

FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA

CRISTIANO ALVES RAMOS  
FELIPE LUIS RODRIGUES DE SOUSA

COMPARATIVO DE SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E  
ENERGIA EÓLICA PARA RESIDÊNCIAS

CARATINGA – MG

2017

CRISTIANO ALVES RAMOS  
FELIPE LUIS RODRIGUES DE SOUSA  
FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA

## COMPARATIVO DE SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E ENERGIA EÓLICA PARA RESIDÊNCIAS

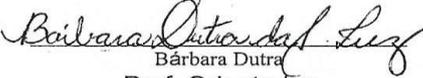
Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil das Faculdades Integradas de Caratinga, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia.

Área de Concentração: Engenharia e Sustentabilidade.

Prof.(a) Orientadora: M.Sc. Bárbara Dutra da Luz

CARATINGA – MG

2017

	FACULDADES INTEGRADAS DE CARATINGA	FORMULÁRIO 9
	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	
TERMO DE APROVAÇÃO		
TERMO DE APROVAÇÃO		
<p>O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: Comparativo de sistema de energia fotovoltaica e energia eólica para residências, elaborado pelo(s) aluno(s) Cristiano Alves Ramos e Felipe Luís Rodrigues de Sousa foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de</p>		
<b>BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.</b>		
Caratinga 6 de Dezembro de 2017		
 Bárbara Dutra Prof. Orientador		
 Sérgio Reis Prof. Avaliador 1		
 João Moreira Prof. Examinador 2		

Dedico esta pesquisa à minha esposa Erika e minha mãe Dulcineia, minhas maiores incentivadoras.

Cristiano

Dedico à minha mãe Francisca e minhas irmãs Flávia e Fabiana.

Felipe

### **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, que até aqui me sustentou, dando força e perseverança para superar os momentos difíceis;

Aos meus pais, Osvaldo e Dulcineia, por fazerem de mim a pessoa que sou;

À minha esposa, que lutou ao meu lado em todos os momentos;

À tia Enedina (*in memorian*), que com sua conversa macia sempre me ofereceu apoio;

Aos colegas e mestres.

Cristiano

Agradeço a Deus por renovar minha fé na caminhada;

À minha mãe Francisca, companheira fiel em todos os momentos de dificuldade;

Às minhas irmãs Fabiana e Flávia, que sempre buscaram me dar o apoio no momento certo;

Ao meu pai Genonias (*in memorian*), que me ensinou tudo até aqui até aqui e que sempre me apoiou;

A todos os professores, pela paciência e perseverança no ensino;

Aos colegas, com os quais dividi 5 anos de lutas.

Felipe

## RESUMO

A construção civil é um ramo de atividade que utiliza muitos recursos materiais naturais, e que desta maneira, é em parte responsável pela degradação ambiental vivenciada nos dias atuais. Desta forma, considera-se de suma importância que a engenharia civil adote formas sustentáveis de construção e manutenção de residências. Assim sendo, esta pesquisa visou analisar a geração e consumo de energia limpa para residências, através de dois sistemas: fotovoltaico e eólico. Na realização da pesquisa buscou-se o levantamento junto a empresas que realizam a instalação dos dois sistemas para que fosse traçado um comparativo das configurações e parâmetros da energia fotovoltaica e eólica para residências. Na comparação realizada sobre a potência e a capacidade de geração, comparado com os valores dos dois sistemas e a economia gerada pela instalação, foi possível perceber que o custo benefício do sistema fotovoltaico é maior do que a sistema eólico, já que como resultado se encontrou que com a economia gerada pelo sistema fotovoltaico, o payback se dará em 55 meses, restando 20 anos de energia limpa com custo mínimo, enquanto no sistema eólico o payback seria de 297 meses.

**Palavras-chave:** engenharia civil; sistema fotovoltaico; sistema eólico.

## **ABSTRACT**

Civil construction is a branch of activity that uses many natural material resources, and in this way is partly responsible for the environmental degradation experienced today. In this way, it is considered of paramount importance that civil engineering adopt sustainable forms of construction and maintenance of residences. Therefore, this research aimed to analyze the generation and consumption of clean energy for residences, through two systems: photovoltaic and wind power. In the realization of the research, the survey was searched together with companies that install the two systems to draw a comparison of the settings and parameters of photovoltaic and wind energy for homes. In the comparison performed on power and generation capacity, compared to the values of the two systems and the economy generated by the installation, it was possible to perceive that the cost benefit of the photovoltaic system is higher than the wind system, since as a result it was found that with the economy generated by the photovoltaic system, the payback will occur in 55 months, leaving 20 years of clean energy with minimum cost, while in the wind system the payback would be 297 months.

**Keywords:** civil engineering; photovoltaic system; wind system.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Instalação de uma célula de Georgia, EUA, em 1955.....	16
<b>Figura 2:</b> Telescópio Hubble e 4 arranjos de painéis fotovoltaicos.....	17
<b>Figura 3:</b> Corte transversal de uma célula fotovoltaica.....	20
<b>Figura 4:</b> Efeito fotovoltaico na junção P-N. ....	20
<b>Figura 5:</b> Estrutura de uma célula fotovoltaica .....	21
<b>Figura 6:</b> Célula de Silício Monocristalino .....	22
<b>Figura 7:</b> Célula de silício policristalino. ....	22
<b>Figura 8:</b> Célula Fotovoltaica de filme fino .....	23
<b>Figura 9:</b> Inversor Solar.....	25
<b>Figura 10:</b> Sistema de Proteção .....	26
<b>Figura 11:</b> Sistema off shore de grande potência.....	29
<b>Figura 12:</b> Três tipos principais de sistemas eólicos .....	30
<b>Figura 13:</b> Processo de funcionamento das turbinas .....	31
<b>Figura 14:</b> Motor da hélice.....	32
<b>Figura 15:</b> Curva de Potência.....	38
<b>Figura 16:</b> Produção de Energia da GERAR 246 .....	38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Parâmetros elétricos e físicos do módulo .....	25
<b>Tabela 2:</b> Dados do sistema fotovoltaico .....	35
<b>Tabela 3:</b> Cálculo do custo de energia.....	37
<b>Tabela 4:</b> Configuração do sistema eólico .....	38
<b>Tabela 5:</b> Parâmetros de geração de energia do sistema .....	40
<b>Tabela 6:</b> Cálculo do custo de energia.....	40

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 Contextualização.....	10
1.2 Objetivos .....	12
1.2.1 Geral .....	12
1.2.2 Específicos .....	12
1.3 Estruturação.....	12
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>13</b>
2.1 Histórico das placas de captação solar .....	13
2.2 Tipos de placas para produção de energia .....	17
2.2.1 Características físicas .....	17
2.2.2 Estrutura de uma célula fotovoltaica .....	19
2.2.3 Silício monocristalino .....	20
2.2.4 Silício policristalino.....	21
2.2.5 Silício amorfo .....	22
2.3 Necessidades estruturais para implantação de placas fotovoltaicas .....	23
2.3.1 Módulo fotovoltaico .....	23
2.3.2 Inversor .....	24
2.3.3 Sistema de proteção .....	25
2.3.4 Cabeamento e conexões .....	26
2.3.5 Suporte estrutural .....	26
2.4 Energia eólica .....	26
2.4.1 Características das turbinas .....	28
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>32</b>
3.1 Aspectos Gerais da Área de Estudo .....	32
3.2 Coleta de dados .....	33
3.3 Apresentação dos dados e discussão dos resultados .....	33
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>41</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>42</b>
<b>6. ANEXOS .....</b>	<b>45</b>
6.1 Parâmetros do sistema fotovoltaico .....	45
6.2 Anexo 2 – Parâmetros do Sistema Eólico.....	50

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

A adequação da construção civil para a preservação ambiental é uma tendência atual, tendo em vista que o crescimento populacional desordenado e o uso indiscriminado dos recursos naturais vêm trazendo impactos negativos a toda a sociedade.

A criação de meios para utilização correta dos recursos naturais veio dar à sociedade formas para que possa participar ativamente dos problemas inseridos em seu meio.

O dano ambiental causado pela construção civil não se delimita não somente pela apropriação de solos e devastação da vegetação para construção dos empreendimentos; nem pelo fato de possuir como principais matérias-primas usadas materiais não-renováveis (esgotáveis), como é o caso dos agregados areia e brita, aglomerantes cal e gesso que se retira da natureza, aponta-se ainda demais minerais usados na construção civil que são provenientes das jazidas colaborando para o fenômeno da erosão. Um fenômeno que vem se destacando nos últimos anos como um causador de danos ambientais é o grande consumo de energia, não somente na construção, mas também na ocupação dos imóveis depois de prontos (TOLMASQUIN, 2012).

A concepção de construção sustentável indica distintas abordagens nos mais variados países. Alguns fazem a identificação como sendo fundamentais os aspectos econômicos, sociais e culturais da construção sustentável, contudo a maior relevância se dá aos impactos ecológicos da construção, como é o caso da preservação de recursos naturais. Tais impactos têm feito com que os países optem pela adoção de políticas ambientais específicas para o setor.

De acordo com a Resolução Normativa nº482, da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2012) ficou regulamentada a liberação do aproveitamento de energias alternativas em residências, além de estipular as normas para o referido aproveitamento. Porém, a principal questão é se a utilização do aproveitamento energético com placas fotovoltaicas é viável, financeiramente, para o consumidor.

De acordo com Nascimento (2004), nenhuma sociedade irá alcançar o desenvolvimento sustentável sem que o setor da construção civil tenha passado por

profundas transformações. É relevante que haja um fornecimento de mais educação e treinamento no manuseio e controle dos materiais. Há necessidade de que os próprios trabalhadores da indústria da construção sejam convencidos da importância de mudanças, e não somente a diretoria, bem como estar cientes de todos os benefícios que a qualidade nos serviços pode proporcionar.

Neste sentido, a proposta de utilização de técnicas sustentáveis que diminua a dependência dos recursos naturais, reduzindo seu consumo e a geração de resíduos, é uma alternativa que além da preservação do ambiente, ainda podem reduzir os custos fixos de uma residência.

Planejar e construir residências sustentáveis é uma forma de redução desse impacto ambiental, haja vista que uma casa que utiliza energia limpa reduzirá substancialmente o consumo de recursos naturais, levando-se em conta que a matriz energética brasileira é baseada em hidrelétricas, e a água, recurso natural indispensável, encontra-se escasso.

Neste sentido, analisando os dizeres de Jan Thomas Heineman (2007), uma segunda visão de viabilidade vai além dos custos implicados na implantação. A viabilidade tem aspectos ambientais.

Portanto, o problema apresentado nesta pesquisa é: Qual a viabilidade de adequação de padrões sustentáveis na construção de casas com foco no comparativo entre energia fotovoltaica, à partir do sistema on grid, e sistema de energia eólica para residências unifamiliares?

A proposta da pesquisa aqui descrita se baseia na adequação de padrões sustentáveis na construção de casas, com foco na comparação de viabilidade de instalação de sistemas fotovoltaicos ou sistemas de energia eólica, analisando o custo de instalação e o payback do sistema.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Geral**

Analisar a viabilidade financeira de instalação de sistema de energia fotovoltaica em comparação com energia eólica para residências.

### **1.2.2 Específicos**

- Analisar a viabilidade financeira de instalação dos dois sistemas, analisando os custos e o payback do sistema;
- Traçar pontos positivos e negativos com relação ao sistema fotovoltaico e o sistema eólico;
- Destacar as características dos dois tipos de sistemas de energia e analisar qual seria mais viável.

## **1.3 Estruturação**

O estudo aqui descrito se divide em três capítulos, são eles:: primeiro capítulo com introdução e considerações conceituais; o segundo capítulo de referencial teórico abordando o histórico sobre as placas de captação solar para poder produzir energia fotovoltaica; tipos de placas existentes para produção de energia fotovoltaica, funcionamento das placas fotovoltaicas funcionam, necessidades estruturais para se implantar as placas fotovoltaicas em casa, dificuldades e facilidades de uso dessa energia em comparativo com o sistema de energia eólica e o terceiro capítulo, com a metodologia e apresentação dos dados pesquisados, bem como a discussão sobre eles.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Diante dos problemas ambientais vivenciados na atualidade, a Engenharia Civil de propor soluções para que as residências utilizem de métodos sustentáveis na sua construção e manutenção. Neste aspecto, se propõe o consumo de energia limpa para residências. Dentre as possibilidades que podem ser analisadas estão a energia fotovoltaica, captada por meio de painéis solares e a energia eólica, oriunda da força dos ventos (SILVA, 2012).

A energia utilizada pelas células fotovoltaicas provenientes da irradiação solar são medidas geralmente em Irradiação Global Horizontal e Irradiação Normal Direta. A irradiação normal direta é a quantidade que atinge o solo diretamente, e é muito variável ao longo do dia. Não obstante, os painéis solares atualmente fabricados não são sensíveis à Irradiação Normal Direta, mas tem sua eficiência relacionada à Irradiação Global Horizontal, que é pouco variável durante o dia. A Irradiação Global Horizontal é a soma das irradiações direta e difusa, que consiste na quantidade de luz incidente sobre uma superfície horizontal, levando em conta as parcelas atenuadas e dispersas por nuvens e poluição, o que faz com que os painéis continuem gerando eletricidade mesmo em dias nublados (TOLMASQUIN, 2012).

A geração de energia eólica se baseia na utilização da força dos ventos. É um tipo de energia limpa muito pouco utilizada no Brasil, mas que em determinadas regiões possui grande potencial de desenvolvimento (SILVA, 2012).

Desta forma, acredita-se que seja fundamental conhecer o funcionamento das células e dos painéis fotovoltaicos, iniciando em seu surgimento e evolução e o método de geração de energia eólica, desde os requisitos para sua implantação e o funcionamento das turbinas.

### **2.1 Histórico das placas de captação solar**

Com os diversos avanços tecnológicos das últimas décadas, é possível que o sistema de energia fotovoltaica não seja considerado uma das maiores descobertas, mas há de se considerar que a utilização de energia fotovoltaica é uma possibilidade de redução de consumo de recursos naturais que estão se esgotando (CARVALHO e CALVETE, 2010).

A humanidade utiliza a luz do sol desde o princípio dos tempos. Com a utilização do fogo, em meados do século VII a.C., historiadores revelam que existem indícios de que a humanidade utilizava a luz do sol por meio de uma lupa para acender fogueiras. Já por volta do século III a.C., tanto gregos quanto romanos tinham como prática utilizar a luz do sol por meio de espelhos para acender tochas em rotinas religiosas. Posteriormente os chineses assimilaram a mesma prática. Há registros também de que na América do Norte, por volta de 1.200 d.C., os indígenas utilizam a luz do sol para se aquecer. Eram construídas casas voltadas para o sul com câmaras que direcionavam a luz solar para o mesmo ponto, que se mantinha aquecido (LISITA JÚNIOR, 2005).

Toda essa experimentação só contribuiu para que se conseguisse chegar ao ponto de interesse da energia solar que se tem na atualidade. Foi à partir da percepção primária da energia demandada pelo sol é que se delimitou e desenvolveu todo tipo de pesquisa sobre o assunto. Vale ressaltar que a tecnologia utilizada nos painéis solares é oriunda do fruto de trabalho de diversos estudiosos por meio de pesquisas distintas. Há inclusive uma discussão sobre quem seria o pai da energia solar e em qual momento se deu sua descoberta. A maioria dos pesquisadores considera que o cientista francês Edmond Becquerel foi quem descobriu o efeito fotovoltaico, e deu o primeiro passo para que essa tecnologia fosse utilizada com painéis de selênio (NASCIMENTO, 2004).

A energia solar fotovoltaica é baseada em um princípio de conversão da radiação solar em eletricidade por meio de materiais semicondutores, originando um fenômeno fotovoltaico. Esse fenômeno foi demonstrado pela primeira vez pelo físico francês Edmund Becquerel no ano de 1839 (KEMERICH et al, 2016)

Mas aproximadamente por volta do ano de 1873 o engenheiro elétrico Willoughby Smith, analisando as placas de selênio descobriu que elas possuíam propriedades fotocondutiva, abrindo assim o caminho para que dois outros cientistas, William Grylls Adams e Richard Evans Day, no ano de 1876 realizassem uma pesquisa onde se descobriu que o selênio, ao ser exposto ao sol, cria eletricidade (PINHO, 2008).

Já no ano de 1883 o estudioso Charles Fritts produziu a primeira célula solar de selênio feita em camadas, e pode ser considerado como o inventor da célula solar que serviu de padrão para a que é utilizada atualmente. Com a continuação dos estudos sobre o tema e o surgimento de novos materiais, no ano de 1954 os

cientistas Daryl Chapin, Calvin Fuller e Gerald Pearson criaram a primeira célula de silício, que é o material comumente utilizado (SAMPAIO, 2013).

Essa célula possuía apenas um quarto da capacidade de conversão das que são utilizadas atualmente, mas foi à partir dessa dela que a energia fotovoltaica foi utilizada para alimentar por várias horas do dia um aparelho elétrico. No ano seguinte, em 1955 foi utilizada uma célula de silício para alimentar uma rede telefônica dos laboratórios Bell, na cidade de Americus, na estado da Georgia, Estados Unidos (PINHO, 2008). Na figura 2 encontra-se a instalação de uma das primeiras células de silício, ocorrido na cidade de Americus:

**Figura 1:** Instalação de uma célula em Americus, estado da Georgia, EUA, em 1955.



Fonte: [www.ambientebrasil.com.br](http://www.ambientebrasil.com.br)

No ano de 1958 se deu a primeira utilização de painéis solares no espaço, por meio do satélite Vanguard I, lançado ao espaço com um painel de 1 watt para alimentação do sistema de rádio. Ainda em 1958 foram lançados os satélites Vanguard II, Explorer II e o Sputnik-3 com painéis solares. Entre os anos de 1964 a 1966 foram lançados ao espaço pela NASA satélites e estação espacial inteiramente movidos à energia solar, que tinham capacidade de geração entre 470 W e 1 kW. À partir dessas experiências outros equipamentos (satélites, estação espaciais e telescópios) continuaram sendo lançados ao espaço com placas de energia fotovoltaica, com capacidades cada vez maiores, e com autonomia energética, a exemplo do telescópio Hubble (POMPERMAYER, 2008). A figura 3 demonstra o telescópio Hubble com as placas solares já no espaço:

**Figura 2:** Telescópio Hubble e 4 arranjos de painéis fotovoltaicos



Fonte: [www.solsticioenergia.com](http://www.solsticioenergia.com)

A Universidade de Delaware, nos Estados Unidos, no ano de 1973 construiu a primeira casa da história totalmente alimentada por energia solar. Era um projeto conhecido como “Solar one” e utilizava um modelo híbrido de energia fotovoltaica e térmica. Não foram utilizados painéis fotovoltaicos, pois a tecnologia de captação foi integrada às telhas solares utilizadas. Outro feito notável foi o voo do primeiro avião alimentado por energia solar no ano de 1981. Seu percurso foi cruzar o canal inglês entre Reino Unido e França. Em 2016 Bertrand Piccard foi o primeiro a dar a volta ao mundo em uma aeronave movida a energia solar, o impulse 2 (SEGUEL, 2009).

De acordo com Sousa et al (2013), diversas pesquisas continuaram sendo realizadas no campo da energia fotovoltaica, que são:

- Em 1985 a Universidade de South Wales conseguiu aumentar a eficiência das células de silício a 20%;
- No ano de 1999 uma pesquisa realizada pelo National Renewable Energy Laboratory e a Spectrolab Inc. elevou a eficiência das placas a 33,3%;
- Em 2016, outra pesquisa elevou a eficiência das placas a 34,5%.

## 2.2 Tipos de placas para produção de energia

No que diz respeito ao cálculo do potencial de geração solar fotovoltaica, devem ser considerados dois dados básicos: eficiência ou rendimento das placas e radiação solar, geralmente representada em kWh/m<sup>2</sup>. Para se apurar os dados de eficiência da placa das células, estes são obtidos em laboratório. Mas para a captação solar é preciso levar-se em consideração a análise da radiação solar do local onde se pretende instalar um sistema de geração fotovoltaico (PINHO, 2008)

Por ser um país tropical, o Brasil possui um ótimo potencial de geração solar, sendo o litoral leste a região mais beneficiada pelo Sol. A média de irradiação solar anual brasileira fica entre 1.200 e 2.400 kWh/m<sup>2</sup>/ano. Estes valores encontram-se muito superiores à maioria dos países europeus, onde dados indicam intervalos entre 900 e 1.250 kWh/m<sup>2</sup>/ano na Alemanha, entre 900 e 1.650 kWh/m<sup>2</sup>/ano na França e entre 1.200 e 1.850 kWh/m<sup>2</sup>/ano na Espanha (TOLMASQUIN, 2012).

Desta forma, devido à irradiação solar ser abundante e os avanços tecnológicos na geração fotovoltaica serem cada vez mais promissores, o uso desse tipo de energia é crescente da mesma em todo o mundo, e fica assim declarada sua importância na matriz energética mundial. Por isso, busca-se analisar as características físicas das células fotovoltaicas, os tipos disponíveis no mercado e como essa energia pode ser utilizada em municípios do leste de Minas Gerais.

### 2.2.1 Características físicas

As células fotovoltaicas são produzidas com material semicondutor, ou seja, um material que possui valor de condutividade. Como características principais estão a banda de valência e condução separadas por uma faixa de energia (gap) menor ou igual a 3 eV (CARVALHO, 2013).

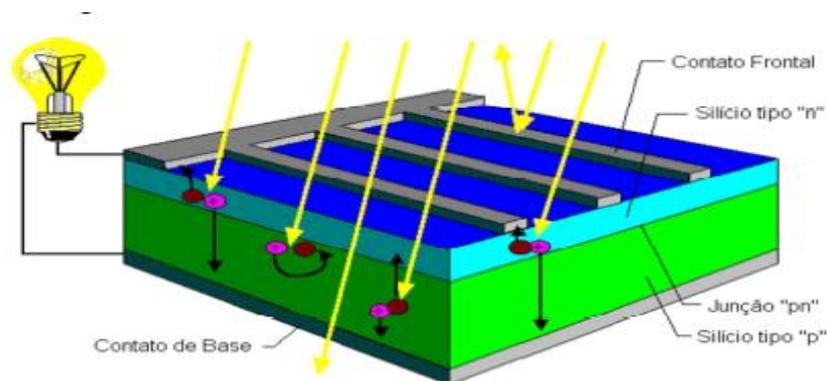
O principal material que é utilizado como semicondutor para as células fotovoltaicas é o silício. Via de regra, ele é encontrado em forma de areia, e após o processamento adequado obtêm-se o cristal puro de silício. O silício possui 4 elétrons na sua camada de valência em ligação covalente, mas não possui elétrons livres, podendo assim, ser considerado como um mal condutor (HEINEMAN, 2007)

Salienta-se, no entanto, que se for adicionado a um elemento com 3 elétrons na camada de valência, poderão ocorrer lacunas de elétrons que podem ser preenchidas por elétrons ligados a átomos vizinhos, onde ficará caracterizando um material semiconductor tipo P (CARVALHO, 2013).

É importante compreender que cada material semiconductor tipo N ou P, de maneira separada, pode ser considerado eletricamente neutro. No entanto, ao se unir à um semiconductor tipo P a um condutor tipo N, ou se utilizada uma estrutura de silício com as duas extremidades dopadas, uma com um elemento doador e outra com um elemento receptor, está criada uma junção P-N. Nesta região, os elétrons livres da porção N do semiconductor movem-se para a região P preenchendo as lacunas. Como a princípio as duas partes eram eletricamente neutras, com o decorrer desta migração de elétrons da região tipo N para a região tipo P cria-se um potencial elétrico negativo na região P e positivo na região N. Esta migração ocorre até que a diferença de potencial entre as regiões criando um campo elétrico que atua como barreira impedindo a migração de elétrons e estabelecendo um equilíbrio elétrico (CARVALHO, 2013).

Como exemplo de célula fotovoltaica, a figura 4 descreve o seu funcionamento, por meio de um corte transversal. Podem ser observadas todas as partes integrantes da célula, bem como seu esquema de funcionamento.

**Figura 3:** Corte transversal de uma célula fotovoltaica.

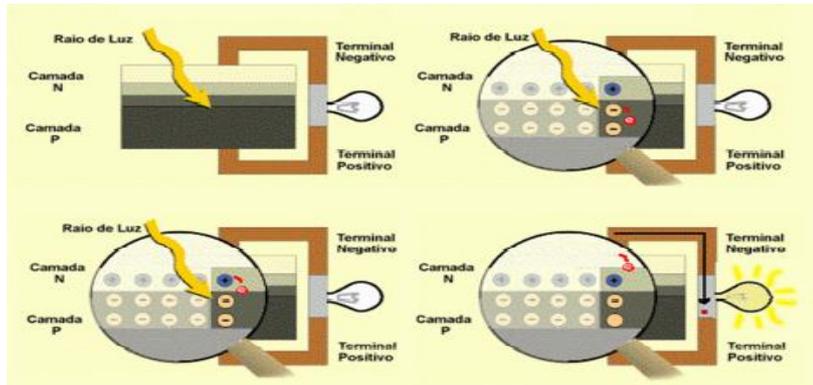


Fonte: Cresesb (2012).

Observando a figura 1, pode-se perceber descritas as partes integrantes de uma célula fotovoltaica, como o silício tipo “n”, o silício tipo “p”, a junção “pn”, contato

com a base e o contato frontal. A figura 4 que se segue mostra a curva de potência máxima de um módulo em função da hora do dia.

**Figura 4:** Efeito fotovoltaico na junção P-N.



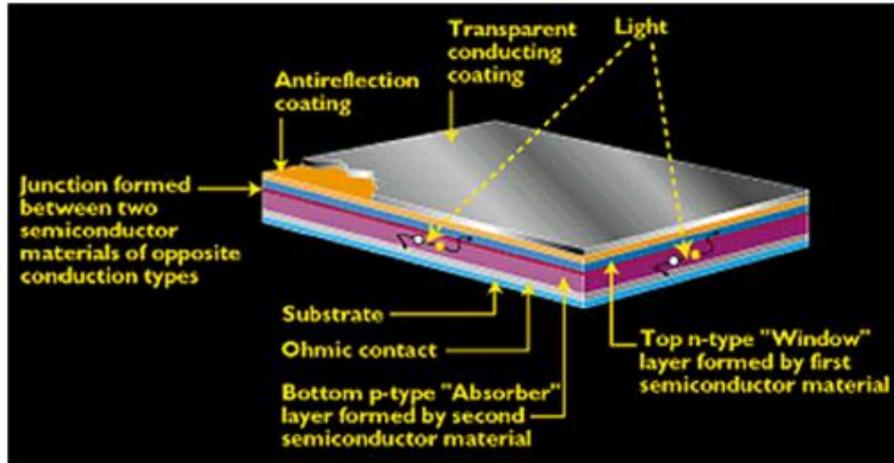
Fonte: Cresesb (2012)

Com a demonstração do efeito fotovoltaico, deve ser apresentada a estrutura de uma célula fotovoltaica, a fim de demonstrar o meio pelo qual sua estrutura interfere no seu funcionamento.

### 2.2.2 Estrutura de uma célula fotovoltaica

A construção das células fotovoltaicas é realizada por meio de uma fina camada de óxido de silício, que deve ser transparente e de alta condutividade elétrica. Estas células são fabricadas tanto de cristais monocristalinos, quanto de cristais policristalinos ou amorfos (PINHO, 2008). A figura 5 é referente à estrutura de uma célula fotovoltaica.

**Figura 5:** Estrutura de uma célula fotovoltaica



Fonte: João Tavares Pinho (2008)

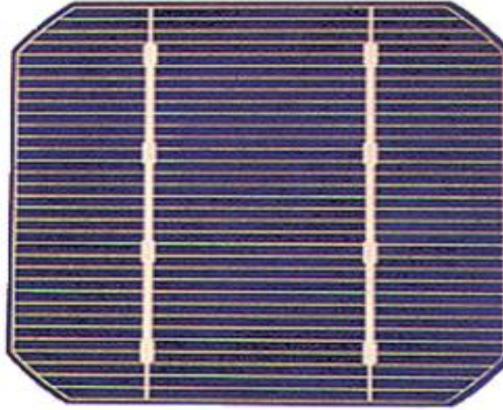
À partir da figura supramencionada, pode-se ver a entrada da luz, como é realizada a junção formada pelos materiais semicondutores, o revestimento antirreflexo, o revestimento condutor transparente, o absorvedor tipo “p” semicondutor, e outras partes da célula (HEINEMAN, 2007).

### 2.2.3 Silício monocristalino

A célula de silício monocristalino é comercialmente a mais utilizada, haja vista que seu processo construtivo é mais simples e possui boa eficiência se comparada às células de cristal policristalino e amorfo (BRAGA, 2008)

São construídas à partir de barras de silício monocristalino, fabricadas por meio de fornos especiais, garantindo um alto grau de pureza, de quase 100%. Ocorre uma fundição do silício com uma pequena quantidade de dopante tipo P. Após o corte e limpeza de impurezas, é adicionado o dopante tipo N (NASCIMENTO, 2004). A figura 6 demonstra uma célula de silício monocristalino.

**Figura 6:** Célula de Silício Monocristalino

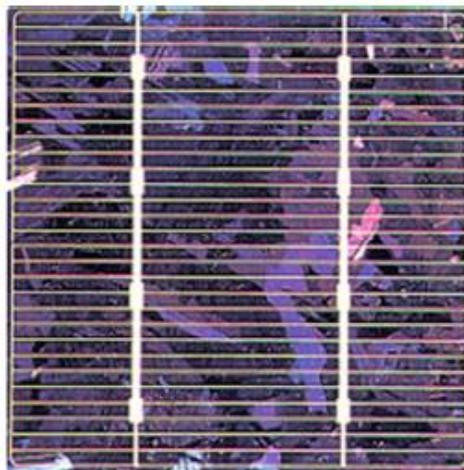


Fonte: Cresesb (2012)

#### 2.2.4 Silício policristalino

Sua fabricação é de modo distinta ao de silício monocristalino, e destaca-se que o processo não é tão rigoroso quanto. Este fato acaba acarretando perda de eficiência de cerca de 12,5%. No entanto, pelas modificações realizadas, mesmo com a perda de eficiência, há uma economia no custo de fabricação. Sua fabricação é realizada por meio de fusão de silício em moldes, resfriados de maneira lenta, acarretando reorganização dos átomos em vários cristais (COOPER e MARTINS JÚNIOR, 2013). A referida célula de silício policristalino pode ser observada na figura 7, que se segue:

**Figura 7:** Célula de silício policristalino.



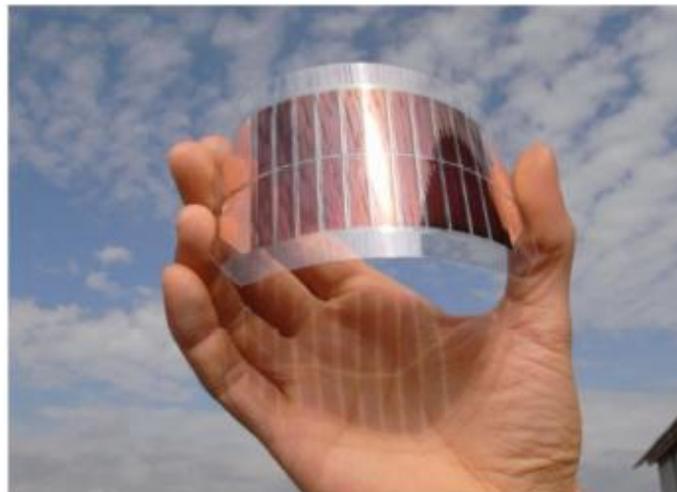
Fonte: Cresesb (2012)

### 2.2.5 Silício amorfo

As células de silício amorfo o menor entre os três materiais e são produzidas a partir da disposição de camadas finas de silício sobre vidro ou outros substratos. Devido ao alto grau de desordem entre os cristais, tende a atingir baixas taxas de eficiência, além de possuir acelerada deterioração (COOPER e MARTINS JÚNIOR, 2013)

A maior diferenciação destas células das demais tecnologias é devido à espessura das lâminas de material semiconductor utilizado em suas estruturas (geralmente na faixa de 1  $\mu\text{m}$  contra 300 a 400  $\mu\text{m}$  das células de C-Si). São filmes finos depositados sobre substratos de baixo custo: vidro, aço, inox e alguns plásticos. Este tipo de célula tem ocupado cada vez mais lugar no mercado consumidor devido ao seu reduzido custo (OLIVEIRA, 2008). Na figura 8 é possível ver uma célula de filme fino.

**Figura 8:** Célula Fotovoltaica de filme fino



Fonte: <http://www.newhome.com.br/HTMLs/Ekohome/Solar/Fotovoltaico/>

## 2.3 Necessidades estruturais para implantação de placas fotovoltaicas em residências

Para a avaliação da viabilidade de implantação do sistema fotovoltaico em uma residência é preciso atentar para as necessidades estruturais, que são: a quantidade de energia que se pretende produzir, os módulos utilizados, o inversor, um sistema de proteção, o cabeamento e conexões e o suporte estrutural.

### 2.3.1 Módulo fotovoltaico

Os módulos fotovoltaicos mais comumente encontrados no mercado são compostos geralmente de 60 e 72 células. Para a definição da sua faixa de potência de pico é preciso levar em conta o número de células e o tamanho da placa. As potências podem variar de 195 a 240Wp. Os sistemas conectados à rede (também chamados de on grid) os módulos mais indicados são os de 72 células, já que neste módulos os níveis de tensão costumam ser mais elevados e assim garantem uma menor perda na distribuição (PINHO, 2008)

Considerando módulos de silício monocristalino, com potência nominal de 195W, pode-se alcançar um bom custo benefício para uma residência de 4 pessoas que consome aproximadamente 300 kWh por mês. Os parâmetros das células citadas estão na tabela 1:

**Tabela 1:** Parâmetros elétricos e físicos do módulo.

<b>Parâmetros do Módulo</b>	
Células	125x125mm monocristalino
Nº de células	72
Dimensão	1580 x 808 x 35mm
Peso	15,8 kg
Cabo de Saída	4.0 mm <sup>2</sup> , conector 05-IMC4
<b>Características Elétricas</b>	
Tensão máxima	37,1V
Corrente máxima	5,26 <sup>a</sup>
Tensão de circuito aberto	44,6V

Corrente de curto-circuito	5,64 <sup>a</sup>
Potência	195 W
Eficiência	15,2%
Temperatura de operação	-40° a +90°C
Tensão máxima de sistema	1.000V DC
Corrente máxima do sistema	15 <sup>a</sup>
Tolerância de Potência	+/- 3%

#### Características Físicas

Teste de impacto	225g de esfera metálica a 1m de altura sem danos
Resistência ao vento	≥ 2.400 Pa
Resistência à pressão	≥ 5.400 Pa

Fonte: Catálogo do fabricante - Painel Fotovoltaico (2013)

### 2.3.2 Inversor

O inversor utilizado é ca-cc conectado à rede, sendo responsável pela transformação de energia corrente contínua que vem dos painéis instalados em corrente alternada senoidal, observando o sincronismo de tensão e a frequência da rede de distribuição (SAMPAIO, 2013). Na figura 09 é apresentado um modelo de inversor encontrado no mercado.

**Figura 9:** Inversor Solar



Fonte: Silva (2012)

Por serem equipamentos de pequeno porte e não apresentarem nenhum tipo de ruído, podem ser instalados dentro da residência, ou até mesmo junto aos módulos fotovoltaicos. Neste caso só é necessário protegê-lo contra efeitos do tempo e outros fatores que possam atrapalhar seu funcionamento. Um inversor que atende as necessidades de uma residência de consumo aproximado de 300 kWh por mês é o de 2 kW. Este inversor atende a potência projetada de 1,95Kwp (POMPERMAYER, 2009).

### 2.3.3 Sistema de proteção

Para o sistema de proteção é utilizada a passagem de cabos em eletrodutos que devem ser separados por pólos, de maneira que os condutores de corrente contínua cheguem ao quadro de proteção antes de serem conectados ao inversor. A proteção realizada pelo sistema tem o objetivo de seccionar o circuito de alimentação em cc, quando necessária manutenção ou ajuste do inversor. No quadro do sistema deve-se utilizar: barramento de aterramento de estruturas metálicas, fusíveis para conexão das strings, uma chave de desconexão e um dispositivo de proteção (POMPERMAYER, 2009). Pode-se visualizar um modelo de sistema de proteção na figura 10:

**Figura 10:** Sistema de Proteção



Fonte: Pacheco et al (2013)

Para o sistema de proteção deve-se utilizar os mesmos dispositivos e dimensionamento das instalações elétricas de baixa tensão, conforme NBR 5410, tendo como principais componentes: o barramento de terra, dispositivo de proteção, barramento trifásico ou monofásico e disjuntos diferencial residual (SAMPAIO, 2013)

#### 2.3.4 Cabeamento e conexões

Devido às intempéries e ao calor das caixas de ligações aos quais os sistemas fotovoltaicos estão sujeitos, os cabos que fazem a conexão entre módulos e o inversor deverão: limitar a queda de tensão ao máximo; ser unipolares, ter duplo isolamento, os pólos positivo e negativo estarem separados em eletrodutos distintos, haver boa vedação e isolamento na caixa de passagem e conexão, que devem ser separadas por polos e possuir isolamento em caso de temperaturas elevadas (VILLALVA, 2012).

#### 2.3.5 Suporte estrutural

O suporte estrutural para os módulos fotovoltaicos deve ser planejado de modo que se facilite a instalação e manutenção do sistema. É importante também levar em consideração a questão arquitetônica e estética ao montar o suporte. Por isso, a instalação deve ser realizada mais próximo possível do ponto de conexão, para que o comprimento dos cabos seja menor (SEGUEL, 2009)

### 2.4 Energia eólica

A utilização da força dos ventos de maneira comercial iniciou-se de maneira considerável na década de 1970 devido à crescente crise do petróleo. O interesse primordial por essa tecnologia se deu em países da Europa e nos Estados Unidos a fim de diminuir a dependência de combustíveis fósseis como petróleo e carvão. No Brasil não há uma exploração adequada das grandes centrais eólicas. É preciso ressaltar que as grandes centrais podem ser conectadas à rede elétrica, enquanto as pequenas centrais podem ser utilizadas em comunidades isoladas onde não há acesso de energia elétrica. Quanto à sua instalação, deve ser on shore (em terra firme) ou off shore (no mar) (HEINEMAN, 2007).

Analisando dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) a capacidade de energia eólica instalada no Brasil é de 248 megawatts (MW) distribuídos em 18 pontos de operação. É importante salientar que mesmo que o potencial eólico do país não pareça substancial, é preciso uma avaliação detalhada do real potencial para geração de energia eólica, com análise de quais regiões tem maior propensão à instalação de tais sistemas (SOUZA et al, 2013).

A energia eólica é aquela produzida a partir da força dos ventos. Pode ser considerada como abundante, renovável, limpa e disponível em muitos lugares. Sua geração é dada por meio de aerogeradores, onde se capta a força dos ventos por meio de hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico. A quantidade de energia gerada se dá em função da densidade do ar, da área coberta pela rotação das pás (hélices) e da velocidade do vento (SILVA, 2012)

Para que seja realizada uma avaliação técnica do potencial eólico, faz necessário um conhecimento detalhado do comportamento dos ventos. Na coleta de tais dados, para que se possa determinar o potencial eólico de uma região – é preciso que se estabeleçam quesitos relativos à intensidade da velocidade e à direção do vento. Para que se obtenham esses dados, faz-se necessário também analisar os fatores que tendem a influenciar o regime dos ventos na localidade do empreendimento. Entre eles pode-se citar o relevo, a rugosidade do solo e outros obstáculos distribuídos ao longo da região (VILLALVA, 2012).

Para que a energia eólica seja viável é necessária uma densidade maior ou igual a  $500\text{W/m}^2$ , com uma altura de 50 metros e que o vento apresente velocidade igual ou superior a  $8\text{m/s}$ . No entanto, somente em 13% da superfície terrestre o vento atinge tal velocidade (RAMOS e SEIDLER, 2011).

A maior vantagem do desenvolvimento deste tipo de fonte energética no Brasil é com relação à integração ao sistema interligado de grandes blocos de geração nos sítios de maior potencial. Em determinadas regiões, como é o caso da região Nordeste, observa-se uma situação de conveniente complementaridade da geração eólica com o regime hídrico, pois no tempo de estiagem, como o fluxo de água não é o suficiente para a produção de energia, o sistema eólico pode complementar o déficit encontrado. Desta forma, a energia eólica se apresenta como uma interessante alternativa de complementaridade no sistema elétrico nacional (RAMOS, 2012).

### 2.4.1 Características das turbinas

O sistema eólico é dividido em dois grandes grupos: o de grande potência e o de baixa potência. Além deles terem a mesma função de geração e obtenção de energia, são formados pelos mesmos blocos, porém com alguns componentes diferentes. Tendo que esses componentes trabalham da melhor forma para trazer um satisfatório rendimento final. Os aerogeradores, como são máquinas que convertem a energia do vento em energia elétrica, afim de produzirem energia limpa e renovável, combinando uma variedade de conceitos inovadores comprovados tecnologicamente. Na figura 11 pode ser visto um sistema eólico de grande potência, chamado de off shore:

**Figura 11:** Sistema off shore de grande potência



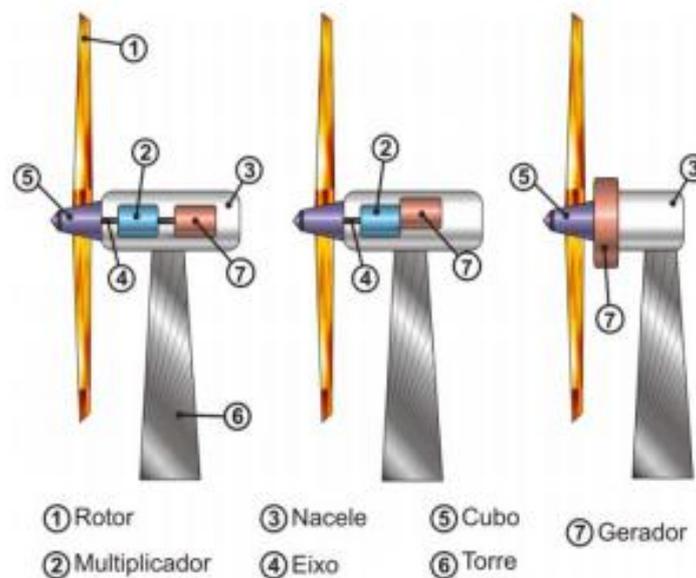
Fonte: <https://www.thinglink.com/scene/602156958933319681>

A torre é o elemento que serve para sustentar o aerogerador, e como forma de sustentação devem ser bem calculadas e bem projetadas; por elas receberem bastante esforço axial das hélices, e o local obtido sem maiores inclinações também. Os rotores eólicos são os mecanismos mais importantes do sistema, por que são os responsáveis por capturar a energia cinética dos ventos e fornecer para o eixo do gerador elétrico. Existem também duas formas construtivas básicas para

obtenção de energia eólica: que são as turbinas de eixo vertical e horizontal, sendo que a vertical já foi muito usada antigamente, restringindo-se em áreas urbanas devido a ruídos e por produzir baixa potência. Já as turbinas de eixo horizontal são modernas e mais usadas, existindo vários tamanhos e modelos (MARTINS et al, 2008).

O rendimento dessas turbinas dependendo do local e uso pode alcançar até cinquenta por cento, e sua forma construtiva difere do número de hélices, podendo ser uma, duas, três ou múltipla; dependendo de funcionalidade. A disposição do eixo horizontal necessita de mecanismo que permita o melhor desempenho do eixo do rotor em relação a direção do vento, para melhor aproveitamento principalmente onde se tem muita mudança na direção dos ventos (MARTINS et al, 2008). Na figura 12 é possível vislumbrar 3 tipos de sistemas eólicos.

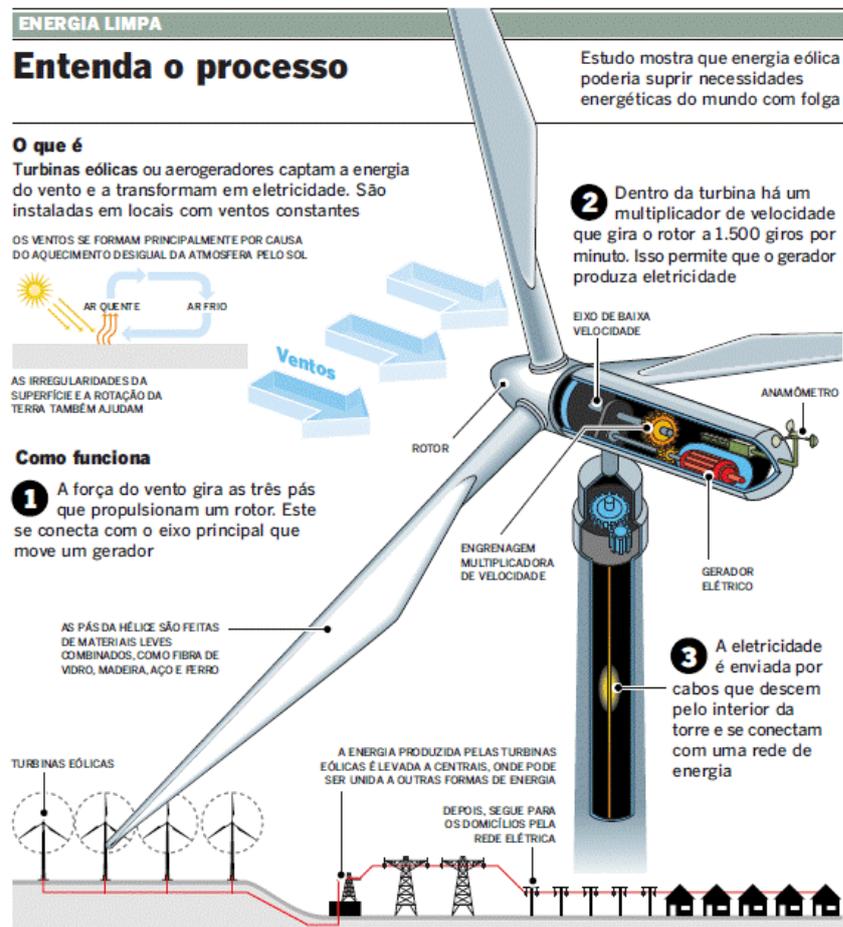
**Figura 12:** Três tipos principais de sistemas eólicos



Fonte: Tibola (2008)

As turbinas eólicas transformam a energia cinética dos ventos, convertendo a energia mecânica pelo giro das pás do rotor a transformando em energia elétrica. Essas turbinas são colocadas em camada superficial da atmosfera, de maneira a aproveitar o vento em ampla faixa de alturas. A potência do vento e sua fluidez de maneira perpendicular, passando pela área das hélices é que movem a turbina eólica. A potência máxima dos ventos é de 10 a 15 m/s (CASTRO, 2009).

**Figura 13: Processo de funcionamento das turbinas**

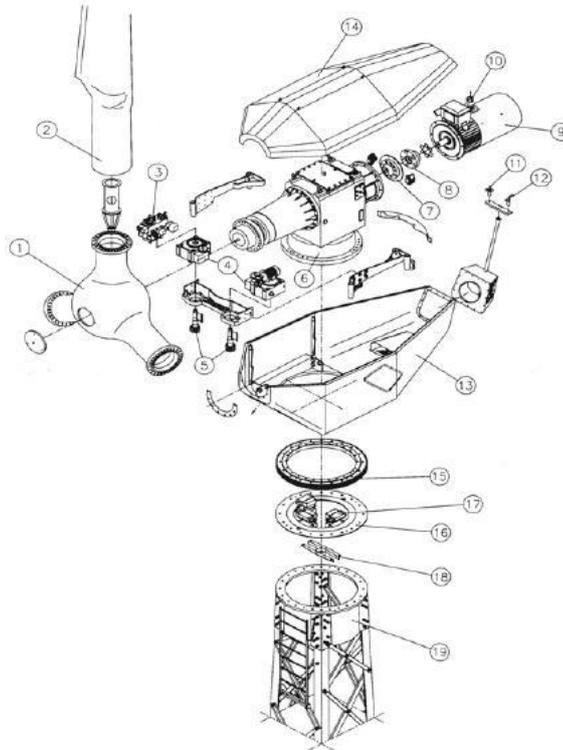


Fonte: <http://www.aquaflux.com.br/forum/viewtopic.php?t=7974>

As turbinas de 3 pás são as mais modernas, consolidadas e mais usadas no mundo todo, tanto em parques eólicos quanto em sistemas isolados, de alta ou baixa potência. Os geradores elétricos são os responsáveis para a conversão da energia mecânica de rotação obtido pelo rotor eólico em energia elétrica (MARTINS et al, 2008). Na figura 14 pode-se ver um motor e suas partes.

**Figura 14: Motor da hélice**

- 1- Cubo do rotor
- 2- Pás do rotor
- 3- Sistema hidráulico
- 4- Sistema de posicionamento da nacela
- 5- Engrenagem de posicionamento
- 6- Caixa multiplicadora de rotação
- 7- Disco de freio
- 8- Acoplamento do gerador elétrico
- 9- Gerador elétrico
- 10- Sensor de vibração
- 11- Anemômetro
- 12- Sensor de direção
- 13- Nacela, parte inferior
- 14- Nacela, parte superior
- 15- Rolamento do posicionamento
- 16- Disco de freio do posicionamento
- 17- Pastilhas de freio
- 18- Suporte do cabo de força
- 19- Torre



Fonte: <https://evolucaoalp.wordpress.com/2012/06/19/componentes-de-um-sistema-eolico/>

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Aspectos Gerais da Área de Estudo

O estudo aqui descrito pode ser considerado de caráter qualitativo, até porque se trata de um estudo de caso executado, todavia, não totalmente nos padrões desejáveis do nosso estudo onde se visa à análise das questões relacionadas à utilização de energia limpa, por meio da comparação de um sistema fotovoltaico com um sistema de energia eólica. Trata-se de uma pesquisa focada em construções com as suas próprias fontes renováveis de produção de eletricidade.

Nesse caso, apesar de não serem necessariamente autossuficientes 24 horas por dia, ou 365 dias por ano, estão por isso mesmo ligada também às redes elétricas. Pois, pressupõe-se que na maioria dos casos, esses sistemas, estão ligados às redes elétricas comuns, para utilizá-las em caso de condições ambientais pouco favoráveis, e que por outro lado podem receber eletricidade tradicionalmente da rede durante os períodos que os níveis serem insuficientes ou nulos. Sobre a pesquisa qualitativa, encontram-se os dizeres de Gerhardt e Silveira (2009):

A pesquisa qualitativa preocupa-se, portanto, com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais. Trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. (p.59)

Pretendeu-se descrever a importância da construção de casas com mecanismos sustentáveis, como é o caso do modelo energia limpa, que além de criar autonomia com relação à utilização da energia da concessionária, utiliza recursos naturais abundantes, como a luz solar e o vento, além de reduzir os gastos com a conta de luz da residência.

Para atender aos objetivos da pesquisa, buscou-se a realização de uma revisão de literatura e fundamentação teórica com vistas a construir um embasamento que dê suporte aos objetivos propostos. Para tanto, foram utilizados como referencial teórico para a pesquisa, livros, artigos e textos científicos de pesquisas realizadas e apresentadas em congressos e simpósios de engenharia e sustentabilidade. A partir da seleção do material supramencionado, se deu a

construção da pesquisa e descrição dos resultados encontrados frente aos objetivos propostos.

### **3.2 Coleta de dados**

Para a coleta dos dados, apresentados nesta pesquisa foi elaborada uma pesquisa, com descrição da capacidade de geração de energia para residências, tanto na energia fotovoltaica quanto a energia eólica.

Para a energia fotovoltaica buscou-se dados de um sistema instalado em uma residência com informações fornecidas por uma empresa que vende e instala esse tipo de sistema, a GEU Brasil – The world is green, com filial no município de Caratinga.

Para levantamento de dados sobre a energia eólica, buscou-se informações com a empresa Enersud, do município de Maricá, estado do Rio de Janeiro. O contato com esta empresa foi realizado via e-mail, por intermédio do representante Alexandre Carvalho, que passou todas as informações sobre o sistema via correio eletrônico. Foram considerados valores distintos de kwh/mês para os dois sistemas pois a GEU Brasil disponibilizou para o estudo um sistema já instalado em Caratinga, e a ENERSUD apresentou um planejamento de geração que eles consideram viável para a região.

### **3.3 Apresentação dos dados e discussão dos resultados**

No que diz respeito ao sistema fotovoltaico, a empresa GEU apresentou os dados do sistema instalado em Caratinga, conforme configuração descrita na tabela 2:

**Tabela 2:** Dados do sistema fotovoltaico

<b>Configuração do Sistema Fotovoltaico Bairro Moacir Maria</b>	
Produção anual do sistema	7131 kwh
Produção mensal (média)	594 kwh
Potência do sistema	4,68 kwp
Área ocupada pelo sistema (painéis)	31 m <sup>2</sup>
Peso do sistema sobre a estrutura	20 kg/m <sup>2</sup>
Inclinação ideal de captação	20°
Quantidade de módulos	18 módulos fotovoltaicos risen
Material das placas	Silício mono-cristalino
Estrutura de fixação	Padrão
Material elétrico	Padrão
String box	Padrão
Valor do sistema	R\$31.500 à vista
Formas de parcelamento	Entrada de R\$6.300 + 48x de R\$764 Entrada de R\$6.300 + 60x de R\$665 Entrada de R\$13.500 + 60x de R\$475
Financiado	Não
Possibilidade de financiamento	Financiamento de 100% pelo Sicoob
Garantia dos módulos	São 10 anos de garantia contra defeitos e 25 anos contra perda de eficiência
Garantia do inversor	São 05 anos contra defeitos de fabricação. A vida útil do inversor é de 10 anos com até 97% de vida útil
Garantia da estrutura de fixação e cabos elétricos	São de 10 anos, mas a vida útil pode durar até mais de 25 anos
Serviço de instalação	12 meses de defeito de fixação

Fonte: GEU Brasil (documento em anexo)

De acordo com os dados apresentados pela empresa, as placas fotovoltaicas tem uma duração igual ou superior a 25 anos, mas após esse período perdem 20% da sua capacidade de eficiência de captação.

O sistema pago à vista custa instalado R\$31.500,00 (trinta e um mil e quinhentos reais). Esse valor pode ser financiado em até 60x, mas onera o custo total em aproximadamente 50%.

Se considerando o valor do sistema à vista, que é de R\$31.500,00 para geração aproximada de 594 kwh/mês, em comparação com os valores pagos em conta de energia, pode-se perceber o custo da conta de energia da concessionária conforme tabela 3:

**Tabela 3:** Cálculo do custo de energia

<b>Cálculo de custo de energia da concessionária</b>	
594 kwh/mês na concessionária	R\$510,84
Taxa de iluminação pública para 594 kwh/mês	R\$63,24
<b>Total da conta de luz</b>	<b>R\$574,08</b>

Fonte: os autores

De acordo com o apresentado, o custo de energia pago mensalmente para a geração de 594 kwh/mês, de acordo com os valores cobrados pela CEMIG, é de R\$574,08.

O sistema instalado custou R\$31.500. Desta forma, se dividir o valor total do sistema pelo valor economizado mensalmente na conta de energia, se tem o valor:

$$\frac{31.500}{574,08} = 54,87$$

O valor total do sistema de R\$31.500 dividido pela economia mensal de R\$574,08 demonstra que com os valores economizados mensalmente em contas de energia é recuperado em aproximadamente 55 meses, ou seja, menos de 06 anos. Desta forma, sendo o sistema pago em 05 anos e a sua duração de 25 anos, há um benefício de 20 anos de geração de energia com custo mínimo.

Sobre o retorno do investimento, analisando a realidade do setor elétrico brasileiro na atualidade, as tarifas de energia elétrica tendem a reajustes constantes de valores, sendo este um incentivo à implantação de sistemas que propiciem a microgeração de energia para as residências. Considera-se que assim, o sistema

fotovoltaico seja bem atrativo, pois o sol é um recurso abundante na natureza, e no Brasil a incidência solar é ideal para tal atividade (NAKABAYASHI, 2015)

O outro sistema analisado para a geração de energia limpa para residências foi o sistema de energia eólico. A empresa ENERSUD tem como alternativa para pequenos empreendimentos a turbina GERAR 246. Conforme sua configuração, tem potencialidade para atender uma residência de consumo médio, podendo ser utilizada na geração de energia até mesmo para iluminação pública. Seu rendimento pode alcançar até 1.000W. Sua aplicação pode ser conectada à rede ou em sistemas isolados (com uso de baterias).

A empresa ENERSUD ofereceu informações sobre instalação para residências e pequenos empreendimentos as configurações que estão descritas na tabela 4:

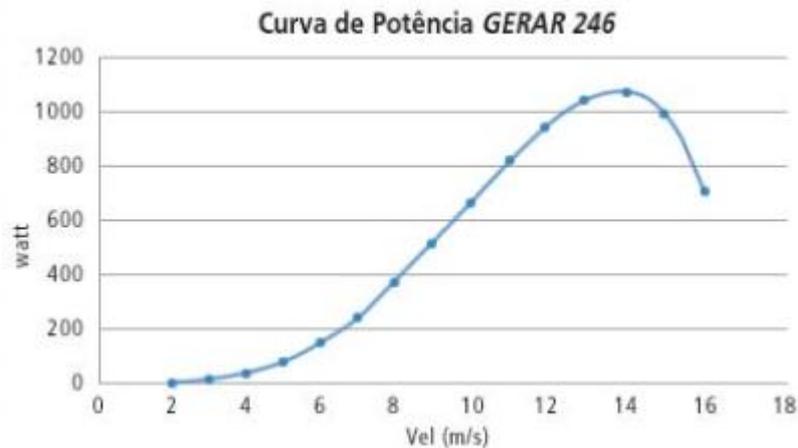
**Tabela 4:** Configuração do sistema eólico

<b>Configuração do Sistema Eólico para residências</b>	
Diâmetro da hélice	2,46m
Potência a 12,5 m/s	1000 Watt/h (1kwh)
Rotação	740 rpm
Número de pás	3
Tipo de pás	Torcida (5 aerofólios)
Velocidade de partida	2,0 m/s
Toque de partida	0,3 Nm
Controle de velocidade	Stall
Proteção contra altas velocidades	Active Stall
Sistema Magnético	Neodímio (ímã permanente)
Sistema elétrico	Trifásico
Tensão de saída	24/48/220/400 volts
Topologia	Fluxo axial (com estator encapsulado em resina epóxi)
Peso total (alternador, pás, cab. Rot)	35kg
Material anti corrosão	Alumínio, inox e material galvanizado
Balanceamento	Estático (confirmação após pintura)

Fonte: Dados fornecidos pela ENERSUD (documento em anexo)

A curva de potência de geração de energia informado pela ENERSUD pode ser visualizada na figura 15.

**Figura 15:** Curva de Potência



Fonte: ENESURD

A produção de energia tem seu pico máximo de 1000 watts com a velocidade do vento a 12,5 m/s, e posterior a isso, ocorre uma redução da produção, mas com o aumento da velocidade do vento.

Outro ponto apresentado pela empresa é com relação à geração de energia pela GERAR 246 conforme a velocidade do vento e a altura do equipamento. Os dados podem ser vistos na figura 16.

**Figura 16:** Produção de Energia da GERAR 246

PRODUÇÃO DE ENERGIA GERAR 246 (kw.h/mês)										
Altura / Velocidade	5 m/s	5,5 m/s	6 m/s	6,5 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s
Incidência direta	103	130	158	183	206	240	258	264	264	264
25 m	78	101	127	152	175	216	243	259	264	264
18 m	67	89	113	137	160	202	233	253	263	264
15 m	62	83	105	129	152	194	227	249	261	264
12 m	56	75	97	119	142	185	219	243	258	264
09 m	49	67	86	107	129	171	208	235	252	262

Fonte: ENESURD

Pelos dados da tabela 16, para uma geração de 240 kwh/mês é preciso de uma velocidade média do vento de 8m/s. Essa quantidade de energia gerada atende o consumo de uma família de porte médio.

Ainda de acordo com a ENESURD, todo sistema eólico tem viabilidade com constante acima de 4,8m/s. Como a empresa só trabalha com equipamentos de 1ª linha o custo sempre é mais elevado em relação ao que se encontra no mercado virtual principalmente.

Com base nos parâmetros oferecidos pela ENESURD, um sistema de geração de energia com capacidade de até 240 kwh/mês, tem o custo de instalação conforme tabela 5:

**Tabela 5:** Parâmetros de geração de energia do sistema

<b>Parâmetros do sistema</b>	
Sistema on grid turn key	R\$68.700,00
Sistema on grid turn key (telhado barro)	R\$43.450,00

Fonte: ENESURD

Se traçado o mesmo raciocínio que foi desenvolvido para o sistema fotovoltaico para cálculo de custo benefício, encontra-se na tabela 6 a descrição dos custos.

**Tabela 6:** Cálculo do custo de energia

<b>Cálculo de custo de energia da concessionária</b>	
240 kwh/mês na concessionária	R\$206,40
Taxa de iluminação pública para 594 kwh/mês	R\$25,18
<b>Total da conta de luz</b>	<b>R\$231, 58</b>

Fonte: os autores

De acordo com o apresentado, o custo de energia pago mensalmente para a geração de 240 kwh/mês, de acordo com os valores cobrados pela CEMIG, é de R\$231,58.

O sistema instalado custa R\$68.700. Desta forma, se dividir o valor total do sistema pelo valor economizado mensalmente na conta de energia, se tem o valor:

$$\frac{68.700}{231,58} = 296,76$$

O valor total do sistema de R\$68.700 dividido pela economia mensal de R\$231,58 demonstra que com os valores economizados mensalmente em contas de energia é recuperado em aproximadamente 297 meses, ou seja, em aproximadamente 25 anos. Desta forma, o sistema que tem vida útil média de 25 anos, terminará de ser pago quando sua vida útil estiver no fim, não apresentando, portanto, viabilidade.

Percebe-se, portanto, que a energia fotovoltaica é bem mais viável, que assim como a energia eólica, é de fonte limpa e não causadora de poluição, ainda oferece um custo benefício muito maior.

A energia solar é uma energia limpa, de fonte inesgotável e pode ser convertida em energia elétrica por meio do sistema fotovoltaico. É uma energia que causa pouco ou nenhum impacto ambiental. De maneira prática, ela é dividida em dois grupos distintos: fotovoltaica e térmica. A fotovoltaica é o aproveitamento da energia solar por meio de conversão pelos painéis fotovoltaicos, enquanto a energia térmica é conseguida por meio de coletores planos para aquecimento de água (PACHECO et al, 2013).

Quanto às suas vantagens, pode-se destacar que os custos para sua extração, tanto financeiros quanto ambientais são muito baixos, haja vista que em termos financeiros só é necessária a manutenção do sistema, que é de baixo custo, enquanto para o meio ambiente o custo de extração é nulo, pois não gera poluição nem resíduos. Com o coeficiente de irradiação solar encontrado no Brasil, seria possível gerar 50 mil vezes mais energia do que o consumido no país. Seria uma alternativa viável para reduzir o consumo de energia elétrica gerada por meio das hidrelétricas, propondo um modelo de menor custo e maior preservação ambiental. (SILVA, 2013)

Além da emissão de poluentes quase nula e da manutenção de baixo custo, haja vista que a duração mínima das placas é de 25 anos, outras vantagens podem ser consideradas: as centrais também necessitam de pouca manutenção, a potência

dos painéis solares estão com custo em queda, devido ao crescimento de técnicas de fabricação e de desenvolvimento de mercado. Para locais de difícil acesso é uma oportunidade de acesso à energia para a residência, não sendo necessária a instalação de linhas de transmissão, como é o caso da energia elétrica. A viabilidade técnica de instalação de painéis fotovoltaicos é ideal para quase todo o território brasileiro, reduzindo a procura pela energia elétrica e a perda de energia nas linhas de transmissão. (POMPERMAYER, 2009).

Mas a energia fotovoltaica também possui desvantagens, conforme aponta Sampaio (2013):

- Variação na quantidade de energia produzida de acordo com a irradiação solar. Para que se tenha energia 24 horas por dia é necessário que o sistema seja on grid (ligado à rede) ou que se tenha baterias de armazenamento para utilização da produção excedente quando não houver irradiação solar suficiente para geração para todo o consumo;
- Em locais de inverno mais rigoroso, como é o caso do sul do Brasil, em que geadas e neve podem ocorrer, há uma menor disponibilidade de energia;
- O sistema de armazenamento de energia fotovoltaica pode onerar muito a instalação do sistema;
- Apesar de serem de alta durabilidade, os painéis solares tem um rendimento aproximado de 25% (somente 25% da energia solar captada é transformada em energia fotovoltaica). No entanto, pesquisas têm sido desenvolvidas na tentativa de aumentar esses números.

Quanto à energia eólica, como vantagens apresentadas pela ENESURD, está a geração de energia limpa, com baixo custo de manutenção por meio de um sistema de qualidade com tecnologia de ponta. Enquanto desvantagens estão o alto custo do sistema e o fato da região onde se desenvolveu o estudo não apresentar velocidade de vento que viabilize a implantação do sistema.

Por isso, a implantação do sistema fotovoltaico deve levar em consideração os diversos fatores envolvidos, analisando não somente a viabilidade financeira, mas também questões técnicas.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Engenharia Civil deve buscar cada vez mais meios de construção e manutenção dos empreendimentos de maneira sustentável, visando não somente a preservação ambiental, mas o oferecimento de recursos mais modernos e de baixo custo para o mercado consumidor.

A produção de energia limpa nas residências tem se apresentado como uma alternativa eficiente para autonomia energética, reduzindo a dependência da energia fornecida pela concessionária, bem como uma maneira de redução de custos de manutenção da residência e de aproveitamento de recursos naturais sem geração de poluição.

A energia fotovoltaica aproveita a radiação solar para transformá-la em energia elétrica por meio de um sistema de captação e conversão, realizado por placas e conversor. O mais utilizado é o sistema on grid, que é ligado à rede elétrica. Na pesquisa aqui descrita, dentro dos resultados, percebeu-se que mesmo que o custo de instalação seja um pouco elevado, em 55 meses (quase 05 anos) da economia gerada o investimento é recuperado.

A energia eólica, por sua vez, aproveita a força dos ventos para geração de energia, através de turbinas e hélices. Seu custo de instalação é mais alto do que da energia fotovoltaica e sua geração depende da velocidade dos ventos, não sendo viável a todas as regiões. Pelo seu custo elevado, o retorno do investimento se daria em 297 meses, muito superior ao da energia fotovoltaica, inviabilizando a utilização desse sistema para residências.

Desta forma, o que se pode concluir nesta pesquisa é que, se faz necessária a utilização de alternativas mais sustentáveis para a geração de energia, mas não se pode deixar de lado a questão financeira, sobre custos de instalação e manutenção, bem como a economia que esses sistemas podem gerar. Portanto, para esta pesquisa, a energia fotovoltaica apresenta-se mais viável para residências do que a energia eólica.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução nº482**. Brasília: ANEEL, 2012

BRAGA, R. P. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações**. 2008, 67 f. Monografia (Curso de Energia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

CARVALHO, E. F. A.; CALVETE, M. J. F. **Energia Solar: Um passo, um presente**. Rev. Virtual Quim., 2010.

CARVALHO, Lucas Diniz Andrade. SILVA, Rodrigo Barbosa. ROBERTO, JÚNIA Taíse Santos. **Instalação de Iluminação no Meio Rural a Partir de Sistema Fotovoltaico como Fonte Complementar de Energia Elétrica**. UNIBH, 2013.

CASTRO, Rui M.G. **Energias Renováveis e Produção Descentralizada: Introdução à energia eólica**. Universidade Técnica de Lisboa, DEEC. 2009. Disponível em: [http://ead2.ctgas.com.br/a\\_rquivos/Pos\\_Tecnico/Especializacao\\_Energia\\_Eolica/Medicao\\_Anemometrica/Material%20de%20Consulta/Livros/Introdu%C3%A7%C3%A3o%20a%20Energia%20E%C3%B3lica.pdf](http://ead2.ctgas.com.br/a_rquivos/Pos_Tecnico/Especializacao_Energia_Eolica/Medicao_Anemometrica/Material%20de%20Consulta/Livros/Introdu%C3%A7%C3%A3o%20a%20Energia%20E%C3%B3lica.pdf). Acessado em 14 de novembro de 2017.

CRESESB - Centro De Referência Para Energia Solar E Eólica Sérgio De Salvo Brito; **Energia Solar: Princípios e Aplicações**. Tutorial Solar, 2006.

COOPER, Ellison. MARTINS JÚNIOR, Wellyngton Morales. **Aplicação de Painéis Solares Fotovoltaicos como Fonte Geradora Complementar de energia Elétrica em Residências**. Universidade Federal do Paraná, 2013.

GERHARDT, Tatiana Engel. SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da

SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Acessado em 17 de maio de 2016.

HEINEMAN, Jan Thomas. **Estudo de viabilidade para implantação de um sistema híbrido-fotovoltaico de baixa potência**. RJ. Ago. 2007

KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha. FLORES, Carlos Eduardo Balestrin. BORBA, Willian Fernando de. SILVEIRA, Rafael Borth da. FRANÇA, Jacson Rodrigues. LEVANDOSKI, Natalie. **Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v.20, n. 1, jan.-abr. 2016, p. 241-247 Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM ISSN : 22361170.

LISITA JÚNIOR, Orlando. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede. Estudo de Caso -3 kWp instalados no Estacionamento do IEE – USP**. São Paulo, 2005.

MARTINS, F.R. GUARNIERI, R.A. PEREIRA, E.B. **O aproveitamento da energia eólica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, 1304. 2008.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. **Princípio de Funcionamento de Célula Fotovoltaica**. UFL, 2004.

NAKABAYASHI, Renny. **Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Viabilidade Econômica**. IEE, USP, 2015. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/mifoto.pdf>. Acessado em 21 de novembro de 2015.

OLIVEIRA, Hallyson Eduardo. **Tecnologia Fotovoltaica em Filmes Finos**. Universidade Federal de Lavras, 2008.

PACHECO, Miguel Teixeira Gomes. GHISI, Enedir. LAMBERTS, Roberto. **Proposição de Estratégias para Obtenção de Edifícios de Energia Zero**. Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. Florianópolis, 2013. Disponível em:

[http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/ProposicaoEstrategiasEnergiaZero\\_28082013.pdf](http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/ProposicaoEstrategiasEnergiaZero_28082013.pdf). Acessado em 25 de março de 2016.

PINHO, João Tavares. **Sistemas Híbridos: Soluções Energéticas para a Amazônia**. Ministério de Minas e Energia, 2008.

POMPERMAYER, Máximo Luiz. **Desafios e Perspectivas para Inovação Tecnológica no Setor de Energia Elétrica**. Revista P&D, junho, 2009.

RAMOS, Filipe G. SEIDLER, Nelson. **Estudo da Energia Eólica para Aproveitamento em Pequenos Empreendimentos**. Rev. Elet. De Extensão da URI, out/2012.

SAMPAIO. Leonardo Poltronieri. **Controle da injeção de potências ativa e reativa em inversor de Geração Distribuída conectado à rede de distribuição em corrente alternada em baixa tensão, empregando LMIs com realimentação de estados e critérios de D-estabilidade**. UNESP, 2013.

SEGUEL. Júlio Igor López. **Projeto de um Sistema Fotovoltaico Autônomo de Suprimento de Energia Usando Técnica MPPT e Controle Digital**. UFMG, 2009.

SILVA. Cláudio Homero Ferreira da. **Alternativas Energéticas: Uma visão Cemig**. Belo Horizonte, Cemig, 2012.

SOUSA, E.M. CASTRO, K.G. DIDIO, R. RAUBER, P. **Arquitetura Futurística e Energia Sustentável**. Revista de Ciências Exatas e da Terra, UNIGRAN, 2013.

TOLMASQUIN, Maurício Tiomno. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Ministério de Minas e Energia, 2012.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 1ª ed. Editora Érica, São Paulo, 2012.

## 6. ANEXOS

## 6.1 Parâmetros do sistema fotovoltaico



Cliente Ernandes Cardoso

**CALCULO FINANCEIRO AUMENTO TARIFA ELETRICA**

			custo energia
Valor-Tarifa Kw/h	0,80	1	5704,80
		2	6047,09
Consumo anual Kw/h	7131	3	6409,91
		4	6794,51
inflação	6,0%	5	7202,18
			32158,49
Custo anual energia el.	€ 5.704,80	6	7634,31
		7	8092,37
Valuta (\$=1,14 - RBRL=4,04)	1,00	8	8577,91
		9	9092,58
		10	9638,14
		<b>TOTAL 10 ANOS</b>	<b>75193,80</b>
		11	10216,43
		12	10829,41
		<b>TOTAL 12 ANOS</b>	<b>96239,64</b>
		13	11479,18
		14	12167,93
		15	12898,00
		16	13671,89
		17	14492,20
		18	15361,73
		19	16283,43
		20	17260,44
		<b>TOTAL 20 ANOS</b>	<b>209854,44</b>
		21	18296,07
		22	19393,83
		23	20557,46
		24	21790,91
		25	23098,36
		<b>TOTAL 25 ANOS</b>	<b>312991,07</b>
		26	24484,26
		27	25953,32
		28	27510,52
		29	29161,15
		30	30910,82
		<b>TOTAL 30 ANOS</b>	<b>451011,14</b>

kit 4,68 kw  
 31,500,00  
 entrada R\$ 6.300,00  
 48 parcelas de 764,00  
 60 parcelas de R\$ 665,00  
 entrada R\$ 13.500,00  
 60 parcelas de R\$ 475,00  
 produção sistema R\$ 475,40



Caratinga, 22 de Fevereiro de 2017.

Prezado Ernandes Cardoso Gouveia,

Entregamos a você como acordado:

- Detalhe do custo da energia referido a um consumo de 594kwh/mês;
- Uma oferta pela instalação de um sistema fotovoltaico pela produção de 4,68 kWP/mês (7131 kwh/ano).

### **PROPOSTA INSTALAÇÃO SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICO**

**CLIENTE:** Ernandes Cardoso Gouveia,

**ENDEREÇO:** Loteamento Moacir Maria

**CIDADE:** Caratinga

### **FUNCIONAMENTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO**

- 1** – Os módulos fotovoltaicos, geralmente instalados no teto de um edifício, coletam a luz solar. Através das células enviam energia em corrente contínua para o inversor fotovoltaico que transforma essa energia em corrente alternada para que possa ser utilizada nos equipamentos domésticos ou industrial e interligar com a rede elétrica pela cessão da energia produzida a mais;
- 2** – Um novo medidor, bidirecional, que registra a quantidade de energia cedida pelo seu sistema, será instalado gratuitamente pela distribuidora. Isso garante que a energia injetada na rede seja medida para garantir a compensação de crédito na conta de luz;
- 3** – Um equipamento de automação acoplado ao inversor controla a produção e rendimento do sistema instalado, além de identificar falha ou anomalia no sistema.

**DURANTE O DIA:** A produção da energia solar é consumida diretamente e a parte excedente medida em KWH antes de ser transferida pela rede.

**DURANTE A NOITE:** Você utiliza a energia gerada em KWH.

### **REGULAMENTAÇÃO DA MINI E MICROGERAÇÃO:**

Todo o excedente de energia renovável produzido pelo seu sistema é injetado na rede elétrica e medido pelo medidor bidirecional.

Resolução 482 obriga a compensar os créditos produzidos utilizando a energia em um prazo de 60 meses.

Além disso, é possível o seu sistema gerar energia para outra/s residência/s ou empresa/s e receber esses créditos. É necessário que as contas de luz sejam cadastradas no mesmo CNPJ ou CPF, na mesma distribuidora de energia.

## O QUE É ENERGIA SOLAR PARA GEU BRASIL

1 – A ENERGIA SOLAR É UMA FONTE INESGOTAVEL, NÃO É POLUENTE, PROMOVE A REDUÇÃO DE EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> QUE REPRESENTA A MAIOR FONTE DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA TERRA. COM RESPEITO ÀS OUTRAS FONTES GERADORA DE ENERGIA, O SEU SISTEMA TRARÁ BENEFÍCIOS AO MEIO AMBIENTE;

2 – A PRODUÇÃO DA ENERGIA GERADA PELO SEU SISTEMA FOTOVOLTAICO, SENDO MEDIDA ANTES DE ENTRAR NA REDE, REPRESENTA O SEU CREDITO (EM KWH). TODO O CRÉDITO QUE SEU SISTEMA PRODUZIR SERÁ COMO UMA COMPRA ANTECIPADA DE ENERGIA;

3 – NO MOMENTO QUE O SISTEMA INICIAR A PRODUÇÃO DE ENERGIA A REDUÇÃO NA CONTA DE LUZ É INSTANTÂNEA. SENDO SEU SISTEMA DIMENSIONADO PARA NÃO PRODUZIR MAIS ENERGIA DO QUE VOCÊ PODE CONSUMIR, RESULTA QUE TODA A ENERGIA É PRODUZIDA A CUSTO ZERO. QUALQUER AUMENTO DO CUSTO DA ENERGIA NAO AFETARÁ A SUA ECONOMIA. VOCE PODERÁ UTILIZAR A ECONOMIA GERADA PELO SEU SISTEMA EM OUTROS INVESTIMENTOS;

4 – AS CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO E A SIMPLICIDADE DOS EQUIPAMENTOS QUE PERMITE A MANUTENÇÃO QUASE INUTIL. NÃO EXISTEM PARTES MÓVEIS E OS MATERIAIS UTILIZADOS GARANTEM UMA DURABILIDADE DE ATÉ 25 ANOS;

## O SEU SISTEMA FOTOVOLTAICO GEU BRASIL

UMA VEZ ANALISADO O BOLETO DA DISTRIBUIDORA E DECIDIDO PELA QUANTIA DE ENERGIA QUE QUEREMOS PRODUZIR (KWH), ATRAVÉS DO CÁLCULO ESPECÍFICO BASEADO SOBRE A RADIAÇÃO SOLAR QUE SUA CASA PODE RECEBER A EXPOSIÇÃO COM RESPEITO AO NORTE GEOGRÁFICO E O SOMBREAMENTO, NÓS PROJETAMOS UM SISTEMA FOTOVOLTAICO CAPAZ DE GERAR TODA A ENERGIA NECÉSSARIA PARA CUBRIR SUA NECESSIDADE (Excluindo de forma percentual a parte de custo que a distribuidora conserva, como custo de disponibilidade. Esse custo não se pode abater.)

LOCALIDADE: Caratinga (MG);

ENDEREÇO: Loteamento Moacr Maria

CONSUMO ANUAL: 7200 kWh;

CONSUMO MEDIO MENSAL: 600 kWh;

CONSUMO A SER PRODUZIDO PELO SISTEMA: 594 KWH mês;

POTÊNCIA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO 4,68 KWP;

AREA OCUPADA PELO SISTEMA NO TETO (PANEIS) 31 M<sup>2</sup>;

PESO DO SISTEMA SOBRE A ESTRUTURA DO TETO MAX 20 KG/M<sup>2</sup>;

INCLINAÇÃO IDEAL 20°;

OREINTAÇÃO: ;

**RENDIMENTO ANUAL ESTIMADO (\*) 7131 KWH.**

(\*) O rendimento estimado de geração do primeiro ano, com base na radiação solar recebida pelo seu sistema como documentado pelo atlas Solari métrico atualizados.

**DETALHES ESPECÍFICOS DO MATERIAL E ORÇAMENTO:**

18 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS RISEN TIPO MONO - CRISTALINO DE POTENCIA 260 WP;  
INVERSOR MODELO RENOVIKI OU ABB OU ALTERNATIVO POTENCIA MAX 5,0 KW OU EQUIVALENTE;  
ESTRUTURA DE FIXAÇÃO PADRÃO;  
MATERIAL ELÉTRICO E STRING BOX PADRÃO;  
INSTALAÇÃO PROJETO DE ENGENHARIA E ART INCLUSOS;

**TOTAL GERAL: R\$ 31.500,00**

VALIDADE DA PROPOSTA: 15 DIAS

**FORMAS DE PAGAMENTO:**

- 1- R\$ 6.300,00 20% ENTRADA NA ASSINATURA DO CONTRATO;
- 2- 60 PARCELAS DE R\$ 665,00(ECONOMIA GERADA PELO SISTEMA R\$ 475,40);
- 3- R\$ 6.300,00 20% ENTRADA NA ASSINATURA DO CONTRATO;
- 4- 48 PARCELAS DE R\$ 764,00 (ECONOMIA GERADA PELO SISTEMA R\$ 475,40);
- 5- R\$ 13.500,00 ENTRADA NA ASSINATURA DO CONTRATO
- 6- 60 PARCELAS DE R\$ 475,00 (ECONOMIA GERADA PELO SISTEMA R\$ 475,40);

**A VIDA UTIL DO SISTEMA FOTOVOLTAICO E DE MINIMO 25 ANOS****GARANTIAS:**

**SOBRE OS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS:** 10 ANOS SOBRE DEFEITO – 25 ANOS CONTRA PERDA DE EFICIÊNCIA (OS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS PERDE NO MÁXIMO 20% DE EFICIÊNCIA APÓS 25 ANOS DE UTILIZAÇÃO)

**SOBRE O INVERSOR:** 5 ANOS POR DEFEITO DE FABRICAÇÃO (VIDA ÚTIL ESTIMADA DE ATÉ 10 ANOS) EFICIÊNCIA ATÉ 97% NA VIDA UTIL;

**SOBRE ESTRUTURA DE FIXAÇÃO E CABOS ELÉTRICOS:** DE 10 ANOS (SE CONSIDERA QUE CABOS E SISTEMA DE FIXAÇÃO PODEM DURAR ATÉ MAIS DE 25 ANOS);

**SERVIÇO DE INSTALAÇÃO:** 12 MESES POR DEFEITO DE FIXAÇÃO.

**ETAPAS DO PROCESSO:**

ASSINATURA DO CONTRATO;  
REALIZAÇÃO DO PROJETO – ART – APROVAÇÃO DO PROJETO;  
ENTREGA E INSTALAÇÃO DO SISTEMA;  
COLOCAÇÃO DE MEDIDOR BIDIRECIONAL (POR CONTA DA DISTRIBUIDORA DE GERAÇÃO).

**RESPONSABILIDADE DA GEU BRASIL:**

- DIMENSIONAMENTO, PROJETO E ART;
- FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO DO SISTEMA;

- REPRESENTAÇÃO FRENTE À DISTRIBUIDORA, VISTORIA, E APROVAÇÃO FINAL;
- ORIENTAÇÕES PARA O USUÁRIO;
- GERENCIAMENTO E SUPERVISÃO DA OBRA;
- TESTES;
- ATENDIMENTO PARA EMERGENCIAS, REPAROS E DEFEITOS DE FABRICAÇÃO DO SISTEMA;

### **EXCLUSÃO DA RESPONSABILIDADE DE GEU BRASIL:**

- OBRAS CIVIS DE QUALQUER NATUREZA.
- REFORÇOS E ADAPTAÇÕES NA REDE ELÉTRICA INTERNA OU EXTERNA DO IMÓVEL.

### **RESPONSABILIDADE DO CONTRATANTE:**

- DISPONIBILIZAR LOCAL TEMPORÁRIO PARA ARMAZENAMENTO DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS DE OBRA;
- PERMITIR ACESSO DA EQUIPE DE INSTALAÇÃO AOS LOCAIS DE REALIZAÇÃO DOS TRABALHOS EM HORÁRIO CONVENCIONAL;
- FORNECIMENTO DE MATERIAL TÉCNICO, PLANTA ARQUITETÔNICA, ÁGUA, ENERGIA ELÉTRICA;
- PARA SISTEMA DE MONITORAMENTO LINHA DE INTERNET ACESSÍVEL;
- SUBSTITUIÇÃO DE TELHAS.

### **OPÇÕES ALTERNATIVAS:**

- NÃO TEM OPÇÕES ALTERNATIVAS.

Aguardamos sua visita em nosso escritório para ver o sistema instalado e funcionando.

ATENCIOSAMENTE. GEU BRASIL.

---

## 6.2 Anexo 2 – Parâmetros do Sistema Eólico



A turbina eólica GERAR 246 foi desenvolvida para atender às necessidades de energia de consumidores individuais ou aplicações específicas. Dependendo da velocidade do vento a turbina GERAR 246 pode atender a uma residência de médio consumo, a demandas como estações de telecomunicação, bombeamento de água, iluminação pública de condomínios ou residenciais, dentre outras.

O GERAR 246 possui um alto rendimento aerodinâmico e alcança até 1000W de potência. O GERAR 246 pode ser aplicado em sistemas isolados (uso de baterias) e conectados à rede por meio de inversores de potência.

CARACTERÍSTICAS GERAR 246	
Diâmetro da hélice	2,46 m
Potência a 12,5 m/s	1000 Watt
Rotação a 12,5 m/s	740 rpm
Número de pás	3
Tipo de pás	Torcida (5 aerofólios)
Velocidade de partida	2,0 m/s
Torque de partida	0,3 Nm
Controle de velocidade	Stall
Proteção contra altas velocidades	Active Stall (Controle de Passo)
Sistema magnético	Neodímio (ímã permanente)
Sistema elétrico	Trifásico
Tensão de saída	24 / 48 / 220 / 400 volts
Topologia	Fluxo Axial (com estator encapsulado em resina epóxi)
Peso total (alternador+pás+ cab.Rot.)	35 Kg
Material Anti Corrosão	Alumínio / Inox / Mat.Galvanizado
Balaceamento	Estático (confirmação após pintura)



PRODUÇÃO DE ENERGIA GERAR 246 (kw.h/mês)											
Altura / Velocidade	5 m/s	5,5 m/s	6 m/s	6,5 m/s	7 m/s	8 m/s	9 m/s	10 m/s	11 m/s	12 m/s	
Incidência direta	103	130	158	183	206	240	258	264	264	264	
25 m	78	101	127	152	175	216	243	259	264	264	
18 m	67	89	113	137	160	202	233	253	263	264	
15 m	62	83	105	129	152	194	227	249	261	264	
12 m	56	75	97	119	142	185	219	243	258	264	
09 m	49	67	86	107	129	171	208	235	252	262	

A tabela acima se refere a uma estimativa de energia gerada, em diferentes alturas de torres, considerando um ajuste dos dados de vento medidos a 50 metros de altura e fornecidos pelo mapa eólico Brasileiro.  
[http://www.cresesb.cepel.br/atlas\\_eolico/index.php](http://www.cresesb.cepel.br/atlas_eolico/index.php)

### DIFERENCIAIS ENERSUD

- ▶ Produtos fabricados com tecnologia 100% nacional.
- ▶ Turbinas com melhor relação peso / potência do mercado.
- ▶ Patentes deferidas e outras submetidas.
- ▶ Garantia de Fábrica e assistência técnica.
- ▶ Produtos simples e robustos de fácil instalação.
- ▶ Empresa há 12 anos no mercado.
- ▶ Índice de nacionalização superior a 90% permitindo uso de cartão BNDES e FINAME.



**ENERSUD**  
energia limpa

Rua das Pitangueiras, Q10, L31  
 Inoã, Maricá, RJ - CEP 24.942-970  
 enersud@enersud.com.br Tel: 021 37100896

