

PROJETO DE INSTALAÇÃO RESIDENCIAL DE MICROGERADOR DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Adnael Pontes de Moura¹; Leandro Eduardo de Oliveira²; Wanberton Gabriel de Souza³

^{1,2,3} Faculdade de Talentos Humanos - FACTHUS, Uberaba (MG), Brasil

³Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia (MG), Brasil

adnohalk@hotmail.com, leandro.oliveira@facthus.edu.br, wanberton.souza@facthus.edu.br

RESUMO: Este artigo apresenta um projeto de instalação de uma usina micro geradora de energia solar fotovoltaica utilizada por pequenos consumidores residenciais buscando comprovar a vantagem em se utilizar este tipo de geração em residências. Com o progresso no desenvolvimento de sistemas renováveis para a geração de energia, tem se tornado (mesmo com os altos custos de instalação e preço elevado dos componentes) um sistema viável e em um curto período de tempo é possível identificar uma economia significativa. A proposta para o projeto é um sistema ON-GRID que tem como principal referência sua ligação direta na rede elétrica, atendendo a demanda do local instalado e inserindo na rede elétrica da concessionária a energia sobressalente gerada, convertida em crédito para o proprietário da instalação. O diferencial do sistema On-Grid em comparação ao Sistema OFF-GRID é a economia em baterias, por não necessitar de armazenamento da energia gerada, causando uma economia total de 30% na instalação. Este projeto possibilita a economia anual de cerca de 73% na conta de energia.

PALAVRAS CHAVE: economia de energia; fotovoltaica; sistemas renováveis.

RESIDENTIAL INSTALLATION PROJECT OF PHOTOVOLTAIC ENERGY MICROGENER

ABSTRACT: This article presents a project for the installation of a micro solar photovoltaic power plant used by small residential consumers seeking to prove the advantage of using this type of generation in homes. With progress in the development of renewable energy generation systems, it has become a viable system (even with the high installation costs and high price of the components), and in a short period of time it is possible to identify significant savings. The proposal for the project is an On-Grid system that has as its main reference its direct connection in the electric grid, meeting the demand of the installed place and inserting in the electric grid of the utility the spare energy generated, converted into credit for the owner of the installation. The differential of the ON-GRID system compared to the OFF-GRID System is the saving in batteries, as it does not require storage of the generated energy, causing a total saving of 30% in the installation. This project enables the current savings of about 73% in the energy bill.

KEY WORDS: energy saving; photovoltaic; renewable systems.

INTRODUÇÃO

O crescimento da utilização de fontes alternativas de energia tem se tornando cada vez mais frequente no nosso cotidiano. Neste trabalho é apresentado o sistema de geração de energia elétrica fotovoltaica que está em crescimento no mundo, a uma taxa de 80% ao ano em relação ao período 2015/2016, segundo a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica).

Objetivando melhorar a qualidade de vida com um baixo custo energia elétrica, o sistema fotovoltaico utiliza o sol como fonte de energia, sendo a luz captada por placas solares e convertidas através de módulos inversores que distribuem para a rede elétrica de residências e até mesmo para indústrias (dependendo do dimensionamento do projeto). Este tipo de sistema têm se tornado uma grande opção.

Com o crescimento da indústria em soluções fotovoltaicas e desenvolvimento para mini e micro geradores de energia elétrica, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia, que foi criada para

regular o setor elétrico brasileiro, por meio da **Lei nº 9.427/1996** e do **Decreto nº 2.335/1997**, teve de fazer ajustes nas normas e leis para que as distribuidoras permitissem o acesso destes pequenos geradores ao SIN (Sistema Interligado Nacional).

Em 24 de novembro de 2015 a Resolução Normativa nº 687 que substitui a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012 e altera a disponibilidade de mini e micro geração de energia elétrica. Esta resolução torna acessível em residências e demais locais a interligação o SIN, e também legisla sobre a introdução de energia na rede, sendo o excedente de energia convertido em créditos que podem ser utilizados em abatimentos nas contas futuras de energia.

Para um projeto de uma micro usina geradora de energia fotovoltaica em uma residência que possui um consumo médio anual de 184,5 kW/h por mês, o custo da instalação de um projeto para a potência descrita acima pode variar entre R\$14.000,00 e R\$18.000,00 segundo orçamentos solicitados. O prazo máximo para a instalação do sistema após a liberação da concessionária é de 120 dias.

Para o valor do investimento junto a uma empresa que executa o projeto, o tempo estimado para se obter o retorno do

investimento pode variar de 6 a 10 anos dependendo do valor do projeto e das tarifas de energia elétrica da região. O longo prazo para o retorno financeiro e a falta de incentivo do governo quanto a facilidade de financiamentos, e isenção ou diminuição dos impostos para o setor, são as principais barreiras para um maior crescimento do setor, apesar do crescimento significativo de 80% em relação ao último ano.

Durante as recentes discussões do governo referente a incentivo para esse setor da geração de energia elétrica, há uma negociação com alguns bancos, como Caixa Econômica Federal e Banco do Brasil, para facilitar os financiamentos referente ao sistema, porém as taxas de juros diante da atual situação financeira do país, não é tentadora e nem causa curiosidade de pessoas de baixa renda.

Portanto, este artigo tem a finalidade de desenvolver um projeto de instalação de uma usina micro geradora de energia solar fotovoltaica utilizada por pequenos consumidores residenciais buscando comprovar a vantagem em se utilizar este tipo de geração em residências.

MATERIAL E MÉTODOS

O sistema conectado à rede elétrica da concessionária adotado foi o tipo ON-GRID, onde o sistema que recebe referência da rede elétrica para fazer a conversão da tensão em corrente contínua (CC) recebida das placas solares fotovoltaicas para a tensão alternada (CA), que será utilizada na residência. O sistema é composto por painéis solares e inversores. Seu funcionamento é simples, durante o dia está produzindo energia que é utilizada pela residência, o excedente dessa energia será enviado para a rede da concessionária. Com a utilização de um relógio bidirecional (medidor de energia apropriado para contabilizar o fluxo gerado ou consumido nos dois sentidos) permite o registro do fluxo contrário, gerando energia para concessionária e ao mesmo tempo abastecendo a unidade geradora. Durante a noite a energia consumida pela residência é fornecida pela concessionária, no período noturno não há geração. A energia excedente gerada ao final do mês após ser contabilizada gera créditos que podem ser utilizados para abatimento nas contas futuras podendo chegar ao custo zero para o portador do CPF do dono da residência onde será instalada a unidade geradora. O abatimento pode chegar até 100% do valor da energia elétrica consumida.

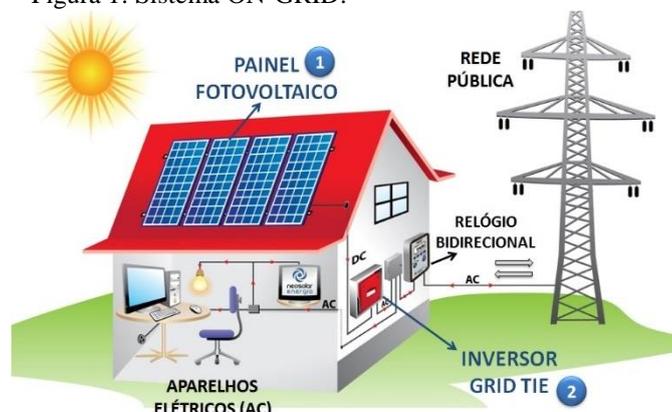
A Figura 1 representa de maneira simples o funcionamento de um sistema ON-GRID.

Após a publicação da nova resolução nº687/2015 da ANEEL em 2015 que tornou acessível e menos burocrático o sistema micro gerador de energia fotovoltaica conectado ON-GRID, esse tipo de instalação teve um grande crescimento quanto sua instalação. Um exemplo seria a quantidade de empresas que migraram ou até mesmo nasceram para instalar esse sistema, aumentando assim a concorrência.

Para entender um pouco sobre esse processo de aquisição, em que a unidade que está gerando energia se

caracteriza como mini geradora (instalação da potência maior que 75kW menor ou igual a 3MW), são feitos alguns procedimentos que serão explicados resumidamente a seguir.

Figura 1: Sistema ON-GRID.



Fonte: Neosolar (2017).

O procedimento para a instalação desse sistema primeiramente é a aprovação da concessionária que atende a região. Deve-se apresentar o projeto e aguardar a avaliação, em um prazo máximo de 30 dias, sendo que o projeto venha a atender as normas estabelecidas. Assim que se tem a aprovação, inicia-se a o desenvolvimento das alterações necessárias para a implantação.

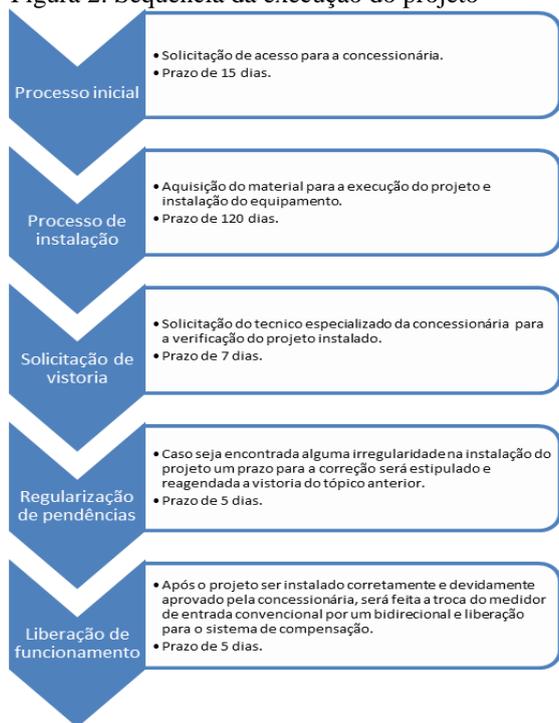
Por parte da concessionária é necessário a instalação de um novo medidor que possui dupla medição, um para o consumo da residência e o outro para o retorno da energia gerada para a rede de transmissão. A instalação das placas solares deve ser feita de forma a receber durante o dia o maior nível e tempo de radiação para um melhor aproveitamento. O inversor é instalado em um local próximo das placas de captação minimizando os custos com cabos para a ligação das placas ao inversor. Depois de instalado todos os componentes do sistema basta conectá-lo a rede principal da residência.

Através da Figura 2 está organizado detalhamento da sequência de execução.

A solicitação de acesso enviada para a concessionária consiste na elaboração e envio do projeto seguindo as normas estabelecidas pela ANEEL. O processo de instalação descrito na sequência do gráfico (Figura 2), consiste em aquisição dos equipamentos e instalação. O prazo máximo estipulado de 120 dias consiste em um contrato por parte da empresa que será responsável pela instalação do projeto. Geralmente o prazo total para a execução do projeto é bem inferior ao descrito no contrato, mas para prevenção de qualquer tipo de imprevisto o prazo total se torna vigente.

A solicitação da vistoria do especialista da concessionária será feita após a execução da instalação para validar o projeto. Caso exista alguma pendência na instalação, um novo prazo para a regularização será estipulado e na sequência será realizada nova vistoria que fará com que o projeto seja validado. Passado pela vistoria é feita a liberação de funcionamento com a troca do medidor convencional por um bidirecional. Dessa forma o sistema de compensação estará em funcionamento.

Figura 2: Sequência da execução do projeto



Fonte: Cadernos temáticos Aneel – Micro e Minigeração Distribuída.

A medição contabiliza quanto de energia a residência está consumindo e também o quanto está sendo injetado na rede, ou seja, hora ele é utilizado para fazer a medição da energia ativa consumida e hora para se fazer a medição da energia ativa que foi gerada. O custo para adquirir e instalar esse sistema é todo da concessionária, não poderá gerar nenhum valor para o solicitante. Na Figura 3 temos um modelo de relógio de medição bidirecional.

Neste tipo de sistema, as placas solares utilizadas para captar a radiação solar são constituídas a partir de materiais semicondutores e são conhecidas como células fotovoltaicas. Os fótons que são partículas provenientes da luz solar entram em contato com essas células, há uma colisão com os átomos, fazendo com que eles se desloquem e os elétrons gerem corrente elétrica, é essa corrente que vai percorrer um caminho no caso um condutor até chegar ao inversor. Na Figura 4 temos uma imagem de uma célula fotovoltaica que foi adotada no projeto.

Figura 3: Medidor de energia bidirecional



Fonte: Nansen (www.nansen.com.br).

Figura 4: Placa solar Quartech mod. CS6P-P 250W.



Fonte: Sices Brasil (2017).

A vida útil da placa solar pode variar conforme o fabricante, porém para o modelo adotado é estipulado um prazo de 12 anos para uma eficiência de 90% e 25 anos para 80% da eficiência total em média. A garantia estipulada pelo fabricante para o modelo adotado é de 10 anos para defeitos de fabricação e 25 anos contra uma perda de eficiência maior que 20%. A manutenção é feita basicamente na limpeza das placas e acompanhamento da perda de eficiência, essa manutenção o próprio proprietário pode estar realizando caso necessário, ou as empresas especializadas podem também estar executando a atividade.

Não existe uma frequência na qual deve ser executada essa manutenção, basta atentar as condições climáticas e verificar resíduos sobre as placas.

A tensão que é gerada pela placa solar fotovoltaica é CC (corrente contínua), que é convertida em CA (corrente alternada) com a utilização de um inversor. O inversor injeta essa CA na rede elétrica do local instalado. O inversor também tem a função de sincronizar com a frequência da rede CA, e limita o nível de tensão, fazendo com que não supere a tensão da rede. Além disso, possui um valor fixo de fator de potência fazendo com que a corrente e a tensão de saída estejam sincronizadas. Na Figura 5 temos a representação do inversor que será utilizado no projeto.

A principal desvantagem desse sistema é que na falta de energia da rede da concessionária, como o inversor trabalha em sincronismo com a rede elétrica, o cliente fica sem energia. A proteção anti-ilhamento é o que impede o sistema de continuar gerando energia, no caso de não existir energia do lado da rede da concessionária.

O inversor possui uma garantia estipulada pelo fabricante de 5 anos contra defeitos de fabricação. A garantia não aborda falta de proteção do dispositivo no caso de uma eventual descarga atmosférica. Para a proteção do inversor assim como em qualquer outro equipamento é realizada a instalação do DPS (Dispositivo de Proteção contra Surto), regulamentada pela ABNT e que tem o objetivo de evitar ou minimizar os efeitos causados pelas descargas atmosféricas, que podem causar diversos danos como incêndios, explosões, prejuízos materiais e até mesmo risco a vida, segundo a Norma

NR-10.

Figura 5: Inversor Fronius Galvo 1.5-1 (1500W)



Fonte: <http://www.energiatotal.com.br> (2017).

Não é necessária uma manutenção constante no inversor, pois o mesmo possui uma garantia de longo prazo e basicamente após vistoria nos cabos, nas conexões e limpeza básica do inversor, o dispositivo estará como novo.

O monitoramento da energia gerada pode ser feito diretamente no display acoplado originalmente no inversor, mas há modelos específicos que possuem acesso remoto através da internet onde é possível visualizar e até programar independentemente de onde esteja.

O sistema conectado ON-GRID é composto dessas placas solares e inversores, dependendo da demanda pode ser mais de um, trazendo maior confiabilidade e segurança no sistema.

Conforme mostrado na Figura 1, no funcionamento do sistema ON-GRID, o painel solar fotovoltaico instalado no telhado capta a luz solar gerando a energia que será transmitida através de cabos para o inversor fazendo a conversão dessa energia CC em CA. Essa energia irá para o quadro geral de distribuição que alimenta o local. Caso a energia exceda a quantidade em uso no momento do fornecimento ela vai para a rede da concessionária através do relógio bidirecional, onde as setas indicam o fluxo de energia e como está distribuído todo o sistema fotovoltaico.

Segundo dados coletados da residência onde será elaborado o projeto, as informações do consumo dos últimos doze meses estão descritos no Quadro 1. Devido a resolução normativa 414 de 2010, que diz respeito ao tipo de consumidor o nosso cliente pertence à classe bifásica e o custo para disponibilização do sistema elétrico é de 50 kWh/mês. Esse valor é tarifado mensalmente mesmo sem ter consumido nada da concessionária sendo chamado de custo de disponibilidade.

Quadro 1: Histórico de consumo.

Referência mês/ano	Consumo kWh/mês	Sazonalidade
fev/16	212	Consumo padrão
mar/16	156	Consumo padrão
abr/16	281	Consumo padrão

mai/16	155	Período frio
jun/16	151	Período frio
jul/16	179	Período frio
ago/16	158	Período quente
set/16	166	Período quente
out/16	237	Período quente
nov/16	179	Período quente
dez/16	159	Período quente
jan/17	181	Consumo padrão
Média	184,5	

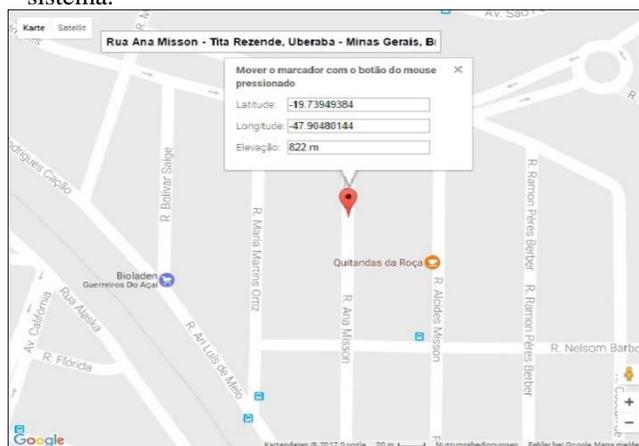
Fonte: Os autores, 2017.

Tomando como base o tipo de consumidor, consideramos o custo de disponibilidade para abater o valor pago na média de consumo. A média nos últimos meses foi de 184,5 kWh/mês, dessa forma subtraímos 50 kWh/mês, portanto $184,5 - 50 = 134,5$ kWh/mês. Sendo o consumo em média no decorrer de 30 dias, temos:

$$134,5 \text{ kWh/mês} \div 30 \text{ dias} = 4,48 \text{ kWh/dia.}$$

Após o cálculo do valor da compensação diária de energia, deve ser encontrado o valor da irradiação solar no plano horizontal do local. Considera-se agora o índice Solarimétrico da região. Para isso utiliza-se o Google Maps. O site fornece as coordenadas do local de instalação com Latitude de $-19,74^\circ$ ao Sul e a Longitude de $-47,90^\circ$ a Oeste. Tendo em mãos essas coordenadas será necessária a busca em outro site o valor da irradiação solar dessa área. A Figura 6 mostra a localização e as coordenadas do endereço onde o projeto será instalado.

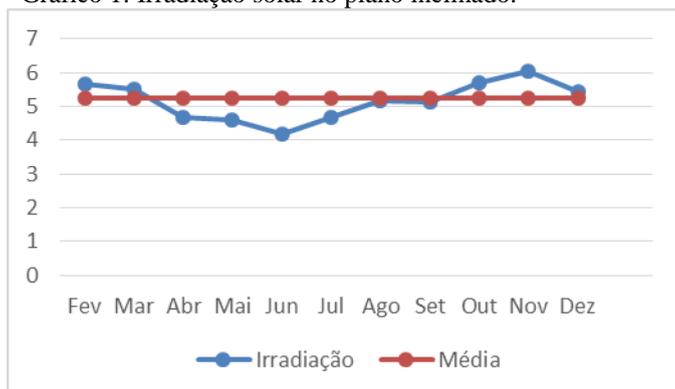
Figura 6: Mapa da localização onde será instalado o sistema.



Fonte: Google Maps (2017).

Em outro site de pesquisa no cresesb (<http://www.cresesb.cepel.br>), tendo em mãos as coordenadas será feita a busca da irradiação solar no plano inclinado do local. O Gráfico 1 fornece a irradiação kWh/m² dia referente ao ano inteiro do local onde foram dadas as coordenadas.

Gráfico 1: Irradiação solar no plano inclinado.



Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br> (2017).

Sendo a média da irradiação solar da cidade de Uberaba de 5,23kWh/m² dia. Portanto temos HSP/dia (horas de sol pico) = 5,23 horas dias.

$$HSP = 5,23kWh/m^2 \text{ dia.}$$

Portanto:

$$Wp = 4,48kWh/dia \div 5,23kWh/m^2 \text{ dia} = 0,86kWhp.$$

Sendo: Wp (watts de pico).

A potência do sistema fotovoltaico será de 0,86kWhp (kilo watts hora pico).

Para calcular a quantidade de painéis, utiliza-se a potência de cada placa, no caso o modelo adotado Quartech de 250Wp. Portanto:

O número de módulos do sistema = $860W \div 250W = 3,44$, ou seja, 4 módulos. De acordo com o modelo do telhado, as placas terão uma inclinação de 19°, tendo uma eficiência energética de 77% (dados obtidos de acordo com o fabricante das placas tomando como base a inclinação das placas e a localização). No quadro 2, a relação de todos os componentes necessários para montagem do sistema.

O projeto terá um custo total aproximado em R\$ 15.657,92 de acordo com levantamento efetuado em site pioneiro no ramo como por exemplo: Sicesbrasil e Neosolar descrito no quadro 2, vale lembrar que o valor da mão de obra pode variar entre R\$ 4.000,00 à R\$ 6.000,00.

Quadro 2: Materiais x custo.

Item	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Total (R\$)
Placa solar Quartech mod. CS6P-P 250W	4	709,00	2.836,00
Cabo solar Prusmian preto 6mm ² 1kv	4	6,49	25,96
Cabo solar Prusmian vermelho	4	6,49	25,96

6mm ² 1kv			
Quadro elétrica fotovoltaico IP65 25A	1	780,00	780,00
Kit de montagem para telhado metálico	1	1.500,00	1.500,00
Inversor Fronius Galvo 1.5-1 (1500w)	1	6.290,00	6.290,00
Materiais elétricos diversos	1	200	200
Mão de obra aproximada	1	4000	4000
Total			15.657,92

Fonte: Os autores, 2017.

Para evidenciar o custo, o quadro 3 apresenta os valores de conta de energia pago sem o uso do sistema solar, sendo que o valor pago por kWh é de R\$0,8487 não tendo custos adicionais como iluminação pública.

Quadro 3: Histórico de consumo.

Referência mês/ano	Valor conta de energia pago em R\$
Fevereiro 2016	179,92
Março 2016	132,40
Abril 2016	238,48
Mai 2016	131,55
Junho 2016	128,15
Julho 2016	151,92
Agosto 2016	134,09
Setembro 2016	140,88
Outubro 2016	201,14
Novembro 2016	151,92
Dezembro 2016	134,94
Janeiro 2017	153,61
Total	1.879,00

Fonte: Os autores, 2017.

RESULTADOS

Baseado nos valores dos Quadros 2 e 3, é possível efetuar os cálculos para comparar se o sistema será viável ou não, 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\$ 1.879,00 – R\$ 509,22 (que é o valor total do somatório anual em R\$ do consumo mínimo de 50 kWh mensal, descrito no Quadro 4 é igual a R\$ 1.369,78. Portanto, o proprietário da residência terá uma economia anual com gastos de energia elétrica de R\$ 1.369,78 (esse valor foi calculado com base no consumo mensal).

Ao considerar o custo de $15.657,92 \div 1.879,00 = 8,4$. Portanto em 8 anos e quatro meses o valor gasto para adquirir o sistema é compensado, sendo que após a implantação do sistema é cobrado apenas o valor mínimo de 50kW/mês referente à taxa de distribuição da concessionária com base no sistema da classe padrão bifásico. Desta forma, torna-se evidente o retorno financeiro para o proprietário e outros benefícios.

A vida útil do sistema é um parâmetro prioritário e com olhar atento ao inversor que, permite atividade entre 15 à 20 anos de acordo com o fabricante alertando para possível substituição ou manutenção antes dos 25 anos médios em um conjunto fotovoltaico. Portanto esse sistema além de ser seguro, econômico, eficiente, de mínima manutenção e ecologicamente correto, é a principal opção para quem utiliza a rede pública, portanto torna-se um projeto altamente viável.

O Quadro 4 nos mostra a relação custo x benefício do sistema.

Quadro 4: Custo do sistema.

Relação de custo do sistema	
Custo para implantação do sistema	Valor gasto em energia elétrica por ano
R\$ 15.657,92	R\$ 1.879,00
Custo fixo pago mensal para concessionária após implantação do sistema	Custo fixo pago anual para concessionária após implantação do sistema
R\$ 42,44	R\$ 509,22

Fonte: Os autores, 2017.

CONCLUSÃO

O valor que será economizado pelo proprietário além de trazer retornos financeiros possibilitando investir em outros itens de seu interesse, não ficará limitado a economia de energia podendo assim manter-se atualizado com a evolução de utensílios domésticos que em sua maioria são elétricos, sem contar no incentivo à prática de energias renováveis com foco na sustentabilidade preservando o meio ambiente. O governo tem apresentado algumas propostas de incentivo nessa área, mas o valor para a instalação desse equipamento ainda continua com altos custo. Grande parcela da população desconhece o sistema e a pequena parcela que tem o conhecimento da funcionalidade ainda possui restrições quanto ao período total para contabilizar lucro sobre a implantação. Mesmo com um período longo para que o sistema de geração

fique rentável para o proprietário, os benefícios ofertados são de grande utilidade.

REFERÊNCIAS

ANEEL. **Agência Nacional de energia elétrica Sistema de compensação de energia elétrica Micro e Minigeração Distribuída**. 2. ed. Maio 2016. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 15 de set. 2016.

CEMIG. **Companhia Energética de Minas Gerais S.A.** Disponível em: http://www.cemig.com.br/sites/Imprensa/pt-br/Paginas/cemig_testa_novos_medidores_inteligentes.asp. Acesso em: 15 de set. 2016.

CRESESB. **Centro de referência para energia solar e eólica Sérgio Brito 2017**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 10 de mar. 2017.

Google maps. 2017. Disponível em: <http://www.googlemaps.com.br>. Acesso em: 10 de mar. De 2017.

NEOSOLAR. **Empresa brasileira especialista em Energia Solar Fotovoltaica 2010/2017**. Disponível em: <http://www.neosolar.com.br/>. Acesso em: 10 de mar. 2017.

SICES BRASIL. **Energia sustentável**. Disponível em: <http://www.sicesbrasil.com.br>. Acesso em: 10 de mar. 2017.