

# PROCEDIMENTOS PARA A INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA MICROGERADOR DE ENERGIA FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL

Gabriel Marques Lima<sup>1</sup>  
Raphael Bruno da Cunha<sup>1</sup>  
Lucas Martins da Luz<sup>1</sup>  
Márcio José Dias<sup>2</sup>

## Resumo

As fontes alternativas de energia são renováveis, pouco ou não poluentes, além de apresentar a vantagem de se obter baixos índices de agressão ambiental, com isso têm se tornado cada vez mais frequentes em nosso cotidiano. O sistema microgerador fotovoltaico obtém a energia proveniente da radiação solar, onde a conversão da mesma em energia elétrica é realizada por módulos fotovoltaicos (placas solares) e que através de inversores distribuem para a rede elétrica de residências ou indústrias. Este artigo teve como objetivo principal demonstrar quais os procedimentos necessários para implantar um sistema microgerador de energia fotovoltaica conectado à rede em uma residência, buscando comprovar as vantagens em se utilizar este tipo de sistema. Foi apresentada uma exemplificação de instalação, em que utilizou-se um sistema microgerador fotovoltaico *on grid* (conectado à rede) com 3,25 kWp de potência onde o mesmo gerará em média 400kWh/mês. Com esse sistema em funcionamento, o retorno do investimento será em torno de 8 anos, devido ao fato de que o valor da conta de energia será reduzido para o valor mínimo, obtendo-se uma economia de mais de 80% e estimulando à prática de energias renováveis em prol do meio ambiente.

**Palavras-Chave:** Energia solar. Fotovoltaica. Sistema Fotovoltaico.

## STUDIES ON THE INSTALLATION OF A RESIDENTIAL PHOTOVOLTAIC ENERGY MICROGERING SYSTEM

### Abstract

Alternative energy sources are renewable, low or non-polluting, as well as having the advantage of low rates of environmental aggression, which has become more and more frequent in our daily lives. The photovoltaic microgenerator system obtains the energy coming from the solar radiation, where the conversion of the same into electrical energy is carried out by photovoltaic modules (solar panels) and that through inverters distribute to the electrical network of residences or industries. The main objective of this article was to demonstrate the necessary procedures to implement a photovoltaic micro - generator system connected to the grid in a residence, seeking to prove the advantages of using this type of system. An example of an installation was presented, using a photovoltaic micro grid generator on grid (connected to the grid) with 3.25 kWp of power where it will generate an average of 400 kWh / month. With this system in place, the return on investment will be around 8 years, due to the fact that the value of the energy bill will be reduced to the minimum value, obtaining savings of more than 80% and stimulating the practice of renewable energies for the environment.

**Keywords:** Solar energy. Photovoltaic. Photovoltaic system.

<sup>1</sup> Bacharelados em Engenharia Mecânica, UniEvangélica, Brasil. gabrielmarques\_@live.com; rapha.computacao@gmail.com; luucas.mart@gmail.com

<sup>2</sup> Professor, Mestre do curso de Engenharia Mecânica, UniEvangélica, Brasil. Márcio.dias@unievangélica.edu.br

## 1. Introdução

Os estudos sobre implantação de módulos fotovoltaicos para residências e indústrias eram rodeados de tabus como funcionalidade, normalização, falta de mão de obra e alto custo. Rompidos esses obstáculos, a discussão se torna irrevogável visto que o apelo ecológico e social é perceptível.

As reservas de combustíveis fósseis de boa qualidade no Brasil são escassas. Foi avaliado que as reservas brasileiras de petróleo são suficientes para 22 anos e somente 23% do potencial hidrelétrico é aproveitado, tendo sua maior capacidade na região Amazônica, em que a inundação de enormes áreas para a construção de reservatórios das hidrelétricas poderia trazer como resultado uma catástrofe ambiental [1].

O Brasil passa por transformações na tecnologia para melhorar a economia do país e a produção de energia gerada. Esta tecnologia alternativa, que através da incidência solar, tem o propósito de gerar eletricidade, utilizando um sistema de geração de energia solar fotovoltaico conectado à rede elétrica instalada na residência [2].

Antes da existência da Resolução Normativa da ANEEL, os sistemas conectados à rede não eram comercializados e hoje contam com linhas de créditos de várias instituições financeiras e incentivos do governo para a instalação em residências e indústrias [3].

Portanto, este artigo tem como objetivo instruir pequenos ou grandes consumidores de energia elétrica como implantar um sistema microgerador fotovoltaico em uma planta residencial, demonstrando os procedimentos para aquisição do mesmo, buscando comprovar as vantagens de se utilizar este tipo de sistema.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1. Energia Elétrica**

A energia elétrica é uma das formas de energia dentro de um sistema, ela corresponde ao produto de uma diferença de potencial (volts) por uma corrente elétrica (amperes) pelo tempo (segundo) em que é fornecida [4].

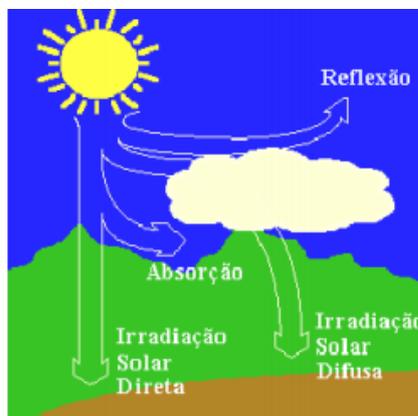
Dados da Eletrobrás relatam que uma das formas de obtenção energia mais utilizadas no mundo é a elétrica. Existem muitas maneiras de se produzir energia elétrica, entre elas a que possui maior uso é a hidrelétrica. Há diversas formas de se adquirir energia elétrica por fontes renováveis, a exemplo da eólica, solar, hidráulica, biomassa. Essas fontes são consideradas limpas, pois apresentam baixos índices na liberação de poluentes, levando em consideração todas as fases: produção, distribuição e consumo [5].

### **2.2. Geração de Energia Solar Fotovoltaica**

O efeito fotovoltaico, descoberto em 1839 por Edmond Becquerel, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de materiais semicondutores, produzida pela absorção da luz. Os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica por meio do uso de células fotovoltaicas, sendo o processo mais comum de geração de energia elétrica a partir da energia solar. Entre os materiais mais adequados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, os quais são usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destaca-se o silício, sendo o material mais empregado atualmente para a fabricação das células fotovoltaicas. A célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão [6].

Embora a maior fonte de energia recebida pela Terra seja a energia solar, sua potência na superfície da Terra é na verdade muito baixa, devido à grande distância entre a Terra e o Sol e ao fato de que a atmosfera da Terra absorve e difunde parte da radiação, como se pode observar na Figura 1 [7].

**Figura 1** – Componentes da radiação solar ao nível do solo



Fonte: [7].

O Brasil possui um potencial gigantesco para o aproveitamento de radiação, o nível de irradiância sobre a superfície terrestre na região do Brasil, em Goiás é de  $1.000 \text{ W/m}^2$ . A média mundial de energia irradiada, mesmo sobre as 24 horas do dia, é cerca de  $165 \text{ W/m}^2$ , ou seja, mais do que 5 mil vezes a necessidade energética da humanidade [8].

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade. O dispositivo base para a conversão da luz em energia elétrica é a célula fotovoltaica que, através do efeito fotovoltaico, converte diretamente energia solar em elétrica [9].

A energia solar fotovoltaica possui o propósito de economizar, além de proteger o meio ambiente. São consideradas quase que inesgotáveis, principalmente se comparadas aos combustíveis fósseis. Apresenta vantagens significativas no que se diz respeito aos impactos ambientais e também à segurança do mercado energético. Entre as desvantagens mais comuns estão o custo alto de implantação dos sistemas captadores e geradores de energia e que eles não podem ser implementados em edifícios e casas que não se encontram orientados para o sol ou localizados em locais que não recebam a luz solar [10].

### 2.3. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas *off-grid* (autônomos) foram os pioneiros no campo de operação econômica da tecnologia fotovoltaica. Esse tipo de sistema é empregado onde o

fornecimento de energia através da rede pública de distribuição de energia elétrica, não existe por razões técnicas e/ou econômicas [11].

No sistema solar fotovoltaico *off-grid* a energia gerada através dos módulos fotovoltaicos (placas solares) é armazenada em baterias, que por sua vez asseguram o funcionamento do sistema em períodos de pouca ou nenhuma luz solar [12].

O sistema *on-grid* é conectado à rede elétrica, os módulos fotovoltaicos que são instalados em cima das edificações existentes ou também a nível do solo independentemente do local a ser instalado devem ser levado em conta na hora da instalação a posição no qual elas serão instaladas (sua face sempre voltada para o Norte) e a inclinação também que é definida pela latitude do local [13].

O inversor recebe a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos em corrente contínua (CC) e a transforma em energia elétrica de corrente alternada (CA), para que ela entre nos moldes da energia elétrica fornecida pela distribuidora local. O inversor também age como um misturador de energia que mistura a energia solar à energia convencional, permitindo a utilização de qualquer equipamento consumidor de energia que esteja ligado à rede [9]. Pode-se observar na Figura 2, os principais componentes do sistema *on-grid*.

**Figura 2** – Estrutura principal de um sistema fotovoltaico *on-grid*



Fonte: [14].

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1. Procedimentos para Aquisição do Sistema

Para ter instalado um sistema do tipo *on-grid* em uma residência ou indústria, é necessário o cumprimento de alguns processos e normas impostos pela ANEEL [15]. Com a publicação da Resolução Normativa Nº 687/2015 da ANEEL em 2015, que altera a Resolução Normativa Nº 482/2012 de 2012, ficou mais acessível e menos burocrático a instalação de sistemas micro e minigerador de energia fotovoltaica conectado à rede elétrica.

Para compreender um pouco sobre o processo de aquisição, em que a unidade consumidora (residências ou indústrias) que está gerando energia se caracteriza como micro geradora (instalação de potência menor que ou igual a 75kW) ou mini geradora (instalação de potência superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada), são necessários alguns procedimentos.

Conforme o Caderno temático ANEEL, são obrigatórias as etapas de solicitação e de parecer de acesso. A solicitação de acesso é o requerimento formulado pelo acessante (consumidor), e que, uma vez entregue à acessada (distribuidora), implica a prioridade de atendimento, de acordo com a ordem cronológica de protocolo. Essa solicitação deve conter o formulário de acesso para micro e minigeração distribuída, disponíveis nos Anexos II, III e IV, determinados em função da potência instalada da geração. O formulário específico para cada caso deve ser protocolado na distribuidora, acompanhado dos documentos pertinentes.

Em resposta à solicitação de acesso, a distribuidora deverá emitir o parecer de acesso, que é um documento formal obrigatório apresentado pela acessada, sem ônus para o acessante, em que são informadas as condições de acesso e os requisitos técnicos que permitam a conexão das instalações do acessante com os respectivos prazos. O prazo máximo para elaboração do parecer é de 15 dias para microgeração e de 30 dias para minigeração, os prazos são dobrados caso haja necessidade de obras de melhorias ou reforços no sistema de distribuição acessado.

### 3.2. Exemplificação de Instalação

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos através da conta de energia da residência de um dos autores, como se pode observar na Tabela 1.

**Tabela 1 - Consumo médio anual**

Mês/ Ano	Set/ 2017	Out/ 2017	Nov/ 2017	Dez/ 2017	Jan/ 2018	Fev/ 2018	Mar/ 2018	Abr/ 2018	Mai/ 2018	Jun/ 2018	Jul/ 2018	Ago/ 2018	Média Anual
Consumo (kWh)	252	247	284	258	255	249	277	291	232	250	270	229	257,8

Fonte: Os autores.

Baseado no consumo de energia dos últimos 12 meses da U.C. 21348674, pode se verificar na Tabela 1 o consumo médio anual de 257,8 kWh/mês.

Foi dimensionado a potência e quantidade dos módulos fotovoltaicos e o inversor a serem utilizados, com o consumo médio de 257,8 kWh/mês ( $k = 1000$ ,  $W = \text{watts}$ ,  $h = \text{hora}$  e  $\text{mês} = 30$  dias), a eficiência do sistema fotovoltaico é em torno de 80% (devido as perdas na geração e transmissão de potência), onde 257,8 kWh/mês que corresponde a 257.800 Wh/mês. A média de consumo mensal em Wh foi passada para o consumo médio de um dia, ou seja,  $257.800 \text{ Wh} \div 30$  que corresponde a 8.593 Wh/dia [12].

A partir dos dados obtidos, calcula-se quantos módulos fotovoltaicos serão necessários para gerar esta potência, no local de instalação onde o índice solarimétrico é de 5,21 kWh/m<sup>2</sup>/dia, esse valor foi obtido através da latitude de 16,322538° S e longitude de 48,94212° O. A quantidade dos módulos fotovoltaicos necessária foi obtida através da seguinte divisão:  $8.593 \div 5,21 = 1.649 \text{ W}$ , com a eficiência do sistema fotovoltaico de 80% foi obtido um valor correspondente a  $1.649 \div 0,80 = 2.061 \text{ W}$ , esse valor dividido pela potência dos módulos (325 W) que foram utilizados no sistema, se obtém a quantidade de módulos necessários para compor o mesmo  $2.061 \div 325 = 6,34$ , ou seja, 7 módulos [16].

Nesse projeto em si, com o intuito de gerar crédito em energia com a concessionária local ENEL – GO, foram utilizados no sistema 10 módulos fotovoltaicos de 325 W da Jinko Solar. O kit que compõe o sistema totaliza uma

potência de 3,25 kWp, com 01 inversor solar fotovoltaico - PHB Solar modelo PHB3000-SS, 01 string box CC - PHB Solar, 01 quadro de proteção CA - PHB Solar, 10 módulos fotovoltaicos 325 W - Jinko Solar, 01 kit da PHB Solar de estruturas para fixação dos 10 módulos fotovoltaicos em um telhado de fibrocimento, conforme a Figura 4.

**Figura 4 – Equipamentos do sistema instalados na residência**



Fonte: Os autores.

O projeto instalado em setembro de 2018 teve um custo total de R\$ 12.700,00, não levando em conta o valor da mão de obra que gira em torno de de R\$ 6.000,00 à R\$ 7.000,00.

#### 4. Resultados e Discussões

Para evidenciar os gastos, a Tabela 2 apresenta os valores da conta de energia pago nos últimos 12 meses sem o uso do sistema microgerador fotovoltaico conectado à rede, sendo que o valor pago por kWh é de R\$ 0,76 mais o valor da taxa de iluminação pública de R\$ 13,53 que é cobrada mensalmente.

**Tabela 2 - Valor total pago em contas de energia durante 01 ano**

Mês/ Ano	Set/ 2017	Out/ 2017	Nov/ 2017	Dez/ 2017	Jan/ 2018	Fev/ 2018	Mar/ 2018	Abr/ 2018	Mai/ 2018	Jun/ 2018	Jul/ 2018	Ago/ 2018	Valor Total
Valor pago em R\$	178, 34	198, 29	258, 42	233, 40	216, 49	212, 90	232, 70	239, 70	194, 17	215, 74	231, 44	204, 84	2.616, 47

Fonte: Os autores.

Com os valores do custo total do projeto e do valor total da Tabela 2, é possível efetuar os cálculos para se comprovar que o sistema viável. O valor gasto de energia por ano menos o valor que será gasto em energia após implantação do

sistema, o resultado será o valor que o proprietário irá economizar em gastos com energia elétrica por ano, ou seja: R\$ 2.616,47 – R\$ 1.074,36 (que é o valor total do somatório anual em R\$ do custo de disponibilidade de 100 kWh mensal pelo tipo de ligação do padrão trifásico mais a taxa de iluminação pública), é igual a R\$ 1.542,11.

Considerando o custo total do projeto de 12.700,00 ÷ 1.542,11 = 8,2, observa-se que em 8 anos e dois meses se terá o *payback*, ou seja, o valor gasto para adquirir o sistema é compensado nesse prazo. Desta forma, torna-se evidente o retorno financeiro para o proprietário e outros benefícios.

## 5. Conclusões

Com as informações obtidas nesse estudo, a vida útil do sistema é um parâmetro prioritário que permite atividade entre 25 a 30 anos sem substituição dos equipamentos, de acordo com os fabricantes. Esse sistema além de ser seguro, econômico, eficiente, de mínima manutenção e ecologicamente correto, é a principal opção para quem deseja reduzir gastos com energia elétrica.

É possível ver o quanto de economia o proprietário terá logo no 1º ano após a instalação do sistema, também foi apresentado que o valor do investimento realizado para a implantação do mesmo terá retorno positivo poucos anos após a sua instalação.

## Referências

- [1] SANTOS, J. **Adoção da energia solar fotovoltaica em hospitais: revisando a literatura e algumas experiências internacionais.** São Paulo: Saúde e Sociedade 22 n.3, 2013.
- [2] OLIVEIRA, W. D.; GONDIM, G. V.; MIRANDA, A. A. R. **A eficiência energética do sistema solar fotovoltaico: instalação de um painel solar em residência.** Rio Verde: UNIRV, 2015.
- [3] ANEEL. **Resolução Normativa Nº 482, de 17 de Abril de 2012.** Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 28 de setembro de 2018.
- [4] OLIVEIRA, J. E. T. **Energia Elétrica – Bem Essencial à Sociedade.** São Paulo: OABSP, 2010.

- [5] ELETROBRAS. **Geração de Energia**. Disponível em: <<http://eletrobras.com/pt/Paginas/Geracao-de-Energia.aspx>>. Acesso em: 20 de Setembro de 2018.
- [6] NASCIMENTO, R. L. **Energia Solar no Brasil: Situação e Perspectivas**. Câmara dos Deputados - Consultoria Legislativa, 2017.
- [7] BOLIBAHIANO, D.; **Manual de Energia Fotovoltaica**. Viabilidade Econômica, Aspectos Potenciais e Ecológicos, 2004.
- [8] DIENSTMANN, G. **Energia Solar – Uma Comparação de Tecnologias**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.
- [9] IMHOFF, J.; **Desenvolvimento de Conversores estáticos para sistemas autônomos**. Santa Maria: UFSM-RS, 2007.
- [10] LAVADO, A. L. C. **Os actuais desafios da energia: implementação e utilização de energias renováveis**. Lisboa: Universidade de Lisboa, 2009.
- [11] COSTA S. H. **Modelo sustentável de difusão da tecnologia fotovoltaica para uso residencial**. Recife: XVII Conferência Latino-Americana de Eletrificação Rural, 2009.
- [12] PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL - CRESESB, 2014.
- [13] BAZZO, E.; RÜTHER, R.; MARTINS, D. C.; **Análise de Viabilidade Técnica e Econômica de um Sistema Isolado Fotovoltaico**. Águas de Lindóia: XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, 2015
- [14] ENEL X. **Tudo Sobre Energia Solar: tipos de sistema (On Grid e Off Grid)**. Disponível em: <<https://www.ensolucoes.com.br/blog/2016/06/energia-solar-tipos-de-sistema-on-grid-e-off-grid/>>. Acesso em: 21 de Setembro de 2018.
- [15] ANEEL. **Cadernos Temáticos ANEEL – Micro e Minigeração Distribuída – Sistema de Compensação de Energia Elétrica – (2ª edição)**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>>. Acesso em: 19 de setembro de 2018.
- [16] CRESESB. **Centro de referência para energia solar e eólica Sérgio Brito**. Rio de Janeiro, 2018.