sua interligação entre os componentes é efetuada por cabos e conexões.

Os cabos devem respeitar as polaridades positivas e negativas das caixas de ligação do sistema, as bitolas dos condutores dependem do local de instalação do circuito, e seguir a padronização onde as cores vermelho indicam os condutores positivos, preta para os condutores negativos e verde para o cabo terra. (CRESESB,2004)

Segundo o CRESESB, deve-se somente utilizar os cabos elétricos de bitola e qualidade recomendadas pelo projetista, ou indicadas nos catálogos técnicos dos equipamentos fornecidos pelos fabricantes. E os cabos que são expostos diretamente à luz solar, devem ter revestimento plástico resistente à radiação ultravioleta.

As conexões e terminais devem ser bem apertados, para evitar perdas desnecessárias e sobreaquecimento, devido ao mau contato elétrico, e devem estar claramente identificados, conforme o circuito que correspondam. Na figura 14 , podemos ver um exemplos de conectores de engate rápido.



**Figura 14:** Conector MC4 engate rápido (Par) Weidmueller - PV-STICK

**Fonte:** Minha casa solar, 2017.

### 3.5 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

Devido a exposição de um sistema fotovoltaico ao tempo, é necessário elementos de segurança que protejam cada parte da geração, garantindo a integridade do sistema. Os dispositivos de proteção contra surtos, também conhecidos como DPS, são equipamentos que são acionados caso uma placa solar seja atingida por uma descarga, fazendo que grande parte de energia proveniente da descarga elétrica seja desviada.



**Figura 15:** Dispositivos de proteção contra surtos SPW

**Fonte:** Catálogo WEG, 2017.

Os para-raios são utilizados para evitar impactos diretos dos raios nas placas solares, a função básica de um para-raios é conduzir a descarga elétrica até a terra. Seu funcionamento

consiste em criar um caminho preferencial para a passagem da descarga “atraindo” o raio, de forma a proteger o prédio ou local de interesse. Assim, o para-raio consegue fechar a corrente e direcioná-la por um caminho seguro.

O aterramento elétrico deve seguir rigorosamente as normas da ABNT, especificamente a NBR 5410, onde é relatada as exigências necessárias para o correto aterramento, os materiais que deverão ser utilizados e os métodos a serem abordados.

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 ANÁLISE PARA IMPLANTAÇÃO DA USINA FOTOVOLTAICA

Para iniciar a análise para a implantação de um sistema fotovoltaico é preciso definir qual tipo de ligação o sistema terá, o SFI (Sistema fotovoltaico isolados da rede) ou o SFCR (Sistema fotovoltaico conectado à rede). Como o sistema fotovoltaico conectado à rede tem a opção de ser complementado a qualquer momento pela rede da distribuidora de energia local, esse sistema foi o escolhido, pelo fato do Supermercado do Renato ter a sua maior demanda durante durante o horário comercial, a geração fotovoltaica seria importante para suprir a parte da demanda e o restante será injetado a rede da distribuidora, gerando crédito na fatura de energia elétrica, segundo a REN 482/2012.

O estabelecimento conta com 3 padrões de energia elétrica junto a concessionária CEMIG, sendo eles com o número de instalação 3001524233, 3004408021 e 3007543909, localizados respectivamente no endereços Av Padre Rino 1331, Av Padre Rino 1331 lj A e Rua Aristino Braz 15, todos no Centro da cidade de Ubaporanga. Os padrões estão em endereço diferentes, pois o estabelecimento está localizado na esquina entre a Av Padre Rino e a Rua Aristino Braz.

**Tabela 1:** Consumo anual em kwh/mês dos padrões de energia do Supermercado Renato.

Número da instalação	3001524233	3004408021	3007543909
Referência	Consumo Kwh/mês	Consumo Kwh/mês	Consumo Kwh/mês
mai/2017	1453	62	1909
abr/2017	1780	77	2227
mar/2017	1737	67	2061
fev/2017	1674	73	1952
jan/2017	1440	62	2213
dez/2016	1010	54	2310
nov/2016	973	80	2165
out/2016	1025	87	2102
set/2016	909	86	1843
ago/2016	862	78	1677
jul/2016	851	67	1603
jun/2016	879	78	1696
mai/2016	917	72	1817
<b>Total Anual</b>	15510	943,00	25575

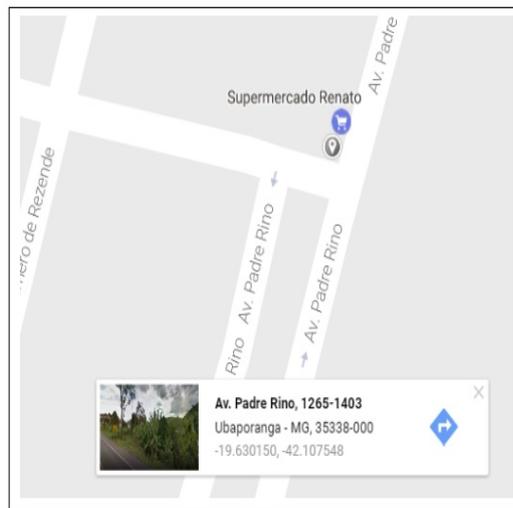
<b>Total anual (kwh)</b>	<b>42028</b>
<b>Média mensal (kwh)</b>	<b>3502,33</b>
<b>Média diária (kwh)</b>	<b>115,15</b>

Fonte: CEMIG, 2017.

Na tabela 1 está descrito o consumo de energia elétrica dos padrões do estabelecimento durante o período de 12 meses, conforme as contas fornecidas pela CEMIG.

#### 4.2 IRRADIAÇÃO INCIDENTE

Através da média anual da irradiação solar diária é possível calcular a potência diária, e para obter esses dados é preciso saber as coordenadas geográficas do estabelecimento e informá-las ao site do CRESESB.



**Figura 16:** Latitude e longitude do Supermercado Renato

**Fonte:** Google Maps, 2017.

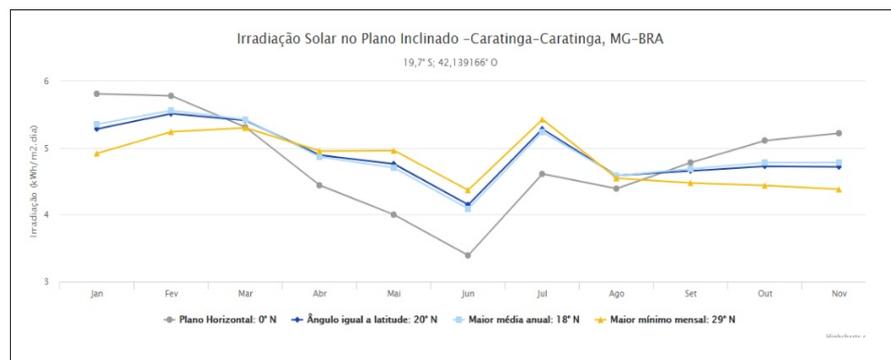
A estação mais próxima da latitude e longitude informada é a da cidade de Caratinga, Minas Gerais. Segundo o CRESESB o ângulo de plano horizontal obtido pode ser informado através da tabela 2.

**Tabela 2:** Irradiação solar diária no plano horizontal na cidade de Caratinga.

Mês	Irradiação solar diária média mensal (kWh/m <sup>2</sup> /dia)
Janeiro	5,81
Fevereiro	5,78
Março	5,31
Abril	4,44
Mai	4,00
Junho	3,39
Julho	4,03
Agosto	4,61
Setembro	4,39
Outubro	4,78
Novembro	5,11
Dezembro	5,22

<b>Média anual</b>	4,74 (kWh/m <sup>2</sup> /dia)
--------------------	--------------------------------

**Fonte:** CRESESB, 2017.

**Figura 17:** Irradiação solar no plano inclinado em Caratinga- MG

**Fonte:** CRESESB, 2017.

### 4.3 ÂNGULOS DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

É preciso uma análise para a definição do ângulo de instalação dos painéis fotovoltaicos, fazendo assim a escolha da localização dos painéis no estabelecimento.

Segundo (VILLALVA, 2012), o melhor aproveitamento da energia solar ocorre quando os raios solares incidem perpendicularmente ao módulo solar, com ângulo  $\beta=0$ . Isto significa que idealmente, para maximizar a captação de energia, a inclinação do módulo solar deve ser ajustada diariamente para adequar-se ao valor da altura solar naquele dia. Como o Brasil está em uma relação privilegiada ao Sol, para melhor eficiência do sistema é indicado os painéis fotovoltaicos terem um grau de inclinação conforme a tabela 3.

**Tabela 3:** Ângulo de inclinação do módulo fotovoltaicos em relação a latitude geográfica do local.

Latitude geográfica do local	Ângulo de inclinação recomendado
0° a 10°	$\alpha = 10^\circ$
11° a 20°	$\alpha = \text{latitude}$
21° a 30°	$\alpha = \text{latitude} + 5^\circ$
31° a 40°	$\alpha = \text{latitude} + 10^\circ$
41° ou mais	$\alpha = \text{latitude} + 15^\circ$

**Fonte:** VILLALVA, 2012.

Como citado anteriormente na figura 12, a latitude aproximada do local de instalação é de  $19,63^\circ$ , sendo assim o melhor ângulo para a execução do projeto, devido esta latitude está entre os ângulos de  $11^\circ$  e  $20^\circ$ , seguindo as recomendações de VILLALVA o ângulo de inclinação deverá ser igual o da sua latitude.

#### 4.4 CÁLCULOS DE DIMENSIONAMENTO DO PROJETO SOLAR

Seguindo as informações de ATOMRA (2014), através do consumo médio diário e a radiação solar diária e a eficiência do sistema de geração é possível dimensionar o projeto solar. Neste projeto está sendo levado em consideração a eficiência de 83

O tipo de ligação do estabelecimento é bifásico nos três padrões, e conforme o art. 98 da Resolução 414/2010 da ANEEL, que estipula um valor mínimo a ser faturado pela concessionária de energia elétrica, chamado de custo de disponibilidade, sendo aplicado a todas as unidades consumidoras do Grupo B, o valor de moeda corrente equivalente para o sistema será de 50 kwh para cada padrão. Assim deve ser descontado 150 kwh do valor médio mensal, que foi informado através da tabela 1, é de 3.502,33 kwh, e logo a seguir o valor corrigido.

$$3.352,33kwh \quad (4.1)$$

Utiliza-se a equação (4.2) para calcular o número de placas necessárias para o sistema.

$$C = I.P.N.D.E \quad (4.2)$$

Onde:

C = Consumo médio mensal;

I = Irradiação solar;

P = Potência do painel solar;

N = Número de placas fotovoltaicas;

D = Dias mês;

E = Eficiência.

$$3.352,33kwh = 4,74kWh/m^2/dia.0,25kw/kw/m^2.N.30dias.0,83 \quad (4.3)$$

$$N = \frac{3.352,33kwh}{4,74kWh/m^2/dia.0,25kw/kw/m^2.30dias.0,83} \quad (4.4)$$

$$N = 113,61placas \quad (4.5)$$

As placas de silício policristalino de 250w ocupam 1,70 m<sup>2</sup> cada, sendo assim possível estimar a área necessária para a instalação. Fazendo a aproximação da equação (4.5), teremos 113 placas fotovoltaicas. Também podendo encontrar a potência de geração do sistema, na equação (4.7).

$$113.1,70m^2 = 192,1m^2 \quad (4.6)$$

$$113.250w = 28,250kw \quad (4.7)$$

Após a análise do prédio do Supermercado do Renato foi observado que o melhor local para a instalação dos painéis fotovoltaicos é na área dos telhados, devido ser uma área ampla, sem a interferência de sombras e obstáculos, com pouco acesso de pessoas, objetos e animais, mas devido a sua localização ser em uma altura razoável, pode-se apresentar dificuldade em sua instalação e futuras manutenções. O prédio é composto de três blocos com telhados diferentes, sendo eles representados na figura 18.



**Figura 18:** Imagem do telhado supermercado Renato

**Fonte:** Google Maps, 2017.

O bloco A fica na parte frontal com área de  $70 \text{ m}^2$ , o bloco B é a parte central com área de  $418 \text{ m}^2$  e o bloco C é localizado ao fundo com área de  $423 \text{ m}^2$ . Os dados foram fornecidos pelo proprietário de estabelecimento.

Após a análise da área dos telhados, foi possível observar que os blocos A e B possuem maior viabilidade para a instalação dos painéis fotovoltaicos, devido às suas características de inclinação e superfície reta, diferentemente do bloco C onde a sua superfície é curva. Pode-se definir a quantidade de placas no bloco A através do cálculo da equação (4.8) e do bloco B na equação (4.10).

- Placas no bloco A:

$$70\text{m}^2 / 1,70\text{m}^2 = 41,17\text{Placas} \quad (4.8)$$

Fazendo o arredondamento para baixo teremos a quantidade de 40 placas fotovoltaicas, instaladas na área os telhados do bloco A, com um potencial de geração de:

$$40.250\text{w} = 10\text{kw} \quad (4.9)$$

- Placas no bloco B:

$$418\text{m}^2 / 1,70\text{m}^2 = 245,88\text{Placas} \quad (4.10)$$

Fazendo o arredondamento para baixo teremos a quantidade de 245 placas fotovoltaicas, instaladas na área os telhados do bloco B, com um potencial de geração de:

$$245 \times 250\text{w} = 61,25\text{kw} \quad (4.11)$$

Os valores de potencial de geração dos blocos A e B seriam a potência ideal do inversor em caso de implantação do sistema, mas devido ao mercado brasileiro não fornecer um inversor com essa potência seria necessário para o bloco A a utilização de dois inversores de 20 kw. No bloco B podendo diminuir o número de placas de 245 para 240, seria apresentada a potência de geração de 60,00 kw, utilizando então três inversores de 60 kw.

Os dois telhados são de telhas de amianto, mas devido a sua estrutura de ferro é possível suportar a implantação das placas, utilizando como base dos suportes a ferragem que sustenta as telhas. A estrutura deverá ser montada por cima das telhas, obedecendo a inclinação de  $19,63^\circ$ .

Na tabela 4 é possível visualizar com facilidade o resumo dos valores calculados acima, comparando os mesmos com os valores necessários para a geração de energia que suprirá a demanda do supermercado.

**Tabela 4:** Área disponível X área necessária

<b>Local</b>	<b>Área ( m<sup>2</sup> )</b>	<b>Quant. de placas</b>	<b>Potência suportada pelo bloco (kw)</b>
Bloco A	70	40	10
Bloco B	418	240	60
Total	488	280	70
<b>Necessário</b>	192,1	113	28,25
<b>Diferença</b>	295,9	167	41,75

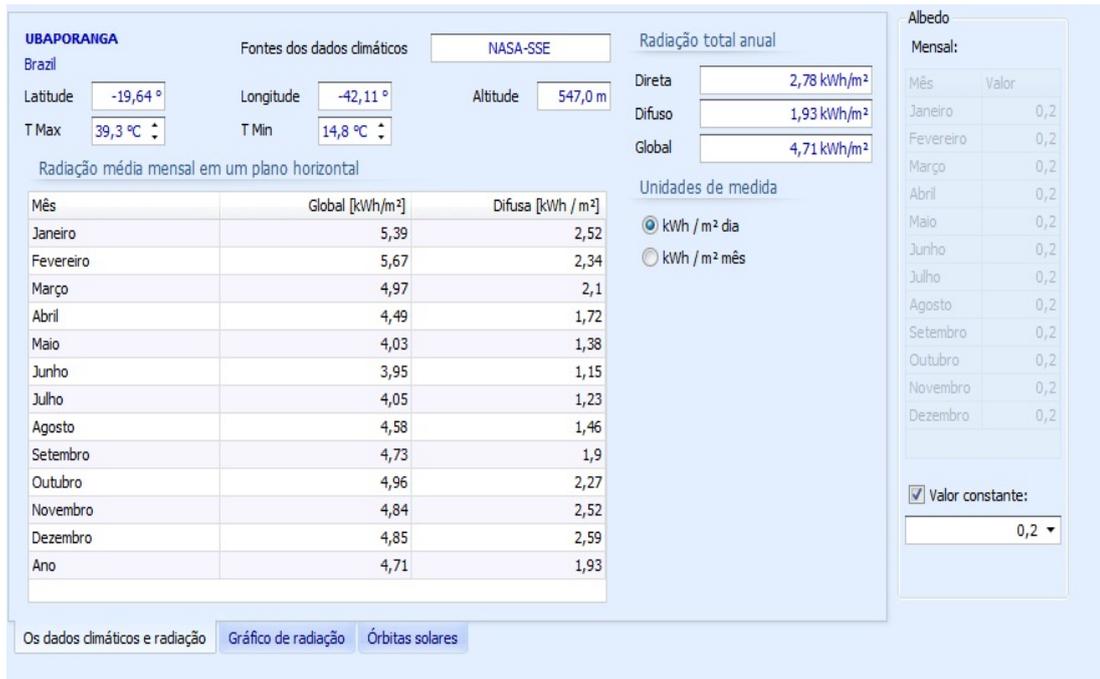
**Fonte:** Autor, 2017.

Pode-se observar na tabela 4 que somente o bloco B é capaz de suprir toda a demanda média do supermercado, assim podemos desconsiderar o bloco A para este estudo de caso, sendo o mesmo podendo ser utilizado em futuras implantações. Para a instalação dos painéis fotovoltaicos no bloco B, foi escolhido a quantidade de 113 placas e um inversor de 30 kw.

#### 4.5 SOFTWARE BLUE SOL

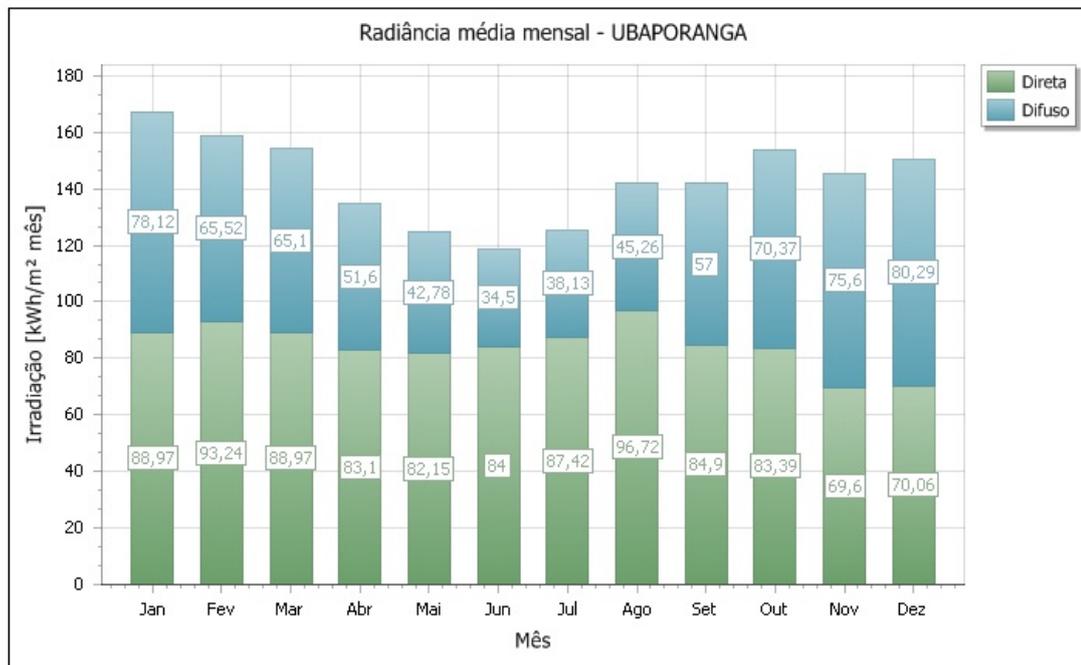
O software escolhido para a simulação e otimização do sistema de geração fotovoltaica foi o BlueSol, que é utilizado para a concepção de sistemas fotovoltaicos em vários países do mundo. Ele permite que o usuário execute todo o processo de concepção de um sistema fotovoltaico.

Devido o município de Ubaporanga não está na biblioteca de dados do software, foram adicionados os dados referentes ao município para preencher a figura 15, através desses dados foi possível gerar a figura 16 que é o gráfico de radiação do município de Ubaporanga.



**Figura 19:** Dados climáticos e radiação do município de Ubaporanga.

**Fonte:** BlueSol, 2017.



**Figura 20:** Gráfico de radiação do município de Ubaporanga.

**Fonte:** BlueSol, 2017.

Para a simulação foi escolhido o inversor de 32,2 kw dp modelo Fronius IG 390 (figura 21 e figura 22), da fabricante Fronius International GmbH, devido não ter sido encontrado um inversor com a potência de 30kw. Utilizando 11 módulos de string com 11 módulos fotovoltaicos

cada, do modelo YL250P-29b da fabricante Yingli Green Energy Holding Co. Ltda (figura 23 e figura 24).

**Fronius International GmbH - Fronius IG 390**

Dados básicos | Características Mecânicas | Gráficos

**Produto**

Fabricante: Fronius International GmbH | Modelo: Fronius IG 390

País de produção: [ ]

---

**Entrada CC**

Potência: 32,2 kW | Potência máxima: 43,0 kW

Tensão máxima de PV: 530,0 V | Corrente máxima dos painéis: 164,0 A | Tensão mínima MPPT: 210,0 V | Tensão máxima MPPT: 420,0 V

Número de entradas CC: 4 | Número de rastreadores MPPT: 1

---

**Saída CA**

Potência: 29,9 kW | Potência máxima: 32,0 kW | Tensão: 230,0 V | Corrente: 43,3 A

Corrente máxima: 46,4 A | Tipo de conexão: Tri | Frequência: 50/60 Hz |  Transformador

---

**Eficiência**

Eficiência máxima: 94,3% | Eficiência Europeia: 93,4%

**Figura 21:** Dados básicos do inversor Fronius IG 390.

**Fonte:** BlueSol, 2017.

**Fronius International GmbH - Fronius IG 390**

Dados básicos | Características Mecânicas | Gráficos

**Dimensões**

Altura: 2557,0 mm | Largura: 600,0 mm | Espessura: 600,0 mm

Peso: 245,0 Kg

**Figura 22:** Características mecânicas do inversor Fronius IG 390.

**Fonte:** BlueSol, 2017.

**Yingli Green Energy Holding Co. Ltd. - YL250P-29b**

Dados básicos | Características Mecânicas | Gráficos

Produto

Fabricante: Yingli Green Energy Holding Co. Ltd.      Modelo: YL250P-29b      Tecnologia: Si-Poly

País de produção:

Dados elétricos

Potência máxima (Pmax)	Tolerância	Eficiência do módulo
250,0 W	2,0%	15,3%
Fator de preenchimento:		
74,2%		
Tensão em Pmax (Vmpp)	Atual Pmax (IPM)	
30,4 V	8,24 A	
Tensão de circuito aberto (Voc)	Corrente de curto-circuito (Isc)	
38,4 V	8,79 A	

Coefficientes de temperatura

Coefficiente de tensão Voc	Coefficiente elétrico (Isc)	Coefficiência de potência de (Pmax)
-126,72 mV/°C	5,274 mA/°C	-0,450 %/°C

**Figura 23:** Dados básicos do módulo fotovoltaico YL250P-29b.

**Fonte:** BlueSol, 2017.

**Yingli Green Energy Holding Co. Ltd. - YL250P-29b**

Dados básicos | Características Mecânicas | Gráficos

Módulo fotovoltaico

Comprimento	1650,0 mm	Largura	990,0 mm	Espessura	40,0 mm
Peso	19,1 Kg	Área	1,63 m <sup>2</sup>		

Células

O número de células em série	60	O número de células em paralelo	1	Total	60
------------------------------	----	---------------------------------	---	-------	----

**Figura 24:** Características mecânicas módulo fotovoltaico YL250P-29b.

**Fonte:** BlueSol, 2017.

Diagrama do sistema	A produção anual [kWh]	Potência [W]	Número de módulos	Percentual de Produção [%]
Rede Eléctrica	45.319,33	30.250,00	121	100,00
Quadro geral	45.319,33	30.250,00	121	100,00
Inverter:1	45.319,33	30.250,00	121	100,00
QDC-DC - Inverter:1:1	12.359,82	8.250,00	33	27,27
Str:1	4.119,94	2.750,00	11	9,09
Str:2	4.119,94	2.750,00	11	9,09
Str:3	4.119,94	2.750,00	11	9,09
QDC-DC - Inverter:1:2	12.359,82	8.250,00	33	27,27
Str:4	4.119,94	2.750,00	11	9,09
Str:5	4.119,94	2.750,00	11	9,09
Str:6	4.119,94	2.750,00	11	9,09
QDC-DC - Inverter:1:3	12.359,82	8.250,00	33	27,27
Str:7	4.119,94	2.750,00	11	9,09
Str:8	4.119,94	2.750,00	11	9,09
Str:9	4.119,94	2.750,00	11	9,09
QDC-DC - Inverter:1:4	8.239,88	5.500,00	22	18,18
Str:10	4.119,94	2.750,00	11	9,09
Str:11	4.119,94	2.750,00	11	9,09

Figura 25: Produtibilidade da planta

Fonte: BlueSol, 2017.



Figura 26: Produção mensal do sistema fotovoltaico.

Fonte: BlueSol, 2017.

Com os dados representados nas imagens anteriores é possível observar que teremos uma geração satisfatória com os equipamentos da simulação, conseguindo atingir um total de previsão de geração anual de 45.319,33 kwh.

#### 4.6 VIABILIDADE FINANCEIRA

Para saber a viabilidade financeira de um projeto é necessário fazer um relação entre as vantagens e desvantagens que o sistema irá gerar, sendo necessário uma simulação do investimento. No caso, o software BlueSol faz a simulação utilizando os dados de geração, e outros dados, como: custo de instalação, percentual de custo anual com manutenção, consumo anual de energia e inflação no preço da energia.

O consumo anual é de 42028 kwh conforme a tabela 1, o percentual anual com manutenção foi adotado a faixa de 0,08

**Tabela 5:** Média das porcentagens dos reajustes anuais da CEMIG.

<b>Período de início</b>	<b>Período final</b>	<b>Reajuste tarifário (%)</b>
01/07/2005	07/04/2006	23,88
08/04/2006	07/04/2007	16,19
08/04/2007	07/04/2008	9,43
08/04/2008	07/04/2009	-18,09
08/04/2009	07/04/2010	7,58
08/04/2010	07/04/2011	1,73
08/04/2011	07/04/2012	7,24
08/04/2012	07/04/2013	3,85
08/04/2013	07/04/2014	2,99
08/04/2014	07/04/2015	16,33
08/04/2015	07/04/2016	7,07
08/04/2016	07/04/2017	3,78

<b>Total</b>	<b>81,98</b>
<b>Reajuste médio</b>	<b>6,83</b>

**Fonte:** CEMIG, 2017.

Na tabela 6 é possível verificar a análise econômica do sistema proposto.

Tabela 6: Análise econômica feita pelo software BlueSol.

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Geração de energia [kWh]	45.319	45.002	44.687	44.374	44.063	43.755	43.448	43.144	42.842	42.542
Energia introduzida na rede [kWh]	3.625	3.600	3.574	3.549	3.525	3.500	3.475	3.451	3.427	3.403
Consumo de energia [kWh]	42.028	42.028	42.028	42.028	42.028	42.028	42.028	42.028	42.028	42.028
Consumo próprio [kWh]	41.693	41.401	41.112	40.824	40.538	40.254	39.973	39.693	39.415	39.139
Energia entregue a rede [kWh]	334	626	915	1.203	1.489	1.773	2.054	2.334	2.612	2.888
Receita total [R\$]	254	508	794	1.115	1.474	1.875	2.321	2.817	3.368	3.978
Receita do balanço de energia [R\$]	254	508	794	1.115	1.474	1.875	2.321	2.817	3.368	3.978
Economia da conta de energia [R\$]	31.687	33.614	35.659	37.827	40.128	42.569	45.158	47.905	50.818	53.909
Custos de manutenção [R\$]	127	130	132	135	138	140	143	146	149	152
O lucro líquido [R\$]	31.813	33.992	36.320	38.807	41.465	44.303	47.336	50.576	54.037	57.735
Fluxo de Caixa [R\$]	31.813	33.992	36.320	38.807	41.465	44.303	47.336	50.576	54.037	57.735
Fluxo de caixa acumulativo [R\$]	-127.596	-93.603	-57.282	-18.474	22.990	67.293	114.630	165.206	219.244	276.980
O valor presente líquido (VPL) [R\$]	-128.819	-97.391	-65.102	-31.929	2.151	37.165	73.137	110.093	148.059	187.064

Fonte: BlueSol, 2017.

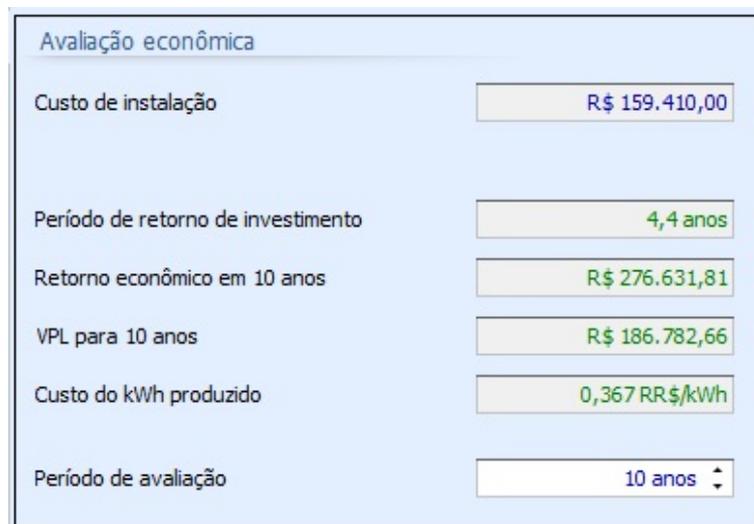


Figura 27: Avaliação econômica.

Fonte: BlueSol, 2017.

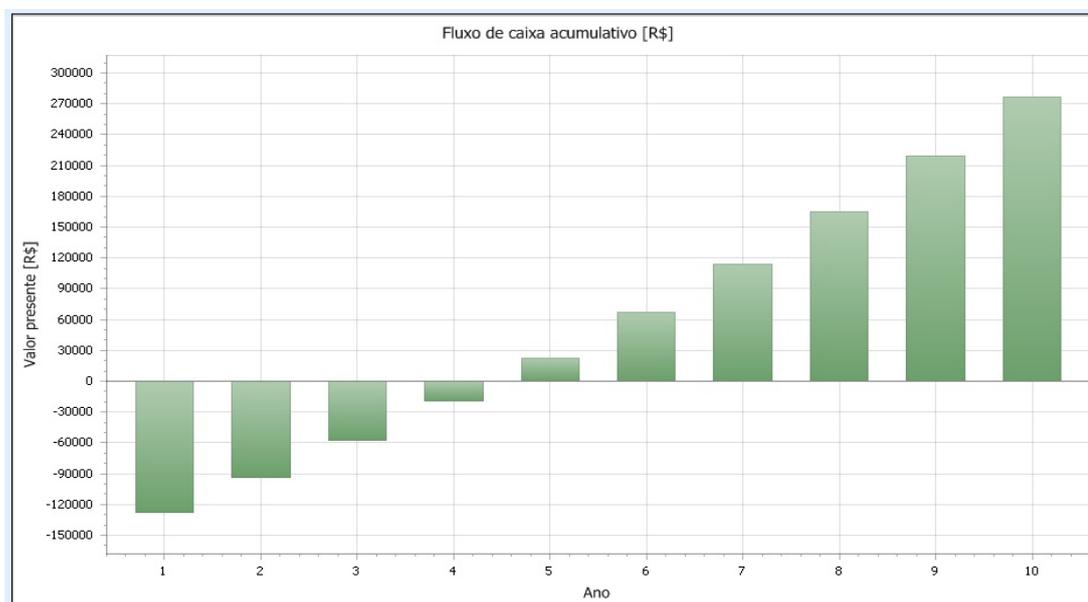
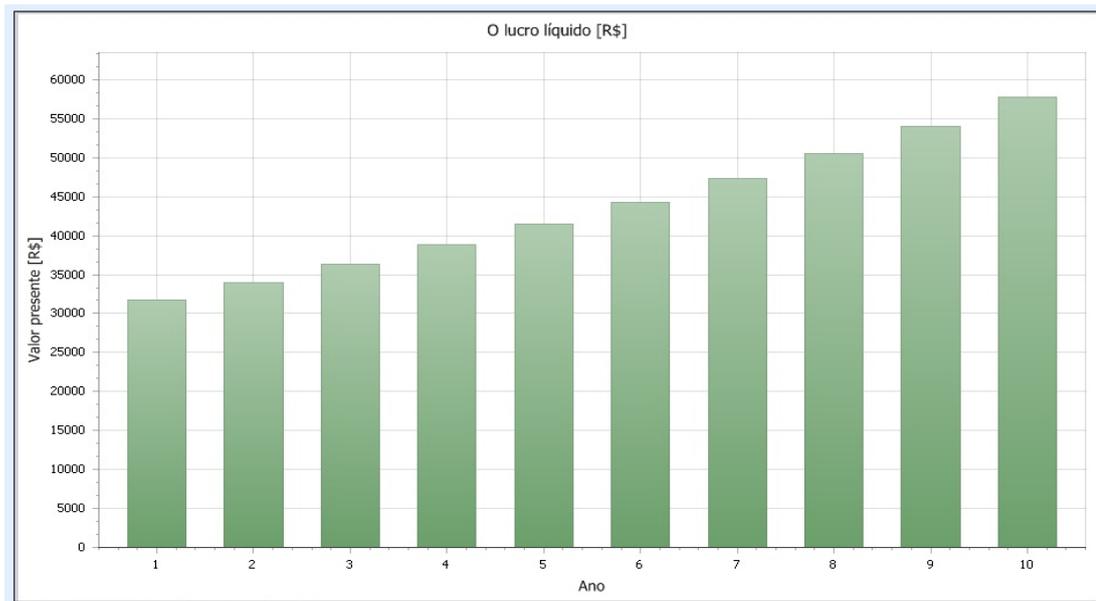


Figura 28: Fluxo de caixa acumulativo.

Fonte: BlueSol, 2017.

**Figura 29:** Lucro líquido.

Fonte: BlueSol, 2017.

#### 4.6.1 Orçamento Neosolar

Foi feito um orçamento pela empresa Neosolar (anexo d), que é especializada em geração de energia fotovoltaica. Sendo elaborado para uma usina de 3.502,63 kwh/mês, com o valor total de instalação de R\$: 159.409,55. Também foi realizado o orçamento de cada padrão de energia do estabelecimento, podendo serem analisados nos (anexos e), (anexo f), e (anexo g).

**Tabela 7:** Orçamento feito pela Neosolar.

Padrão de Instalação	Tamanho da Usina	Área Ocupada	Valor do Orçamento
3001524233	9,900 kwp	61,20 m <sup>2</sup>	R\$:68.458,43
3004408021	1,650 kwp	10,20 m <sup>2</sup>	R\$:17.808,94
3007543909	14,850 kwp	91,80 m <sup>2</sup>	R\$:97.509,83
Orçamento geral	26,400 kwp	163,20 m <sup>2</sup>	R\$:159.409,55

Fonte: Neosolar, 2017.

#### 4.6.2 Comparação do investimento na implantação do sistema fotovoltaico com o investimento na poupança

Para saber se o investimento na implantação do sistema fotovoltaico terá mais retorno financeiro do que o investimento na cardeneta de poupança, foi elaborado a tabela 8. Considerando a taxa mensal de juros de 0,5%. (Caixa Econômica Federal, 2017)

**Tabela 8:** Comparação do investimento na implantação do sistema fotovoltaico com o investimento na poupança.

<b>Período</b>	<b>Ano</b>	<b>Poupança (R\$)</b>	<b>Investimento fotovoltaico (R\$)</b>
0	2017	159.409,55	-159.409,55
1	2018	160.706,59	-127.628,13
2	2019	162.010,12	-93.667,86
3	2020	163.320,16	-57.380,25
4	2021	164.636,76	-18.606,18
5	2022	165.959,93	22.824,32
6	2023	167.289,72	67.092,87
7	2024	168.626,16	114.393,45
8	2025	169.969,29	164.933,34
9	2026	171.319,13	218.933,94
10	2027	172.675,72	276.631,81

**Fonte:** Autor, 2017.

## 5 CONCLUSÃO

Devido ao colapso na captação de água e riscos no abastecimento e geração de energia elétrica, juntamente com a crescente pressão contra as emissões de gases poluentes provocados pelo uso de combustíveis como petróleo e gás, houve a necessidade do país em investir em geração de energia limpa.

Como descrito nesse trabalho, a geração de energia elétrica através do recurso solar, vem ganhando o seu espaço no país, devido às suas condições favoráveis ao sistema fotovoltaico, e principalmente ao incentivo governamental, e mudanças nas regras sobre a sua implantação.

Através do estudo de caso foi possível concluir que para o estabelecimento do Supermercado Renato, é viável a instalação de uma usina fotovoltaica. As análises apresentadas, mostram que área de telhados disponíveis é suficiente para suprir o seu consumo médio total e ainda ser uma fonte de renda para o proprietário, caso o mesmo utilize o restante da área para a implantação de mais painéis solares.

Conforme os valores descritos na tabela 8, é possível concluir que durante o período de análise, é mais viável do ponto de vista econômico a aplicação do valor total do investimento no sistema fotovoltaico. Pois nos dez anos calculados, a diferença entre o investimento fotovoltaico e a caderneta de poupança chega ao valor de R\$: 103.956,09.

O investimento inicial é elevado, mas conforme apresentado na viabilidade econômica, após cinco anos de implantação da usina fotovoltaica, o proprietário já terá pago todo o investimento e iniciará a ver os lucros do sistema.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL. **Caderno Temático - Micro e Minigeração Distribuída**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+MinigeraC3A7C3A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>>. Acesso em 25 abr. 2017.
- BOYLE, G. **RENEWABLE ENERGY: Power for a Sustainable Future**. Oxford, 2012
- CEMIG. **Energia Solar: utilização e empregos práticos**. Disponível: <https://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Clientes/Documents/Normastecnicas/ND.5.30.pdf>. Acesso em 25 abr. 2017.
- COMETTA, Emilio. **Energia Solar: utilização e empregos práticos**. Tradução: Norberto de Paula Lima. São Paulo: Hemus Livraria Editora Limitada, 1978.
- CORTEZ, R. J. M. **Sistema de Seguimento Solar em Produção de Energia Fotovoltaica**. . 2013. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- CRESESB. **Atlas Solarimétrico do Brasil**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas-Solarimetrico-do-Brasil-2000.pdf>>. Acesso em 25 abr. 2017.
- CRESESB. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual-de-Engenharia-FV-2014.pdf>>. Acesso em 20 abr. 2017.
- GEPEA. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica**. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/56337/mod-resource/content/2/Apostila-solar.pdf>>. Acesso em 02 mai. 2017.
- GUERRA, J. B. S. O. de A.; YOUSSEF, Y. A. **Energia Solar**. Jelare, 2011.
- INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO DA UNIVERSIDADE DE LISBOA. **Breve história da energia solar**. . Disponível em: <http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html>>. Acesso em 20 abr. 2017.
- NEOSOLAR. **Simulador solar - Calculadora Fotovoltaica**. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/simulador-solar-calculadora-fotovoltaica>>. Acesso em 30 mai. 2017.
- NEOSOLAR. **Sistemas isolados Off Grid**. . Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-isolados-off-grid/>>. Acesso em 28 abr. 2017.
- PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**. Porto: Publindústria, 2011.
- PORTAL ENERGIA **Portal Energias Renováveis** Disponível em: <https://www.portal-energia.com/>. Acesso em 25 abr. 2017.
- PORTAL SOLAR **Tudo sobre Energia Fotovoltaica** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br>.

Acesso em 28 mai. 2017.

SCHOFFEL, Edgar Ricardo. **Radiação Solar** . Disponível em: <http://www.etcbest.com.br/janela dofriticultor/artigos/download/04-TXT-RAD-SOL-COMPILA-ROMERA-2010/RADSOL.pdf>>.

Acesso em 22 abr. 2017.

SOUSA, Yan Rodrigues de **Estudo do rastreamento do ponto de máxima potência – MPPT – Em sistemas de geração fotovoltaica**. Disponível em: <https://fga.unb.br/articles/0001/4586/TCC1-FINAL.pdf>>. Acesso em 17 mai. 2017.

VILLALVA, Marco Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia Solar Fotovoltaica - Conceitos e Aplicações - Sistemas Isolados e Conectados à rede**. 2.ed. São Paulo: Érica, 2012.

ZANOTTI, Jefferson William **Rastreador de máxima potência para sistemas fotovoltaicos utilizando o método da impedância característica de conversores estáticos**. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/129456>>. Acesso em 15 mai. 2017.

## APÊNDICE A - TERMO DE AUTORIZAÇÃO

### Termo de autorização para uso de informações privadas

Representando o Supermercado Renato Ltda, localizado na Avenida Padre Rino, nº 1331, Centro, Ubaporanga- MG, inscrito no CNPJ com o nº 22.266.613/0001-08 autorizo por meio deste termo a utilização e publicação de informações referentes aos dados elétricos e técnicos do Supermercado do Renato, pela graduanda do curso de engenharia elétrica do Instituto Tecnológico de Caratinga, Gabriela da Silva de Souza Alvarenga, inscrita no CPF 099.875.706-31, como subsídio para objeto de estudo em trabalho acadêmico de conclusão do curso de autoria do mesmo, a ser realizado no primeiro semestre de 2017.

Ubaporanga, 29 de maio de 2017



---

Supermercado Renato Ltda

# ANEXO A CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA DA INSTALAÇÃO NÚMERO 3001524233



**Cemig Distribuição S.A.** CNPJ 06.981.180/0001-16 / Insc. Estadual 062.322136.0087  
Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG

Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela  
Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002

**SUPERMERCADO RENATO LTDA**  
AV PADRE RINO 1331 CO  
CENTRO  
35338-000 UBAPORANGA, MG  
CNPJ 22.266.613/0001-08

Referente a  
**MAI/2017**  
Código de Débito Automático  
**000015242332**

**Nº DO CLIENTE**  
**7005484152**

## 2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

<b>Classe</b> Comercial Bifásico	<b>Subclasse</b> Comercial	<b>Datas de Leitura</b> Anterior 18/04    Atual 17/05    Próxima 19/06			<b>Datas da Nota Fiscal</b> Emissão 18/05    Apresentação 17/05		<b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>3001524233</b>
--	-------------------------------	---	--	--	--	--	--

<b>Tipo de Medição</b> Energia kWh Energia kWh	<b>Medição</b> APD167203259	<b>Informações Técnicas</b> Leitura Anterior 6.439    Leitura Atual 7.892		<b>Constante de Multiplicação</b> 1 0	<b>Consumo kWh</b> 1,453 0
--	--------------------------------	--	--	---	----------------------------------

<p><b>Informações Gerais</b></p> <p>Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 2.214, de 28/03/2017, ABR/2017 Band. Vermelha - MAI/2017 Band. Vermelha</p> <p>O pagamento desta conta não quita débitos anteriores. Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas.</p> <p>Leitura realizada conforme calendário de faturamento</p>	<p><b>Valores Faturados</b></p> <table border="1"> <tr> <th>Descrição</th> <th>Quantidade</th> <th>Tarifa/Preço (R\$)</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td>1,453</td> <td>0,76033252</td> <td>1,104,74</td> </tr> </table> <p><b>Encargos/Cobranças</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Contrib. Custeio Ilum. Pública</td> <td>17,27</td> </tr> </table> <p><b>Tarifas Aplicadas (sem impostos)</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Energia Elétrica kWh</td> <td>0,53253690</td> </tr> </table> <p><b>Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Bandeira Vermelha</td> <td>62,22</td> </tr> </table>	Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)	Energia Elétrica kWh	1,453	0,76033252	1,104,74	Contrib. Custeio Ilum. Pública	17,27	Energia Elétrica kWh	0,53253690	Bandeira Vermelha	62,22
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)												
Energia Elétrica kWh	1,453	0,76033252	1,104,74												
Contrib. Custeio Ilum. Pública	17,27														
Energia Elétrica kWh	0,53253690														
Bandeira Vermelha	62,22														

<b>Indicadores de Qualidade de Fornecimento</b>			
Inchapiim 2-Mês: 03/2017	Valores Permitidos		
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual
DIC 0,00	5,79	11,58	23,16
FIC 0,00	3,30	6,60	13,20
DMIC 0,00	3,37	-	-
DICRI -	12,22	-	-
Tensão: Nominal= 127/220 V Min= 117/202 V Máx.= 133/231 V			
Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 483,73			

<b>Informações de Faturamento</b>			
PARCELAS	VALOR(R\$)	%	PARCELAS VALOR(R\$) %
Energia	282,74	25,59	Enc. setoriais 177,24 16,04
Distribuição	235,35	21,31	Tributos 330,97 29,96
Transmissão	19,67	1,78	Totais 1.104,74 100,00
Perdas	58,77	5,32	

<b>VENCIMENTO</b> <b>17/06/2017</b>	<b>VALOR A PAGAR</b> <b>R\$ 1.122,01</b>
--	---

<b>Histórico de Consumo</b>			
MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias
MAI/17	1,453	50,10	29
ABR/17	1,780	55,62	32
MAR/17	1,737	57,90	30
FEV/17	1,674	57,72	29
JAN/17	1,440	49,65	29
DEZ/16	1,010	32,58	31
NOV/16	973	32,43	30
OUT/16	1,025	31,06	33
SET/16	909	30,30	30
AGO/16	862	28,73	30
JUL/16	851	27,45	31
JUN/16	879	28,35	31
MAI/16	917	29,58	31

<b>Reservado ao Fisco</b> <b>SEM VALOR FISCAL</b>
--

<b>Base de cálculo (R\$)</b>	<b>ICMS Aliquota (%)</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>PASEP Valor (R\$)</b>	<b>COFINS Valor (R\$)</b>
-	-	-	-	-

Ouvidoria CEMIG: 0800 728 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 167 - Ligação gratuita de telefones fixos e móveis

<b>Unidade de leitura</b> <b>12427601</b>	<b>Conta Contrato</b> <b>000015242332</b>	<b>Vencimento</b> <b>17/06/2017</b>	<b>Total a pagar</b> <b>R\$1.122,01</b>
--	--	--	--

8367000011-7 22010138000-8 62348717933-4 00015242332-3



Maio/2017

## ANEXO B CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA DA INSTALAÇÃO NÚMERO 3004408021



**Cemig Distribuição S.A.** CNPJ 06.981.180/0001-16 / Insc. Estadual 062.322136.0087  
Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG

Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela  
Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002

**SUPERMERCADO RENATO LTDA**  
AV PADRE RINO 1331 LJA  
CENTRO  
35338-000 UBAPORANGA, MG  
CNPJ 22.266.613/0001-08

Referente a  
**MAI/2017**  
Código de Débito Automático  
**000044080216**

**Nº DO CLIENTE**  
**7005484152**

### 2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

<b>Classe</b> Comercial Bifásico	<b>Subclasse</b> Outros Serviços e Outras Ativ	<b>Datas de Leitura</b> Anterior 18/04 Atual 17/05 Próxima 19/06	<b>Datas da Nota Fiscal</b> Emissão 18/05 Apresentação 17/05	<b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>3004408021</b>
--	--	---	--	--

<b>Tipo de Medição</b> Energia kWh	<b>Medição</b> APD167178889	<b>Leitura Anterior</b> 279	<b>Leitura Atual</b> 341	<b>Constante de Multiplicação</b> 1	<b>Consumo kWh</b> 62
---------------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----------------------------	--	--------------------------

<p><b>Informações Gerais</b></p> <p>Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 2.214, de 28/03/2017. ABR/2017 Band. Vermelha - MAI/2017 Band. Vermelha O pagamento desta conta não quita débitos anteriores. Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas.</p> <p>Leitura realizada conforme calendário de faturamento</p>
---

<b>Valores Faturados</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Tarifa/Preço (R\$)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Energia Elétrica kWh	62	0,76033252	47,11
<b>Tarifas Aplicadas (sem impostos)</b>			
Energia Elétrica kWh		0,53253690	
<b>Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar</b>			
Bandeira Vermelha			2,64

<b>Indicadores de Qualidade de Fornecimento</b>			
Inhapim 2-Mês:03/2017	Valores Permitidos		
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual
DIC 0,00	5,79	11,58	23,16
FIC 0,00	3,30	6,60	13,20
DMIC 0,00	3,37	-	-
DICRI -	12,22	-	-
Tensão: Nominal= 127/220 V Min.= 117/202 V Máx.= 133/231 V			
Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 18,65			

<b>Informações de Faturamento</b>					
PARCELAS	VALOR(R\$)	%	PARCELAS	VALOR(R\$)	%
Energia	12,06	25,60	Enc. setoriais	7,56	16,05
Distribuição	10,04	21,31	Tributos	14,10	29,93
Transmissão	0,84	1,78	Totais	47,11	100,00
Perdas	2,51	5,33			

**VENCIMENTO**  
**17/06/2017**

**VALOR A PAGAR**  
**R\$ 47,11**

<b>Histórico de Consumo</b>			
MES/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias
MAI/17	62	2,13	29
ABR/17	77	2,40	32
MAR/17	67	2,23	30
FEV/17	73	2,51	29
JAN/17	62	2,13	29
DEZ/16	54	1,74	31
NOV/16	80	2,66	30
OUT/16	87	2,63	33
SET/16	86	2,86	30
AGO/16	78	2,60	30
JUL/16	67	2,16	31
JUN/16	78	2,51	31
MAI/16	72	2,32	31

**Reservado ao Fisco**  
**SEM VALOR FISCAL**

<b>Base de cálculo (R\$)</b>	<b>ICMS Aliquota (%)</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>PASEP Valor (R\$)</b>	<b>COFINS Valor (R\$)</b>
-	-	-	-	-

Ouvidoria CEMIG: 0800 728 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 167 - Ligação gratuita de telefones fixos e móveis

<b>Unidade de leitura</b> 12427601	<b>Conta Contrato</b> 000044080216	<b>Vencimento</b> 17/06/2017	<b>Total a pagar</b> R\$47,11 Maio/2017
---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------	---



## ANEXO C CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA DA INSTALAÇÃO NÚMERO 3007543909



Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.981.180/0001-16 / Ins. Estadual 062.322136.0087  
Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG

Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela  
Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002

**SUPERMERCADO RENATO LTDA**  
RUA ARISTINO BRAZ 15 CO  
CENTRO  
35338-000 UBAPORANGA, MG  
CNPJ 22.266.613/0001-08

Referente a  
**MAI/2017**  
Código de Débito Automático  
**000075439091**

**Nº DO CLIENTE**  
**7005484152**

### 2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

<b>Classe</b> Comercial Bifásico	<b>Subclasse</b> Comercial	<b>Datas de Leitura</b> Anterior Atual Próxima 18/04 17/05 19/06			<b>Datas da Nota Fiscal</b> Emissão Apresentação 18/05 17/05		<b>Nº DA INSTALAÇÃO</b> <b>3007543909</b>
--	-------------------------------	--	--	--	--	--	--

<b>Tipo de Medição</b> Energia kWh	<b>Medição</b> ARC123041353	<b>Informações Técnicas</b> Leitura Anterior Leitura Atual 18.669 20.578		<b>Constante de Multiplicação</b> 1	<b>Consumo kWh</b> 1.909
---------------------------------------	--------------------------------	--	--	--	-----------------------------

<b>Informações Gerais</b>			
Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 2.214, de 28/03/2017. ABR/2017 Band. Vermelha - MAI/2017 Band. Vermelha O pagamento desta conta não quita débitos anteriores. Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas. Leitura realizada conforme calendário de faturamento			

<b>Valores Faturados</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Tarifa/Preço (R\$)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Energia Elétrica kWh	1.909	0,76033252	1.451,45
<b>Encargos/Cobranças</b>			
Contrib. Custeio Ilum. Pública			17,27
<b>Tarifas Aplicadas (sem impostos)</b>			
Energia Elétrica kWh		0,53253690	
<b>Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar</b>			
Bandeira Vermelha			81,75

<b>Indicadores de Qualidade de Fornecimento</b>			
Inhapim 2-Mês:03/2017			
Apurado Mensal	Mensal	Trimestral	Anual
DIC 0,00	5,79	11,58	23,16
FIC 0,00	3,30	6,60	13,20
DMIC 0,00	3,37	-	-
DICRI -	12,22	-	-
Tensão: Nominal= 127/220 V Min.= 117/202 V Max.= 133/231 V			
Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 573,96			

<b>Informações de Faturamento</b>					
PARCELAS	VALOR(R\$)	%	PARCELAS	VALOR(R\$)	%
Energia	371,47	25,59	Enc. setoriais	232,86	16,04
Distribuição	309,23	21,31	Tributos	434,64	29,96
Transmissão	25,84	1,78	Totais	1.451,45	100,00
Perdas	77,21	5,32			

<b>VENCIMENTO</b> <b>09/06/2017</b>	<b>VALOR A PAGAR</b> <b>R\$ 1.468,72</b>
--	---

<b>Histórico de Consumo</b>			
MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias
MAI/17	1.909	65,82	29
ABR/17	2.227	69,59	32
MAR/17	2.061	68,70	30
FEB/17	1.952	67,31	29
JAN/17	2.213	76,31	29
DEZ/16	2.310	74,51	31
NOV/16	2.165	72,16	30
OUT/16	2.102	63,69	33
SET/16	1.843	61,43	30
AGO/16	1.677	55,90	30
JUL/16	1.603	51,70	31
JUN/16	1.696	54,70	31
MAI/16	1.817	58,61	31

<b>Reservado ao Fisco</b> <b>SEM VALOR FISCAL</b>			
--	--	--	--

<b>Base de cálculo (R\$)</b>	<b>ICMS Aliquota (%)</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>PASEP Valor (R\$)</b>	<b>COFINS Valor (R\$)</b>
-	-	-	-	-

Ouvidoria CEMIG: 0800 728 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 167 - Ligação gratuita de telefones fixos e móveis

<b>Unidade de leitura</b> <b>12427601</b>	<b>Conta Contrato</b> <b>000075439091</b>	<b>Vencimento</b> <b>09/06/2017</b>	<b>Total a pagar</b> <b>R\$1.468,72</b>
--	--	--	--



Maio/2017

## ANEXO D ORÇAMENTO NEOSOLAR PARA USINA FOTOVOLTAICA DE 26,400 KWP



### DADOS DO CLIENTE

CONSUMO KWH/MÊS	INSTALAÇÃO EM TELHADO	CIDADE ESTADO	TARIFA MÉDIA POR KWH	DISTRIBUIDORA
3.502,63	Telhado inclinado de Cerâmica ou Metálico	Ubaporanga MG	R\$ 0,76	CEMIG Distribuição S/A

### DADOS DO SISTEMA

PAINÉIS	POTÊNCIA TOTAL	MARCA INVERSOR	ÁREA ESTIMADA	TENSÃO
96 x 275Wp Yingli Solar	26,400 kw	1 x Fronius	163,20 m <sup>2</sup>	127/220 V

### OBSERVAÇÕES

Este é um pré-orçamento que considera condições padrões de instalação.

Para mais detalhes entrar em contato com nossa equipe comercial





## PREÇOS E CONDIÇÕES COMERCIAIS

### EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS INCLUSOS

- Kit Gerador solar completo
- Material elétrico e acessórios
- Projeto e homologação junto à distribuidora
- Serviço de instalação
- Sistema de monitoramento web e smartphone

VALOR DO INVESTIMENTO

R\$159.409,55

4 PARCELAS + ENTRADA FACILITADA		CARTÃO DE CRÉDITO		OPÇÕES DE PARCELAMENTO			
Entrada	R\$ 15.940,95	até 10x	R\$ 15.940,95	Sem Entrada	Entrada	R\$ 47.822,86	
30 dias	R\$ 47.822,86			10x	R\$ 15.940,95	10x	R\$ 11.156,60
60 dias	R\$ 31.881,91			24x	R\$ 7.638,66	24x	R\$ 5.347,05
90 dias	R\$ 31.881,91			36x	R\$ 5.715,17	36x	R\$ 4.000,59
120 dias	R\$ 31.881,91			60x	R\$ 4.312,56	60x	R\$ 3.018,78
				120x	Consultar	120x	Consultar

\*Crédito e condições sujeitos à análise e aprovação

### CONSULTE OUTRAS FORMAS DE PARCELAMENTO

- Juros a partir de 0,7% ao mês
- Em até 120 meses
- Carência de até 12 meses

### EMPRESAS

Condições especiais de parcelamento



NeoSolar.com.br

09

## ANEXO E ORÇAMENTO NEOSOLAR PARA A INSTALAÇÃO INSTALAÇÃO NÚMERO 3001524233



### DADOS DO CLIENTE

CONSUMO KWH/MÊS	INSTALAÇÃO EM TELHADO	CIDADE ESTADO	TARIFA MÉDIA POR KWH	DISTRIBUIDORA
1.217,11	Telhado inclinado de Cerâmica ou Metálico	Ubaporanga MG	R\$ 0,76	CEMIG Distribuição S/A

### DADOS DO SISTEMA

PAINÉIS	POTÊNCIA TOTAL	MARCA INVERSOR	ÁREA ESTIMADA	TENSÃO
36 x 275Wp Yingli Solar	9,900 kwp	1 x Fronius	61,20 m <sup>2</sup>	127/220 V

### OBSERVAÇÕES

Este é um pré-orçamento que considera condições padrões de instalação.

Para mais detalhes entrar em contato com nossa equipe comercial





## PREÇOS E CONDIÇÕES COMERCIAIS

### EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS INCLUSOS

- Kit Gerador solar completo
- Material elétrico e acessórios
- Projeto e homologação junto à distribuidora
- Serviço de Instalação
- Sistema de monitoramento web e smartphone

VALOR DO INVESTIMENTO

R\$68.458,43

#### 4 PARCELAS + ENTRADA FACILITADA

Entrada	R\$ 6.845,84
30 dias	R\$ 20.537,53
60 dias	R\$ 13.691,69
90 dias	R\$ 13.691,69
120 dias	R\$ 13.691,69

#### CARTÃO DE CRÉDITO

até 10x	R\$ 6.845,84
---------	--------------

#### OPÇÕES DE PARCELAMENTO

Sem Entrada		Entrada	
10x	R\$ 6.845,84	10x	R\$ 4.762,00
24x	R\$ 3.290,42	24x	R\$ 2.296,25
36x	R\$ 2.454,38	36x	R\$ 1.718,03
60x	R\$ 1.652,03	60x	R\$ 1.296,40
120x	Consultar	120x	Consultar

\*Crédito e condições sujeitos à análise e aprovação

### CONSULTE OUTRAS FORMAS DE PARCELAMENTO

- Juros a partir de 0,7% ao mês
- Em até 120 meses
- Carência de até 12 meses

### EMPRESAS

Condições especiais de parcelamento



## ANEXO F ORÇAMENTO NEOSOLAR PARA A INSTALAÇÃO INSTALAÇÃO NÚMERO 3004408021



### DADOS DO CLIENTE

CONSUMO KWH/MÊS	INSTALAÇÃO EM TELHADO	CIDADE ESTADO	TARIFA MÉDIA POR KWH	DISTRIBUIDORA
131,58	Telhado inclinado de Cerâmica ou Metálico	Ubaporanga MG	R\$ 0,76	CEMIG Distribuição S/A

### DADOS DO SISTEMA

PAINÉIS	POTÊNCIA TOTAL	MARCA INVERSOR	ÁREA ESTIMADA	TENSÃO
6 x 275Wp Yingli Solar	1,650 kwp	1 x Fronius	10,20 m <sup>2</sup>	127/220 V

### OBSERVAÇÕES

Este é um pré-orçamento que considera condições padrões de instalação.

Para mais detalhes entrar em contato com nossa equipe comercial





## PREÇOS E CONDIÇÕES COMERCIAIS

### EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS INCLUSOS

- Kit Gerador solar completo
- Material elétrico e acessórios
- Projeto e homologação junto à distribuidora
- Serviço de Instalação
- Sistema de monitoramento web e smartphone

VALOR DO INVESTIMENTO

R\$17.808,94

4 PARCELAS + ENTRADA FACILITADA		CARTÃO DE CRÉDITO		OPÇÕES DE PARCELAMENTO			
Entrada	R\$ 1.780,89	até 10x	R\$ 1.780,89	Sem Entrada		Entrada	R\$ 5.342,88
20 dias	R\$ 5.342,88			10x	R\$ 1.780,89	10x	R\$ 1.248,80
60 dias	R\$ 3.561,79			24x	R\$ 853,38	24x	R\$ 597,35
90 dias	R\$ 3.561,79			36x	R\$ 638,40	36x	R\$ 448,93
120 dias	R\$ 3.561,79			60x	R\$ 481,79	60x	R\$ 307,25
				120x	Consultar	120x	Consultar

\*Crédito e condições sujeitos à análise e aprovação

### CONSULTE OUTRAS FORMAS DE PARCELAMENTO

- Juros a partir de 0,7% ao mês
- Em até 120 meses
- Carência de até 12 meses

### EMPRESAS

Condições especiais de parcelamento



## G ORÇAMENTO NEOSOLAR PARA A INSTALAÇÃO NÚMERO 3007543909



### DADOS DO CLIENTE

CONSUMO KWH/MÊS	INSTALAÇÃO EM TELHADO	CIDADE ESTADO	TARIFA MÉDIA POR KWH	DISTRIBUIDORA
1.980,26	Telhado inclinado de Cerâmica ou Metálico	Ubaporanga MG	R\$ 0,76	CEMIG Distribuição S/A

### DADOS DO SISTEMA

PAINÉIS	POTÊNCIA TOTAL	MARCA INVERSOR	ÁREA ESTIMADA	TENSÃO
54 x 275Wp Yingli Solar	14,850 kw	1 x Fronius	91,80 m <sup>2</sup>	127/220 V

### OBSERVAÇÕES

Este é um pré-orçamento que considera condições padrões de instalação.

Para mais detalhes entrar em contato com nossa equipe comercial





## PREÇOS E CONDIÇÕES COMERCIAIS

### EQUIPAMENTOS E SERVIÇOS INCLUSOS

- Kit Gerador solar completo
- Material elétrico e acessórios
- Projeto e homologação junto à distribuidora
- Serviço de instalação
- Sistema de monitoramento web e smartphone

VALOR DO INVESTIMENTO

R\$97.509,83

4 PARCELAS + ENTRADA FACILITADA	
Entrada	R\$ 9.750,98
30 dias	R\$ 29.252,95
60 dias	R\$ 19.501,97
90 dias	R\$ 19.501,97
120 dias	R\$ 19.501,97

CARTÃO DE CRÉDITO	
até 10x	R\$ 9.750,98

OPÇÕES DE PARCELAMENTO		
Sem Entrada	Entrada	R\$ 29.252,95
10x	R\$ 9.750,98	R\$ 8.625,80
24x	R\$ 4.672,52	R\$ 3.270,72
36x	R\$ 3.495,93	R\$ 2.447,12
60x	R\$ 2.637,97	R\$ 1.946,55
120x	Consultar	Consultar

\*Crédito e condições sujeitos à análise e aprovação

### CONSULTE OUTRAS FORMAS DE PARCELAMENTO

- Juros a partir de 0,7% ao mês
- Em até 120 meses
- Carência de até 12 meses

### EMPRESAS

Condições especiais de parcelamento

