

ANÁLISE DA VIABILIDADE DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

José Iraldo da Silva Jr.¹; Jusciane da Costa e Silva²; Kleber Jacinto³

Resumo: O grande impacto causado pelos combustíveis fósseis impulsiona pesquisas na área de fontes renováveis de obtenção de energia. Neste cenário, a energia solar aparece como uma das mais viáveis alternativas. O sol, fonte indireta da grande maioria das matrizes energéticas atuais (combustíveis fósseis, movimento de massas de ar e de água), emite para a atmosfera terrestre milhares de vezes mais energia do que é consumido pelo ritmo mundial atual. A utilização de painéis fotovoltaicos, embora venha crescendo nas últimas décadas, ainda apresenta desvantagens como o elevado custo inicial e o considerável tempo de retorno financeiro. A utilização de seguidores solares vem como uma ferramenta para a otimização da energia captada pelos painéis através do rastreamento do melhor ângulo de incidência solar (ângulo no qual os raios solares incidem perpendicularmente na superfície dos painéis), visando um aumento na eficiência que pode chegar a 20% no uso de seguidores de natureza simples (eixo único). O levantamento pôde corroborar para com a implantação do método. Embora os custos iniciais sejam altos (relativo ao tipo de seguidor solar), os custos oriundos do sistema de movimentação dos eixos são considerados baixos quando comparados ao ganho obtido da utilização do método.

Palavras-chave: Energia Solar. Seguidores Solares. Viabilidade Energética. Posicionamento de Painéis Fotovoltaicos.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação das últimas décadas envolvendo as mudanças climáticas decorrentes das atividades humanas tem influenciado na implantação de diversas medidas para a diminuição dos impactos ambientais em diversas áreas. As fontes de obtenção de energia, indispensáveis e em constante crescimento, mostram-se um dos maiores focos de pesquisa e desenvolvimento devido ao grande impacto causado pelas fontes convencionais, majoritariamente oriundas da queima de combustíveis fósseis.

O sol aparece como a fonte primária de energia do planeta, fornecendo a energia para plantas e outros seres vivos que hoje é reutilizada através da queima dos combustíveis fósseis e da biomassa. Os ventos que causam a rotação das hélices dos geradores eólicos, assim como o movimento das águas pelas turbinas das hidrelétricas, são efeitos secundários da influência da energia solar no nosso ecossistema.

A terra recebe anualmente $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia, equivalente a 10000 vezes o consumo mundial de energia neste período, indicando a radiação solar como uma fonte energética inesgotável, com enorme potencial de utilização por meio de sistemas de captação e conversão em outras formas de energia [1].

Mesmo considerando todo o potencial da matriz energética, esta ainda tem problemas em se estabelecer perante outras matrizes. A dificuldade de competição com fontes não-renováveis convencionais pode ser atribuída a diversos fatores como a tecnologia complexa, alto custo inicial, escassez de mão-de-obra qualificada e considerável tempo de retorno.

Este trabalho tem como objetivo a análise da viabilidade da implantação de seguidores solares, tecnologia que visa o aumento na eficácia de painéis solares através do rastreamento da posição do sol e movimentação da normal do painel na direção da fonte de luz, maximizando a energia captada. É necessária a devida comparação entre a variação na eficácia causada pelo posicionamento móvel em relação ao fixo, assim como a análise da energia gasta para a movimentação dos painéis sobre os eixos.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Energia Solar

Segundo Ashok (2018), a energia solar é definida pela radiação oriunda do sol capaz de produzir calor, causando reações químicas ou gerando eletricidade. Embora 54% da luz solar seja absorvida ou dispersada pela ação da atmosfera ou influência das nuvens, a quantidade total de energia incidente no planeta excede vastamente

a demanda energética atual e antecipada.

Ainda de acordo com Ashok, radiação solar pode ser convertida diretamente em eletricidade através de células fotovoltaicas. Em tais células, uma pequena corrente é gerada quando a luz alcança a junção entre um metal e um semicondutor (como silício) ou a junção entre dois semicondutores diferentes. A energia gerada por uma única célula fotovoltaica é tipicamente pequena, cerca de dois watts. Através da conexão de um grande número de células individuais como em matrizes de painéis solares, centenas ou talvez milhares de kilowatts de energia elétrica podem ser gerados em parques solares.

2.2. Posicionamento de Painéis Fotovoltaicos

Graças ao movimento terrestre ao redor de sua estrela, o sol apresenta um movimento aparente em relação a um observador na superfície. O movimento de rotação da terra está relacionado como o movimento solar giratório em torno do eixo Norte-Sul. Além disto, o período do ano acarretará uma variação angular em relação ao eixo normal com a superfície devido ao ângulo de $23^{\circ}27'$ em relação à vertical (quando consideramos o plano formado pelo sistema Sol-Terra como horizontal), a localização do sol no céu também será dependente da posição do observador, uma vez que a latitude terá influência no ângulo no qual o sol poderá ser observado. Temos, portanto, que a localização solar será dependente da latitude da região, hora do dia e período do ano. Na figura 1, observamos o caminho percorrido pelo sol em diferentes estações do ano.

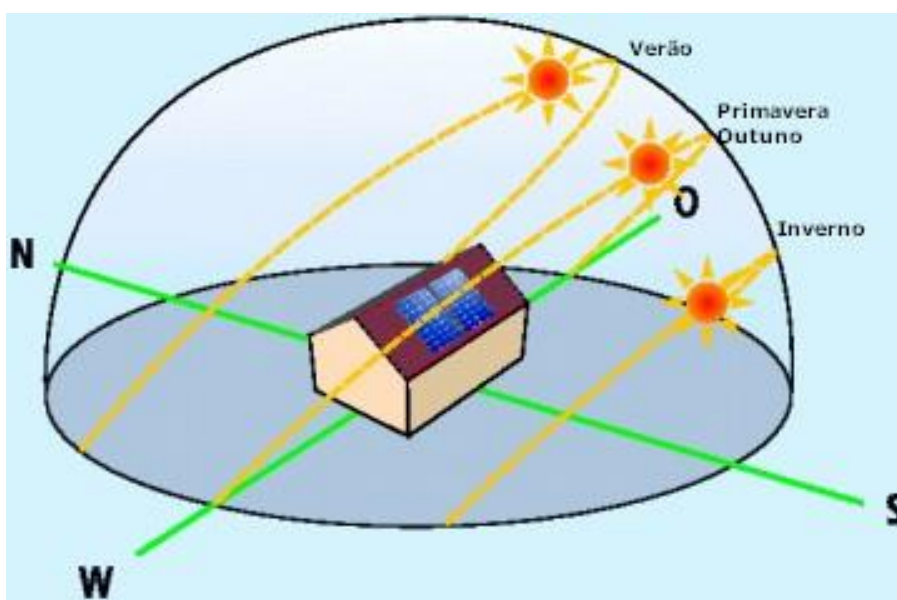


Figura 1. Variação Anual da Posição do Sol. (Falcão 2008)

Os painéis fotovoltaicos trabalham através da captação de luz solar, são, portanto, influenciados pela posição da fonte de luz em relação ao meio de captação. No caso de painéis solares o Ângulo de Incidência (ϕ) é obtido pela variação angular entre a fonte emissora e o vetor normal à superfície do painel. Assim sendo, a eficiência do painel fotovoltaico é inversamente proporcional ao ângulo de incidência, obtendo a melhor eficiência quando ϕ for zero. Na figura 2 observamos o esquema descrito anteriormente.

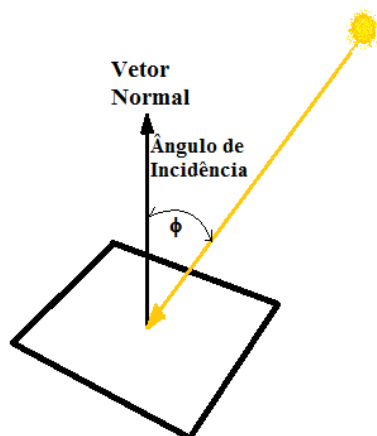


Figura 2. Esquema do Ângulo de Incidência. (Autoria Própria)

Sistemas fotovoltaicos fixos já utilizam tal conhecimento para a escolha da direção para a instalação de modo a garantir melhor eficiência possível. Entretanto, sua utilização implicará em variações no ângulo de incidência em determinados períodos do dia e do ano causando uma redução na energia captada. Tais erros podem ser minimizados através de equipamentos denominados seguidores solares.

2.3. Seguidores Solares

Os Seguidores Solares (ou Rastreadores Solares do inglês *Solar Tracker*) surgem como uma tentativa de captar uma maior quantidade de energia, que através do movimento de um ou mais eixos, permitem que o ângulo de incidência dos raios de sol permaneça perpendicular ao painel, otimizando a área de captação e eficiência do sistema como todo [3]. Outro método para o rastreo se dá na utilização de superfícies reflexivas que terão como foco um equipamento para captação da energia. Tal sistema pode ser utilizado com um foco para cada unidade reflexiva ou um arranjo de espelhos de forma que os focos coincidam no ponto para captação.

Para garantir que o rastreo ocorra de maneira adequada, características como a latitude, declividades, variações no terreno e características dos períodos do ano na região deverão ser levadas em consideração na instalação do seguidor solar, uma vez que influenciarão na direção na qual o painel deverá ser apontado relativo ao seu eixo.

2.3.1. Tipos de Seguidores Solares

Os seguidores solares podem ser caracterizados devido ao seu custo, precisão, função e número de eixos, porém podem ser primariamente classificados entre seguidores passivos e seguidores ativos, que variam entre si devido à forma como o movimento é exercido no eixo do suporte.

2.3.1.1. Seguidores Passivos

Funcionam através da expansão térmica de um fluido do tipo Freon. O gás sofrerá expansão causada pela energia térmica oriunda do sol, o que, através de uma disposição pré-definida, resultará no movimento do suporte em direção ao movimento do sol. A figura 3 apresenta um esquema do funcionamento de um painel durante um dia, sendo os quadros 1, 2, 3 e 4 referentes aos períodos do amanhecer, manhã, tarde e pôr do sol respectivamente.

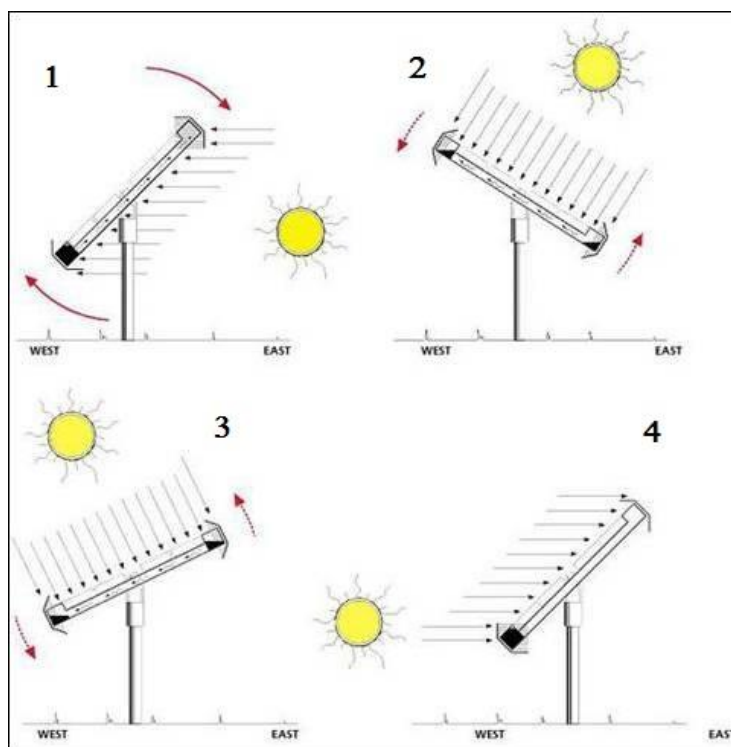


Figura 3. Esquema de Seguidor Passivo. (Zomeworks Corporation 2012). Adaptado.

Tal arranjo apresenta vantagens como sua simplicidade de operação e por não requerer motores para que seu funcionamento ocorra, porém apresenta menor precisão no movimento de rastreo do sol, além disto, requer que a incidência solar seja capaz de oferecer a variação térmica necessária para a expansão do gás, limitando sua aplicação em determinadas regiões.

2.3.1.2. Seguidores Ativos

Os seguidores ativos recebem este nome por conta do rastreamento ativo do movimento solar através de motores acoplados aos eixos. Nestes tipos de seguidores, o rastreamento pode ser programado previamente de forma algorítmica, com análise de características do local e do período do ano, ou pela orientação de sensores e podem ser classificados de acordo com o tipo de movimento e pelo número de eixos. Os principais sistemas são:

- Seguidores de Eixo Horizontal
- Seguidores Polares de Eixo Único
- Seguidores Azimutais ou de Eixo Vertical
- Seguidores de Eixo Duplo

2.3.1.2.1. Seguidores de Eixo Horizontal

Este tipo de seguidor será caracterizado pelo movimento de rastreamento sazonal do sol. O eixo será posicionado paralelamente à direção norte-sul, assim permitindo que o painel desloque seu ângulo de incidência ótima do leste ao oeste. A eficiência deste tipo de sistema será acrescida quando for instalada em locais com baixa latitude, porém apresentará valor inferior ao de seguidores mais complexos.

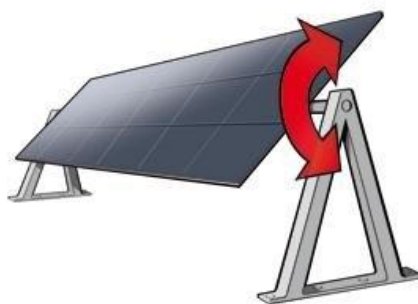


Figura 4. Seguidor de Eixo Horizontal. (DCE Solar 2016)

Apresenta baixo custo de manutenção e devido sua movimentação simples e pequena área ocupada, pode ser utilizado em conjunto com outros painéis. Outra vantagem se dá no fato de que este tipo de seguidor poderá ter posições programadas previamente através de lógica computacional, removendo a necessidade de sensores para o rastreamento.

2.3.1.2.2. Seguidores Polares de Eixo Único

O eixo do seguidor será posicionado na direção norte-sul, porém com um ângulo fixo em relação ao solo. O ângulo, que geralmente será o ângulo de latitude da localidade, irá garantir melhor seguimento do movimento solar, uma vez que o ângulo de incidência será mais próximo do ótimo.



Figura 5. Seguidor Polar. (DCE Solar 2016)

Neste sistema teremos um ângulo de incidência perpendicular durante os equinócios de primavera e de outono e apresentará um pequeno erro nos demais períodos do ano. Semelhante em funcionamento com o seguidor de

eixo horizontal, também apresentará baixo custo de manutenção e poderá ser programado através de lógica computacional.

2.3.1.2.3. Seguidores Azimutais ou de Eixo Vertical

Diferentemente dos seguidores vistos anteriormente, este seguidor causará um movimento azimutal nos painéis que levará a uma variação angular em torno do eixo perpendicular à horizontal.

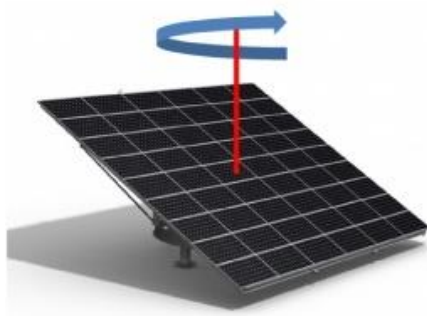


Figura 6. Seguidor Azimutal. (Home CSP 2013)

Este tipo de seguidor terá uma eficiência 4% superior ao sistema polar e horizontal, porém ainda 7% abaixo de painéis apoiados em um sistema de eixo duplo [4].

2.3.1.2.4. Seguidores de Eixo Duplo

Além de um eixo que permitirá o movimento no eixo Leste-Oeste, um segundo eixo permitirá um movimento na direção Norte-Sul. Este tipo de sistema é o mais utilizado, principalmente em parques solares e em instalações com grandes dimensões devido à melhor precisão no rastreamento com a utilização dos dois eixos independentes.



Figura 7. Seguidor de Eixo Duplo. (DCE Solar 2016)

As grandes desvantagens surgem no peso dos componentes que exercem grande esforço na estrutura assim como a manutenção dos mesmos. A complexidade do mecanismo em relação com sua eficiência pode não compensar quando comparado a outros tipos de seguidores como os polares quando aplicados em pequenas instalações e apresentam a necessidade de cobertura em casos de ventos capazes de danificar componentes. Com a utilização de dois eixos, o mecanismo garante melhor precisão no rastreamento. No caso da utilização de espelhos para o foco dos raios solares, o suporte sofrerá esforços menores graças à redução no peso.

2.5. Aplicabilidade No Nordeste

A energia solar tem sofrido continuas inovações, o que afetaram positivamente as possibilidades de utilização. Avanços permitiram a diminuição no custo do sistema assim como no aumento da eficiência o que está levando a uma maior atratividade para a fonte de energia renovável. Entretanto, os constantes avanços no ramo ainda não conseguem deixá-lo competir com as fontes não-renováveis que possuem mais tempo de pesquisas e

aperfeiçoamento. Com a possibilidade de que as fontes não-renováveis se tornem escassas nas próximas décadas a implantação de parques eólicos, assim como outras matrizes energéticas renováveis serão mais utilizadas no futuro.

O Brasil, além de grandes reservas de silício, possui um dos territórios com maior irradiação solar do mundo, reforçando seu potencial solar. Entretanto se encontra ainda atrasado em países como a Alemanha, que apesar de não possuir potencial solar comparável ao Brasil, lidera no mercado mundial [5]. O gráfico 1 apresenta a distribuição de radiação solar direta no território brasileiro durante o período de um ano.

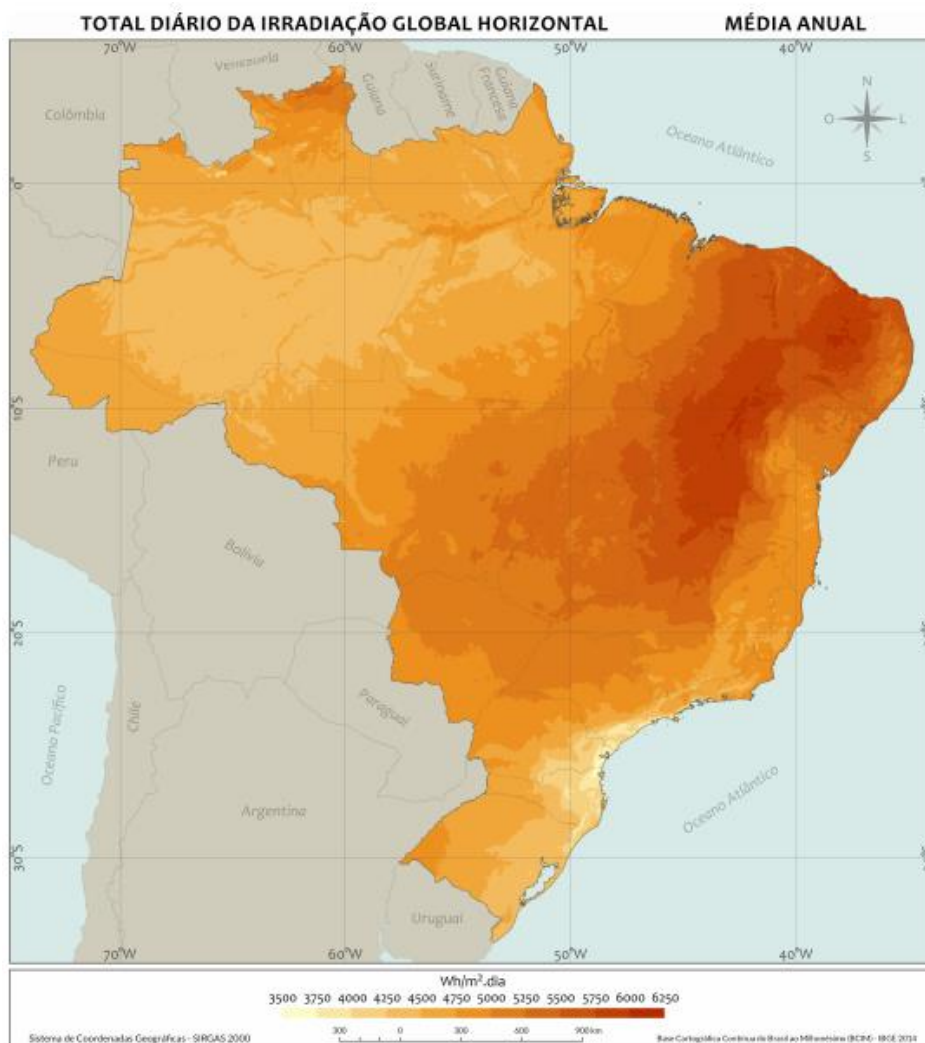


Gráfico 1. Derivada de satélite, radiação solar direta para o Brasil em kWh/m²/dia. (Pereira 2017)

Como observado, o Nordeste, que se destaca pela alta incidência solar, é a região com maior potencial solar do país e há décadas é centro da atenção de diversas pesquisas realizadas na área. Devido à baixa incidência de chuva, característico do clima Semi-Árido, que ocorre em sua maioria no primeiro semestre do ano, a região apresenta grande disponibilidade solar que associado à atmosfera com um número reduzido de nuvens, garante um fluxo constante de raios disponíveis para a captação. Entretanto, é necessário levar em conta a variabilidade da precipitação pluvial não é uniforme em toda região, de fato, a análise dos coeficientes de correlação indica um caráter quase randômico para os períodos chuvosos o que pode dificultar a previsões em longo prazo da condição climática da região [7].

O clima nordestino, assim como boa parte do país tem ventos de baixas velocidades quando comparados a fenômenos meteorológicos recorrentes em países na América do Norte e Europa, o que reduz os impactos causados em mecanismos mais complexos como nos seguidores de eixo duplo, aumentando sua aplicabilidade.

Pelo seu posicionamento próximo à linha do equador, o Nordeste brasileiro possui baixos valores de latitude que variam de 1 a 18 graus ao sul [8], o que implica na utilização de baixos ângulos de correção para o ângulo de incidência máxima, removendo a necessidade de seguidores solares mais complexos e causando uma redução no custo de instalação dos mesmos.

Um dos maiores fatores negativos para a aplicabilidade na região seria o alto custo com mão de obra e manutenção devido à escassez de profissionais qualificados.

2.6. Análise da Viabilidade

A análise da eficiência do sistema de rastreo solar foi realizada comparando-a aos sistemas de posicionamento fixo. Pesquisas, segundo Chun-Sheng et. al. (2008), demonstraram que seguidores solares podem aumentar em mais de 20% a produção elétrica quando trabalhando num sistema de eixo único. No uso de sistemas de eixos com dois graus de liberdade, o aumento foi maior que 40% na produção de eletricidade.

Testes realizados nas cidades portuguesas de Bragança, Porto, Faro, Lisboa e Évora (escolhidas por sua dispersão no país), descreveram, segundo Coelho (2009), um aumento de até 25% apenas com a variação horária do azimute da superfície em relação a sistemas fixos. No caso de seguidores solares de eixo duplo, o acréscimo de eficiência chegou a 32% nas melhores condições.

Segundo Blaszcak (2017) com base em testes realizados na cidade de Erechim - RS os dados obtidos pela utilização de um seguidor solar do tipo polar indicaram um aumento de até 30% em determinados períodos do dia, principalmente no início da manhã conforme apresentado no gráfico 2.

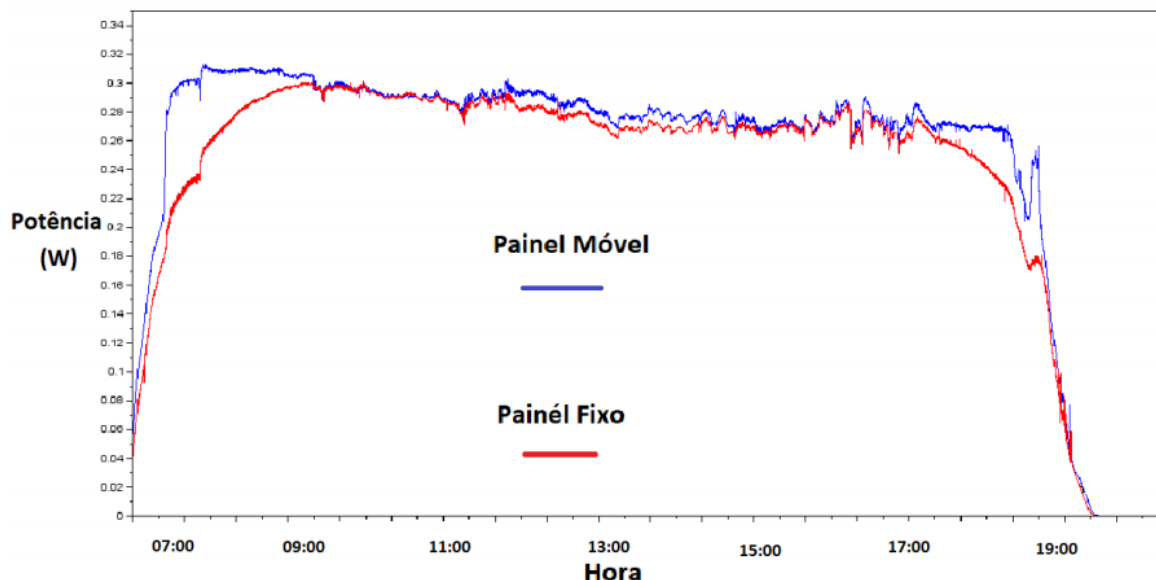


Gráfico 2. Comparativo entre sistema móvel e fixo. (Blaszcak 2017)

Ainda segundo Blaszcak, o sistema de seguidor solar foi considerado viável devido ao baixo consumo de energia para a movimentação dos painéis, sendo 0.095% da energia total gerado por um painel fotovoltaico de 70 Watts neste tipo de seguidor.

3. CONCLUSÕES

A pesquisa realizada atingiu seus objetivos, analisando os tipos de rastreadores solares mais comuns no mercado, testes de aumento na eficiência relativa aos sistemas de posicionamento fixo assim como previsão de viabilidade levando em consideração a potência necessária para o movimento realizado por motores em seguidores ativos.

Os dados coletados através da revisão bibliográfica apontaram um aumento de 20% na eficiência do sistema, dados consistentes com análises realizadas fora e dentro do país. A energia fotovoltaica, diferentemente de características presentes em combustíveis fósseis, possui ainda uma eficiência reduzida e com considerável tempo de retorno financeiro, principalmente devido ao alto custo inicial de instalação, mão-de-obra qualificada e manutenção. Toda via, com o uniforme avanço de pesquisas na área é esperado que os custos reduzam ainda mais.

A utilização de seguidores solares, quando seu tipo e variáveis da localidade devidamente analisados, é assim considerada viável, uma vez que pode aumentar significativamente o potencial efetivo de painéis fotovoltaicos com um baixo custo na potência necessária para o movimento do suporte. Embora O alto custo inicial e necessidade de manutenção e lento retorno sejam grandes desvantagens, a utilização deste método a longo prazo garante um aperfeiçoamento eficaz na geração de energia solar.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] C. d. p. d. e. elétrica (CEPEL), “Energia Solar Princípios e Aplicações,” Centro de referência para energia solar e eólica Sérgio de Salvo Brito, Rio de Janeiro, 2006.

[2] ASHOK, S. Solar Energy. [S.l.]: Encyclopædia Britannica, Inc., 2018. 1 p. Disponível em:

<<https://www.britannica.com/science/solar-energy>>. Acesso em: 09 mar. 2018.

[3] YOSHITAKE, Jane. Solar Tracker. [S.l.]: Encyclopædia Britannica, Inc., 2016. 1 p. Disponível em: <<https://www.britannica.com/technology/solar-tracker>>. Acesso em: 09 mar. 2018.

[4] Jesús P. Vara JUSTO R. Calvo Francisco J. Gómez Gil, Miguel Martín. A review of solar tracker patents in Spain. Proceedings of the 3rd WSEAS Int. Conf. on RENEWABLE ENERGY SOURCES, p. 292–297, Jun 2009.

[5] CABRAL, Isabelle de Souza; TORRES, Adriana Cazelgrandi; SENNA, Pedro Rocha. Energia Solar Análise Comparativa Entre Brasil e Alemanha. In: IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador. 2013.

[6] PEREIRA, Enio Bueno et al. Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2. ed. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (inpe), 2017. 80 p. Disponível em: <http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2018.

[7] DA SILVA, Vicente PR et al. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi, v. 15, n. 2, 2011.

[8] GOOGLE MAPS. [2018]. Análise de Latitude no Nordeste Brasileiro. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/>>. Acesso em: 13 mar. 2018.

[9] CHUN-SHENG, W. et al. Study on automatic sun-tracking technology in PV generation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRIC UTILITY DEREGULATION AND RESTRUCTURING AND POWER TECHNOLOGIES, 3., 2008, Nanjing. Proceedings... Nanjing, China: IEEE, 2008. p. 2586-2591.

[10] COELHO, Mário Rui Ferreira Abreu de et al. Estudo da viabilidade técnico-econômica de um sistema para orientação automática de colectores solares planos. 2009.

[11] BLASZCZAK, Vinícius. Análise de eficiência de painel fotovoltaico com sistema tracker seguidor solar. 2017.

[12] ALVES, Alceu Ferreira; CAGNON, José Angelo. DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE POSICIONAMENTO AUTOMÁTICO PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS. Energia na Agricultura, v. 25, n. 2, p. 01-19, 2010.

[13] SILVEIRA, Gustavo Alves; SANTOS, José Orlando Rodrigues; RIFFEL, Douglas Bressan. DESENVOLVIMENTO DE SEGUIDOR SOLAR DE DOIS EIXOS COM SUPORTE PARA CÉLULAS FOTOVOLTAICAS.