

# ANÁLISE DA VIABILIDADE DO USO DA ENERGIA SOLAR COMO FONTE ALTERNATIVA DE GERAÇÃO DE ENERGIA NA CIDADE DE MANAUS

Márcia Pires de Souza (UFAM) [marciapires1984@gmail.com](mailto:marciapires1984@gmail.com)

Marly Pires de Souza (IFAM) [pires\\_marly@hotmail.com](mailto:pires_marly@hotmail.com)

## Resumo

A crise energética através das fontes convencionais é um problema que hoje atinge países no mundo inteiro. Visando amenizar este problema, apresentamos como alternativa a geração de energia solar via sistema fotovoltaico, que além de ser obtida através de uma fonte renovável, é um recurso abundante em diversos países, além de ser ambientalmente correto. A Região Norte do Brasil possui um dos maiores índices de incidência solar do território brasileiro, o que a torna apta a receber investimentos para a instalação de usinas solares fotovoltaicas. Ademais, essa região do país possui inúmeras comunidades isoladas que não tem acesso a eletricidade ou possui de forma precária. Neste trabalho foi analisado o potencial de geração da energia solar na cidade de Manaus através do estudo de medições meteorológicas realizados nos últimos cinco anos, referentes à radiação solar, acompanhado da precipitação total anual. Foi realizada uma revisão da literatura sobre o tema da energia solar utilizando como base de dados artigos publicados no Google Acadêmico no período de 2012 a 2021. Os resultados mostram que mesmo com a variação extrema no regime de chuvas no período analisado, não houve alterações significativas nos índices de radiação solar, sendo este ponto de fundamental importância no dimensionamento do sistema fotovoltaico.

**Palavras-Chaves:** Energia solar; Sistema fotovoltaico; Sustentabilidade.

## 1. Introdução

A crise energética é um problema que preocupa países no mundo inteiro (COMMONER, 2015). Nos últimos anos, ela vem se agravando devido ao aumento na demanda por energia elétrica além dos limites da capacidade de geração instalada (DEVABHAKTUNI, 2013). Além disso, outros fatores como o desenvolvimento industrial, os preços elevados dos combustíveis tradicionais, como o petróleo, a limitação dos combustíveis fósseis e a

preocupação crescente com a preservação do meio ambiente tem agravado a situação (TAZVINGA, 2013). Essa circunstância tem incentivado países em todo o mundo a buscar por fontes alternativas de geração de energia.

Para Ahmad (2014), essa necessidade foi percebida sobretudo nos países em desenvolvimento, onde geralmente os recursos disponíveis são as fontes renováveis, como a biomassa, as energias solar e eólica.

Dentre esses países se inclui o Brasil, que devido sua vasta extensão territorial, diversas de suas cidades estão localizadas distantes dos principais centros geradores de energia (BLOCK, 2014).

Na ocasião do Censo 2010 (IBGE, 2021) havia 1,3% de domicílios sem energia elétrica no país. Neste período, a maior escassez ocorria nas áreas rurais do seu território (7,4%). A situação extrema era a da região Norte, onde 24,1% dos domicílios rurais não possuíam energia elétrica; seguida das áreas rurais do Nordeste (7,4%) e do Centro-Oeste (6,8%).

Além disso, as preocupações ambientais estão estimulando a busca de tecnologias não agressivas que permitam que a humanidade sobreviva sem a utilização de combustíveis fósseis (HOSENUZZAMAN, 2015).

Nesse contexto, as fontes renováveis de geração de energia são mais apropriadas, pois se bem gerenciadas, possibilitam que sua exploração seja ilimitada, já que sua disponibilidade não é reduzida conforme o uso (ELLABBAN, 2014).

O potencial das fontes de energia renováveis é enorme, pois sua capacidade pode produzir muitas vezes a demanda total de energia do mundo (BOTKIN, 2012). Estudos indicam que a necessidade energética global pode ser satisfeita cerca de mil vezes pelo uso de energia solar. Contudo, apenas 0,02% desta energia é atualmente utilizada (DEVABHAKTUNI, 2013).

O Brasil é um dos países mais avançados do mundo no que se refere ao uso de energia renovável (PEREIRA, 2013). Os dados de 2019 mostram no Balanço Energético Nacional (2020) que quase 46,1% da energia elétrica brasileira foi gerada através de fontes renováveis, ao passo que no mundo somente 13,9% dos recursos utilizados foram renováveis. Por este motivo, o apelo ambiental no país não é muito forte, uma vez que grande parcela da geração de eletricidade brasileira já é renovável.

O objetivo deste trabalho é comprovar a possibilidade de aproveitamento da energia solar como fonte alternativa de geração de eletricidade na cidade de Manaus, a partir da análise de dados meteorológicos referentes aos últimos cinco anos.

## **2. Revisão da literatura**

### **2.1 Energia solar fotovoltaica**

Energia solar fotovoltaica é definida como uma fonte renovável de energia obtida pela conversão da energia solar em energia elétrica (BAZILIAN, 2013). Um típico sistema de energia solar fotovoltaica consiste de quatro elementos básicos: módulos ou painéis fotovoltaicos, inversores, controladores de carga e baterias, caso necessário.

Os sistemas fotovoltaicos são uma forma de geração de energia limpa, e algumas de suas vantagens são a modularidade, a mobilidade, a facilidade de se instalar e sua longa expectativa e vida, podendo chegar a vinte e cinco anos (XAVIER, 2012). Devido a esta facilidade, o crescimento do sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica é um dos mais promissores no domínio das energias renováveis. Isto é uma tendência que deverá continuar nos próximos anos (ARISTIZABAL, 2012). Além desta possibilidade de rápido crescimento, Urbanetez (2012) afirma que sua utilização como geração distribuída não leva a uma menor qualidade do fornecimento de energia e confiabilidade.

No Brasil, sua utilização ainda é incipiente, apesar do potencial solar favorável em seu território (DE MARTINO JANNUZZI, 2013), que apresenta condições superiores às desses países que hoje estão à sua frente em capacidade de potência instalada.

Em vista disso, o país pode desfrutar dessa modalidade de geração de energia de modo especial, pois dispõe em abundância desta fonte energética, em todo seu território, sobretudo nas regiões Norte e Nordeste (MACEDO, 2013).

Devido sua localização em uma região de altos níveis de radiação solar, o sistema fotovoltaico tem uma vantagem no país sobre as outras fontes de energia renováveis na categoria disponibilidade de recursos (CANEPPELE, 2014).

Segundo Balanço Energético Nacional (2020), a capacidade de energia fotovoltaica total instalada no Brasil corresponde a 1.659 GWh e 1.992 MW de geração e potência instalada respectivamente, que corresponde a 1% da energia do país.

As aplicações de sistemas solares fotovoltaicos no país são principalmente isolados, especialmente para a eletrificação rural (DE FARIA, 2016).

## **2.2 Vantagens e desvantagens do sistema**

Os principais obstáculos para o desenvolvimento do mercado fotovoltaico no Brasil foram, segundo Lacchini (2013), os preços elevados, a falta de legislação adequada e incentivos do governo. Para promover a viabilidade dos sistemas fotovoltaicos no Brasil, a redução dos preços dos módulos deve ser o principal objetivo.

As principais vantagens da utilização do sistema fotovoltaico são os baixos custos de manutenção, a vida útil do sistema e sua confiabilidade (BAZILIAN, 2013). Além disso, é uma fonte de energia gratuita, inesgotável e disponível em quase todos os lugares do mundo, sendo um excelente recurso em lugares remotos ou de difícil acesso (TAZVINGA, 2013). Ademais, esse processo se utiliza de uma fonte de energia limpa, em que não são emitidos gases de efeito estufa (HOSENUZZAMAN, 2015).

Por outro lado, as principais desvantagens do sistema são o alto custo inicial de instalação (KAZEM, 2013), as limitações na disponibilidade do sistema no mercado, a necessidade de uma grande área de instalação (LANZAFAME, 2014), as formas de armazenamento pouco eficientes, a dependência climática (KHATIB, 2013) e o baixo rendimento, levando em consideração que não existe produção a noite. Além disso, em algumas zonas do planeta a energia solar não constitui uma alternativa válida, pois nessas regiões não há luz solar suficiente.

## **2.3 Custo de geração do sistema**

Estudos recentes mostram que os custos de geração do sistema fotovoltaico pode chegar a R\$ 0,13/kWh (ANAP Brasil, 2015), contando com isenção dos impostos concedidos na maioria dos Estados brasileiros, caso do Rio Grande do Sul (DEBONI, 2019).

O cálculo do custo de produção de energia elétrica no sistema fotovoltaico pode ser determinado a partir da seguinte equação (SILVEIRA, 2013):

$$C_{el} = \frac{(I_t \times f) + c_{man} + c_{oper}}{H \times e}$$

Onde:

$C_{el}$  = Custo da energia elétrica

$I_t$  = Investimento total

$f$  = fator de anuidade

$c_{man}$  = custo de manutenção (US\$/Kwh)

$c_{oper}$  = custo de operação (US\$/Kwh)

$H$  = número de horas operacionais (h/ano)

$E$  = energia gerada (Kw)

Também é possível estimar o preço de implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica através de simuladores solares *online* (PORTAL SOLAR, 2021). A potência necessária para alimentar uma propriedade (residências, indústrias ou usinas) é calculada em função do consumo em kilowatt-hora (kWh). Para o cálculo é necessário informar o Estado, a cidade mais próxima e o consumo médio de energia em kWh. Simulamos o cálculo para uma residência média na cidade de Manaus, cujo consumo mensal é de 489 kWh. Os resultados apontam que:

**Quadro 1:** Simulador de custo de sistema fotovoltaico

<b>Para atender a essa demanda de eletricidade, o sistema gerador de energia solar fotovoltaica precisa ter uma potência de:</b>	
3,6 kWp. (ou potência instalada)	
<b>O preço médio de um gerador fotovoltaico deste tamanho varia no mercado de:</b>	
R\$ 22.442,51 até R\$ 39.297,6	
<b>Quantidade de placas fotovoltaicas:</b>	
9 de 405 Watts	
<b>Produção anual de energia:</b>	<b>Geração mensal de energia:</b>
4.759,32 kWh/ano aproximadamente	396, 61 kWh/mês aproximadamente
<b>Economia anual:</b>	
R\$ 4.461,87 aproximadamente	

Fonte: Portal solar (adaptado)

## 2.4 Programas e incentivos governamentais

A partir de pesquisas realizadas, chegou-se à conclusão que a micro geração distribuída por meio do sistema fotovoltaico é economicamente viável somente com a existência de incentivos, tais como financiamento público, incentivos fiscais e políticas regulamentadoras (CALAZANS, 2015). Sem esses estímulos, o sistema é dispendioso e o retorno não é satisfatório.

Segundo Chowdhury (2014), em países desenvolvidos, onde há mais investimento na indústria fotovoltaica, subsídios governamentais têm desempenhado um papel fundamental para tornar esses sistemas economicamente viáveis. No Brasil não existem esses incentivos, o que provoca um grande potencial energético não aproveitado.

Para Zhang (2011), a participação do governo para a promoção do sistema fotovoltaico com subsídios de longo prazo tem uma importância fundamental, já que o alto preço da presente tecnologia ainda é um fator limitante.

As fontes renováveis há muito tempo ganharam destaque nas políticas energéticas. Em seu estudo sobre a influência da política energética sobre a difusão do sistema fotovoltaico, Chowdhury (2014) conclui que políticas são necessárias, a fim de superar as barreiras institucionais, permitindo que a tecnologia amadureça, criando um mercado inicial.

Os investimentos em consciência pública também são importantes para a expansão dos sistemas fotovoltaicos (HOSENUZZAMAN, 2015). O relaxamento das exigências legais para instalação do sistema é outro fator crítico nos esforços para difundir esta fonte de energia.

O Governo brasileiro criou o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), com o objetivo de promover a diversificação da Matriz Energética Brasileira, através do aumento da participação da energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com base em fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas no Sistema Elétrico Interligado Nacional (ANEEL, 2021).

Conforme dados do mesmo ministério, outras iniciativas envolvendo sistemas fotovoltaicos para a eletrificação rural foram criados buscando resolver o problema da falta de acesso à eletricidade nas regiões isoladas do Brasil. Entre elas, podem ser mencionados o Programa “Luz no Campo”, cujo objetivo foi suprir com energia elétrica as áreas rurais não atendidas, com atenção diferenciada às regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste, em razão de seu baixo índice de eletrificação rural.

Dessa forma, 16 milhões de habitantes rurais no Brasil tiveram acesso à energia elétrica através de programas de eletrificação rural no período de 1999 a 2013. No entanto, cerca de 155.000 famílias rurais ainda continuam sem acesso à energia elétrica na Região Amazônica, sobretudo comunidades muito isoladas que não podem ser abastecidas pela rede existente (SÁNCHEZ, 2015).

### **3. Metodologia**

O procedimento metodológico utilizado consiste de duas etapas: revisão da literatura e pesquisa documental no Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, para levantamento de medições meteorológicas realizadas na cidade de Manaus nos últimos cinco anos.

Na primeira etapa foram definidos os principais conceitos referentes a energia solar fotovoltaica, além de expor o custo estimado de geração do sistema. A base de dados para obtenção dos artigos analisados foi o Google Acadêmico. As pesquisas foram realizadas a partir da análise de diferentes artigos científicos como fontes de pesquisas, publicados no período compreendido entre 2012 a 2021.

### **3.1 Medições Meteorológicas**

Os dados utilizados na pesquisa foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, os quais foram disponibilizados através do Sistema Nacional de Informações Meteorológicas – SIM. As informações solicitadas foram a radiação solar e a precipitação, referente aos anos de 2016 a 2020, na cidade de Manaus, o universo da pesquisa.

Para análise dos dados foram utilizados gráficos, com o objetivo de visualizar a influência da variável precipitação sobre o objeto de estudo, a radiação solar.

As medições meteorológicas foram realizadas no 1º Distrito de Meteorologia, do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, em Manaus/AM.

A coleta de dados é feita através de sensores para medição dos parâmetros meteorológicos a serem observados. As medidas tomadas, em intervalos de minuto a minuto, e integralizadas para no período de uma hora, para serem transmitidas, são (INMET, 2011): a temperatura e umidade do ar, a temperatura do ponto de orvalho, a pressão atmosférica do ar, a velocidade e direção do vento, a intensidade da rajada do vento, a radiação solar e a precipitação acumulada no período.

Muitos desses parâmetros são fundamentais para o planejamento de um sistema fotovoltaico. No entanto, nos limitaremos a focar nos mais importantes no dimensionamento do sistema, que são a radiação solar e a precipitação.

Neste trabalho os dados de radiação solar foram obtidos através do piranômetro fotovoltaico e a precipitação através do pluviômetro.

As unidades de medição utilizadas são o watt ( $w/m^2$ ) para radiação solar, milímetros (mm) para precipitação e metros por segundo (m/s) para o vento.

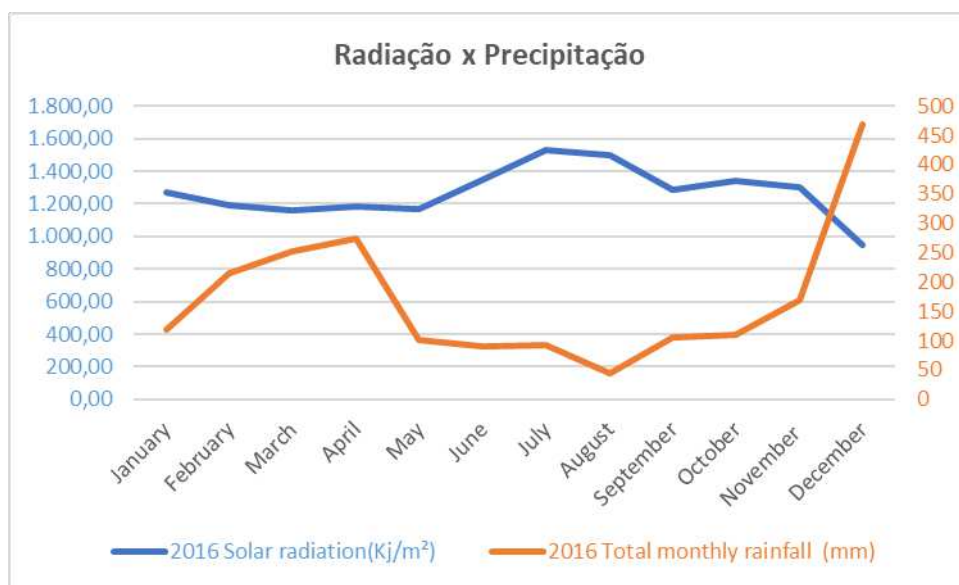
## **4. Resultados da pesquisa e discussão**



Este trabalho apresenta os dados referentes aos período de 1º de janeiro de 2016 a 31 de dezembro de 2020, tendo eles sido disponibilizados pelo 1º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, na cidade de Manaus.

As Figuras 3 a 7 apresentam os gráficos referentes à radiação solar global comparada com a precipitação total mensal pelo equipamento no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2020 na cidade de Manaus-AM.

**Figura 1**– Radiação solar global x Precipitação total mensal/2016

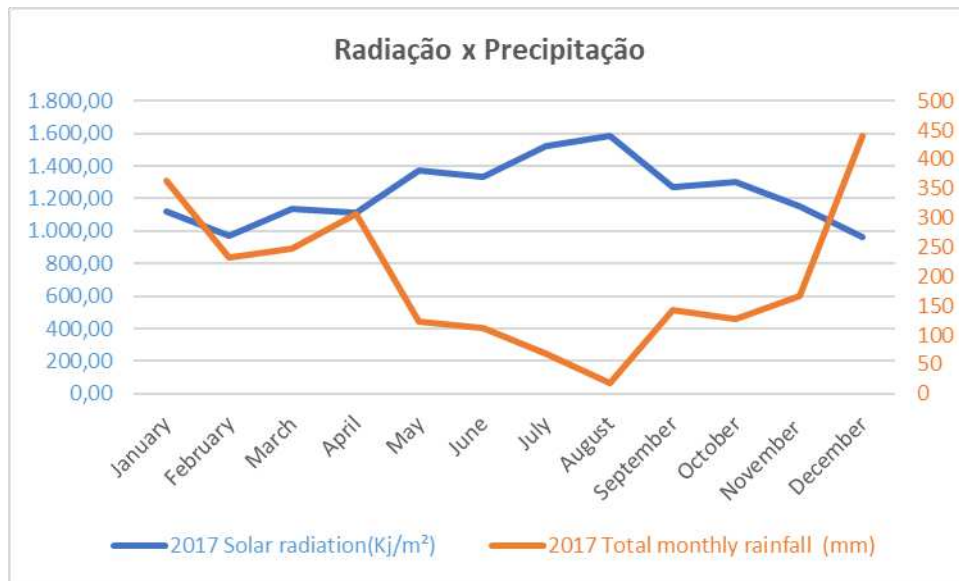


Fonte: INMET (adaptado)

Neste ano, o índice máximo de radiação solar ocorreu no mês de julho, alcançando  $1.527,12 \text{ w/m}^2$ . O índice mais baixo ocorreu no mês de dezembro, atingindo  $947,23 \text{ w/m}^2$ . A precipitação total anual nesse ano foi de  $2.042,40 \text{ mm}$ , com valores máximos e mínimos de  $468$  e  $44,8 \text{ mm}$ , respectivamente, nos meses de dezembro e agosto.

Percebe-se que os níveis de radiação aumentaram consideravelmente no período com menor precipitação, entre os meses de junho e agosto.

**Figura 2** – Radiação solar global x Precipitação total mensal/2017

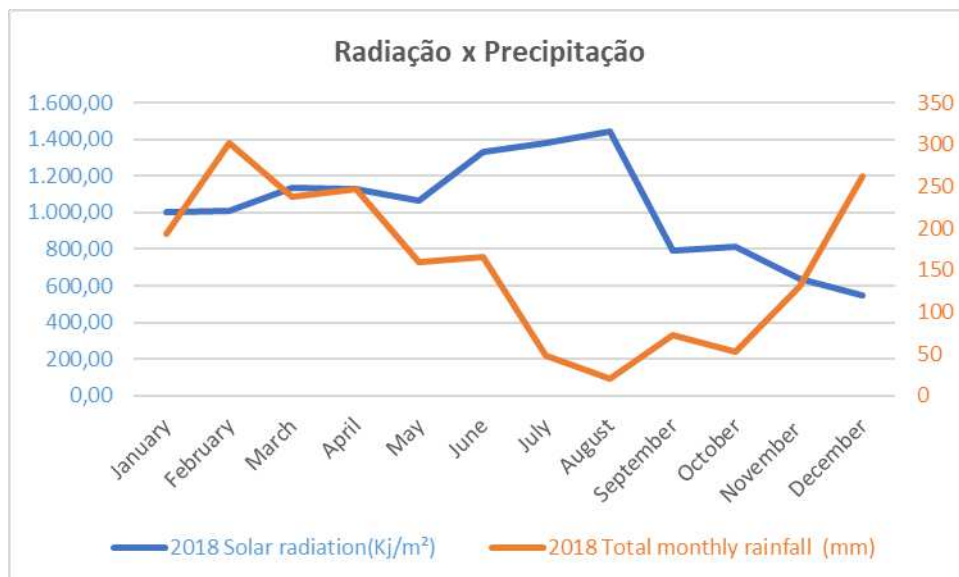


Fonte: INMET (adaptado)

Em 2017, o índice máximo de radiação solar ocorreu no mês de agosto, no entanto houve um aumento no valor, alcançando  $1.586,15 \text{ w/m}^2$ . O menor índice se manteve no mês de dezembro, atingindo  $963,19 \text{ w/m}^2$ . A precipitação total anual nesse ano foi de  $2.349,80 \text{ mm}$ , superior ao ano anterior, e com valores máximos e mínimos de  $439,4$  e  $17,4 \text{ mm}$ , respectivamente, nos meses de dezembro e agosto.

Pôde-se constatar que neste ano os níveis de radiação aumentaram consideravelmente no período com menor precipitação, entre os meses de maio e agosto.

**Figura 3** – Radiação solar global x Precipitação total mensal/2018

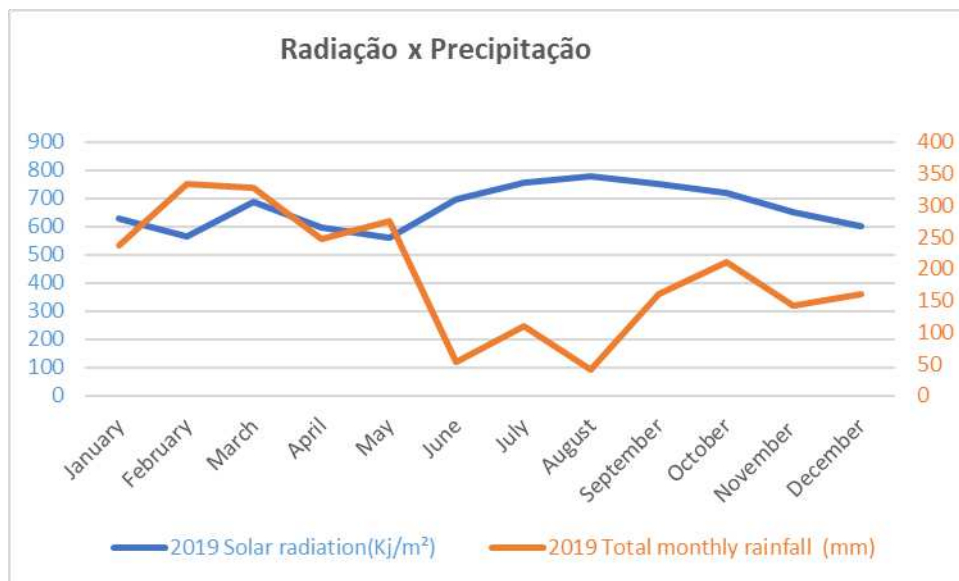


Fonte: INMET (adaptado)

Neste ano, o índice de radiação solar permaneceu caindo, sendo que nesse ano o pico se manteve no mês de agosto, alcançando 1.444,55 w/m<sup>2</sup>. O menor índice permaneceu no mês de dezembro, atingindo 549,14 w/m<sup>2</sup>, com uma considerável queda em relação ao ano anterior. A precipitação total anual nesse ano foi de 1.893,60 mm, mais baixo que o ano anterior, e com valores máximos e mínimos de 302,8 e 20,8 mm, respectivamente, nos meses de fevereiro e agosto.

Novamente os índices de radiação foram maiores nos meses com menor precipitação, com pico nos meses de julho e agosto.

**Figura 4** – Radiação solar global x Precipitação total mensal/2019

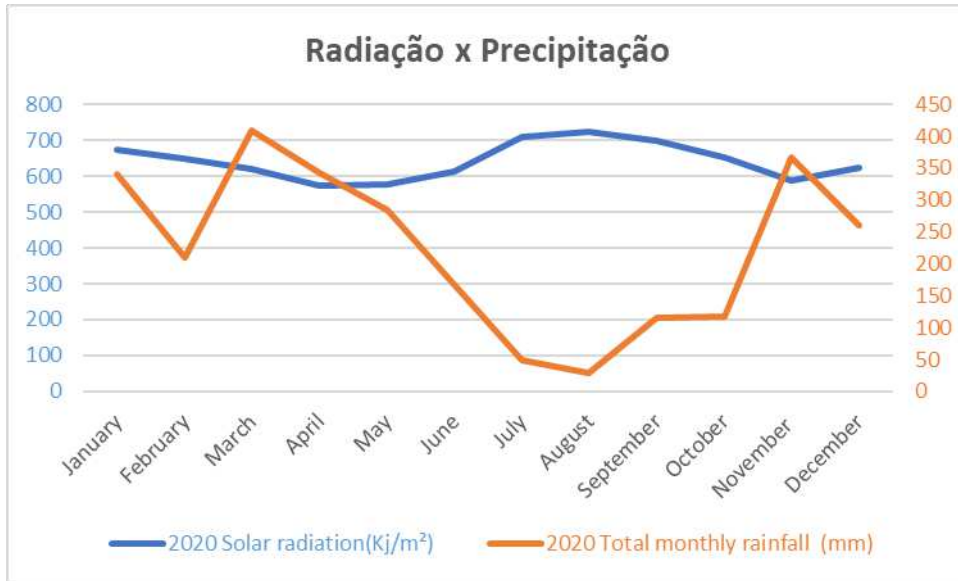


Fonte: INMET (adaptado)

Em 2019, o índice máximo de radiação solar permaneceu no mês de agosto, alcançando 776,25 w/m<sup>2</sup>, superando o pico do ano anterior. O menor índice ocorreu no mês de maio, atingindo 561,92 w/m<sup>2</sup>. A precipitação total anual nesse ano foi de 2.196,60 mm, superior ao ano anterior, e com valores máximos e mínimos de 333,4 e 41,4 mm, respectivamente, nos meses de fevereiro e agosto.

Mais uma vez as variações nas precipitações alteraram de forma significativa os níveis de radiação, com pico no mês de agosto.

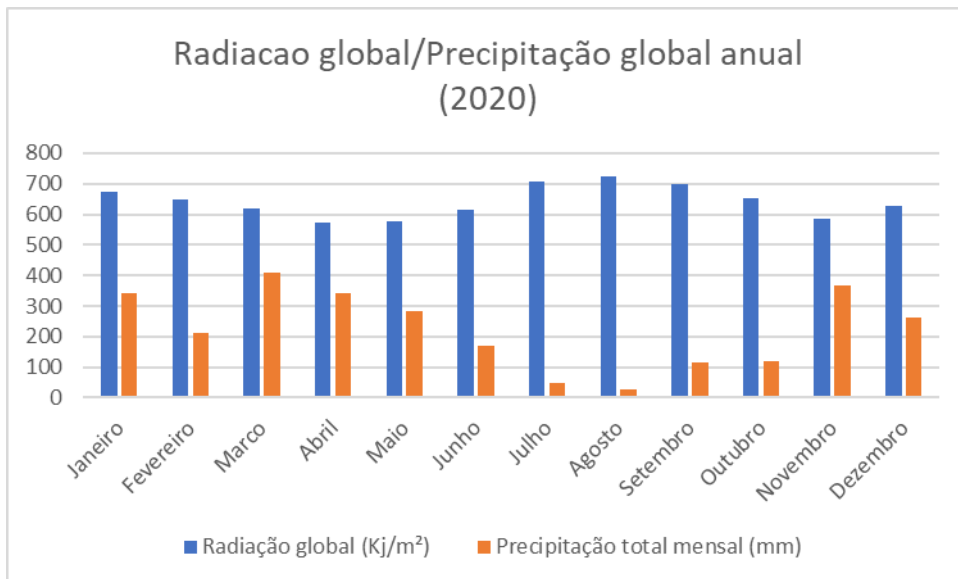
**Figura 5 – Radiação solar global x Precipitação total mensal/2020**



Fonte: INMET (adaptado)

Neste ano, o índice máximo de radiação solar ocorreu no mês de agosto, alcançando 722,76 w/m<sup>2</sup>. O menor índice passou para o mês de abril, atingindo 572,95 w/m<sup>2</sup>. A precipitação total anual nesse ano foi de 2.692,20 mm, bem acima do ano anterior, e com valores máximos e mínimos de 408,8 e 27,8 mm, respectivamente, nos meses de março e agosto.

**Figura 6 – Radiação solar e precipitação média - 2020**



Fonte: INMET (adaptado)

A partir da Figura 6 percebe-se uma sazonalidade natural nos índices de radiação, causada pela maior incidência de chuvas no período de novembro a maio, quando os índices de radiação ficaram na média de  $600 \text{ w/m}^2$ , enquanto que nos períodos de menor precipitação o índice de radiação alcançou  $700 \text{ w/m}^2$ , sendo os meses de julho a setembro o período com maior radiação no período estudado.

Percebe-se que os maiores índices de radiação ocorreram nos meses com menor precipitação, entre os meses de julho e setembro. Pôde-se constatar uma incidência de radiação solar sem variações extremas ao longo dos meses, em cada ano analisado, sendo esta uma condição excelente no dimensionamento da utilização da energia solar via sistema fotovoltaico para geração de eletricidade.

Os índices de precipitação apresentaram variação extrema entre os valores mês a mês, prevalecendo os valores baixos. No entanto, percebe-se que mesmo com variação significativa no regime de chuvas não houve alterações relevantes nos índices de radiação solar, sendo este ponto fundamental também para a utilização da energia solar para geração de eletricidade.

Isso pode ser justificado pela localização da cidade de Manaus em uma área de planície, logo, que não recebe influência do mar nem de montanhas, somente da radiação solar, que no período estudado não influenciou a variável de forma significativa.

## **5. Considerações finais**

Medições de radiação solar realizadas em Manaus, capital do Estado do Amazonas, e apresentadas neste trabalho comprovaram o alto potencial para geração de energia elétrica a partir da fonte solar.

Apesar de os gráficos de precipitação demonstrarem a variação extrema entre os valores mensais, a incidência da radiação solar não apresentou variações extremas ao longo dos meses, tampouco com relação a velocidade do vento, constatando que a cidade possui condições excelentes no dimensionamento da utilização da energia solar para geração de eletricidade.

No entanto, para que essa prática tenha êxito são necessárias ainda uma série de políticas para desbloquear o potencial de energia solar existente no Brasil e possibilitar o planejamento adequado do sistema. Com a expansão do mercado fotovoltaico no país e a consequente

redução de custos, a energia solar fotovoltaica poderá se tornar economicamente competitiva nos próximos anos.

Este estudo teve como objetivo servir de inspiração para futuras pesquisas sobre a difusão da energia renovável, especialmente a solar, no contexto do desenvolvimento sustentável, como complemento ao sistema elétrico existente. Como sugestão para trabalhos futuros, há a necessidade de aprofundar a análise e aplicá-la a um maior número de locais. Assim, será possível identificar as características de medições meteorológicas a partir de diferentes localidades e sua influência sobre o funcionamento satisfatório dos sistemas fotovoltaicos.

## REFERÊNCIAS

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Programa de Incentivo às Fontes Alternativas.

Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/>. Acesso em: 09 mai 2021.

ARISTIZÁBAL, J., et al. "Operation Results of a Photovoltaic System Interconnected to the Low Voltage Grid in Bogotá, Colombia." *Journal of Clean Energy Technologies* 4.2 (2016).

BAZILIAN, Morgan, et al. "Re-considering the economics of photovoltaic power." *Renewable Energy* 53 (2013): 329-338.

BEN (2020). Balanço Energético Nacional. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, 2020.

BLOCK, Pedro, et al. "Power quality analyses of a large scale photovoltaic system." *Renewable Energy Congress (IREC), 2014 5th International*. IEEE, 2014.

BOTKIN, Daniel B., Edward A. Keller, and Dorothy B. Rosenthal. *Environmental science*. Wiley, 2012.

CALAZANS, Alvaro, et al. "Economic analysis of a photovoltaic system connected to the grid in Recife, Brazil." *Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), 2015 IEEE 42nd*. IEEE, 2015.

CANEPPELE, Fernando de Lima, and Luís Roberto Almeida Gabriel Filho. "Current overview of the use of solar energy in Brazil." *UNOPAR Científica. Ciências Exatas e Tecnológicas* (2014): 69-74.

CHOWDHURY, Sanjeeda, et al. "Importance of policy for energy system transformation: Diffusion of PV technology in Japan and Germany." *Energy Policy* 68 (2014): 285-293.

COMMONER, Barry. *Poverty of Power: Energy and the Economic Crisis*. Knopf, 2015.

DEBONI, Alexandre Roberto. Análise da viabilidade econômica na instalação de um sistema fotovoltaico para geração de eletricidade. 2019.

DE FARIA, Haroldo, Federico BM Trigos, and João AM Cavalcanti. "Review of distributed generation with photovoltaic grid connected systems in Brazil: Challenges and prospects." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (2016).

DE MARTINO JANNUZZI, Gilberto, and Conrado Augustus de Melo. "Grid-connected photovoltaic in Brazil: Policies and potential impacts for 2030." *Energy for Sustainable Development* 17.1 (2013): 40-46.

DEVABHAKTUNI, Vijay, et al. "Solar energy: Trends and enabling technologies." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 19 (2013): 555-564.

ELLABBAN, Omar, Haitham Abu-Rub, and Frede Blaabjerg. "Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 39 (2014): 748-764.

HOSENUZZAMAN, M., et al. "Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 41 (2015): 284-297.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010.**

Novembro, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/> . Acesso em: 09 mai 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Temperatura Média Compensada (°C)**, maio, 2021. Disponível em:

<https://mail.google.com/mail/u/2/#inbox/FMfcgxmRQziTmZJGtbJRGXTVnCxtpPTr?projector=1&messagePartId=0.2>. Acesso em: 7 mai 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Umidade Relativa do Ar Média Compensada (%)**, maio, 2021. Disponível em: <http://www.webcitation.org/6PKdMcCAX>. Acesso em: 7 mai 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Precipitação Acumulada Mensal e Anual (mm)**, maio, 2021. Disponível em:

[file:///C:/Users/Marcia/Downloads/PRECIP\\_MANAUS\\_2016%20A%202021%20\(1\).PDF](file:///C:/Users/Marcia/Downloads/PRECIP_MANAUS_2016%20A%202021%20(1).PDF)

. Acesso em: 07 mai 2021.

KAZEM, Hussein A., Tamer Khatib, and Kamaruzzaman Sopian. "Sizing of a standalone photovoltaic/battery system at minimum cost for remote housing electrification in Sohar, Oman." *Energy and Buildings* 61 (2013): 108-115.

KHATIB, Tamer, Azah Mohamed, and Kamaruzzaman Sopian. "A review of photovoltaic systems size optimization techniques." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 22 (2013): 454-465.

LACCHINI, Corrado, and João Carlos V. Dos Santos. "Photovoltaic energy generation in Brazil—Cost analysis using coal-fired power plants as comparison." *Renewable energy* 52 (2013): 183-189.

LANZAFAME, Paola, Gabriele Centi, and Siglinda Perathoner. "Catalysis for biomass and CO<sub>2</sub> use through solar energy: opening new scenarios for a sustainable and low-carbon chemical production." *Chemical Society Reviews* 43.22 (2014): 7562-7580.

MACÊDO, Wilson, et al. "Revitalization and analysis of operation of the autonomous photovoltaic system of the Uacari Floating Lodging House, Amazon-Brazil." *Progress in Photovoltaics: Research and Applications* 21.4 (2013): 765-778.

PEREIRA, Amaro Olimpio, et al. "Perspectives for the expansion of new renewable energy sources in Brazil." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 23 (2013): 49-59.

PORTAL SOLAR. Simulador solar. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>. Acesso em 09 mai 2021.

SÁNCHEZ, A. S., E. A. Torres, and R. A. Kalid. "Renewable energy generation for the rural electrification of isolated communities in the Amazon Region." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49 (2015): 278-290.

SILVEIRA, Jose Luz, Celso Eduardo Tuna, and Wendell de Queiroz Lamas. "The need of subsidy for the implementation of photovoltaic solar energy as supporting of decentralized electrical power generation in Brazil." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 20 (2013): 133-141.

TAZVINGA, Henerica, Xiaohua Xia, and Jiangfeng Zhang. "Minimum cost solution of photovoltaic–diesel–battery hybrid power systems for remote consumers." *Solar Energy* 96 (2013): 292-299.

XAVIER, G. A., D. Oliveira Filho, and J. C. Carlo. "Photovoltaic solar energy in the world and in Brazil." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15.6 (2012): 2696-2706.

ZHANG, Y., Song, J., Hamori, S. (2011). Impact of subsidy policies on diffusion of photovoltaic power generation. *Energy Policy*, v.39, n.4, p. 1958-1964.