

ENERGIA SOLAR

O USO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Alice Ferreira Alves; Gabriel Coelho Mendes; Lucas Oliveira Silva; Waister Martins De Sousa;

Resumo

Em uma busca constante pela sustentabilidade, o uso de painéis fotovoltaicos, se utilizando de energia solar, aparece como um meio viável e eficaz para gerar eletricidade ao mesmo tempo em que está de acordo com o meio ambiente. Além disso, o uso desses equipamentos traz o fator de economia, onde o investimento é compensado com o tempo gerando lucro para quem se utiliza do mesmo. Fazendo uso de uma fonte de energia inesgotável, em um país com potencial solar imenso, tal tecnologia ainda tem muito a ser explorada, mas para que isso, é necessário que orientar e dar o conhecimento à população.

Palavras chaves: fotovoltaico, energia solar, sustentabilidade, eletricidade.

Introdução

Em uma concepção mundial, o conceito de maior destaque nos últimos tempos, nos mais variados setores tem sido o de sustentabilidade. Tal conceito tem o objetivo de promover a preservação do planeta por meio do desenvolvimento sustentável, isto é, ter a capacidade para se desenvolver de modo que não comprometa as gerações futuras de fazerem o mesmo. A sustentabilidade é um conceito mundial que gera a união em prol do bem planeta, por esse

motivo, diversas reuniões sobre o tema acontecem, dentre qual a maior e mais recente se pode citar a Rio + 20, com os 193 da ONU países participantes.

Um setor de dedicação do desenvolvimento sustentável, está em reduzir o consumo de energia elétrica, assim como substituir o sistema de abastecimento por métodos de energia limpa, visto que mais de 80% da energia mundial ainda é produzida por fontes como petróleo, gás natural e carvão mineral.

O Brasil é o sétimo país que mais consome energia elétrica no mundo, contudo, também tem um grande potencial para gerar energias renováveis, sendo o 3º nesse quesito, a maior fonte de energia elétrica advém das hidrelétricas. O país também possui abundância de outro bem natural, a insolação, que pode ser superior a 3000 horas por ano, sendo um dos poucos países com tamanho recurso, e apesar do consumo de painéis fotovoltaicos estarem em crescimento, ainda falta muito para que se chegue ao um patamar desejado, diante disso, um melhor estudo sobre o sistema se torna essencial, para que se chegue a resolução da seguinte questão, o que falta para que os painéis fotovoltaicos possam ser usados como uma fonte de energia alternativa de fácil acesso?

Para muitos, a questão financeira é o maior problema ao se falar dos painéis fotovoltaicos, principalmente no que ressalta a instalar os módulos em residências.

A maior parte da população do país ainda não possuem condições para ter acesso ao tal sistema, além disso, falta também orientação sobre o funcionamento do sistema.

Em uma geração onde tudo muda e evolui tão constantemente, uma parte tão primordial quanto à eletricidade precisa ser analisada, quanto às suas fontes e formas de geração, visando orientar o consumidor para a existência de outras formas de ter a energia, enquanto promove a sustentabilidade ao mesmo tempo.

O objetivo geral do presente trabalho busca mostrar todo o conceito de energia fotovoltaica, de modo que o leitor possa saber de forma simples, o que é, como funciona e como pode ser usado nas edificações para gerar a redução de gastos.

Os objetivos específicos buscarão:

- Explicar o funcionamento dos painéis fotovoltaicos
- Mostrar os lados positivos assim como negativos
- Mostrar o custo-benefício que o sistema pode gerar
- Exemplificar o sistema por meio de edificações com tal eficiência

Revisão bibliográfica

Breve História da Tecnologia Fotovoltaica

O primeiro efeito fotovoltaico foi observado em 1839 por Alexandre Becquerel, onde por meio de um experimento ele conseguiu produzir uma quantidade de energia utilizável, e em 1958, as células solares já tinham seu uso agregado em uma série de atividades em pequenas escalas.

Durante a crise energética 1970, as células passaram a ser observadas para seu uso em residências, porém, o seu preço exorbitante impedia tal ação. Nos anos seguintes, o seu desenvolvimento foi continuamente aumento, que acontece até os dias de hoje.

Na idade moderna, o custo do sistema FV tem caído ao longo do tempo, propiciando uma maior adesão primeiramente diante de grandes centros.

Energia solar

A energia solar provém do sol, de sua luz e calor. Se tratando de uma fonte de energia sustentável, é uma forma limpa que promove pouco impacto no meio ambiente, maior qualidade de vida e menos custos. É uma fonte renovável e por isso tem grandes benefícios, pois é uma fonte inesgotável e pode ser utilizada de diversas formas, alguns exemplos são os aquecedores de água solar, a energia solar térmica, energia heliotérmica, e energia fotovoltaica.

Energia fotovoltaica

A energia fotovoltaica é a energia solar que se converte diretamente em energia elétrica, nesta geração de energia a radiação difusa também pode ser aplicada. Para essa fonte de energia limpa que atualmente é a que mais cresce no mundo, ser gerada, é necessária a montagem de um sistema solar fotovoltaico, para isso precisamos de painéis solares, sistema de fixação das placas solares, conectores, inversor solar, cabeamentos, e outros materiais elétricos padrões.

Painéis fotovoltaicos

O painel solar fotovoltaico é composto por células fotovoltaicas de silício, assim são aplicadas duas classes distintas de silício, para combinar as cargas negativas e positivas, possibilitando a reação da célula com o sol resultando em energia elétrica. É feita uma conexão garantindo que todas as células sejam ligadas formando um circuito, na sequência é realizado um revestimento de vidro antirreflexo e antiaderente, moldurado por alumínio. Posteriormente ao painel encontra-se dois condutores, que serão utilizados para interligar uma sucessão de painéis fotovoltaicos, estes então são vinculados mediante cabos de corrente contínua ao inversor solar. Dentre os painéis, podem ser de 2 tipos mais comuns:

- **Painel solar fotovoltaico de silício monocristalino:** os painéis de silício monocristalino possuem alta eficiência, e são compostos a partir do cristal de silício ultrapuro, que é fatiado se transformando em lâminas de silício, e estas são convertidas em células fotovoltaicas circulares. A vida útil desses painéis é maior, e eles necessitam de menos espaço, pois tem maior eficiência. Seu ponto negativo é o custo financeiro maior.



Figura 1 – Painel Monocristalino

Fonte: <https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>

- **Painel solar fotovoltaico de silício policristalino:** nos painéis policristalinos os cristais são fundidos em um bloco, após isso eles são serrados em blocos quadrados, e depois fatiados em células. Possuem desempenho semelhante ao monocristalino, porém as células são menos eficientes, e ele ocupa mais espaço para produzir a mesma quantidade de energia. Este painel possui custo financeiro menor.



Figura 2 – Painei Policristalino

Fonte: <https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>

A Energia solar e o Meio Ambiente

O aproveitamento da energia vinda através da radiação solar é um dos maiores investimentos para com o bem do planeta, pois se trata de uma fonte inesgotável. A energia gerada a partir da insolação não polui e nem prejudica o ecossistema, atuando em um país com um dos maiores potenciais para o uso do sistema de energia solar.

O sol atua como um reator a fusão, irradiando sua luz na Terra, sendo um bem indispensável para vida, e que com as constantes evoluções, agora pode ser usado uma poderosa fonte para gerar energia elétrica.

Dentre as vantagens do uso da energia solar, podemos citar: não interferir no efeito estufa, não ser poluente, não necessitar de geradores ou turbinas para sua produção, possuindo somente como desvantagem principal, o custo ainda elevado para sua instalação. Ao progredir no uso da energia solar, poderia se obter as seguintes vantagens em relação a outros tipos de energia:

- 54% do petróleo nacional
- 2 vezes a energia obtida com o carvão mineral
- 4 vezes a energia gerada no mesmo período por uma usina hidrelétrica.

TEMPO PARA RETORNO DO INVESTIMENTO

Uma curiosidade sobre esse investimento é a possibilidade de se saber em quanto tempo o investimento terá retorno. A técnica de payback permite esse cálculo, mostrar com clareza em

quanto tempo o consumidor terá seu dinheiro de volta, e mais do que isso, a partir de que momento ele começara a ter um lucro sobre o sistema.

No caso do sistema fotovoltaico, é necessário levar em conta diversos fatores, como o valor da conta de luz, inflação energética, impostos, gastos com a instalação e economia após adesão do sistema, além do conhecimento sobre a radiação solar.

Em um imenso país como o Brasil, o tempo de payback pode variar, pelos diferentes climas nas várias regiões que existem, por isso, é importante que cada caso seja analisado de maneira única. Segundo dados da ANEEL de 2017, o retorno médio do investimento no país varia em torno de 6,6 anos. O tempo médio dos painéis FV é de 25 anos de vida útil, ou seja, serão 18,4 anos em que o sistema irá gerar sua própria energia, dentro do lucro.

A energia solar tem se tornado um dos investimentos de maior retorno financeiro, por toda a questão de se ter uma energia gratuita e limpa por muitos anos, e que pode sempre ser renovada ao final da vida útil do equipamento.

Como o cálculo é feito?

Imagine que a taxa de luz da sua casa seja de R\$ 600,00 por mês. Investindo em um sistema fotovoltaico de R\$ 25.000,00, esse gasto pode ser reduzido para R\$ 200,00. Com isso, façamos o cálculo para saber em quanto tempo levará para esse investimento ser quitado, por meio de uma fórmula simples:

$$\text{PAYBACK} = \text{Investimento Inicial} / \text{Economia Obtida}$$

Nesse caso:

$$\text{PAYBACK} = 25.000 / 400$$

$$\text{PAYBACK} = 63$$

Como é possível observar, o investimento se pagará após 63 meses. Após esse período, a energia será totalmente lucrativa, por ser gratuita e de base infinita.

Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

São utilizados 2 tipos de sistemas fotovoltaicos atualmente, denominados On Grid e Off Grid

O Sistema On Grid é o mais comum, sendo utilizado nas edificações urbanas, esse sistema possui o nome de “on grid” por se manter conectado a rede de distribuição. Nesta condição, a energia extra gerada é injetada na rede de outros consumidores, de modo a funcionar como uma usina elétrica comum. Em contra partida, caso o sistema não gere a energia suficiente, o consumidor terá a disposição a energia da concessionária em conjunto, para suprir suas necessidades.

Para um excesso na geração de energia, além do consumidor não ter que pagar a conta de luz, a edificação contará com um crédito para utilizar em algum momento onde os painéis fotovoltaicos não suprirem toda a demanda.

Já no sistema Off Grid, os Painéis Fotovoltaicos podem atuar também de forma isolada, ou seja, não estarão conectados na rede de distribuição, para que este sistema funcione, é necessário que se tenha um melhor conhecimento sobre a insolação disponível. O sistema off grid é composto pelos seguintes elementos:

- Controlador de Carga: Possui a função de estar gerindo as cargas da bateria, e a controlando para que não haja sobrecarga, assegurar seu carregamento e bloquear em caso de corrente inversa entre bateria e painel.
- Bateria: Tem a capacidade de armazenar energia para ser usada em momentos sem ou de baixa insolação.
- Inversor: Possui a função de converter a tensão contínua em alternada, para que a rede trabalhe da maneira adequada.

Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico – On Grid

O procedimento inicial para a concepção dos painéis, é a visita à edificação por parte de uma equipe especializada, pela qual eles terão todas as informações sobre a área disponível, inclinação e razão de sombreamento, ademais, são determinados o material a ser usado nos painéis, isto é, células de silício policristalino, monocristalino, ou de filme fino. Nesse momento será determinado o número de módulos que poderão ser instalados naquela área, dessa forma é estimada a seguir a potência total que será possível obter.

Na concepção dos sistemas FV, é utilizado um sistema de inversores de fileira de módulos, a fim de fazer a conversão do sinal elétrico DC para de um sinal AC, ajustando a frequência e tensão para se adaptar a rede que estiver ligado.

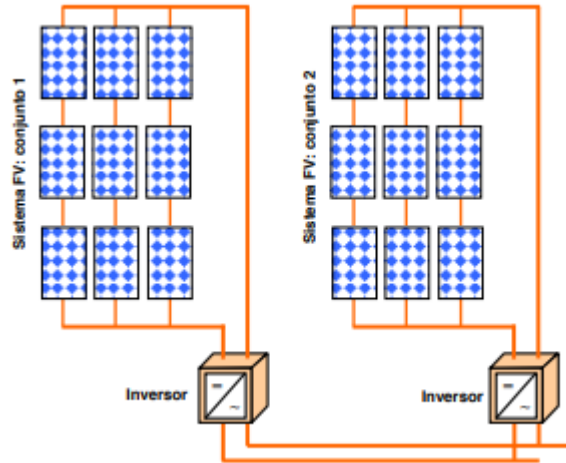


Figura 1 - Configuração de inversores de fileiras de módulos

Fonte: Dimensionamento de Painéis Fotovoltaicos (2009)

Os inversores atendem a uma fabricação onde a potência total do sistema FV é de obtida pela área disponível, usando uma razão de 1:1 entre as potências. Em caso de desvio, as potências são definidas pelo seguinte intervalo:

$$0.7 \times P_{FV} < P_{\max}^{INV} < 1.2 \times P_{FV}$$

Onde a potência máxima (nominal) é dada por P_{FV} e P_{\max}^{INV} a potencia DC máxima do inversor.

Número máximo de módulos por fileira

O somatório das tensões de cada módulo que estão ligados em série em uma fileira resulta no valor da tensão de trabalho do inversor, seguindo instruções de que a tensão do módulo e tensão total do gerador dependem da temperatura, o dimensionamento leva em conta situações de inverno, desta forma, o número máximo de módulos que poderão ser ligados em série é dado por:

$$N_s < \frac{V_{\max}^{INV}}{V_{ca}(\text{Módulo a } -10^{\circ}\text{C})}$$

V_{\max}^{INV} representa a tensão máxima DC do inversor e $V_{ca}(\text{módulo a } -10^{\circ}\text{C})$ representa a tensão em circuito aberto do módulo a temperatura de -10°C . Em muitos casos não é possível encontrar o último valor especificado em tabelas dos fabricantes, sendo assim fornecidos antes pela expressão $\frac{dV_{ca}}{dT} = \Delta V$.

Número mínimo de módulos por fileira

O número mínimo de módulos é obtido para uma variação de temperatura de até 70°C. Para esta condição, se procura garantir que a tensão nos módulos não seja menor do que a tensão mínima do inversor V_{min}^{INV} , a expressão que determina o número mínimo é dada por:

$$N_s^{min} > \frac{V_{min}^{INV}}{V_{max} \text{ (Módulo a } 70^\circ C)}$$

Onde V_{max} se dá a tensão máxima do módulo em uma temperatura $T=25^\circ C$ (standard) e V_{ca} (módulo a $-10^\circ C$) é a tensão máxima do módulo pela temperatura de $70^\circ C$.

Número de fileiras em paralelo

P_{max}^{INV} representa a potencia máxima do inversor DC, a partir dela é possível encontrar a intensidade da corrente I_{FV} que o sistema FV terá que gerar.

$$I_{FV} = \frac{P_{max}^{INV}}{V_{INV}}$$

I_{FV} representa também a corrente de entrada para o inversor, desta forma, o quociente da corrente de entrada para o inversor I_{FV} e a corrente da fileira de módulos I_{max} resulta no número máximo de fileiras N_p .

$$N_p < \frac{I_{FV}}{I_{max}}$$

Para o término do dimensionamento, é necessário calcular também o a corrente de trabalho pela fórmula:

$$I = N_p \times I_{max}$$

Potencia do sistema fotovoltaico

A potencia do sistema FV, pode ser calculada pela expressão:

$$P_{FV} = U \times I$$

Após todos esses passos, já é possível constituir todo o perfil do sistema fotovoltaico com N_s módulos ligados em série e por N_p fileiras de módulos em paralelo, obtendo o perfil total de módulos $N_s \times N_p$.



Figura 2 – Esquema de funcionamento do sistema on grid

Fonte: Projeto de sistemas fotovoltaicos conectados a rede (2008)

Sistemas Autônomos – Off grid

O primeiro passo para a instalação desse sistema, é identificar a necessidade da edificação, isto é, o conjunto de equipamentos a ser alimentados assim como as horas diárias de uso. A quantidade total de energia é dada pelo somatório das energias consumidas por cada equipamento:

$$W_D = \sum_{i=1}^n P_i \times t_i$$

W_D representa a energia total consumida por dia, P_i sendo a potência (w) de certo equipamento e T_i é o tempo de funcionamento deste equipamento.

No trabalho de gerar energia para a edificação, algumas perdas acontecem, seja por meio dos cabos ou no sistema regulador, além disso, é necessário se ter certo conhecimento sobre a estimativa da radiação solar sobre a superfície inclinada, para tal procedimento, é comum o uso do seguinte meio:

$$I(\beta, \alpha) = I(\beta_{opt}) \times [g_1 (\beta - \beta_{opt})^2 + g_2 (\beta - \beta_{opt}) + g_3]$$

Onde $g_i = g_{i1}|\alpha|^{\epsilon} + g_{i2}|\alpha| + g_{i3}$; $i = 1,2,3$, e α se dá pelo azimuth solar, da superfície β receptora a sua inclinação na direção horizontal, como na figura:

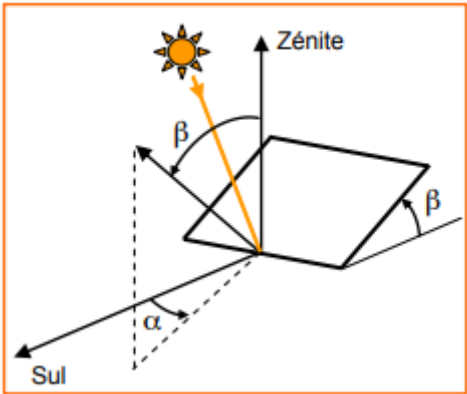


Figura 3 – Ângulos relativos á posição dos módulos de FV

Fonte: Dimensionamento de sistemas Fotovoltaicos (2009).

A Tabela 1 sugere valores para os coeficientes de g_i para casos de certa perda da transparência óptica dos módulos por sujeiras:

Coeficientes	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$
g_{1i}	8×10^{-9}	3.8×10^{-7}	-1.218×10^{-4}
g_{2i}	-4.27×10^{-7}	8.2×10^{-6}	2.892×10^{-4}
g_{3i}	-2.5×10^{-5}	-1.034×10^{-4}	0.9314

Tabela 1 – Coeficientes para o cálculo das incidências solares

Fonte: Dimensionamento de sistemas Fotovoltaicos (2009).

Determinação da potencia do gerador FV

Para garantir que sejam cumpridas as necessidades da edificação, o gerador deverá ter uma potencia determinada, assim como deverá levar em conta o mês mais desfavorável para a produção de energia também, deste modo, se usa a expressão:

$$P_{FV} = \frac{W_D}{K_{reg+inv} \times Hs}$$

Número de Módulos por Fileira

Para a obtenção de tensões mais elevadas a manter a corrente estipulada no módulo, são feitas as associações em séries, em que o número de módulos em cada fileira (N_s) é limitado pela tensão da bateria (V_{bat}). Uma observação válida quanto a essa determinação, é a de que a tensão máxima FV deve ser sempre igual ou superior à da bateria, para que o carregamento funcione:

$$N_s > \frac{V_{bat}}{V_{max}}$$

Por fim, V_{max} é a tensão máxima do módulo medida em condições padrão.

Número de Fileiras em Paralelo

A ligação em paralelo dos módulos é executada para se obter correntes mais elevadas e manter o nível da tensão do módulo, a corrente total I_T , é dada por:

$$I_T = N_F \times I_{max} \Rightarrow N_F = \frac{I_T}{I_{max}}$$

Onde N_F corresponde ao número de fileiras ligadas em paralelo e I_{max} representa a corrente máxima do módulo sob condição padrão.

Deste modo, a fórmula final para o cálculo de módulos por fileira é dado por:

$$N_F = \frac{P_{FV}}{N_s \times V_{max} \times I_{max}}$$

Onde P_{FV} também pode ser dado por $P_{FV} = (N_s \cdot V_{max}) \times I_T$ de modo a achar todas as componentes.

Capacidade da bateria dos acumuladores

Um dos elementos que influencia em maior custo para a adesão ao sistema FV é a bateria. Este elemento infelizmente nunca atinge os seus 100% de eficiência, ficando na verdade em uma taxa de cerca de 60% a 65%, contudo, tal porcentagem é suficiente para suprir a edificação em caso de necessidade, podendo abastecer a mesma por até 4 dias com o dimensionamento correto, o cálculo deste dimensionamento é dado por:

$$C_{(Ah)} = W_{(Ah)} \times \frac{N_d}{K_{Bat} \times K_D}$$

Modelo de casa Off Grid

Um modelo do uso Off Grid é mostrado no Condomínio borá, em Montes Claros-MG. Por ficar em uma região afastada, a mesma não tem apoio da energia da concessionária, para resolver esse problema, foram instalados 8 módulos de 150w além de um banco de baterias estacionárias.

Esse sistema fornece o alimento de toda a residência, com tv, bomba e filtro de piscina, refrigerador, 20 pontos de iluminação de led, além de todos os outros eletrodomésticos e demais utensílios manuais, como carregadores de celulares, entre outros.



Figura 4 – Condomínio Borá-MG

Fonte: <https://projetos.habitissimo.com.br/projeto/sistema-off-grid-condominio-bora-montes-claros-mg>

Conclusão

Ao se fazer uma análise completa dos painéis fotovoltaicos, pode - se concluir que o sistema é realmente eficaz para o abastecimento de eletricidade das edificações, podendo ser dimensionados e adaptados para diversas situações de demanda, ademais, vale exaltar o bem que o uso de tal sistema faz ao meio ambiente. Entretanto, a questão financeira do mesmo acaba criando um certo empecilho para sua maior utilização, pois mesmo que passe a gerar lucro em

alguns anos, diversas pessoas acabam por não fazer seu uso devido ao preço atual dos módulos fotovoltaicos.

ABSTRACT

In a constant search for sustainability, the use of photovoltaic panels, using solar energy, appears as a viable and effective way to generate electricity at the same time that is in accordance with the environment. In addition, the use of this equipment brings the factor of economy, where the investment is compensated with time generating profit for those who use it. Making use of an inexhaustible source of energy, in a country with immense solar potential, such technology still has a lot to be explored, but for that, it is necessary to orient and give knowledge to the population.

Keywords: photovoltaic, solar energy, sustainability, electricity.

Referências Bibliográficas

GARDINO, M. A.; PINHO, T. J. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2014. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf>. Acesso em 06 de setembro de 2018.

ISOLANI, Pieraldo. **Eficiência energética nos edifícios residenciais**. Lisboa. 2008. Disponível em: https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/enerbuilding_portuguese_guide_edificios_residenciais_pt.pdf. Acesso em 06 de setembro de 2018

CARNEIRO, Joaquim. **Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos**. Portugal. 2009. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/16965/1/DIMENSIONAMENTO%20DE%20SISTEMAS%20FOTOVOLTAICOS.pdf>. Acesso 07 de Setembro de 2018.

<https://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>. Acesso em 08 de Setembro de 2018.

<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/viewFile/1848/1026>. Acesso em 08 de setembro de 2018.

