

ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Leandro Sales Café¹

José Guilherme Leitão Pinheiro²

Resumo

Este trabalho tem o objetivo de demonstrar um processo de energia limpa e renovável, e dar uma visão geral do andamento de um ramo desta vasta gama de opções. Dentro desse contexto este Artigo trata da energia solar fotovoltaica, abordando seu uso, vantagens, desvantagens e seus componentes. O Brasil não pode deixar de investir nesta área e é de grande importância que estudos feitos nesta direção sejam promovidos e incentivados, mostrando um novo caminho sustentável. Apresentando um estudo hipotético onde a instalação do sistema fotovoltaico e a sua viabilidade técnica e econômica da implementação deste recurso é comparada com o atual consumo de energia elétrica que é um recurso do sistema hidrelétrico, de custo elevado além de causar forte impacto socioambiental. O sistema fotovoltaico reduz de forma significativa o valor da conta de luz, embora mantendo o mesmo conforto e a qualidade da energia elétrica obtida das concessionárias do setor elétrico, e com isso busca-se, através de programas de conscientização incentivando a expansão da microgeração de energia, em especial da geração solar, que é uma evolução no processo de conservação de energia para a sustentabilidade do meio ambiente.

Palavra-chave: Energia Fotovoltaica. Energia Renovável. Sustentabilidade.

STUDY OF THE IMPLEMENTATION OF AN ENERGY SYSTEM PHOTOVOLTAIC SOLAR IN A SINGLE-FAMILY RESIDENCE

Abstract

This work aims to demonstrate a clean and renewable energy process, and to give an overview of the progress of a branch of this wide range of options. Within this context, this Article deals with photovoltaic solar energy, addressing its use,

¹Graduado em Engenharia Civil pelo UGB/FERP.

²Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Veiga de Almeida.

advantages, disadvantages and its components. Brazil cannot fail to invest in this area and it is of great importance that studies carried out in this direction are promoted and encouraged, showing a new sustainable path. Presenting a hypothetical study where the installation of the photovoltaic system and its technical and economic feasibility of implementing this resource is compared with the current consumption of electricity, which is a resource of the hydroelectric system, with high cost in addition to causing a strong socio-environmental impact. The photovoltaic system significantly reduces the value of the electricity bill, while maintaining the same comfort and quality of the electric energy obtained from the concessionaires in the electricity sector, and with that it is sought, through awareness programs encouraging the expansion of the microgeneration of energy, especially from solar generation, which is an evolution in the energy conservation process for the sustainability of the environment.

Keywords: Photovoltaic's Energy. Renewable Energy. Sustainability.

Introdução

Existem vários tipos de geração de energia elétrica no Brasil, sendo uma delas a hidrelétrica que é a principal fonte de energia utilizada e atualmente 90% da energia elétrica consumida no país, as usinas termoelétricas que atualmente é 3% da energia, o gás natural, o petróleo, carvão, biomassa, energia eólica, complementando uma pequena parte de utilização pela população.

Este Artigo visa citar sobre a energia fotovoltaica, que é uma energia limpa e renovável, pois em nossa história recente no ano de 2013 começou a se fazer o uso das usinas termoelétricas já que as hidrelétricas não estavam atendendo a demanda de consumo de energia para a população. Os estados do Rio de Janeiro e São Paulo sofreram devido aos baixos níveis de chuva, com utilização das usinas termoelétricas faz-se com que a energia fique mais cara, incluindo valores adicionais nas faturas de consumo de energia elétrica, caracterizadas por bandeiras amarelas e vermelhas. Não só o Rio de Janeiro e São Paulo, o Brasil precisa de uma energia limpa e renovável, com menor custo de geração e distribuição.

A construção de uma usina hidrelétrica é um dano irreversível ao meio ambiente, pois a sua construção vem destruir fauna e flora, devido a sua área de ocupação porque é necessário a devastação de uma área verde enorme para

construção das barragens além de custar aos cofres públicos um valor entre 15 e 30 bilhões de reais.

A energia elétrica é um recurso caro, que causa um impacto socioambiental ao planeta, porque para que a mesma chegue as residências passa por construção, produção, transmissão, distribuição e utilização dessa energia, nesse contexto é necessário o cuidado não só da produção da energia mas também de como usar a energia de forma consciente.

Assim sendo este Artigo aborda a energia fotovoltaica que tem como objetivos analisar a viabilidade técnico-econômico de implantação desse sistema, além de estudar o sistema conectado a rede (on grid), mostrando uma nova tecnologia de redução de impacto sócio-ambiental e econômico.

Metodologia

Este Artigo foi elaborado através de pesquisa bibliográfica. Os procedimentos utilizados para a obtenção das informações foi por meio de pesquisas de artigos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações, consultas e paginas da internet, fazendo análise de um consumo médio mensal de um fornecimento tradicional e comparando com um estudo hipotético de instalação de um sistema fotovoltaico.

Contextualização da Pesquisa – Recurso Solar

A energia solar é produzida pelo Sol que pode ser convertida em energia útil, quer para a produção de eletricidade ou de calor. Segundo estudos, o total de energia solar absorvida pela atmosfera terrestre, oceanos e as massas da Terra em uma hora, equivale ao total de energia que a humanidade utiliza em um ano.

Outro dado importante é que a quantidade de energia solar que atinge a superfície do planeta é tão grande que, em um ano, é o mesmo que cerca de duas

vezes o que seria gerado a partir do consumo (queima, transformação, etc) de todos os recursos não-renováveis da Terra combinados, como carvão, petróleo, gás natural.

Vantagens da Energia Fotovoltaica

Trata-se de uma energia não poluente, renovável, fonte alternativa, auto-suficiente, silenciosa, que segundo pesquisas mostram que um imóvel que visa a sustentabilidade pode ser valorizado em até 30% a mais do seu valor de mercado. Assim como abordado no estudo abaixo o retorno do investimento é em médio prazo mostrando que é possível que em novos empreendimentos, as empresas e engenheiros projetem construções pensando nessa nova tecnologia.

Desvantagens da Energia Fotovoltaica

Ponto de vista arquitetônico, problemas de ineficiência, a luz não é totalmente absorvida e também refletida, forma disseminada (não concentrada) o Sol não ilumina igualmente todos os lugares da Terra também nem sempre de forma contínua, precisando ser descoberta uma maneira de levar essa energia gerada nas regiões ensolaradas para as regiões menos ensolaradas, disponibilidade descontínua (dia/noite), variações casuais (chuva).

Caracterização Histórica da Energia Fotovoltaica

Esta descoberta deu-se por acaso quando cientista (HEINRICH HERTZ, 1887), investigava a natureza eletromagnética da luz. Estudando a produção de descargas elétricas entre duas superfícies de metal em potenciais diferentes, ele observou que uma faísca proveniente de uma superfície gerava uma faísca secundária na outra. Como esta era difícil de ser visualizada, Hertz construiu uma proteção sobre o sistema para evitar a dispersão da luz. No entanto, isto causou

uma diminuição da faísca secundária. Na seqüência dos seus experimentos ele constatou que o fenômeno não era de natureza eletrostática, pois não havia diferença se a proteção era feita de material condutor ou isolante. Após uma série de experimentos, Hertz, confirmou o seu palpite de que a luz poderia gerar faíscas. Também chegou à conclusão que o fenômeno deveria ser devido apenas à luz ultravioleta.

Gestão do Sistema de Compensação de Energia Elétrica

É uma nova tecnologia que tem um grande potencial para ser ainda mais explorada, o sistema de compensação se baseia no relógio bidirecional conforme figura 1, que contabiliza o que o sistema da casa enviou para a rede pública e quando a necessidade da energia da rede pública ser utilizada o mesmo relógio bidirecional conta o que foi utilizado pela residência e na conta de luz são descontados os kilowatts gerados ou se gerou mais do que gastou fica como crédito.

De acordo com a (RESOLUÇÃO 482/2012 DA ANEEL) e sua modificação na Lei 687/2015, o arranjo das placas solares no qual a energia elétrica ativa injetada na unidade consumidora com micro geração ou mini geração distribuída é cedida por meio de empréstimo gratuito a distribuidora local e posteriormente compensada com consumo de energia elétrica ativa ou seja no período diurno a energia gerada é enviada para a concessionária e no período noturno utiliza a energia produzida essa energia gerada é usada para abater o consumo de energia elétrica da unidade. Quando a geração for maior que o consumo o saldo positivo será utilizado para abater o consumo na conta de energia elétrica. Os créditos gerados são validos por 60 meses. Os créditos também podem ser compartilhados em uma outra unidade que esteja cadastrada e dentro da área de concessão. Após a instalação, a economia é imediata e já pode ser vista a partir da primeira conta de luz.

Figura 1. Relógio Bidirecional



Fonte: Google (2017).

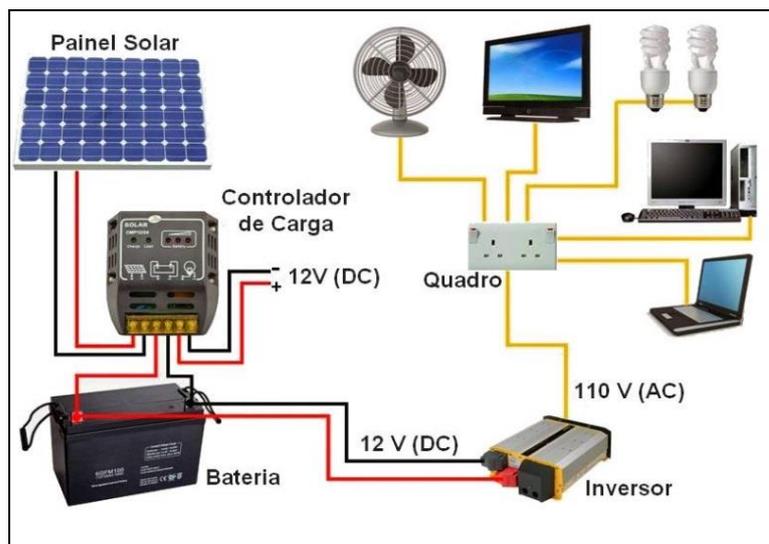
Conhecendo o Sistema Construtivo das Placas Fotovoltaicas

Existem dois tipos de instalações de projetos de geração de energia solar o Sistema Autônomo (off grid) conforme a figura 2 e o Sistema Conectado à Rede (on grid) conforme a figura 3.

No sistema autônomo o painel gera energia para consumo próprio, sem interferência da concessionária de energia, sendo acumulada, através do uso de baterias, para consumo nos momentos em que não há insolação ou esta é insuficiente. No sistema conectado à rede ele é projetado para gerar energia suficiente para atender à demanda de consumo da residência, comércio ou indústria. O excedente de energia gerada e não consumida é devolvida à rede, ou seja, o sistema contribui para a incorporação de energia elétrica na rede distribuidora local.

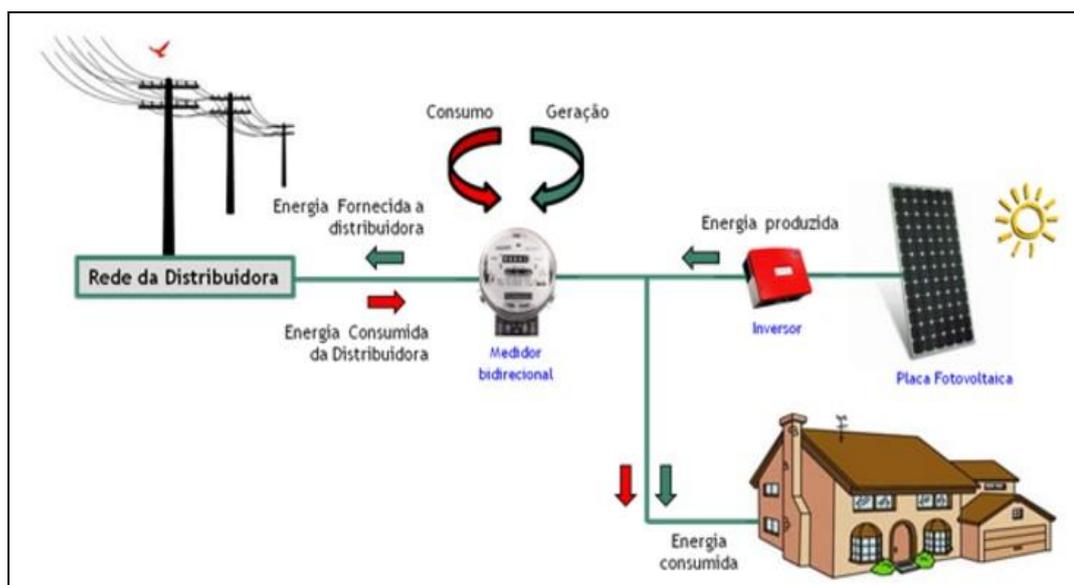
Os painéis solares captam a luz do sol e através de inversores de frequência, que convertem a energia contínua em energia alternada que é a energia elétrica compatível para uso.

Figura 2. Sistema Autônomo (off grid)



Fonte: Google (2017)

Figura 3. Sistema Conectado à Rede (on grid)



Fonte: Google (2017)

Caracterização do Painel Fotovoltaico

Ele é constituído de unidades menores chamadas de células solares conforme a figura 4, que são feitas de silício, que é o segundo elemento mais comum na Terra e é um semi-condutor que juntamente com camadas condutoras produz a energia. Os painéis duram 25 anos, são resistentes a chuva de granizo e uma pessoa de 100Kg pode andar em cima dos painéis.

Figura 4: Arranjo físico de placas em um telhado.



Fonte: Google (2017)

Caracterização das Células Fotovoltaicas

As células solares possuem átomos realizando 4 ligações com seus vizinhos mantendo assim os seus elétrons presos porém nesse equipamento uma das camadas é tratada com fósforo e é constituída com elétrons extras e a outra com boro e passa a ter uma carência de elétrons deixando “buracos vazios” e assim a primeira metade tratada com fósforo com a carga negativa e a segunda metade tratada com boro com a carga positiva que juntas formam a junção P/N, quando um fóton proveniente da luz solar atinge esse sistema ele pode excitar um elétron o suficiente para que ele saia de sua posição original e passe a se mover livremente e o mesmo é válido para o “buraco” deixado na sua ausência esse fenômeno se

chama: efeito fotoelétrico. E por causa da polarização os elétrons viajam somente em direção ao lado negativo e os “buracos” para o positivo dessa forma essas partículas negativas seguem caminho para o fio gerando a energia elétrica, que retorna para o silício fechando o ciclo. Praticamente nada se perde porque na sua volta já tem o espaço para que o elétron possa ocupá-lo.

A razão de ainda não ser uma realidade são os fatores econômicos pois é uma tecnologia recente e cara e tem problemas de ineficiência, a luz não é totalmente absorvida e também refletida e até quando libera um elétron pode não entrar em um circuito porque já preencheu um buraco antes, e essa energia é perdida. Os painéis mais modernos são capazes de converter cerca de 46% da energia solar em energia elétrica e esses modelos são destinados a satélites e os comerciais uma eficiência de 15% à 20% o próprio silício é uma matéria difícil de se lidar para a manufatura das placas e os outros elementos mais fáceis fazem com que a eficiência diminua mais, fazendo com que seja uma tecnologia não barata.

O Processo e Funcionalidade do Aparelho Inversor

A corrente contínua gerada pelas placas passa pelo inversor conforme a figura 5, que converte essa energia em corrente alternada que é padrão elétrico e alimenta a maioria das casas e equipamentos elétricos e eletrônicos a corrente alternada percorre até o quadro de energia que alimenta todas as tomadas, pontos elétricos e a iluminação da casa.

Figura 5. Inversor



Fonte: Google (2017)

Estudo Hipotético

Para efeito de cálculo, hipoteticamente será feita uma avaliação de uma casa unifamiliar de área construída de 150 m², com uma cobertura de telhado 82 m², dois andares sendo habitada por cinco pessoas.

Composta por três quartos com ar-condicionado, sala, copa, cozinha, dois banheiros com chuveiros elétricos, varanda, área de serviço e garagem e o sistema de alimentação da residência é trifásico, a mesma é situada na Rua X, N^o X na cidade de Nova Iguaçu.

Algumas situações que podem acontecer:

Primeira Situação: Toda energia solar produzida é consumida pela casa, portanto não há consumo de energia elétrica da rede pública.

Segunda Situação: Toda energia solar produzida não é consumida pela casa e torna como geração de créditos em kWh para o medidor bidirecional.

Terceira Situação: Toda energia solar gerada não é suficiente, sendo necessário o uso da energia da rede pública.

Quarta Situação: De noite ou em dias nublados quando não há geração de energia, quando há necessidade de energia elétrica da rede pública utilização dos créditos de kWh gerados.

Descrição da Implantação e Funcionamento do Sistema Fotovoltaico

Considera-se uma placa padrão, com sessenta células e dimensão de 1.640mm x 990mm e espessura 35mm, que gera 275 watt pico. O watt pico é quando o sol está no seu pico, por exemplo ao meio dia a célula gera os 275 watt pico máximo. A quantidade de luz que vai incidir sobre o painel fotovoltaico é o fator principal para o correto funcionamento do sistema.

O painel é fixado no telhado e/ou laje da residência com um certo ângulo que é dado de acordo com a latitude do local onde o sistema será instalado (essa latitude é a distância medida em graus da linha do equador aos pólos variando entre 0° e 90°), no Brasil fica localizado entre os paralelos 5° e 33° graus, nesse caso será instalado com 23° graus de inclinação (retirado do site CRECESB), voltado para a posição geográfica Norte, as placas são ligadas no inversor que por sua vez é ligado em um sistema de proteção composto de dois disjuntores, sendo que um disjuntor desarma se a placa ou a rede for atingida por raios que irá desligar todo o sistema para proteger o inversor, após passar pelas proteções é ligado no QDC no disjuntor geral da rede que vai alimentar a residência e outra fiação é ligada no relógio bidirecional e por sua vez ligado na rede pública.

Dados para o Cálculo

O cálculo para implantação do sistema fotovoltaico será realizado com base no consumo médio estimado de 650 kWh/mês conforme quadro 1 abaixo de uma residência hipotética como mencionado. O cálculo é realizado com base no retorno do investimento que o cliente terá, e para que o mesmo possa quitar o investimento dentro de 60 (sessenta) ou 72 (setenta e dois) meses e o mesmo passe a pagar somente a tarifa mínima (custo de disponibilidade da rede) da concessionária que é cobrado através do sistema de alimentação que supre a residência em questão, nas seguintes condições: Sendo monofásico a tarifa correspondente a ser paga pelo cliente é de 30kWh/mês, no caso de bifásico a tarifa correspondente será de 50 kWh/mês e no caso de trifásico a tarifa correspondente será de 100 kWh/mês. O

sistema não necessita de manutenção, porém recomenda-se que não havendo chuva após 3 (três) meses que se passe um pano úmido nas placas para retirar a poeira, a fim de evitar o impedindo da incidência de luz para que não atrapalhe na geração de energia.

Para que o sistema seja instalado na residência do cliente é estimado um prazo entre 120 (cento e vinte) e 150 (cento de cinquenta) dias, considerando que a empresa contratada para executar a instalação do referido sistema elabore um projeto com responsabilidade de um engenheiro, mediante o preenchimento e pagamento da Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, formulário emitido eletronicamente pelo CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia, sendo enviado para a concessionária para a parte burocrática. Para que seja realizado o calculo, segue abaixo o roteiro.

1º Passo: Para se obter uma média do consumo de uma residência soma-se o total em kWh de cada mês consumido em um ano e divide-se por doze ($7.801 / 12 = 650\text{kWh/mês}$). Exemplo de um consumo hipotético respeitando o período sazonal (período quente e período frio), indicado no quadro 1.

Quadro 1. Consumo Mensal

Consumo Mensal	
Mês	kWh
jun/16	530
jul/16	547
ago/16	513
set/16	556
out/16	580
nov/16	507
dez/16	757
jan/17	1002
fev/17	686
mar/17	883
abr/17	610
mai/17	630
Total:	7.801
Média:	650,0833

Fonte: Pesquisa do Autor (2017).

2º Passo: Subtrai a média de consumo do custo de disponibilidade, que me dará a real média de cálculo.

$$650\text{kWh/mês} - 100\text{kWh/mês} = 550\text{kWh/mês}$$

3º Passo: A média é dividida pelo período de 30 dias, e o resultado dessa divisão vai me passar o quanto em quilowatt o sistema vai precisar produzir de energia elétrica por dia para suprir a necessidade da casa e o cliente pagar somente a tarifa mínima (o custo de disponibilidade).

$$550\text{kWh} / 30\text{dias} = 18,3 \text{ kWh/dia}$$

4º Passo: Para esse próximo passo é necessário saber a irradiação solar no plano horizontal da cidade que é dado pelo site do CRECESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito), para obter essa informação faz-se a busca no Google *maps* para ter a longitude e latitude da localidade onde será instalado o sistema, inserindo os dados no site do CRECESB, porém o programa lista somente três municípios do Rio de Janeiro que são os municípios da Penha, Jardim Botânico e Santa Cruz, o site orienta selecionar a cidade mais próxima nesse caso os dados colhidos foram do município de Santa Cruz que mais se parece com o clima e geograficamente com o município de Nova Iguaçu e mostra que no mês de Fevereiro a irradiação solar no plano horizontal onde encontramos a melhor hipótese de 5,33 kWh/m²/dia e em Junho a pior hipótese de 3,31 kWh/m²/dia, nesse caso utiliza-se a média anual de 4,57 kWh/m²/dia. Divide-se o quanto em quilowatt o painel vai precisar produzir pela média da cidade mais próxima que é 4,66 kWh/m²/dia o resultado me diz o quanto em quilowatt pico vou precisar do meu arranjo fotovoltaico.

$$18,3 \text{ kWh/dia} / 4,66 = 4,004376368\text{kWp} = 4 \text{ kWp.}$$

5º Passo: Para saber quantas placas irei precisar no meu arranjo dividi-se o quando em quilowatt pico vou precisar do meu arranjo fotovoltaico por quanto a placa escolhida produz segundo seu manual diz que em quilowatt pico.

4kWp para: 4000watt e 275Wp.

$$4000 / 275 = 14,5 \Rightarrow 15$$

15 placas solares de 275Wp.

6º Passo: Dimensionamento do Inversor, multiplico a quantidade de placas por quanto a placa produz em quilowatt pico. Após o resultado procura-se o inversor que vai atender o valor encontrado.

$$15 \times 275 = 4.125Wp.$$

Será necessário um inversor com potência maior que 4.125Wp.

O inversor escolhido é um de 4.5Wp, esse inversor entrega 4.500W.

E sua entrada máxima de corrente continua desse inversor é de 1000V e temos 15 placas que produzem 30.8V conforme manual do fabricante da placa, teremos um arranjo de 462V de entrada de corrente continua ($15 \times 30.8V = 462V$).

Orçamento

Cada placa de 275Watts custará R\$ 620,00; (totalizando: $15 \times 620,00$: R\$ 9.300,00).

O inversor on grid trifásico de 4.5Wp R\$ 8.300,00

A estrutura metálica custará R\$ 4.800,00

Os cabos, disjuntores, quadros custará R\$ 2.600,000

Total de material será: R\$ 25.000,00

Mais a instalação e o despacho junto a concessionária onde o padrão de cobrança das empresas prestadoras de serviço de instalação é de 30% (trinta por cento) em cima do material que será mais R\$ 7.500,00.

Sendo assim a instalação para essa residência sairá em um total de R\$ 32.500,00 (Trinta e Dois Mil e Quinhentos Reais).

Retorno do Investimento

Dividir o total em reais da fatura pelos quilowatts hora mês da fatura (se não vier detalhado na fatura) para assim saber a tarifa que a concessionária cobra por kWh, tendo esse valor em mãos multiplicar a tarifação da concessionária pela tarifa mínima (custo de disponibilidade da rede) da concessionária que é cobrado através do sistema de alimentação. Logo após diminuir o resultado do valor total da fatura.

$$\text{R\$ } 526,50 / 650\text{kWh} = \text{R\$ } 0,81$$

$$100 \text{ kWh/mês} \times \text{R\$ } 0,81 = \text{R\$ } 81,00$$

$$\text{R\$ } 526,50 - \text{R\$ } 81,00 = \text{R\$ } 445,50$$

Dividir o valor total da instalação do sistema Fotovoltaico que custou R\$ 32.500,00 (Trinta e Dois Mil e Quinhentos Reais) por R\$ 445,50 = 72,95173962, que vai dar o retorno do investimento no total de 72.9 meses.

Para demonstração segue o preço médio da Instalação de energia solar fotovoltaica residencial:

- Casa pequena, com 2 pessoas = Sistema de 1.5Kwp varia de R\$ 15.000 a R\$ 20.000

- Casa média, de 3 a 4 pessoas = Sistema de 2Kwp varia de R\$ 19.000 a R\$ 24.000
- Casa média, 4 pessoas = Sistema de 3Kwp varia R\$ 25.000 a R\$ 32.000
- Casa grande, 4 a 5 pessoas = Sistema de 4Kwp varia de R\$ 32.000 a R\$ 40.000
- Casa grande, 5 pessoas = Sistema de 5Kwp varia de R\$ 36.500 a R\$ 46.500

Considerações Finais

Este Artigo conclui que a geração de energia utilizando o sistema fotovoltaico como energia renovável é muito vantajoso, tanto quanto as questões econômicas e principalmente ao meio ambiente. Lamentavelmente sem um apoio governamental, incentivando o desenvolvimento desse método torna-se inviável para grande parte da população, visto que o custo de implantação do mesmo ainda é muito elevado, assim como o caso hipotético estudado acima está dentro do prazo estimado para quitação do investimento e com um valor elevado, considerando ainda vantajoso devido ao prazo de vida útil das placas fotovoltaicas. Contudo pode-se afirmar que incentivar a expansão da micro geração de energia, em especial da geração solar, é uma evolução.

Com a crescente preocupação da preservação do meio ambiente e uma possível crise hídrica no Brasil a consolidação da tecnologia fotovoltaica será um novo caminho para a preservação e geração de energia limpa.

Referências

Casa Solar. **Painel Fotovoltaico.** Disponível em:
<http://www.inventhar.com.br/casasolar/saiba-painel.php>. Acesso em: 10/04/2017.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&> -. Acesso em: 24/05/2017.

DAZCAL, Rafael Guershom; MELLO JÚNIOR, Antônio Gonçalves. Estudo da Implementação de um Sistema de Energia Solar Fotovoltaica em um Edifício da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Abenge, Brasília, 2007.

FONSECA, Vinicius de Moraes. Energia Renovável: energia fotovoltaica em uma construção residencial, 2017.

Fronius. Disponível em: http://www.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-84336385-A2A1D28F/fronius_brasil/hs.xsl/7552_10823.htm#.WSuM_Ovyu1s. Acesso em: 04/06/2017.

Instituto de Física. Disponível em: www.if.ufrgs.br. Acesso em: 07/04/2017.

Portal Solar. Tipos de Painel Solar Fotovoltaico. Disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>. Acesso em: 04/06/2017.

PINHEIRO, José Guilherme Leitão; MOTTA, Ana Lucia Torres Seroa da. Avaliação do Desempenho do Projeto Comunidade Eficiente no Bairro Jardim Nova Era, Cidade de Nova Iguaçu/RJ. Projectus, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, pág 49-61, out/dez, 2016.

Teslasol. Entenda como funciona um sistema fotovoltaico. Disponível em: <http://teslasol.com.br/>. Acesso em: 10/05/2017.

Yngli Solar. Energia Solar. Disponível em: <http://www.ynglisolar.com/br/about/contact/>. Acesso em: 04/06/2017

Produtos Multicrystalline. Disponível em: <http://www.ynglisolar.com/br/products/multicrystalline/yge-60-cell-series/>. Acesso em: 04/06/2017