

## **A radiação solar é efetiva o ano inteiro para geração de energia solar fotovoltaica em Santarém-PA, Amazônia, Brasil?**

### **Is solar radiation effective year-round for generating photovoltaic solar energy in Santarém-PA, Amazonia, Brazil?**

Anna Raisa Da Costa Alves<sup>1</sup>, Josiane Ribeiro Franco<sup>1</sup>, Elton Raniere Moura<sup>1</sup>, Khayth Marrony R. Nagata<sup>1</sup>, Ione Iolanda dos Santos<sup>1</sup>, Leidiane Leão de Oliveira<sup>1\*</sup>

---

#### **RESUMO**

A pesquisa teve o objetivo de caracterizar a radiação solar global, bem como a sua distribuição sazonal e relacionar com a geração de energia fotovoltaica média mensal para o período de maio de 2018 a julho 2021. Foi utilizado os dados horários (6 a 18 h) e mensais, compreendidos entre setembro de 2015 a dezembro de 2018 para caracterizar a radiação solar. Os horários de maior pico de incidência de radiação solar foram às 13 e 14 h, tendo um quantitativo de 5.633 Kj/m<sup>2</sup>. A radiação solar global totalizou 53% no período seco e 47% no período chuvoso. Os meses de setembro e outubro, concentram os maiores valores de radiação solar com 21.796 e 21.556 Kj/m<sup>2</sup>, respectivamente e a geração de energia fotovoltaica foi de 1.200 kW/h. Houve uma correlação estatisticamente significativa entre a radiação solar e a geração de energia fotovoltaica (R=0,70; p<0,05) mostrando que a potência gerada por um sistema fotovoltaico está diretamente ligada a intensidade de radiação. Os dados obtidos, por ora foram suficientes para responder as questões levantadas. A cidade de Santarém-PA tem potencial de radiação solar global capaz de satisfazer a geração de energia solar fotovoltaica, mesmo no período de inverno amazônico onde se tem uma perda mínima de até 22% da geração de energia solar.

**Palavras-chave:** Energia solar; Energia renovável; Produção de energia solar.

---

#### **ABSTRACT**

The research aimed to characterize the global solar radiation, as well as its seasonal distribution and relate it to the monthly average photovoltaic energy generation for the period from May 2018 to July 2021. Hourly data (6 to 18 h) was used and monthly, from September 2015 to December 2018 to characterize the solar radiation. The peak hours of solar radiation incidence were at 1 pm and 2 pm, with a quantity of 5633 Kj/m<sup>2</sup>. Global solar radiation totaled 53% in the dry season and 47% in the rainy season. The months of September and October concentrate the highest values of solar radiation with 21,796 and 21,556 Kj/m<sup>2</sup>, respectively, and the generation of photovoltaic energy was 1,200 kW/h. There was a statistically significant correlation between solar radiation and photovoltaic energy generation (R=0.70; p<0.05) showing that the power generated by a photovoltaic system is directly linked to the radiation intensity. The data obtained, for now, were sufficient to answer the questions raised. The city of Santarém-PA has global solar radiation potential capable of satisfying the generation of photovoltaic solar energy, even in the Amazon winter period, where there is a minimum loss of up to 22% of solar energy generation.

**Keywords:** Solar energy; Renewable energy; Solar energy production.

---

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA. \*E-mail: leidiianeoli@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A radiação solar é a força motriz para muitos processos físico-químicos e biológicos que ocorrem no sistema superfície-atmosfera, e constitui-se em uma importante variável meteorológica em estudos de necessidade hídrica de culturas, modelagem do crescimento e produção vegetal, mudanças climáticas, entre outros (BORGES et al., 2010). A quantidade de radiação solar que chega à superfície terrestre não é uniforme no globo. Ela é influenciada por 3 fatores: o período do ano e do dia, determinados pela distância média planeta-sol, excentricidade e latitude terrestre, respectivamente, que controlam a quantidade da densidade do fluxo de energia solar que chega na superfície (HARTMANN, 1994; AYOADE, 1983).

No atual contexto de desenvolvimento sustentável, a humanidade busca fontes alternativas de energia, sendo a energia solar uma destas fontes. Portanto, estudos que relacionados a esta variável são importantes para a avaliação de possíveis regiões com potencial para usar este tipo de energia, assim como, se avaliar como a radiação solar influencia os fluxos de energia em superfície (BELÚCIO et al., 2014).

A disponibilidade de energia solar na superfície terrestre é muito superior à demanda global de energia elétrica. À medida que as tecnologias que fazem uso da energia solar se tornam mais competitivas ante outras opções, a participação dessa fonte na matriz elétrica tende a crescer. Isto já se verifica em diversos países, inclusive no Brasil. Para o futuro, as projeções indicam aumento expressivo da participação da fonte solar na matriz de geração de energia elétrica mundial, tendendo a se manter nos próximos anos, face ao apelo para a produção de energia a partir de fontes renováveis, às perspectivas de redução do custo de geração e ao aumento da eficiência da tecnologia fotovoltaica (BEZERRA, 2021).

É consenso que, o desenvolvimento energético trouxe “a reboque” um custo ambiental que de pequeno não tem nada. Após, séculos e mais séculos de emissão de gases tóxicos à atmosfera (causadores do efeito estufa, principalmente), degradação de grandes extensões de terras e poluição de importantes mananciais de água; vê-se atualmente, um ainda tímido movimento de grupos de indivíduos preocupados com a questão ambiental. Na realidade, isto tem relação com a própria sobrevivência do gênero humano, tendo em vista a ameaça de esgotamento de recursos naturais importantes que podem colocar a vida humana em questão (LAVEZZO, 2016).

Atualmente, mais de 80% da necessidade global de energia primária é suprida pela queima de combustíveis fósseis (IEA, 2017). No entanto, a poluição causada pelo uso desses combustíveis, que está diretamente relacionada ao desequilíbrio climático da Terra, aliada ao esgotamento de recursos naturais, são desafios inevitáveis que demandam o desenvolvimento de alternativas para o fornecimento de energia elétrica. Nesse contexto, fica evidente a necessidade do maior uso de fontes energéticas limpas e sustentáveis. Portanto, é natural que haja uma busca cada vez maior pela utilização da energia proveniente do sol, que se trata da fonte energética mais abundante e acessível do planeta (NASCIMENTO, 2018).

Essas fontes de energia alternativa devem ser vistas como uma oportunidade para depender menos do combustível fóssil e das grandes usinas hidrelétricas. O país possui um enorme potencial de energia solar, eólica e da biomassa (MELO et al., 2018).

A geração de energia com base em fontes renováveis pelos próprios consumidores tem sido aos poucos estimulada pelo governo brasileiro. Em 2015, o governo federal lançou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (PROGD), para ampliar e aprofundar as ações de estímulo à geração de energia pelos próprios consumidores, com base nas fontes renováveis de energia (em especial a solar fotovoltaica). O PROGD pode movimentar pouco mais de R\$ 100 bilhões em investimentos até 2030. Com ele, espera-se que até esse ano, 2,7 milhões de unidades consumidoras poderão ter energia gerada por elas mesmas, entre residências, comércios, indústrias e no setor agrícola, o que pode resultar em 23.500MW (48TW/h produzidos) de energia limpa e renovável, o equivalente à metade da geração da Usina Hidrelétrica de Itaipu. Com isso, o Brasil pode evitar que sejam emitidos  $29 \times 10^3$  ton de CO<sub>2</sub> na atmosfera (BONDARIK, 2018).

Como citado, é de extrema urgência que todos possam ter conhecimento dos problemas ambientais devido a utilização de fontes de energia não renováveis, sendo possível uma conciliação com o meio ambiente, usufruindo sem destruí-lo ou extingui-lo. A cidade de Santarém Pará, já se mostrou com um grande potencial para aproveitamento energético fotovoltaico, uma vez que é notório o forte crescimento de empresas que facilitam ao consumidor a inserção desse sistema em sua residência, não esquecendo da enorme contribuição ambiental, já que durante a produção dessa energia não há emissão de gases efeito estufa como CO<sub>2</sub> e metano.

Santarém, possui grande potencial de utilização de sistemas fotovoltaicos para suprir demandas de residências, indústrias e residências rurais isoladas. É importante o levantamento de dados confiáveis de radiação solar em plano horizontal, obtidos por piranômetro na estação meteorológica de superfície de Santarém bem como estabelecer uma correlação que permita caracterizar o potencial sazonal da radiação solar e correlacionar com a efetividade da geração da energia fotovoltaica distribuída ao longo do ano.

O presente trabalho buscou caracterizar a radiação solar e sua distribuição sazonal bem como correlacionar seu aproveitamento na geração de energia fotovoltaica em Santarém-PA. A fim de responder os seguintes questionamentos, será que a radiação solar é efetiva o ano inteiro para geração de energia fotovoltaica, mesmo no período chuvoso? Como funciona o acúmulo de energia fotovoltaica neste período? Veja como usar a nota de rodapé<sup>2</sup> neste exemplo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

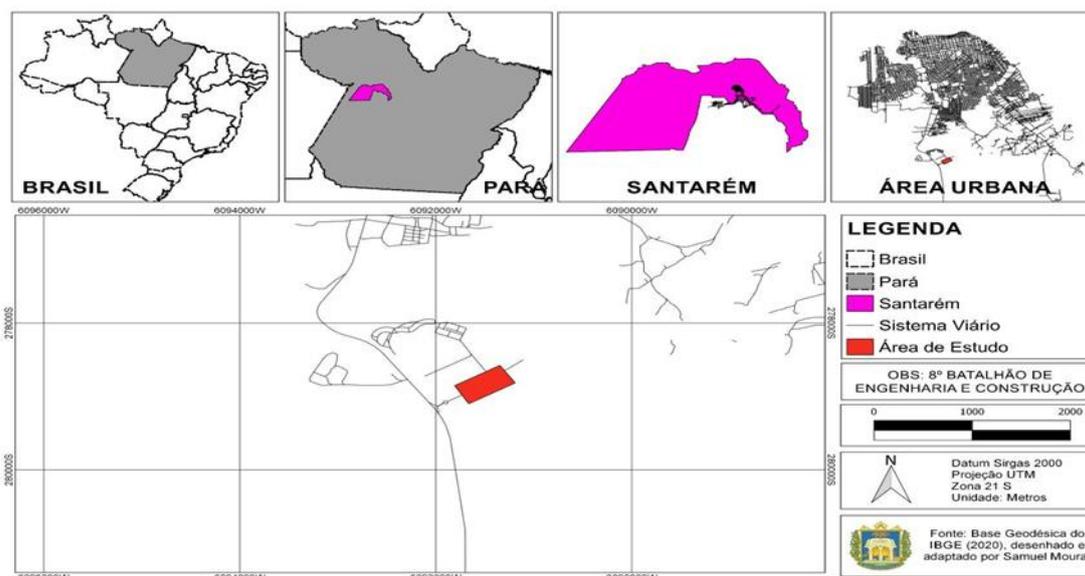
As tabelas e ilustrações (mapas, diagramas, organogramas, quadros, fotografias, gráficos, fluxogramas, entre outros) devem ser apresentadas no corpo do documento, centralizados, com identificação na parte de cima e fonte na parte de baixo, ambos tamanho 11pts, sempre com a melhor qualidade gráfica possível. Veja o exemplo abaixo.

### **Área de estudo**

O município de Santarém-PA, está sob a influência do clima tropical úmido, com variação térmica anual inferior a 5% e precipitação média anual em torno de 1820 mm (classe Ami conforme sistema Köppen) (OLIVEIRA et al., 2020). A umidade relativa do ar apresenta valores superiores a 80% em quase todos os meses do ano (COSTA et al, 2013). São definidos dois períodos, um chuvoso e outro menos chuvoso ou seco. O chuvoso coincide com os meses de dezembro a junho e o seco com os meses de julho a novembro, a mediana da precipitação pluvial fica em torno de 50 mm e o número de dias com chuva em torno de 5 dias (OLIVEIRA et al., 2020). As temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses de junho a novembro (IBGE, 2021).

Realizou-se a pesquisa a partir da base de dados da estação meteorológica automática de superfície de Santarém-PA. A estação meteorológica de Santarém, localiza-se no planalto santareno, especificamente no 8º Batalhão de Engenharia e Construção (BEC), na Rodovia Santarém-Cuiabá, BR 163, KM 10, Cipoal (**Figura 1**).

**Figura 1** – Mapa de localização da Estação Meteorológica de Santarém-PA



Fonte: IBGE (2020) Adaptado por Samuel Moura

Os dados de radiação solar global utilizados neste estudo foram obtidos por piranômetros fotodiodo de silício, utilizados para mensurar a radiação gerando sinais elétricos do tipo analógico, os quais são transformados pelo sistema em unidade de radiação ( $W/m^2$ ).

### **Análise de Dados**

Os dados foram obtidos através da estação meteorológica automática de Santarém-PA e as informações foram extraídas do Sistema de Informações Hidro-Meteorológica (SIM) do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. O arquivo contém cabeçalho do mapa/INMET e coordenadas geográficas da estação meteorológica automática de Santarém-PA. O fuso horário de referência é UTC (Coordinated Universal Time - Tempo Universal Coordenado), a partir do qual se calculam todas as outras zonas horárias do mundo, então se fez necessário subtrair 3 h para transformar para hora local. As estações meteorológicas automáticas do INMET, tem por finalidade estudos meteorológicos e monitoramento ambiental. E se fazem presentes em pôr todo o território nacional.

Foram utilizados os dados de radiação solar global horária de 06 h (9 UTC) às 18 h (21 UTC). Para calcular a radiação solar global mensal e anual, foram utilizados dados

de todos os meses, conseqüentemente, aplicou-se o cálculo de média aritmética, o período de dados de radiação solar global utilizado neste estudo foi de 2015 a 2018, série histórica da estação meteorológica que ficou inoperante desde 2019. Os valores negativos de radiação solar global, assim como os horários em que não há incidência de luz solar, foram descartados. As análises dos dados, tabelas e gráficos foram gerados utilizando o software Microsoft Excel 2019, versão 16.0, que nos auxiliaram para melhor compreensão da pesquisa e explicação dos resultados.

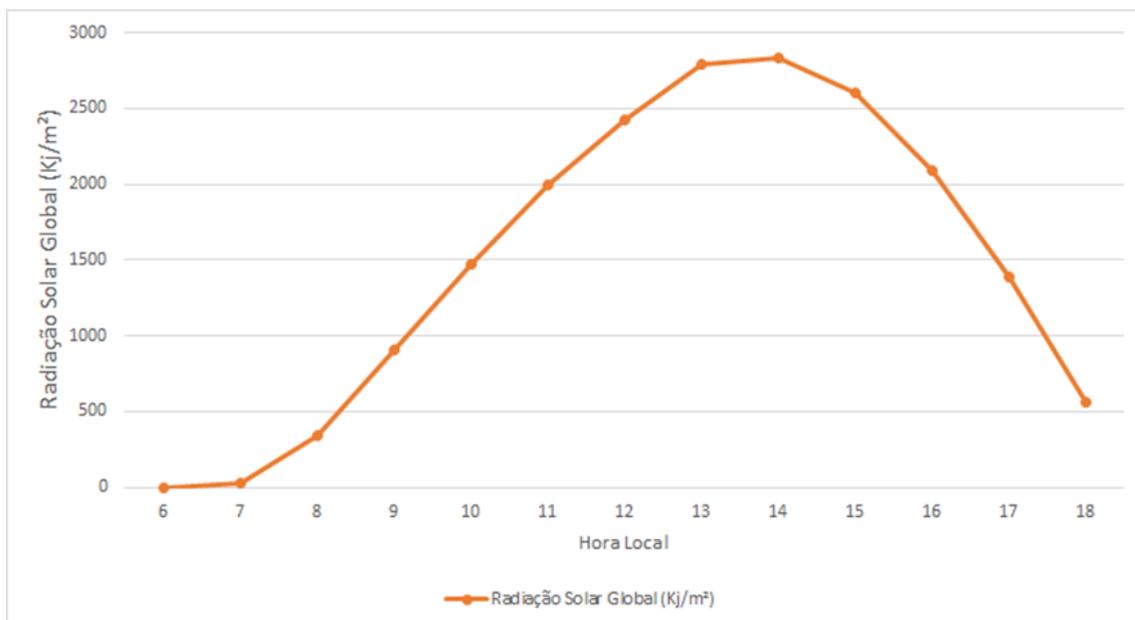
Os dados de geração de energia solar fotovoltaica, compreendidos entre os meses de maio de 2015 a julho de 2021, foram cedidos pela equipe de monitoramento, do departamento de ciências e tecnologia de uma empresa local de energia solar fotovoltaica. Estes dados são de geração de energia solar de uma empresa na área de educação localizada no bairro Rodagem em Santarém-PA.

Para testar a correlação entre a radiação solar global e a produção de energia fotovoltaica, foi utilizado a correlação de Pearson, que teve o objetivo de indicar como as duas variáveis associadas estão entre si. Adotou-se  $p \leq 0,05$  como nível de significância, em seguida, plotou-se o gráfico de correlação. Para avaliar a perda de produtividade (%) na geração de energia fotovoltaica nos meses de menor e maior geração de energia foi calculada a média anual de produção de energia, em seguida, foi utilizada uma regra de três simples. Assim, foi possível saber quanto em porcentagem perde de eficiência no período chuvoso e quanto aumenta eficiência no período seco.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

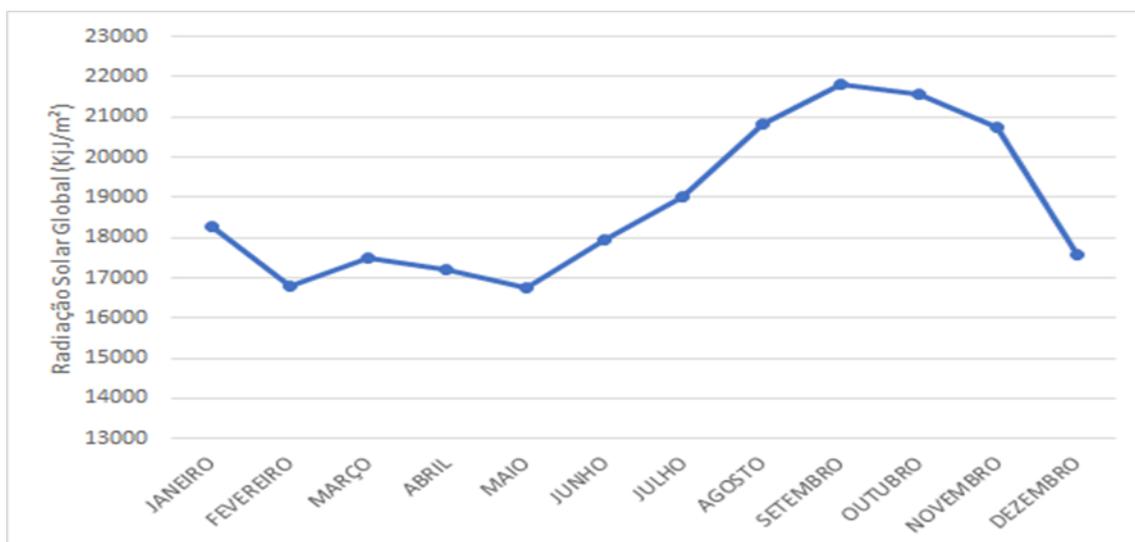
Na análise da radiação solar global horária, foi possível identificar que às 8 h a radiação solar é relativamente baixa, não chegando a ultrapassar  $500 \text{ kJ/m}^2$  (Figura 2). Os horários de maior pico de incidência de radiação solar, são as 14 h, com  $2.836 \text{ KJ/m}^2$ . Os horários das 14 às 16h, concentram os maiores índices de radiação, que coincide com a pesquisa de (PEREIRA et al., 2017), onde nesses horários há uma maior disponibilidade de radiação solar para geração de energia fotovoltaica (**Figura 2**).

**Figura 2** – Radiação Solar Global horária para Santarém-PA para o período de setembro 2015 a dezembro 2018



Os meses de setembro e outubro (período seco), concentram os maiores índices de radiação solar com 21.796 e 21.556 Kj/m<sup>2</sup> (Figura 3), respectivamente, o que eventualmente pode estar relacionado com a proximidade com o Equador, onde a incidência de radiação solar é máxima (MARQUES et al., 2012). Os meses de fevereiro e maio, possuem os menores índices de radiação solar, com 16.813 e 18.281 Kj/m<sup>2</sup>, para o período chuvoso (**Figura 3**).

**Figura 3** - Radiação Solar Global mensal em Santarém-PA para o período de setembro 2015 a dezembro 2018

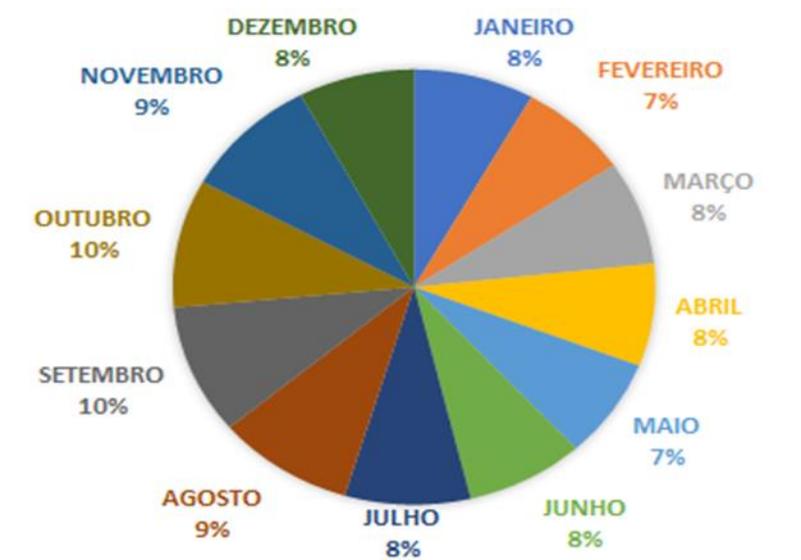


No município de Santarém os meses de junho a novembro, compreendem os meses de verão amazônico, com índices de radiação solar global maiores que os meses de inverno amazônico, compreendidos entre dezembro e junho. Entre os meses de

setembro (verão amazônico) e maio (inverno amazônico), maior e menor taxa de radiação solar global, respectivamente, temos um diferencial de perda de 5.056 KJ/m<sup>2</sup>.

Nota-se que os meses de setembro e outubro totalizaram um percentual de 20% de radiação solar, enquanto junho e julho, juntos somam 16%, o menor percentual para época de verão amazônico. Por outro lado, dezembro, janeiro, março e abril, tiveram um percentual de 32% de radiação solar, o maior para o período de inverno amazônico. Fevereiro e maio totalizaram 14%, o que é normal já que a umidade ascendente presente no período de chuvas, favorece a formação de nuvens, e a radiação solar difusa dificulta que os raios solares cheguem à superfície (MARQUES et al., 2012) (**Figura 4**).

**Figura 4** - Porcentagem de distribuição da radiação solar global anual em Santarém-PA para o período de setembro 2015 a dezembro de 2018



Setembro e outubro foram os meses de maior percentual de radiação solar, somando 20%. Fevereiro e maio, com menor percentual de radiação solar, totalizando 14%. No geral, se tem uma perda de apenas 7% de radiação solar global.

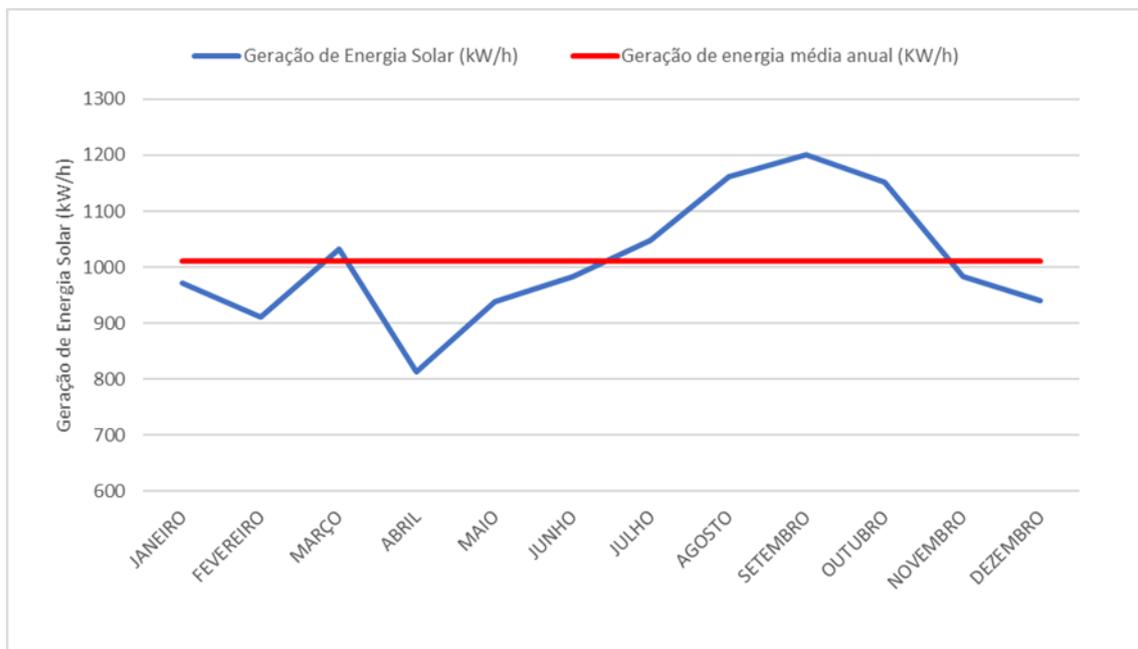
Observa-se que o para o período de regime de chuvas, a radiação solar global totaliza 53%, entre os meses de junho a novembro e 47% no período chuvoso nos meses de dezembro a maio, ocorrendo um decréscimo natural, uma vez que, mesmo estando próximo ao Equador a nebulosidade prevista para este período chuvoso e baixa incidência de radiação é inevitável (CAMPOS; ALCANTRA., 2016) (**Figura 5**).

**Figura 5** - Distribuição da radiação solar global mensal para os períodos seco (junho a novembro) e chuvoso (dezembro a maio), para o período de setembro 2015 a dezembro 2018



O mês de setembro a geração de energia fotovoltaica é de 1.200 kW/h, atingindo o máximo de geração para o período seco (**Figura 6**). Os meses de agosto a outubro, registraram índices acima da média (1.011kW/h), acima de 1.100 kW/h de geração de energia solar.

**Figura 6** - Geração de Energia Solar Fotovoltaica, para os períodos de abril de 2018 a julho de 2021

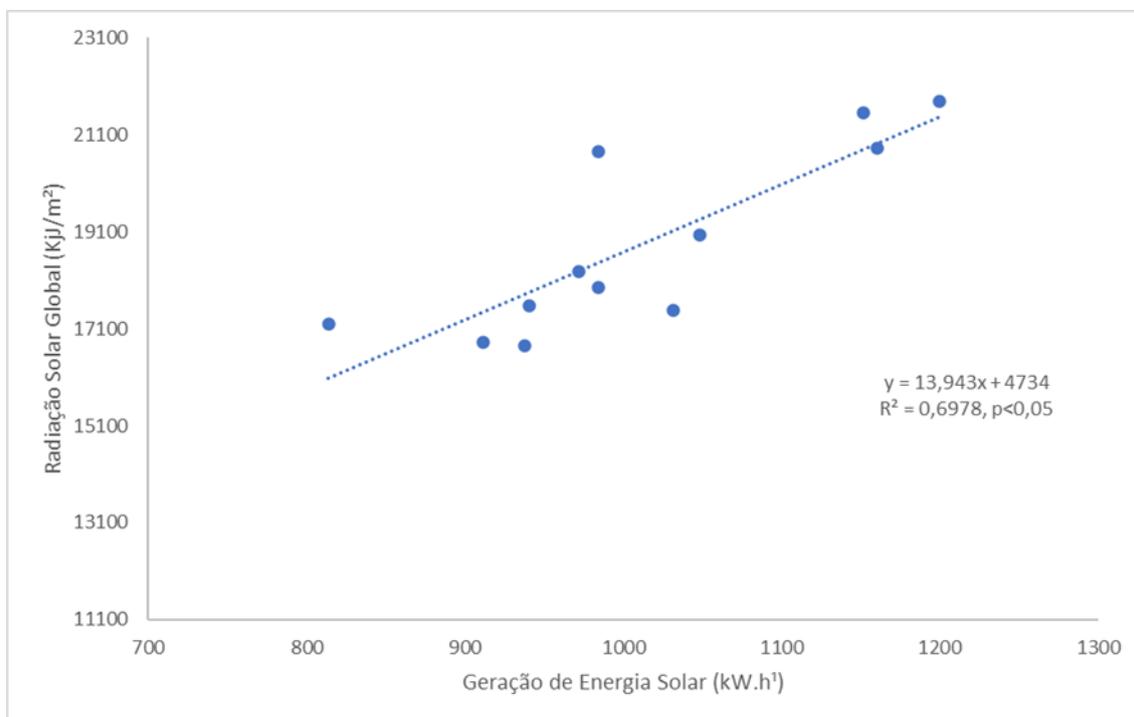


Dezembro e maio, possuem valores próximos de geração de energia solar, de 941 kW/h e 938 kW/h, respectivamente. Os meses sucessivos, temos março, com geração de 1.032 kW/h para este período chuvoso e menor pico de geração em abril, com 814 kW/h. O mês de janeiro registra o segundo maior índice geração de energia solar com 972 kW/h (Figura 6).

Deste modo, se pegarmos a média de geração de energia solar 1.011 kW/h e compararmos com mês de setembro, onde se teve a maior geração de energia solar fotovoltaica 1.200kW/h, chegamos ao percentual de 118%, 18% a mais geração do que o esperado. Toda via, para o mês de abril que teve 814 kW/h, com uma perda de 22% na geração de energia fotovoltaica. Não podemos esquecer que do mês de junho a novembro, há uma diminuição das chuvas e os valores de radiação solar global são maiores, quando comparadas com os meses de dezembro a maio, onde as chuvas se intensificam e a radiação solar que chega superfície terrestre é difusa.

A radiação solar global e geração de energia solar fotovoltaica, foram correlacionados para melhor visualização dos resultados. Houve uma correlação estatisticamente significativa entre as variáveis ( $R=0,70$ ;  $p<0,05$ ) uma relação de dependência de 70%, ou seja, as variáveis simuladas e medidas estão fortemente correlacionadas acompanhando a tendência de variação da outra (CAMPOS; ALCANTRA., 2016), quanto maior a radiação solar, maior será a geração de energia fotovoltaica, assim como, quanto menor for o índice de radiação solar, menor será a geração energia (**Figura 7**).

**Figura 7** - Correlação da radiação solar global, com a geração de energia solar fotovoltaica, para os períodos de abril 2018 a julho de 2021.



Quando a radiação solar global atingiu 21.796 Kj/m², para o mês de setembro, simultaneamente a produção de energia solar fotovoltaica também atingiu seu máximo

com 1.200 kW/h, assim, nos momentos em que os índices de radiação se elevarem e atingirem o seu máximo, a geração de energia solar também atingirá seu pico de geração, podendo também ser um fator limitante (KAUFMMAN, 2014). Assim como, para o mês de abril a radiação solar global foi de 17.207 KJ/m<sup>2</sup>, a produção de energia foi de 814 kW/h (**Figura 7**).

Entretanto, o mês de fevereiro apresentou o menor índice de radiação solar global com 16.813 KJ/m<sup>2</sup> e uma produção de energia solar de 911KJ/m<sup>2</sup>, ultrapassando o mês de abril, que teve uma radiação solar global superior. Neste caso, temos que levar em consideração que os seguintes fatores: a estação de meteorológica, fica localizada no 8° BEC planalto santareno e as placas solares próximo ao centro urbano da cidade. o mês de setembro está compreendido no período seco (verão amazônico) e o mês de abril, está dentro do período chuvoso (inverno amazônico), o que é comum a formação de nuvens de precipitação/nebulosidade para a cidade de Santarém-PA. Outro fator, muito relevante é a mudança de tempo durante o dia, alterando a irradiância solar e temperatura do painel solar fotovoltaico (principalmente os que possuem coloração mais escura), afetando seu desempenho. De modo que a temperatura da célula aumenta e a corrente do circuito também, a potência máxima, a tensão do circuito aberto e o fator de preenchimento, diminuem (SOUZA; ARISTONE, 2018)

De fato, a cidade de Santarém-PA, possui meses com maior incidência solar e, os meses de julho a outubro, ficaram acima da média anual de geração de energia solar fotovoltaica, totalizando 4.560 kW/h (Figura 6). Janeiro, fevereiro, abril, maio, são os meses que ficaram abaixo da média de geração de energia solar fotovoltaica com um quantitativo de 3.635 kW/h. Vale salientar que o microclima urbano local, na cidade de Santarém-PA, sofre influência da evaporação dos rios e da transpiração da floresta amazônica ocasionando que em um dia totalmente nublado, não haja radiação direta, e sim 100% de radiação difusa. E mesmo num dia totalmente sem nuvens, pelo menos 20% da radiação que atinja a superfície seja difusa (CAPO, 2018).

A geração de energia solar está diretamente relacionada a sazonalidade da radiação solar global (**Figura 7**). Isso mostra que a potência gerada por um sistema fotovoltaico está diretamente ligada a intensidade de radiação. Para uma geração de energia solar média 1.011 kW/h, no período chuvoso há uma perda de produção de até 22% (abril) na geração de energia fotovoltaica. A eficiência na geração de energia diminui no período seco até 22%.

Desta forma, a radiação solar global é capaz de gerar energia solar fotovoltaica o ano todo para a cidade de Santarém-PA, com perdas mínimas de geração nos diferentes períodos sazonais. Assim, com os horários de maior incidência solar que coincidem com a maiores de taxas de geração de energia. Empreendimento como escolas, lojas e até mesmo residências que consomem até 700 kW/h por mês, seria um excelente investimento, sem contar no custo-benefício social e ambiental. Entretanto, alguns dados ainda precisam ser gerados e estudados, uma vez que a estação meteorológica de Santarém-PA é recente, e alguns problemas, como pane, dificultaram a coleta de mais dados anuais. Logo em seguida, a pandemia da Covid-19 dificultou que alguns destes problemas fossem resolvidos tão logo. Igualmente os dados de geração de energia solar fotovoltaica, que não correspondem com o mesmo período estudado por falta deles, uma vez que as empresas existentes na cidade de Santarém-PA, são recentes e os inversores até então utilizados não eram capazes de armazenar informações, quando ocorriam problemas técnicos nas placas solares.

Ainda há muito o que estudar, a cidade de Santarém-PA compõe uma pequena parcela do território oeste paraense o qual ainda não sabemos quantas mais destas cidades tem o mesmo potencial de radiação solar global para a geração de energia solar fotovoltaica, ou outros sistemas como de aquecimento de água por exemplo, que necessitem diretamente da luz solar. Assim como, o desenvolvimento de painéis solares que sejam financeiramente mais econômicos e sustentáveis. Uma vez que, o silício que é a matéria base para a construção destes sistemas e ao ser explorado, agride significativamente o meio ambiente.

## CONCLUSÃO

A cidade de Santarém-PA mostrou um grande potencial de radiação solar global, com sua sazonalidade bem definida entre o período de inverno e verão amazônico, com uma perda mínima de geração de energia solar de 22% para o período chuvoso, com radiação solar bem distribuída durante todos os meses do ano e horários do dia, com picos de geração de energia solar, suficientes para investimentos em sistemas fotovoltaicos.

Portanto, a comunidade não só científica, mas todos os indivíduos possam ter acesso e conhecimento de tecnologias para que obtenham discernimento acerca dos problemas ambientais e principalmente fontes de energias sustentáveis. Visto que, muitas

pessoas ainda não compreendem a importância e a viabilidade econômica e ambiental de se ter uma fonte de energia inesgotável e sustentável como a energia solar fotovoltaica, tendo um potencial de radiação solar global bem distribuído em todos os meses do ano para Santarém-PA. Infelizmente, ainda é um investimento alto e sem incentivos governamentais para o desenvolvimento de uma matriz energética sustentável em regiões da Amazônia.

## REFERÊNCIAS

AYOADE, J. O. Introduction to climatology for the tropics. Chichester: John Wiley & Sons, 1983.

BELÚCIO, L. P.; SILVA, A. P. N.; SOUZA, L. R.; MOURA, G. B. de A. Radiação solar global estimada a partir da insolação para Macapá (AP). Revista Brasileira de Meteorologia, v. 29, p. 494-504, 2014.

BEZERRA, F. D. Energia solar. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 6, n.174, jul. 2021. (Caderno Setorial Etene).

BONDARIK, R.; PILATTI, L. A.; HORST, D. J. Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil. Interciência, v. 43, n. 10, p. 680-688, 2018.

BORGES, V. P.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO FILHO, M. A.; SILVA, T. S. M.; PAMPONET, B. M. Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, p. 74-80, 2010.

CAPO, P. I. M. Desenvolvimento de uma ferramenta para previsão de curto prazo da radiação solar utilizando redes neurais artificiais. 2018. Dissertação (Mestrado) – Curso de Energia e Sustentabilidade, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá. 2018.

CAMPOS, M. S.; ALCANTARA, L. D. S. Interpretação dos efeitos de tempo nublado e chuvoso sobre a radiação solar em Belém/PA para uso em sistemas fotovoltaicos. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, p. 570-579, 2016.

COSTA, A.C.L.; UCHOA, P.W.; JUNIOR, J.A.S.; CUNHA, A.C.; FEITOSA, J.R.P. Variações termo-higrométricas e influências de processo de expansão urbana em cidade equatorial de médio porte. Brazilian Geographical Journal, Ituiutaba, v. 4, n. 2, p. 615-632, 2013.

HARTMANN, D. L. Global physical climatology. Seattle: Academic Press, 1994.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados do Estado do Pará. Brasília: Ministério da Economia, 2021.

IEA. Key World Energy Statistics. OECD Publishing, 2017. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2017.pdf>. Acesso em: 30 jul 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Brasil. 2018 Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/municipio/150680>. Acesso: 03 jun. 2021.

KAUFMANN, G. V. Avaliação do potencial de geração solar fotovoltaica e análise em tempo real da operação de um painel fotovoltaico instalado na cidade de Lajeado/RS. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso.

LAVEZZO, C. A. L. Fontes de energia. Revista Eletrônica Gestão em Foco, Amparo, p. 102 a 126, 2016.

MARQUES, D.; BRITO, U. A.; CUNHA, A. C.; SOUZA, L. R. Variação da radiação solar no Estado do Amapá: estudo de caso em Macapá, Pacuí, Serra do Navio e Oiapoque no período de 2006 a 2008. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 27, p. 127-138, 2012.

MELO, C.A.; JANUZZI G de M.; BAJAY S.V.; 2018. Nonconventional renewable energy governance in Brazil: Lessons to learn from the German experience. Renew. Sustain. Energy Rev. 61: 222-234.

NASCIMENTO, L. L. Caracterização fotoeletroquímica de dispositivos para conversão de energia solar. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Química Industrial) – Universidade Federal de Uberlândia.2018.

OLIVEIRA, L. L.; BARRETO, N. J. C.; JESUS, E. S.; CANANI, L. G. C. Efeitos dos eventos extremos climáticos na variabilidade hidrológica em um rio de Ecossistema Tropical Amazônico. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, Aracajú, v.11, n.4, p.145-153, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.004.0013>.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, S. R.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. Atlas brasileiro de energia solar. São José dos Campos: Inpe, v. 1, 2017.

SOUZA, A.; ARISTONE, F. Um estudo da temperatura e da irradiação solar em células fotovoltaicas. Tecno-Lógica, v. 22, n. 2, p. 194-200, 2018

*Recebido em: 10/10/2021*

*Aprovado em: 05/11/2021*

*Publicado em: 10/11/2021*