

## **ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA ACOPLADO A UM GERADOR FOTOVOLTAICO.**

RAIMUNDO DA SILVA NUNES NETO<sup>1\*</sup>, DIÊGO NUNES ARAÚJO<sup>2</sup>; BÁRBARA RIBEIRO DE SOUSA<sup>3</sup>;  
TAMIRES SILVA SANTOS<sup>4</sup>; BARTOLOMEU FERREIRA DOS SANTOS JÚNIOR<sup>5</sup>;

<sup>1</sup>Estudante de Engenharia Elétrica, UFPI, Teresina-PI, raimundodasilva@outlook.com

<sup>2</sup>Estudante de Engenharia Elétrica, UFPI, Teresina-PI, diegonaraujo@outlook.com

<sup>3</sup>Estudante de Engenharia Elétrica, UFPI, Teresina-PI, barbararibeiro\_@hotmail.com

<sup>4</sup>Estudante de Engenharia Elétrica, UFPI, Teresina-PI, tamiressilvaberthelot@gmail.com

<sup>5</sup>Dr. Em Engenharia Elétrica, Prof. Adjunto CT, UFPI, Teresina-PI, bartolomeuf@ufpi.edu.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016  
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

**RESUMO:** Esse artigo apresenta um estudo de alternativas de fornecimento de energia elétrica em um Microsistema de Geração e Distribuição de Energia (MIGDI), durante o período de inatividade de sua fonte principal, um Painel Fotovoltaico. A proposta é comparar o custo benefício a longo prazo, entre um Sistema de Backup de Energia constituído por um Banco de Baterias e um Grupo Gerador de Energia a Diesel. É mostrado as características do MIGDI, o dimensionamento de seus geradores e o valores a longo prazo das alternativas a serem estudadas. Os Resultados mostram preferência pelo sistema de Backup de Energia com uso do Banco de Baterias pois, mesmo o custo inicial se mostrando equivalente, o uso de Grupos Geradores a Diesel se mostra oneroso a longo prazo, com o acúmulo de custos, em consideração aos gastos em manutenção periódica e utilização de combustível, enquanto o sistema de backup não necessita de manutenção.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistemas Fotovoltaicos, Alternativas de Geração.

**ABSTRACT:** This article presents a study of electric energy supply alternatives in a Microsystem of Generation and Distribution of Energy (MIGDI), during the inactivity period of the main source, a Photovoltaic panel. The proposal is to compare the low cost on a long term, between an Energy Backup System composed by a Bank of Batteries and a Diesel Energy Generator Group. It's shown the characteristics of MIGDI, the size of its generators and the value in a long term of the alternatives being studied. The Results show preference for Power Backup System with a Battery Bank because, even de initial cost is showing equivalent, the use of Diesel Energy Generator shown costly on a long term, with the accumulation of costs into account to spending on regular maintenance and fuel use, while the backup system does not require the maintenance.

**KEYWORDS:** Fotovoltaic System, Generation Alternatives.

### **INTRODUÇÃO**

A demanda mundial crescente de energia e o agravamento da situação ambiental, induz o estudo e avanço de alternativas de geração de energia que possa beneficiar o sistema elétrico do local de atuação e o meio ambiente. Atualmente a expansão da utilização das Energias Renováveis já possui números consideráveis, visto que, em muitos casos, elas conseguem resolver problemas que afetavam outras formas de geração. No âmbito Nacional, este fato pode ser observado em grande escala nas localidades distantes de grandes centros urbanos, nas quais, o acesso e a transmissão de energia é bem difícil, e muitas vezes não há distribuição.

A problemática dessas Comunidades que não gozam de distribuição de energia é que, utilizam em larga escala o grupo de geradores a diesel, nos quais, dentre vários outros contras, há o alto custo operacional devido a constante manutenção necessária, o consumo e transporte de óleo diesel e a questão socioambiental devido a possíveis vazamentos e emissão de gases poluentes. Condições essas, agravadas, se a distância das comunidades é muito grande.

Conforme a RN 493/2012, a eletrificação rural e de comunidades isoladas pode ser feita por sistemas coletivos denominados Microsistemas de Geração e Distribuição de Energia (MIGDI) ou Minirredes. A fácil geração de energia sem maiores custos, o fácil dimensionamento, a oferta de matéria prima e também a minimização ou até eliminação de problemas relacionados ao geradores a diesel são fatores que inicialmente nos levam a opinar pelo uso das fontes Renováveis como fonte principal dos sistemas isolados.

Mais comumente utilizadas, a tecnologia Fotovoltaica possui uma limitação, já que sua produção apesar de confiável, só atua durante no período em que há irradiação solar, necessitando de um sistema híbrido de geração para a contemplar durante o período noturno ou um sistema de backup de energia por meio de baterias, que podem ser recarregadas por painéis fotovoltaicos.

### MÉTODOS E MATERIAIS

O estudo foi realizado em relação a uma comunidade criada, na qual, existem 10 Unidades Consumidoras(UC) com um sistema SCD<sup>1</sup> implantado. As unidades possuem uma oferta mensal de energia controlada, vista na tabela 1.

Eletrodoméstico	Número	Potência (W)	Horas de Funcionamento	Dias por Semana	Energia Consumida(Wh/dia)
Televisão	1	42	5	7	
ventilador	1	72	8	7	576
Refrigerador	1	45	24	7	1080
Liquidificador	1	213	0,25	4	30,43
Tanquinho	1	70	2	3	60
Lâmpada – Sala	1	9	6	7	54
Lâmpada – Quarto 1	1	9	3	7	27
Lâmpada – Quarto 2	1	9	3	7	27
Lâmpada – Cozinha	1	9	3	7	27
Lâmpada – Banheiro	1	9	4	7	36
Lâmpada – Área de Serviço	1	9	3	7	27
<b>TOTAL</b>					<b>2154,43</b>

Tabela 1: Balanço Energético por Unidade Consumidora.

Com a configuração mostrada, é obtido um consumo total de 2154,43 Wh/dia por Unidade Consumidora, valor esse que corresponde ao total do de demanda do MIGDI.

Na escolha de utilização de um sistema fotovoltaico como fonte principal, fez-se necessário a separação do consumo em dois momentos distintos. Um primeiro no qual o sistema estará gerando energia e fornecendo diretamente para a carga, e um segundo no qual o sistema estará impossibilitado de atuar durante a noite onde não há irradiação solar. Durante o horário de 6 h as 18h, foi dimensionado um sistema isolado que será mostrado. Já durante as 18h e 6h, foi analisado o custo benefício do uso de um sistema de backup de energia por meio de baterias, com objetivo de substituir o Grupo Gerador a Diesel muito utilizado atualmente.

Desta forma, a demanda necessária para a realização do dimensionamento do Banco de Bateiras e do Grupo de Geradores a Diesel foi obtida através de uma análise semelhante ao balanço energético total, diferenciando-se apenas por ser relacionado apenas ao período de inatividade da fonte principal, conforme é mostrado na tabela 2.

<sup>1</sup>O Sistema de Coleta de Dados Operacionais – SCD é constituído por um conjunto de equipamentos responsável pela medição, registro, armazenamento e disponibilização dos dados de operação das usinas, referentes a grandezas elétricas, com principal objetivo de possibilitar ao agente gerador ressarcimento de parte dos seis custos totais de geração, incluídos custos com combustível.

Eletrodoméstico	Número	Potência (W)	Horas de Funcionamento	Dias por Semana	Energia Consumida (Wh/dia)
Televisão	1	42	3	7	
ventilador	1	72	5	7	360
Refrigerador	1	45	12	7	540
Liquidificador	1	213	0	4	0
Tanquinho	1	70	0	3	0
Lâmpada – Sala	1	9	5	7	45
Lâmpada – Quarto 1	1	9	2	7	18
Lâmpada – Quarto 2	1	9	2	7	18
Lâmpada – Cozinha	1	9	2	7	18
Lâmpada – Banheiro	1	9	3	7	27
Lâmpada – Área de Serviço	1	9	2	7	18
<b>TOTAL</b>					<b>1170</b>

Tabela 2: Demanda Energética para período de inatividade da fonte principal.

Os geradores a diesel possuem em média uma autonomia de 7hrs de trabalho contínuo, alguns chegando a 8h em um ciclo de 12h, sendo 8h de trabalho contínuo por 4h de descanso. Desta forma, foi necessário a divisão dos valores de demanda durante a noite, de forma que 2 geradores fossem utilizados, não ultrapassando assim, a autonomia de funcionamento de cada.

Os dados obtidos indicam que a demanda energética é cerca de 1170 Wh/dia durante a noite por unidade consumidora, totalizando 11700 Wh/dia total para o sistema. A divisão realizada formou dois blocos de consumo, um atendendo de 18h as 24h, totalizado 6 horas, onde a demanda constatada foi de 7380Wh/dia para as 10 UC, e o outro atendendo de 24h as 6h, no qual a demanda foi de 4320Wh/dia.

Através do manual de geradores da empresa Toyama, é possível a contabilização da manutenção do grupo de geradores que é feita periodicamente para cada parte do gerador. As manutenções para equipamentos podem variar de períodos de 20h em 20h para até 500h em 500h, dependendo da fragilidade do equipamento. É importante citar que para a manutenção das partes mais robustas é necessária mão de obra terceirizada, alavancando os custos desses procedimentos.

Outro aspecto bastante considerável para o dimensionamento, é o consumo de combustível que para pequenos geradores de até 10KVa está em torno de 1,5L/h e de 2L/h.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Levando em consideração uma média dos valores de Irradiação Mensal fornecidos pelo Atlas Solarimétrico do Brasil (2000) e os valores constatados através de medições realizadas, foram utilizados a incidência de irradiação solar diária de 8 horas nas localidades do estado do Piauí.

No dimensionamento do Sistema Fotovoltaico baseado no Manual de Engenharia Para Sistemas Fotovoltaicos, constatou-se que é necessário, para suprir a demanda diária de energia elétrica no período Diurno, 7 Módulos Fotovoltaicos ligados em paralelo e 1 Inversor de Tensão.

Para o carregamento do Banco de Baterias para o sistema de backup, a fim de suprir a demanda noturna são necessárias 3 Baterias, 10 Módulos Fotovoltaicos, 1 Inversor de Tensão e 3 Controladores de Carga. Utilizou-se também conceitos contidos no Manual de Engenharia.

Já para dimensionamento do Grupo de Geradores a Diesel, utilizou-se conceitos disponibilizados pelas Empresas Start Geradores de Energia e Toyama Power Products, constatando-se que são necessários dois geradores, um de 10Kva para suprir o consumo de 18h às 24h e outro de 6 Kva para suprir o consumo de 0h às 6h.

Para fazer o dimensionamento do sistema fotovoltaico, utilizou-se os componentes conforme a Tabela 3:

<b>Equipamento</b>	<b>Potência/Capacidade</b>	<b>Marca</b>	<b>Valor Unit.(R\$)</b>
Módulo Fotovoltaico	250 Wp	Yingli	1.069,00
Bateria	240 Ah	Bosch	1.049,00
Inversor	3000 W	EpSolar	3.990,00
Controlador	40 A	EpSolar	1.149,00
Gerador a Diesel	10 Kva	Tramontini	16.377,00
Gerador a Diesel	6 Kva	Toyama	5.521,00

Tabela 3: Componentes selecionados para o Dimensionamento.

Com os valores apresentados na tabela de componentes, juntamente com os números obtidos pelos dimensionamentos, o custo inicial para o Banco de Baterias e o Grupo de Gerador a Diesel são respectivamente R\$ 21.274,00 e R\$ 21.898,00. Em tais valores não estão contidos o custo de mão de obra para a instalação.

Levando em consideração 20 anos de atuação do sistema e a vida útil de cada equipamento, 25 anos para Painéis Fotovoltaicos, 15 anos para Controladores e Inversores, e 2 anos para Baterias, com descarga de 50%, pode-se obter cerca de 9 trocas do Banco de Baterias, e 1 troca de Inversores e Controladores. Dessa forma obtemos custo de reparo de R\$ 35.760,00 com o fato de que os equipamentos não necessitam de manutenção periódica.

Para o Grupo de Geradores a Diesel, foi levantado inicialmente o gasto de combustível. Como citado anteriormente, o gasto em L/h para Geradores com essa potência é em média 1,5L/h à 2L/h. Dessa forma, para dois geradores que trabalham durante 6h diárias obtemos um consumo diário de 21L de Diesel, considerando o gasto de 1,5L/h para o gerador de 6Kva e 2L/h para o geradores de 10Kva.

Durante os 20 anos de operação, com um gasto de 21L de Diesel por dia, levando em consideração um valor para o Diesel estabilizado no valor atual de cerca de R\$ 3,00, e que não há perdas por vazamento no transporte do combustível, seria gasto valores exorbitantes de cerca de R\$ 460.000,00 com compra de combustível.

Os custos dos sistemas, não incluindo a manutenção periódica do grupo gerador podem ser comparados como mostra a Tabela 4:

<b>SISTEMA</b>	<b>CUSTO INICIAL (R\$)</b>	<b>CUSTO EM LONGO PRAZO (20 ANOS)</b>	<b>CUSTO TOTAL (R\$)</b>
Backup de Energia com Banco de Baterias	21.274,00	35.760,00	57.034,00
Grupo de Geradores a Diesel	21.898,00	460.000,00	481.898,00

Tabela 4: Comparação de Valores.

## CONCLUSÃO

Analisando os valores obtidos inicialmente, os dois sistemas de fornecimento de energia se apresentaram equivalentes. Com a comparação em longo prazo, valores exorbitantes passam a ser mostrados com relação ao uso de Grupo Geradores a Diesel.

O modelo de Backup de energia se mostrou coerente com a problemática da substituição do uso de meio de geração que são onerosos e atingem o meio ambiente.

A utilização do Sistema de Backup se mostrou relativamente barato e de ótimo custo benefício em longo prazo, pelo fato de não necessitar de manutenção periódica e possuir combustível renovável ilimitado, além de não afetar o contexto socioambiental.

## REFERÊNCIAS

- Manual de engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf) (Acesso: 07/06/2016)
- Dimensionamento de Geradores. Disponível em: <http://www.startgeradores.com.br/artigos-geradores-energia-eletrica/grupo-gerador-energia-eletrica-dimensionar/> (Acesso: 08/06/2016)
- Dimensionamento de Geradores Toyama. Disponível em: [http://www.toyama.com.br/imagens/upload/bol\\_06122010\\_115522\\_Como%20Dimensionar%20Geradores%20004-010.pdf](http://www.toyama.com.br/imagens/upload/bol_06122010_115522_Como%20Dimensionar%20Geradores%20004-010.pdf) (Acesso: 18/06/2016)
- Dados do Inversor. Disponível em: <http://www.neosolar.com.br/loja/inversor-senoidal-epsolar-shi1000-22-1000va-24vcc-220vca-926.html> (Acesso: 12/06/2016)
- Dados do Controlador de Carga 24V. Disponível em: <http://www.neosolar.com.br/loja/controlador-de-carga-mppt-epsolar-tracer-4210a-40a-12-24v.html> (Acesso: 13/06/2016)
- Dados da Bateria. Disponível em: <https://www.bateriaautomotiva.com.br/produto/bateria-estacionaria-bosch-p5-401-220ah-240ah/> (Acesso: 13/06/2016)
- Dados do Gerador. Disponível em: <http://www.lojassgeradores.com.br/geradores-de-energia/geradores-de-energia-a-diesel/partida-eletrica/gerador-de-energia-a-diesel-trifasico-10-kva-partida-eletrica-gt-10-tramontini> (Acesso: 13/06/2016)
- Dados do Gerador. Disponível em: <http://www.lojassgeradores.com.br/geradores-de-energia/geradores-de-energia-a-diesel/partida-eletrica/gerador-de-energia-a-diesel-monofasico-6-kva-partida-eletrica-td7000cbe-toyama> (Acesso: 13/06/2016)
- MARQUES, J. J. A.; OLIVEIRA, C. S.; SANTOS JUNIOR, B. F.; ALMEIDA, A. R.; LINARD, F. M. A. Alternativas de Instalação de Sistemas Fotovoltaicos: Estudo de Caso do Bloco de Engenharia Elétrica da UFPI. In: VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2016, Belo Horizonte. VI Congresso Brasileiro de Energia Solar – Anais, 2016
- Atlas Solarimétrico do Brasil : banco de dados solarimétricos / coordenador Chigueru Tiba... et al.- Recife : Ed. Universitária da UFPE, 2000.

**CONTECC**<sup>2016</sup>  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia

**Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**  
**CONTECC'2016**  
*Rafain Palace Hotel & Convention Center- Foz do Iguaçu - PR*  
*29 de agosto a 1 de setembro de 2016*

