

COMPARATIVO DE DESEMPENHO TÉCNICO-ECONÔMICO ENTRE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICO FIXO E UM SISTEMA COM SEGUIDOR DE UM EIXO HORIZONTAL

MARLON CAIRES PAMPONET¹, MÁRCIO GUSMÃO DA SILVEIRA², SANDRO DA SILVA ROMA³

¹M.e. Prof. do CEE, FAINOR, Vitória da Conquista - BA, Marlon.pamponet@fainor.com.br

²Pós-Graduado em Engenharia Elétrica, Eng. Eletricista, FAINOR, Vitória da Conquista - BA, marciogusmao@gmail.com;

³Pós-Graduado em Engenharia Elétrica, Eng. Eletricista, FAINOR, Vitória da Conquista - BA, sandrosilvaroma@gmail.com;

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC

Palmas/TO – Brasil

17 a 19 de setembro de 2019

RESUMO: O aproveitamento da energia solar para geração de energia elétrica tem apresentado um crescente interesse nos últimos anos. Geralmente nestes sistemas, a conversão de energia solar em elétrica é realizada por módulos fotovoltaicos, instalados em estruturas fixas, com inclinação determinada em função da latitude do local de instalação. Neste sentido, o uso de estruturas móveis, com rastreamento solar, tem possibilitado o incremento da produção da energia gerada. Porém, o desempenho dessas estruturas depende do tipo de rastreador instalado e do tipo de controle de posição utilizado. Nesse sentido, este artigo tem como objetivo fazer uma comparação entre um sistema de geração de energia fotovoltaico um eixo horizontal e um sistema fixo. Trata-se de um estudo comparativo a partir de dois tipos de sistema de geração de energia solar. Os resultados mostraram que o seguidor solar de um eixo horizontal é mais vantajoso do que o sistema fixo, principalmente por causa do aumento de geração de energia. Conclui-se que a aplicação do rastreador solar em sistemas de geração fotovoltaica é sempre vantajosa de um ponto de vista energético, onde o rendimento adicional extraído dos painéis é bastante expressivo e o consumo adicional do rastreador pode ser minimizado de forma a se anular dentro do rendimento proporcionado pelo rastreador.

PALAVRAS-CHAVE: energias renováveis, energia solar fotovoltaica, rastreador solar, sustentabilidade.

COMPARISON OF TECHNICAL-ECONOMIC PERFORMANCE BETWEEN A FIXED PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY GENERATION SYSTEM AND A HORIZONTAL AXIS FOLLOWER SYSTEM

ABSTRACT: The use of solar energy for electric power generation has shown a growing interest in recent years. Generally in these systems, the conversion of solar energy into electric is performed by photovoltaic modules, installed in fixed structures, with a slope determined according to the latitude of the installation site. In this sense, the use of mobile structures, with solar tracking, has made it possible to increase the production of the generated energy. However, the performance of these structures depends on the type of tracker installed and the type of position control used. In this sense, this article aims to make a comparison between a photovoltaic power generation system a horizontal axis and a fixed system. This is a comparative study from two types of solar energy generation system. The results showed that the solar tracker of a horizontal axis is more advantageous than the fixed system, mainly because of the increase of energy generation. It is concluded that the application of the solar tracker in photovoltaic generation systems is always advantageous from an energetic point of view, where the additional yield extracted from the panels is quite expressive and the additional consumption of the tracker can be minimized in order to cancel within the performance provided by the tracker.

KEYWORDS: renewable energies, photovoltaic solar energy, solar tracker, sustainability.

INTRODUÇÃO

A energia é um elemento essencial para o desenvolvimento industrial e socioeconômico de um país. No entanto, a relação entre a energia e a poluição ambiental é um dos maiores desafios que o mundo enfrenta atualmente. Neste contexto, a utilização da energia solar, que é favorável ao meio ambiente, é importante para o desenvolvimento mundial de forma sustentável (KARIMOV *et al.*, 2015). O uso da energia solar no mundo tem crescido consideravelmente nas suas duas principais modalidades de aproveitamento, que são a energia térmica e fotovoltaica. Com o avanço da tecnologia fotovoltaica, sistemas para aplicações rurais isoladas ou sistemas para uso urbano, interligados às redes elétricas, têm sido propostos (OLIVEIRA, 2017).

Os módulos fotovoltaicos geram energia a partir da radiação solar que incide sobre a sua superfície. O sol apresenta um movimento diário que inicia no leste e termina no oeste. A trajetória diária do sol no sentido Leste-Oeste é diferente para os diferentes dias do ano, em virtude da mudança do ângulo de inclinação do eixo da terra. Normalmente, módulos fotovoltaicos são instalados em uma estrutura fixa com uma inclinação determinada pela latitude do local. Entretanto, se esses painéis forem posicionados em direção ao sol, ou seja, com seu plano, perpendicular a direção dos raios solares, a energia produzida pode ser incrementada. Este fato pode justificar o uso de rastreadores para orientar os painéis na direção do sol (LIRA, 2014).

Esses modos de rastreamento podem ser implementados por meio de uma estrutura mecânica de um eixo ou de dois eixos. Rastreadores de um eixo são utilizados para orientar a estrutura de captação no sentido Leste-Oeste, seguindo o movimento diário do sol. Os rastreadores de dois eixos, tanto orientam a estrutura de captação no sentido Leste-Oeste, como podem ajustar a inclinação da estrutura de acordo com a mudança sazonal anual no sentido norte-sul (RIBEIRO; PRADO; GONÇALVES, 2012).

Nesse sentido, este artigo tem como objetivo fazer uma comparação entre um sistema de geração de energia fotovoltaico de um eixo horizontal e um sistema fixo. Trata-se de um estudo comparativo a partir dois tipos de sistema de geração de energia solar.

REFERENCIAL TEÓRICO

No Brasil, a tecnologia fotovoltaica é regulamentada pelas NBRs elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as quais se destacam:

- ABNT NBR 11704 (2008): Classifica os sistemas de conversão fotovoltaica de energia solar em elétrica, quanto a sua configuração (puros, só utilizam gerador fotovoltaico ou híbridos, utilizam gerador fotovoltaico com outros tipos de geradores de energia elétrica) e, quanto a sua interligação com o sistema público de fornecimento de energia elétrica (podendo ser isolados ou conectados à rede elétrica);
- ABNT NBR 11876 (2010): Especifica os requisitos e os critérios para aceitação de módulos fotovoltaicos para uso terrestre, de construção plana e sem concentradores, que utilizem dispositivos fotovoltaicos como componentes ativos, para converter diretamente a energia solar radiante em elétrica;
- ABNT NBR IEC 62116 (2012): Fornece um procedimento de ensaio para avaliar o desempenho das medidas de prevenção de ilhamento utilizadas em sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica;
- ABNT NBR 16149 (2013): Estabelece as recomendações específicas para a interface de conexão entre os sistemas fotovoltaicos e a rede de distribuição de energia elétrica e estabelece seus requisitos;
- ABNT NBR 16150 (2013): Especifica os procedimentos de ensaio para verificar se os equipamentos utilizados na interface de conexão entre o sistema fotovoltaico e a rede de distribuição de energia estão em conformidade com os requisitos da ABNT NBR 16149;
- ABNT NBR 16274 (2014): Estabelece as informações e a documentação mínimas que devem ser compiladas após a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede. Também descreve a documentação, os ensaios de comissionamento e os critérios de inspeção necessários para avaliar a segurança da instalação e a correta operação do sistema.

Sistema de geração de energia fotovoltaico (seguidor solar)

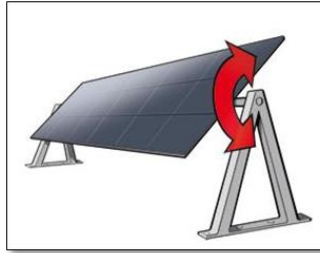
O sistema de geração de energia fotovoltaico é denominado de seguidor solar, que é um dispositivo que permite o ajuste do ângulo de um coletor solar de tal forma que este esteja sempre voltado para o sol, fazendo com que aumente a incidência de raios solares perpendiculares à superfície

dos coletores. Este ajuste permite que haja um melhor aproveitamento da energia emitida pelo sol por meio de raios solares, aumentando assim o rendimento da produção energética (MORAES, 2012 *apud* OLIVEIRA, 2008).

Seguidor solar de um eixo

O seguidor solar de um eixo (Figura 1) geralmente apresenta o menor custo de implementação. São construídos de forma que os painéis acompanham apenas um eixo de movimentação do Sol - Leste-Oeste. Por ser um seguidor menos complexo, a tecnologia utilizada é mais simples.

Figura 1. Sistema de eixo único



Fonte: Disponível em: < <https://www.solarchoice.net.au/blog/solar-trackers/>> Acesso em: 05 set. 2018.

Segundo Moraes (2012), a utilização de seguidores de um único eixo é o caminho mais eficiente e barato para as instalações solares utilizadas no comércio de energia elétrica, sendo essa a principal razão de este tipo de seguidor ser o mais utilizado. O seguidor solar de um eixo pode ser horizontal, vertical e inclinado. O primeiro, tem como princípio a rotação do plano do coletor solar sobre o eixo horizontal. A grande vantagem deste tipo de implementação é o ganho no custo de montagem. No tipo vertical o eixo de rotação para este tipo de seguidor é vertical em relação à superfície terrestre sendo este eixo paralelo ao Zênite. Apresenta maior rendimento em latitudes elevadas em relação ao seguidor horizontal. E o último – seguidor inclinado – possui o eixo de rotação paralelo à superfície do coletor solar, da mesma forma que o seguidor com orientação horizontal (MORAES, 2012).

Seguidor solar com rastreador (*tracker*) ou eixo duplo

O seguidor solar com rastreador ou eixo duplo (Figura 2) permite que os painéis acompanhem o movimento do Sol nos dois eixos. Apesar do aumento no consumo e na complexidade devido a um motor a mais, este tipo de sistema garante que os painéis estejam apontados diretamente para o Sol a qualquer hora e em qualquer lugar que este seja instalado, aumentando o percentual de energia convertida em relação ao sistema de eixo simples (TREVELIN, 2014).

Figura 2. Sistema de eixo duplo



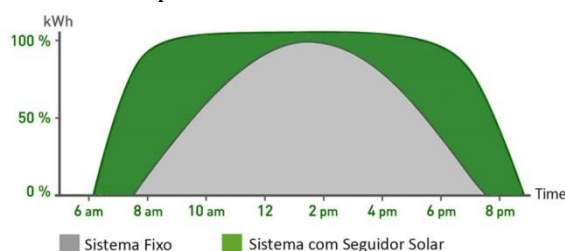
Fonte: Disponível em: < <https://www.solarchoice.net.au/blog/solar-trackers/>> Acesso em: 05 set. 2018.

Os seguidores solares de eixo duplo têm um design mais complexo, usando motores e sensores adicionais para rastrear o sol. Estes seguidores de eixo duplo usam também um “sensor olho” que segue visualmente o sol, enquanto que os seguidores de eixo único fazem o seguimento usando um padrão pré-estabelecido baseado no tempo e época do ano (PORTALENERGIA, 2017).

Num dia com nuvens vai encontrar seguidores de eixo duplo a apontar para vários locais do céu ao contrário dos seguidores de eixo único que vão estar a apontar para onde supostamente o sol deveria estar. Isto elimina quaisquer movimentos de rastreamento desnecessários que só resultam num desgaste adicional, e têm como consequência perda de energia (PORTALENERGIA, 2017).

Vantagens: geram mais eletricidade com aproximadamente a mesma quantidade de espaço necessário para os sistemas de inclinação fixa, tornando-os ideais para otimizar o uso da área disponível (PORTALSOLAR, 2016) (Figura 3). Outro aspecto muito importante a destacar é que, graças ao rastreamento solar não só a produção de energia aumenta, mas também melhora a forma como a potência é entregue.

Figura . Gráfico Comparativo entre um sistema fixo e um móvel:



Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br>> Acesso em: 06 abr. 2019

Desvantagens: Sistemas com seguidores solares são ligeiramente mais caros, devido ao uso de tecnologias mais complexas e de peças móveis para seu funcionamento. Exigem uma maior preparação do local da instalação, cuidados com a mobilidade e com o cabeamento são necessários (PORTALSOLAR, 2016).

São geralmente projetados para climas com pouca ou nenhuma neve, tornando-os uma solução mais viável em climas mais quentes. Um sistema fixo acomoda condições ambientais mais severas com mais facilidade do que os sistemas de rastreamento. A seleção de um seguidor solar depende do tamanho do sistema, do valor do kWh, da área disponível, das políticas de incentivos governamentais, da latitude e das condições de clima (PORTALSOLAR, 2016).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo temos como exemplo um sistema de geração fotovoltaico com uma potência instalada de 5 kWp, onde foi calculada a energia produzida no sistema fixo. A inclinação é definida apenas pela localização geográfica e um seguidor solar de um eixo horizontal. Posteriormente foi feito um estudo de viabilidade financeira para implantação do seguidor.

Com um índice solarimétrico de 3,44 kWh/m² por dia, com uma potência instalada de 5 kWp, o sistema é capaz de gerar aproximadamente: kWh/mês = 5 kWp x 3,44 kwh/m² x 30 dias. 516 kWh que equivale a 6.192 kWh/ano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos valores assumidos, haverá uma geração de: (516 kWh/mês + 34%) = 691,44 kWh/mês, o que equivale a 8.297 kWh/ano. Em um mês haverá um aumento de 175,44 kWh. No ano teremos o equivalente a 175,44 x 12 = 2.105,28 kWh. Considerando o valor atual do kWh em R\$ 0,77 (setenta e sete centavos), com este aumento da geração, teremos um ganho de R\$ 1.621,00 por ano. Para a implementação se um seguidor solar de um eixo horizontal, o custo estimado da implantação é de:

Tabela 1 – Relação das peças e custos associados

Motor redutor	R\$ 800,00
Sensores	R\$ 800,00
Painel de controle	R\$ 1.200,00
Sistema de movimentação	R\$ 1.000,00
Mão-de-obra	R\$ 1.200,00
Custo Total	R\$ 4.300,00

Com o aumento na geração de energia elétrica em função de implementação do seguidor, é possível pagar o investimento em aproximadamente 3 anos. Como as placas solares são projetadas para ter uma vida útil de 20 anos, este sistema trará um lucro adicional de R\$ 28.120,00 ao final de sua vida útil, mostrando a viabilidade técnica e econômica do projeto.

A análise dos resultados permitiu observar a diferença entre o sistema fixo e um eixo horizontal. Graças ao rastreamento solar não só a produção de energia aumenta, mas também melhora a forma como a potência é entregue (Figura 5).

Enquanto o sistema fixo gera 6.192 kWh/ano, o sistema com um seguidor de um eixo gera 8.297 kWh/ano. Conclui-se que a aplicação do rastreador solar em sistemas de geração fotovoltaica é sempre vantajosa de um ponto de vista energético e econômico, onde o rendimento adicional extraído dos painéis é bastante expressivo. E o consumo adicional do rastreador é anulado dentro do rendimento proporcionado pelo rastreador.

AGRADECIMENTOS

Ao CREA-BA por viabilizar a participação neste congresso pela concessão de auxílio para deslocamento, hospedagem e alimentação, e a FAINOR por dispensar dos compromissos acadêmicos no período da realização do evento.

REFERÊNCIAS

- KARIMOV, K. et al. A simple photo-voltaic tracking system. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, v. 87, n. 120, p.49-59, 2015.
- LIRA, J. R. V. Desenvolvimento de um rastreador solar do tipo polar com ajuste do ângulo de inclinação. [Dissertação de Mestrado], Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2014, 82p.
- MORAES, E. P. de. Seguidor solar de um único eixo inclinado. [Monografia], Curso de Engenharia da Computação, Centro Universitário de Brasília (UNICEUB), Brasília – DF, 2012, 73p.
- OLIVEIRA, C. A. A. Desenvolvimento de um protótipo de rastreador solar de baixo custo e sem baterias. [Dissertação de Mestrado], Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017, 100p.
- OLIVEIRA, M. M. Dissertação: Análise de desempenho de um gerador fotovoltaico com seguidor solar azimutal. Porto Alegre, 2008.
- PORTALSOLAR. Um olhar sobre o futuro da energia solar no Brasil. 2016. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-solar/um-olhar-sobre-o-futuro-da-energia-solar-no-brasil.html>> Acesso em: 02 set. 2018.
- _____. Seguidor solar – tracker: vantagens e desvantagens. 2016. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/painel-solar/seguidor-solar---tracker-vantagens-e-desvantagens-parte-1.html>> Acesso em: 02 set. 2018.
- PORTALENERGIA. Diferenças entre seguidores solares de eixo único e eixo duplo. 2017. Disponível em: < <https://www.portal-energia.com/diferencas-seguidores-solares-eixo-unico-eixo-duplo/>> Acesso em: 06 set. 2018.
- RIBEIRO, S. C.; PRADO, P. P. L do.; GONÇALVES, J. B. Projeto e desenvolvimento de um rastreador solar para painéis fotovoltaicos. IX SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2012.
- TREVELIN, F. C. Estudo comparativo entre métodos de rastreamento solar aplicados a sistemas fotovoltaicos. [Monografia], Curso de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2014, 67p.