

APLICAÇÃO DO CAD E FMEA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

APPLIANCE CAD AND FMEA FOR THE IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC

Jorge Henrique Sales¹; Geovana Pires A. Lima².

¹Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC – Ilhéus/ Bahia – Brasil

jhosales@uesc.br

² Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC – Ilhéus/ Bahia – Brasil

geovanapires1907@hotmail.com

Resumo

O presente artigo visa discutir a viabilidade na implementação de um sistema fotoelétrico isolado para redução de custos com eletricidade usando como exemplo uma residência. Para tanto, foram selecionados somente os equipamentos de iluminação, devido à utilização mais comum. Em seguida foi utilizada uma ferramenta CAD com intuito de projetar o pavilhão em 3D para a realização da distribuição do sistema fotoelétrico, com o objetivo de encontrar o melhor percentual de rendimento. Posteriormente, tem-se a realização do levantamento fotoelétrico: a definição do número de painéis, o modelo e a quantidade de conversores de corrente. Com os resultados obtidos, foi possível comparar o investimento feito no sistema fotoelétrico e relacionar com os custos da energia elétrica durante 30 anos, o qual é período de vida médio dos painéis fotoelétricos. E para agregar maior confiabilidade ao produto, fora utilizada a ferramenta de análise de falha, o FMEA.

Palavras-chave: Energia solar, CAD, FMEA, Sustentabilidade.

Abstract

This article discusses the viability of implementation of an isolated photoelectric system to reduction electricity cost using as example a house. Therefore, only lighting equipments and air conditioners were selected, by reason of most commonly used. Secondly, a tool CAD was used for the purposes of projecting the pavilion in 3D to the realization of distribution photoelectric system, in order to find the best percentage of profit. Subsequently, the photoelectric survey was realized to definition of numbers of panels, the model and the quantity of current converter. The result obtained showed that was possible to compare the investment made in the photovoltaic system and relating with the electric power costs during 30 years, which is the average life-cycle of photovoltaic panels. And for aggregate more reliability to the product, failure analysis tool was used, the FMEA.

Key-words: Solar Energy, CAD, FMEA, Sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O Sol é fonte de energia renovável e o emprego desta energia tanto como fonte de luz quanto de calor é uma das alternativas energéticas mais promissoras para ser humano enfrentar os desafios que surgem ano após ano. A energia solar é abundante e possui atributos que a torna única, a começar pelo fato de ser renovável, uma fonte limpa de energia, e praticamente inesgotável, permanente e sustentável, não prejudicando ecossistemas.

Segundo Young e Freedman (2009), no momento em que a radiação solar incide sobre a superfície de alguma matéria, em condições adequadas, ocasionam na excitação e liberação de elétrons. Quando essa liberação de elétrons ocorre é possível ordená-los e criar a corrente elétrica.

A energia que chega a Terra liberada pelo Sol em um ano é cerca de 10 mil vezes maior do que a consumida pelo planeta durante esse período. A utilização de energia solar através de painéis fotovoltaicos é bastante viável se levado em consideração os benefícios que ela oferece, como a preservação do meio ambiente, pois não gera contaminação no local onde será utilizada, não influi no efeito estufa e não necessita de combustível, apenas incidência solar. Além de todos esses benefícios ecológicos, ela também resiste a condições climáticas adversas com bastante segurança, sua manutenção é quase que nula para sistemas integrados à rede elétrica convencional e o mais importante é que sua vida útil ultrapassa duas décadas, sem quedas bruscas de rendimento caso o sistema seja utilizado de forma adequada, isto porque a tecnologia de células solares é bastante trabalhada, com cerca de 50 anos de desenvolvimentos contínuos. Contudo os sistemas fotovoltaicos conectados à rede em edificações podem atuar em sinergia com o sistema de distribuição, minimizando a carga. No entanto, como todo sistema tem suas desvantagens, a implantação de energia solar ainda exige altos investimentos para seu aproveitamento, o que nos remete a indagar a real viabilidade dessa tecnologia.

A realização de um levantamento fotoelétrico permite buscar a quantidade ideal de painéis solares. Para tanto, faz-se necessário a realização de cálculos precisos, a fim de evitar prejuízos que inviabilizem a implementação do projeto. Além disso, o levantamento permite obter a melhor alocação das placas, sendo que, esse arranjo pode aumentar significativamente a eficiência do sistema.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto de viabilidade energética é um estudo de caso e para sua realização foram seguidas as etapas: transferência do projeto da casa onde será implementado o sistema fotovoltaico em duas dimensões para três dimensões, levantamento da capacidade energética do local utilizando painéis solares e o estudo da viabilidade da utilização do sistema fotoelétrico comparando com o fornecimento da rede elétrica convencional.

Segundo (SOLAR BRASIL) para a realização do levantamento fotoelétrico, a Solarterra, uma empresa especializada em projetos de energias alternativas, destaca os passos para o dimensionamento e a instalação de painéis fotovoltaicos. Através de pesquisa entre fornecedores da tecnologia para a região pode-se avaliar a capacidade energética do local, a potência adequada dos painéis e as informações sobre o produto.

Com esses dados foi possível estimar a potência do sistema completo no período de vida útil do sistema, o valor a ser investido para a aquisição dos equipamentos e o seu rendimento. Além disso, foi possível comparar as tarifas já pagas à concessionária e os possíveis custos para utilização de painéis solares e então sugerir o melhor investimento a ser feito.

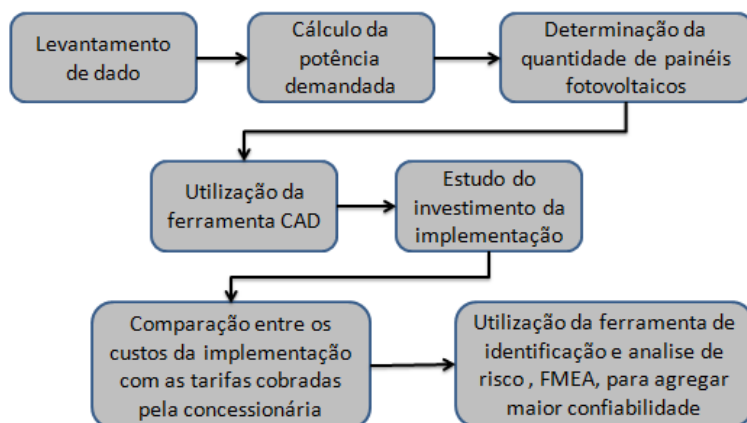


Figura 1 –Esquema geral da metodologia empregada.

Fonte: Autoria própria.

3. ESTUDO DA VIABILIDADE DE UM SISTEMA FOTOELÉTRICO

Para realizar o estudo em questão, foi escolhido o sistema mais utilizado da casa localizada na região cacauceira, o de iluminação.

Para concretização do dimensionamento fotoelétrico, deve-se primeiramente determinar a potência demandada no estabelecimento identificando quais equipamentos que deverá receber a carga fornecida pelos painéis. Para tanto, para encontrar a carga necessária da iluminação no sistema elétrico da casa foi realizada a contagem das lâmpadas utilizadas, verificada a potência de cada uma delas e seu período de utilização. Dessa forma, encontrou-se a demanda de potência diária de todo esse sistema:

Tabela 1 – Potência diária demanda pela iluminação.

DEMANDA DE CARGA PARA ILUMINAÇÃO				
Aparelho	Quant.	Horas de uso por dia	Consumo (W)	Total Wh/Dia
Lâmpadas de Baixo Consumo	121	7 horas	8 W	6776 W
Lâmpadas Incandescentes	8	7 horas	60 W	3360 W
Total do consumo				10136 W
Perda de rendimento do conversor 10%				1013,6 W
TOTAL Wh/Dia				11149,6 W

Fonte: Autoria própria.

Em seguida, é necessário determinar a potência dos conversores somando toda a carga produzida pelo sistema. O conversor é fundamental para o sistema de distribuição, pois a energia gerada pelos painéis está na forma de corrente contínua e a energia fornecida pela distribuição normal é em forma de corrente alternada. A utilização dele permite que exista a conversão CC – CA na frequência ideal para que possa abastecer o local pretendido. O processo de conversão gera uma

perda de até 10% na potência gerada pelos painéis e essa variável deve ser considerada durante a realização do levantamento. O conversor deve está de acordo com a tensão gerada Aparelhos Elétricos Conversor de Sistema Fotovoltaico Corrente Sistema de Contador de Energia Distribuição Normal 7 pelos painéis fotovoltaicos e nunca pode existir sobrecarga ou qualquer outro imprevisto no sistema de distribuição.

Os conversores trabalham com uma Potência de Pico que deve ser superior a toda potência produzida pelo sistema fotovoltaico. Essa potência pode ser alcançada nos horários em que existe maior altura solar e os painéis chegam ao seu maior rendimento diário e é determinada pela equação abaixo:

$$P_p = \frac{P_s}{T} \quad (1)$$

onde, P_p é a potência de pico, P_s é a potência produzida pelo sistema e T é o período de utilização diário.

O rendimento de sistemas fotovoltaicos está diretamente ligado à incidência solar sobre a região em que vai ser utilizados. O movimento de translação da Terra e a latitude fazem com que o rendimento da potência diária tenha variações durante o ano, sendo que quanto maior a latitude maior será a variação da radiação solar diária. Para realizar o levantamento do potencial energético do sistema fotovoltaico é necessário estimar a média anual de irradiação solar na região em que vai ser instalado. A Figura 2 demonstra o território nacional levando em conta a capacidade energética por região.

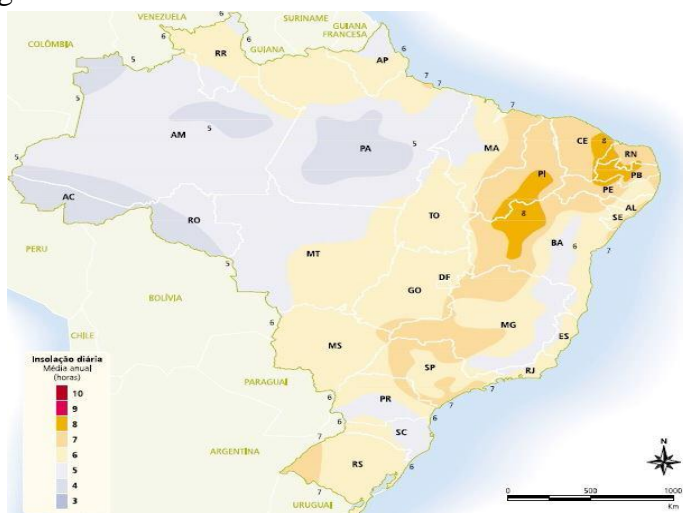


Figura 2 - Mapa da insolação média anual brasileira.

Fonte: ATLAS Solarimétrico do Brasil. (2000).

Sendo a irradiação média na cidade de Ilhéus fica por volta de 7 horas diárias, conforme observado na Figura 2, apresentada pelo ATLAS (2000) e a potência produzida pelo sistema 1540 W, como mostra a Tabela 1, aplicando os valores na Eq. (1), obtém-se:

$$P_p = \frac{1540 \text{ W}}{7 \text{ Horas}} = 220 \text{ W/h}$$

Segundo as empresa fornecedoras de painéis, o melhor painel a ser utilizado na região apresenta potência de pico de 135 Watts e corrente diária de 37,2 Ampères, com tensão em corrente contínua de 12 V, com peso de 12,5 Kg, altura de 0,668m, largura 1,5 m e espessura 0,046 m.

O cálculo do número de painéis a ser utilizados depende da potência solicitada pelo sistema e levando em consideração o rendimento do conversor. A Eq. (2) mostra como encontrar o Número

Painéis (N_p) necessários levando em consideração à potência produzida pelo sistema, a corrente por Painel (C_p) em ampères e a tensão nominal do painel fotovoltaico em corrente contínua (V_{CC}):

$$N_p = \frac{P_s}{C_p \times V_{CC}} \quad (2)$$

Assim,

$$N_p = \frac{1540 \text{ W}}{37,2 \text{ A} \times 12 \text{ V}} = 3,45 \cong 4 \text{ Painéis}$$

3.1 POSICIONAMENTO DO SISTEMA FOTOELÉTRICO

O rendimento do sistema fotoelétrico depende diretamente da incidência solar. Os painéis devem estar sempre direcionados ao sol para que exista a maior captação da luz durante todo o ano. No hemisfério sul, onde está localizada a cidade de Ilhéus, os módulos devem estar orientados para o Norte Geográfico. Como módulos sempre têm que estar inclinados em relação ao plano horizontal para a direção Norte Geográfico. O ângulo vai depender da latitude da cidade de Ilhéus que é aproximadamente $14^\circ 47' 20''$ (APOLO11, 2013). E de acordo com a Tabela 1, tem-se que o ângulo de inclinação dos painéis de 19° , de acordo com a Figura 3.

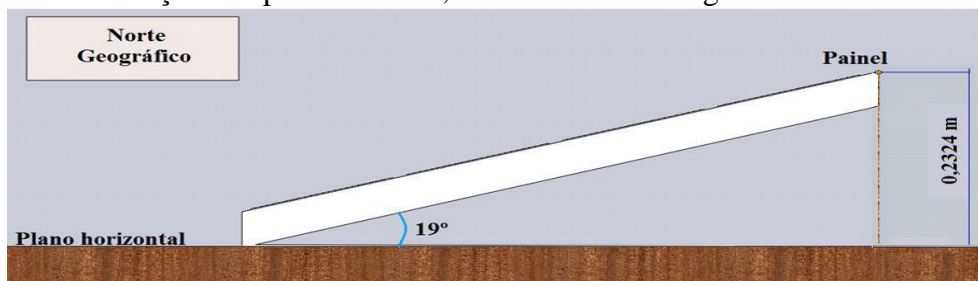


Figura 3: Visão lateral da inclinação de 19° do painel solar em relação ao plano horizontal para a residência em questão.

. Fonte: Almeida (2013).

Pode-se definir o espaçamento mínimo E_m entre os painéis. Para isso deve-se utilizar novamente a latitude da cidade de Ilhéus e encontrar o F_e e a altura do painel:

$$E_m = F_e \times A_o$$

(3)

onde:

E_m = Espaçamento mínimo;

F_e = Fator de espaçamento;

A_o = Altura do objeto.

$$E_m = 2 \times 0,2324 = 0,4648 \text{ m}$$

Com a planta da residência em destaque, que foi transferida para 3D utilizando o CAD e com os dados obtidos anteriormente pode-se colocar os painéis solares, de acordo com a Figura 4.



Figura 4- Representação em 3D da residência analisada para implementação do sistema fotovoltaico.
 Fonte: Autoria própria.

Enfim, com a quantidade de painéis fotovoltaicos já determinados pode-se analisar os investimentos para implementação do sistema fotovoltaicos e as comparações com os custos pagos pela residência a concessionária.

O prazo estipulado para a análise de retorno do investimento foi de 30 anos, pois essa é a expectativa de vida dos painéis fotovoltaicos. O conversor de carga tem vida útil menor e nesse mesmo período é necessário realizar duas trocas em média, ou seja, é necessário trocar de aparelho a cada 10 anos. Os custos dos sistemas fotovoltaicos para 30 anos são mostrados na Tabela 2. Os preços dos equipamentos foram obtidos junto a um fornecedor da região.

Tabela 1 - Custo total dos equipamentos do sistema fotovoltaico para abastecer a iluminação por um período de 30 anos.

CUSTO DO EQUIPAMENTO PARA A ILUMINAÇÃO EM 30 ANOS

Item	Preço por Unidade	Quantidade	Valor Total
Painel Fotovoltaico KD 135	R\$ 890,00	4	R\$ 3.560,00
Conversor 250 W/h	R\$ 205,96	3	R\$ 617,88
Custo Total do Investimento			R\$ 4.177,88

Fonte: Autoria própria.

O conversor deve sempre trabalhar abaixo de sua potência de pico W/h. Esse fator deve ser considerado e, nesse caso, tem-se uma $P_p = 220$ W/h, ou seja, está abaixo da potência de pico gerada pelo sistema fotovoltaico. O sistema fotovoltaico pode oscilar sua potência de pico e geralmente existe a variação de até 5% de acima da potência máxima. Dessa forma, é recomendado que o inversor esteja sempre 10% acima da potência de pico P_p do que o sistema oferece (RÜTHER, 2004). Nesse caso, tem-se que a potência de pico do sistema P_p é de 220 W/h enquanto que o inversor tem potência de pico 250W/h, mantendo uma margem de segurança de 13,64%. (MINHA CASA SOLAR, 2013)

Desse modo, tornar-se necessário calcular a produção energética durante o 30 anos utilizando o valor do investimento nesse mesmo período:

$$P_{produzida} = (1540W \times 365 \text{ dias} \times 30 \text{ anos}) = 16,86 \text{ MWh}$$

Sendo a potência total produzida pelos painéis de 16,86 MWh em 30 anos, pode-se calcular o valor produzido por cada MWh pelo sistema fotovoltaico:

Tabela 2 - Custo por MWh do sistema considerando o investimento pela potência produzida.

Sistema	Investimento	Potência Produzida	Custo por MWh
Iluminação	R\$ 4.177,88	16,86 MWh	R\$ 247,79

Fonte: Autoria própria.

A comparação da viabilidade da instalação do sistema fotovoltaico e do fornecimento normal de energia elétrica utilizando as taxas pagas a concessionária, onde segundo (COELBA, 2013) a tarifa cobrada é de R\$0,29327 referente ao horário fora de pico, ou seja, R\$ 293,27 para cada MWh. Verificou-se que o investimento do sistema fotovoltaico possui uma tarifa inferior a tarifa cobrada pela concessionária, os valores obtidos são referentes supondo que em 30 anos a necessidade do consumo energético seja de 16,86 MWh e em 10 anos 5,62 MWh. É importante destacar que o valor apresentado para a concessionária foi a título de comparação, calculando o tarifa em relação a mesma necessidade do consumo usado nos sistemas fotovoltaico, e a tarifa da concessionária diferentemente do investimento da energia solar não fica “congelado”, há alterações no valor do preço da tarifa.

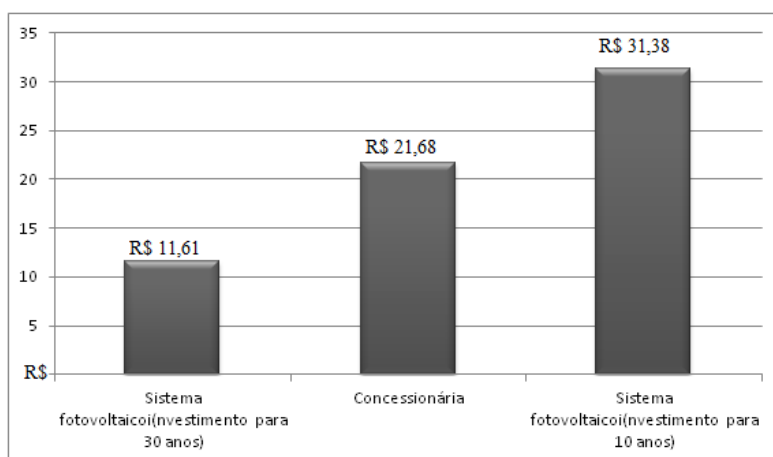


Gráfico 1 - Relação entre a tarifa cobrada mensalmente pela concessionária de energia e os investimentos em sistemas fotovoltaicos para 30 anos e 10 anos.

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4- Potência produzida pelos sistemas fotovoltaicos para o período de 30 anos.

Sistema	Potencia diária	Dias de Uso	Anos	Potencia produzida
Iluminação	1540 W	365	30	16,86 MWh

Fonte: Autoria própria

Relacionando os custos encontrados no Gráfico 2, no período atual, podemos observar que a implementação de um sistema fotovoltaico é viável. Entretanto é importante ressaltar que esses investimentos não incluem outros gastos como instalação e revisão que podem chegar a acrescentar até 25% nos valores investidos no sistema, mostrado no Gráfico 2.

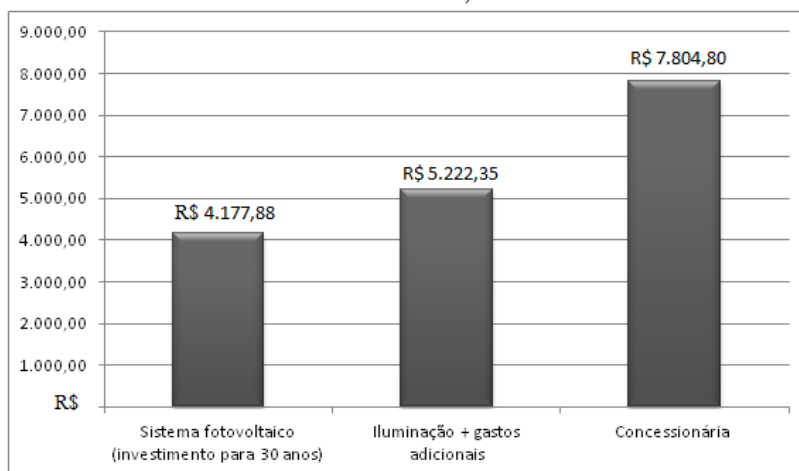


Gráfico 2 - Comparação dos investimentos totais para o sistema de iluminação após 30 anos.

Fonte: Autoria própria.

A partir do Gráfico 2, podemos concluir que mesmo com os acréscimos de até 25% previstos na instalação do sistema para a iluminação o valor paga a concessionária é superior. No cenário atual que a busca por fontes limpas de energias é indispensável, pelo fato de que a manutenção da vida na terra só poderá ser conseguida mediante o expurgo da ameaça da poluição térmica e da poluição química. Para evitar estes males é necessário começar a adotar imediatamente uma estratégia global visando aproveitar ao máximo a energia solar que é gratuita.

De acordo SHAYANI et al (2006) com o sistema fotoelétrico encontra-se em fase de desenvolvimento e os custos de implantação vêm caindo em de forma acentuada. De acordo com as tendências de alta das tarifas cobradas e a redução dos custos de fabricação de painéis solares, é possível que no máximo em uma década haja a viabilidade na implantação dessa tecnologia. De

imediatamente é possível buscar incentivos junto aos órgãos responsáveis pela energia e governos, a fim de obter benefícios pelo uso desse sistema na redução da demanda da energia convencional e estimula a utilização dessa tecnologia para região

Entretanto, quando a geração de energia obtida a partir do sistema fotovoltaico, é superior ao consumo, esta pode ser repassada para a rede, sob uma cobrança de imposto, o ICMS, simulando um caso para a taxa do ICMS, com o uso de 49 kWh em um mês por uma residência, o valor a ser pago para a concessionária é de R\$ 22,57, sendo que o ICMS que deve ser pago é equivalente a R\$ 5,19. Ou seja 25% da tarifa é referente ao ICMS (o valor total da conta é composto por outras contribuições), se não houvesse a cobrança de impostos, o valor a ser pago a concessionária seria de R\$ 14,30. A mesma taxa é cobrada quando a eficiência da geração de energia por painéis solares excede o consumo necessário.

4. APLICAÇÃO DO FMEA

Visando um funcionamento de forma adequada para o produto, ainda em fase de operação, aplicou-se a ferramenta de análise de riscos, o FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), para que seja agregado maior confiabilidade ao produto. Segundo Miguel (2006), o FMEA tem início com a definição da equipe que será responsável pela execução do projeto, em seguida devem ser definidos os itens, como os componentes do produto ou etapas do processo. Na terceira etapa devem-se coletar os dados, devendo a equipe reunir todas as informações possíveis sobre o item em estudo. A quarta etapa, todos os modos de falha e seus efeitos devem ser identificados e registrados, para serem avaliados posteriormente. Na quinta etapa são apontadas as causas do aparecimento das falhas. Na sexta etapa é verificado como estas falhas podem ser detectadas e controladas, propondo melhorias nos produtos. Na sétima determinam-se os índices de Ocorrência (O), Gravidade (G), Detecção (D). Na oitava e última fase, finalmente, calcula-se o Risco (R) para cada falha, pelo produto dos três índices anteriores:

$$R = O \times G \times D$$

Os índices de lançamento para o FMEA, são apresentados na tabela 5. A partir destes valores são mensurados os riscos do produto.

Tabela 4- Índices de lançamento para o FMEA

Ocorrência (O)		Detecção (D)		Gravidade (G)	
Probabilidade Remota	1	Muita Alta	1	Sem Gravidade	1
Probabilidade Baixa	2 a 3	Alta	2 a 3	Gravidade Baixa	2 a 3
Probabilidade Moderada	4 a 6	Moderada	4 a 6	Gravidade Moderada	4 a 6
Probabilidade Alta	7 a 8	Baixa	7 a 8	Gravidade Alta	7 a 8

Fonte: Autoria própria.

Tabela 5- Índices de análise de risco

RISCO	
Índice	Risco
1 a 50	Baixo
51 a 100	Médio
101 a 200	Alto
201 a 1000	Muito Alto

Fonte: Autoria própria

Tabela 6- Resultado da análise FMEA.

FMEA - ANÁLISE DO TIPO DE FALHA E SEUS EFEITOS														
Nome da Peça: Placa Solar fotovoltaica											Produto FMEA			
Data: 30/04/2014														
Folha 1/1														
DESCRIÇÃO DO PRODUTO	FUNÇÕES DO PRODUTO	TIPO DE FALHA POTENCIAL	EFEITO DA FALHA POTENCIAL	CAUSA	CONTROLE	O	D	G	R	PROVIDÊNCIAS DE MELHORIA	O	D	G	R
CÉLULA SOLAR	GERAR ENERGIA ELÉTRICA, ATRAVÉS DE RAIOS SOLARES	NÃO PRODUZ ENERGIA ELÉTRICA SEM QUE OCORRA INCIDÊNCIA DE RAIOS SOLARES	INSUFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM DIAS NÃO ENSOLARADOS	NECESSIDADE DOS RAIOS SOLARES PARA OCORRER O EFEITO FOTOELÉTRICO	NENHUM	5	3	4	60	UTILIZAÇÃO DE BATERIAS PARA ARMAZENAR ENERGIA, QUANDO HOUVER PRODUÇÃO EXCEDENTE	5	2	3	30
INVERSOR AC/DC	CONVERTER O SINAL ELÉTRICO DC DO GERADOR FOTOVOLTAICO NUM SINAL ELÉTRICO AC	DEVIDO A CONDIÇÃO DE USO, O INVERSOR DEVE FUNCIONAR ABAIXO DE SUA POTENCIA DE PICO	SOBRECARGA DO INVERSOR	VARIAÇÃO NA POTÊNCIA DE PICO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	NENHUM	6	3	3	54	UTILIZAR INVERSORES COM UMA MARGEM DE SEGURANÇA, DE NO MÍNIMO 10 % DA POTENCIA DE PICO DO SISTEMA	4	2	3	24

Fonte: Autoria própria.

Com a aplicação do FMEA, verificou-se que o maior risco é o fato que o sistema fotovoltaico, não produzir integralmente energia, é diretamente dependente dos raios solares, pois com a incidência deste é que ocorre o efeito fotoelétrico, e desta forma, através do inversor AC/DC é gerada energia que elétrica. Para corrigir esta falha foi sugerida a utilização de baterias, para armazenar energia, quando a geração for excedente. Entretanto, haverá uma aumento na implementação do sistema. De acordo com a tabela 5, pode-se verificar que esta falha apresenta risco médio, após a providência de melhoria, com utilização de baterias, o risco é considerado baixo.

Outra falha observada foi devido a condição de uso do inversor AC/DC, pois este não deve trabalhar abaixo da sua potência de pico, desta forma, o dimensionamento deve considerar que inversor esteja sempre 10% acima da potência de pico P_p do que o sistema oferece (RÜTHER, 2004). Uma medida corretiva para esta falha é a utilização de inversores com margem de segurança, igual ou superior a 10% acima da potência de pico fornecida pelo sistema fotovoltaico. Analisando a risco, a partir da tabela 5, pode-se observar que esta falha apresenta risco médio, após a providência de melhoria para este caso, o risco é considerado baixo.

5. CONCLUSÃO

No levantamento observou-se que custos dos equipamentos para um sistema integrado à rede elétrica ainda é elevado, porém a diferença paga incluído os gastos adicionais gastos como instalação e revisão não é significativo e ainda pode ser reduzido se escolhido equipamentos de menor custo. Certamente incentivos governamentais possibilitaria a implementação do sistema fotovoltaico, reduzido o valor para o investimento.

Além dos custos levantados no artigo, observa-se que a legislação atual brasileira ainda não dispõe de incentivo para consumo de energia alternativa para a propriedade rural. Além disso, se a eficiência do sistema fotovoltaico for superior ao consumido, gerando assim energia excedente, esta voltará para a rede, o governo permite que sua venda, entretanto, é cobrado um imposto ICMS, que segundo (SOLENERG, 2013) através do CONVÊNIO ICMS 6, DE 5 DE ABRIL DE 2013, o CONFAZ determina a incidência de ICMS sobre geração de energia solar fotovoltaica pelo consumidor no sistema de Compensação de Energia. O imposto incidirá sobre o total de energia que entra na instalação do consumidor, o que inclui a energia gerada pelo consumidor durante o dia e que é enviada por empréstimo para a distribuidora armazenar e devolver à noite. Esta medida não estimula a instalação de sistemas fotovoltaicos, pois diminui a competitividade da microgeração e da minigeração.

De acordo com as tendências de alta das tarifas cobradas e a redução dos custos de fabricação de painéis solares, e dos demais equipamentos necessários para a geração de energia é necessário, há expectativas que no máximo em uma década haja a viabilidade na implantação dessa tecnologia. De imediato é possível buscar incentivos junto aos órgãos responsáveis pela energia e

governos, a fim de obter benefícios pelo uso desse sistema na redução da demanda da energia convencional e estimula a utilização dessa tecnologia para região. Com um redução de 20% no valor dos equipamentos, já se tornaria mais viável a sua implementação.

O método de avaliação aplicado foi a ferramnte FMEA, que indicou os riscos referente a insuficiência energética em dias não ensolarados, e a sobrecarga dos inversores AC/DC, que deve funcionar abaixo de sua potência de pico. A atualização do FMEA é necessária para que se possa através de dados quantitativos definirem melhor os índices de ocorrência, detecção e severidade, pois para este estudo, não foi encontrado na literatura, nenhum similar para que fosse feita uma comparação dos resultados, os índices foram definidos a partir de conhecimentos práticos, ou vivências da equipe.

REFERÊNCIAS

- APOLO11. **Latitude e Longitude das Cidades Brasileiras**. Disponível em: <<http://apolo11.com/latlon.php>>. Acesso dia 15 abr. 2013.
- ATLAS, **Solarimétrico do Brasil**. Recife Editora Universitária da UFPE, 2000.
- COELBA. Fornecimento de Energia Elétrica em Média Tensão à Edificação e Uso Coletivo. Grupo Neoenergia, nov 2013.
- MARTINS, G. S; ANDRADE JUNIOR, P.P. **A metodologia de Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA): estudo de caso**. COMBEPRO, 2011. Disponível em: <<http://www.aprepro.org.br/conbrepro/2011/anais/artigos/Gestao%20da%20qualidade/Normalizacao%20e%20certificacao%20para%20a%20qualidade/A700.pdf>>. Acesso em 26 de abril de 2014.
- MIGUEL, P.A.C. **Qualidade: enfoques e ferramentas**. 1 ed. São Paulo: Artliber, 2006.
- MINHA CASA SOLAR. Disponível em: <<http://minhacasasolar.lojavirtualfc.com.br>>. Acesso dia 25 abr. 2013.
- RÜTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos**. 1º edição. Editora UFSC/ LABSOLAR. Florianópolis, 2004.
- SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A.; CAMARGO, I. T. C. **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais**. Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (V CBPE). Brasília, 2006.
- SOLAR BRASIL. **Cartilha de Energia Solar: Produtos e Especificações Técnicas**. São Paulo, 2010. SOLARTERRA.
- Energia Solar Fotovoltaica: **Guia Prático**. São Paulo, [entre 2000 e 2013].
- SOLENERG, engenharia - **Energia Solar Fotovoltaica**, Belo Horizonte - Minas Gerais, Brasil (2013)
- YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física IV: Ótica e Física Moderna**. 12º edição. Editora Pearson Education do Brasil. São Paulo, 2009
- TOLEDO, J. C. & AMARAL, D. C. **FMEA: análise do tipo e efeito de falha**. São Carlos: UFSCar, 2006. Disponível em: < <http://www.daelt.ct.utfpr.edu.br/professores/marcelor/Cap.fmea.pdf>>. Acesso em: 27 de abril de 2014.

Submetido em 06/07/2014

Aprovado em 02/08/2014