

ESTUDO COMPARATIVO SOBRE O DESEMPENHO DA MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM LOCALIDADES DE CLIMAS DISTINTOS

Alexandre Magno Ferreira Diniz¹
Manoel Barbosa dos Santos Neto¹

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

DOI: 10.47168/rbe.v29i4.828

RESUMO

A microgeração distribuída fotovoltaica está cada vez mais presente nas residências e em pequenos comércios. O monitoramento e supervisão regular de Sistemas Fotovoltaicos Distribuídos (SFD) conectados à rede de distribuição são importantes e necessários para garantir uma geração de energia ótima e confiável. O objetivo da pesquisa é fazer uma análise de desempenho comparativa por meio dos índices de méritos de SFD instalados em duas instituições de ensino tecnológico situadas nas regiões Nordeste e Sul do Brasil. O SFD do Instituto Federal do Ceará (IFCE) está situado no interior do Nordeste, nas coordenadas geográficas 7° 14' 14" Sul e 39° 19' 20" Oeste. O SFD da Universidade Tecnológica do Paraná (UTFPR) está situado no Sul, nas coordenadas geográficas 25° 30' 16" Sul e 49° 19' 5" Oeste. As análises consideram os índices de mérito de *final yield*, *reference yield* e taxa de desempenho para o período de um ano. Os resultados do *final yield* apontaram que o SFD IFCE gerou em média anual 20% a mais que o SFD UTFPR. O índice *performance ratio* para ambos SFD do IFCE e UTFPR mostra uma média anual em torno de 73%, que está próximo dos valores de referências mundiais, geralmente em torno de 80%. A curva da taxa de desempenho do SFD IFCE é quase linear e encontra-se na faixa de 70 a 80%. Para o SFD UTFPR essa mesma curva tem maior variação e encontra-se na faixa de 60 a 80%. Mesmo com a grande diferença climática entre as regiões, os resultados demonstraram que a geração de energia em ambos SFD tem excelentes desempenhos, sendo uma fonte alternativa de energia viável para minimizar a pressão pela geração nas hidrelétricas.

Palavras-chave: Microgeração distribuída; Fotovoltaico; Índices de mérito.

ABSTRACT

Grid-Connected Photovoltaic Power System for microgeneration is increasingly present in homes and small businesses. Regular monitoring and supervision of Distributed Photovoltaic Systems (DPS) connected to the distribution network is meaningful and necessary to ensure optimal and reliable energy generation. The research aims to compare the performance of two systems using the merit indexes of SFDs installed in two technological education institutions located in the Northeast and South regions of Brazil. The SFD at the Federal Institute of Ceará (IFCE) is located in the interior of the Northeast, at the geographical coordinates 7° 14' 14" South and 39° 19' 20" West. The SFD of the Technological University of Paraná (UTFPR) is located in the South, at the geographical coordinates 25° 30' 16" South and 49° 19' 5" West. The analyses considered the merit indices of final yield, reference yield, and performance rate for one year. The final yield results showed that the IFCE SFD generated an annual average of 20% more than the UTFPR SFD. The performance ratio index for the IFCE and UTFPR SFDs shows an annual average of around 73%, which is close to world benchmarks, generally around 80%. The performance ratio curve for the IFCE SFD is almost linear and lies in the 70-80% region. For the UTFPR SFD, this same curve has more variation and is in the 60-80% range. Despite the climatic differences between the Regions, the results show that power generation in both SFDs has excellent performance and is a viable alternative energy source for minimizing the pressure on hydroelectric plants.

Keywords: Grid-Connected; Photovoltaic; Merit indices.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a micro ou minigeração distribuída se concretizou a partir da publicação da Resolução Normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que estabelece o sistema de compensação de energia elétrica e permitiu que o consumidor pudesse instalar sistemas geradores a partir de fontes renováveis em sua unidade consumidora, conectado a rede de distribuição elétrica, a fim de reduzir a conta de energia. Adicionalmente, a lei nº 14.300 de 06 de janeiro de 2022 institui o marco legal da micro e minigeração, do sistema de compensação de energia elétrica e do programa de energia renovável social (BRASIL, 2022).

Nos últimos anos, o Brasil experimentou um aumento muito expressivo na procura da geração fotovoltaica. Em 2018, a geração distribuída superou mais de 20 mil instalações, com atendimento a 30 mil unidades consumidoras, com potência instalada total de 247,3 MW

(ANEEL, 2018). Em 2017, a potência instalada foi de 113,2 MW (ANEEL, 2017). Fazendo a comparação entre os dois anos, o incremento em 2018 foi mais de 100%.

Alguns fatores podem ser apontados como determinantes para alcançar esses índices: os preços mais acessíveis da aquisição do sistema; os constantes aumentos das tarifas elétricas; os preços mais acessíveis dos equipamentos, ocasionados com o aumento da demanda; e o acirramento da concorrência das empresas instaladoras, que baixaram o preço dos serviços de instalação. Nesse cenário promissor, os pequenos e médios comerciantes e as residências estão buscando na geração distribuída a solução para reduzir os custos mensais da conta de energia elétrica.

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica classificam-se em sistemas centralizados e distribuídos (RÜTHER et al., 2005). Os sistemas fotovoltaicos centralizados são usinas geradoras de porte elevado, acima de 5 MW, instaladas no solo, ocupam grandes áreas e se localizam distantes do ponto de consumo. Por outro lado, o Sistema Fotovoltaico Distribuído (SFD) é instalado junto ao ponto de consumo, e muitas vezes os painéis são colocados nos telhados das edificações.

Do ponto de vista da eficiência energética, muitos dos SFD nem sempre conseguem alcançar uma geração ótima. Nas cidades, a baixa eficiência da geração fotovoltaica é provocada por muitos fatores, por exemplo: sombreamento sobre os painéis fotovoltaicos provocados pelas árvores ou prédios; a não adequação do posicionamento dos painéis devido a inclinação do telhado das residências; as altas temperaturas do local; e o acúmulo de sujeira com a falta de manutenção. O resultado disso é que a previsão inicial de geração é prejudicada, frustrando as expectativas do consumidor quanto à geração. Associado a esses problemas, outros tipos de perdas ocorrem para quaisquer formas de energia, quais sejam a térmica, mecânica, ou elétrica.

Alguns procedimentos podem ser adotados para melhorar a eficiência do sistema. Além de um projeto fotovoltaico adequado, o levantamento, monitoramento e a supervisão regular dos índices de mérito são necessários para garantir um nível de geração próximo ao ponto ótimo e confiável (URBANETZ JUNIOR et al., 2014). Mais ainda, a implantação de sistemas de medição para monitoramento e gerenciamento, e o controle das instalações podem auxiliar no ganho da geração de energia (MARCHAIS, 2013). Corroborando, Filgueiras (2006) explica que os sistemas de gerenciamento de energia têm como objetivos avaliar as perdas na rede elétrica, analisar os pontos de estrangulamento, controlar a demanda, detectar pontos quentes (*hot spot*), verificar o comportamento e a confiabilidade do sistema, e garantir a qualidade da energia.

Os índices de mérito são determinados a partir de três variáveis: energia gerada, potência instalada e irradiação incidente. Dentre essas variáveis, a irradiação incidente é a mais difícil de ser obtida. No Brasil existem bancos de dados que abrangem todo o país, formando a base de dados solarimétricos do Atlas Brasileiro de Energia Solar, que é disponibilizada pelo INPE. Nesse banco de dados é possível obter a irradiação solar média diária. Os índices de mérito são usados para comparar dois sistemas quanto à capacidade de geração de energia.

A pesquisa aqui reportada compara dois sistemas SFD instalados em instituições de ensino tecnológico. O Instituto Federal do Ceará (IFCE), campus Juazeiro do Norte, e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), unidade *Neoville*. O objetivo da pesquisa é fazer uma análise de desempenho comparativa de SFD instalados em duas instituições de ensino tecnológico, situados nas regiões Nordeste e Sul do Brasil, de condições climáticas bem diferentes. Na análise de desempenho são considerados os índices de mérito de *final yield*, *reference yield* e *performance ratio*, que são comumente usados nesse tipo de análise.

2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO EM SFD

Narimatu et al. (2018) fizeram a avaliação de desempenho de um sistema fotovoltaico de 14,56 kWp conectado à rede de distribuição, localizado no município de Serra-ES. O estudo fez a comparação de dados obtidos aplicando modelos fotovoltaicos com dados do sistema de geração fotovoltaica real. Além disso, os autores compararam o sistema fotovoltaico real com outros dois sistemas fotovoltaicos instalados no município de Curitiba-PR, distante 1091 km. O rendimento médio do sistema no município de Serra foi de 88,28%, e nos sistemas localizados no município de Curitiba-PR a média foi em torno de 70%. Os autores concluíram que o município de Serra-ES é o mais propício para a instalação de sistemas fotovoltaicos, pois a localidade apresenta altas taxas de irradiação solar, com alto rendimento quando comparadas com o município de Curitiba-PR.

Um estudo de avaliação de desempenho foi realizado na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, que possui um sistema fotovoltaico com potência instalada de 275 kWp. Mendes (2016) aplicaram o coeficiente de desempenho (*Performance Ratio*) como índice de mérito. Nos estudos dos efeitos do sombreamento que envolve o sistema, foi aplicado o modelo *clear-sky* para levantar a curva de radiação solar, com dados meteorológicos extraídos na própria faculdade. Para tanto, foram instalados sensores de radiação e temperatura junto aos painéis. Os dados meteorológicos coletados foram confrontados por um simulador meteorológico de modelo baseado em médias

interpoladas de dados históricos. O estudo foi capaz de identificar falhas na geração do sistema fotovoltaico.

Seme et al. (2019) apresentaram uma análise do desempenho de um sistema fotovoltaico na Eslovênia. Nos estudos foram utilizados os índices de mérito de *Performance Ratio*, *Final Yield*, e *Capacity Factor* aplicados em sistemas fotovoltaicos distribuídos no território do país, no total de 3.326 painéis, sendo a maioria residenciais. Para os autores, os melhores resultados são alcançados no inverno e, em alguns casos, a neve sobre as placas reduz a área do painel. A redução da eficiência no verão é causada pela as altas temperaturas que incidem sobre os painéis.

Borges Neto e Carvalho (2014) explicam a importância da medição da radiação solar, tanto a componente direta como a componente difusa na superfície terrestre, para os estudos das influências das condições climáticas e atmosféricas. Segundo os autores, um histórico meteorológico é determinante para viabilizar a instalação de sistemas térmicos e fotovoltaicos em regiões de grandes variações da intensidade da radiação solar.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 SFD do IFCE

No IFCE, campus Juazeiro do Norte, o SFD é denominado de estacionamento solar e está localizado nas coordenadas geográficas de 7° 14' 14" Sul e longitude 39° 19' 20" Oeste, altitude de 377 m. O período de precipitação de chuvas é concentrado nos quatro meses do início do ano. Essa localização tem alto índice de irradiação solar, com média diária anual de 5,5 horas, e temperatura média máxima de 30,4°C (CLIMATE DATA, 2019).

Os painéis fotovoltaicos do estacionamento solar são da marca *Yangli*, fabricados com células de silício policristalino. Os principais valores de parâmetros na placa de dados do painel são: tensão em circuito aberto de 38,7 V; tensão de pico de 30,6 V; corrente de curto-circuito de 8,88 A; e corrente de pico de 8,32 A. Para conectar o sistema fotovoltaico à rede elétrica do campus é usado um inversor fotovoltaico monofásico de potência nominal de 5 kWp da marca Omnik. Esse tipo de inversor possui duas entradas para corrente contínua e dispõe de comunicação de internet por meio de rede sem fio. O inversor tem os seguintes parâmetros: eficiência 97,6%; tensão nominal em Corrente Alternada (CA) de 220 V; tensão nominal em Corrente Contínua (CC) de 590 V; tensão MPPT de operação na faixa de 120-550 V; e corrente máxima em CC de 20 A. Os painéis ocupam uma área de 18 m², com o total de potência instalada de 4,6 kWp. A estrutura e posicionamento dos painéis são mostrados na Figura 1.



Figura 1 - (a) Detalhes da estrutura metálica e
(b) Painéis fotovoltaicos instalados

O sistema fotovoltaico foi montado com dois arranjos de oito painéis em série cada um. Nas condições de máxima potência, um arranjo fotovoltaico entrega a potência de 2010 W, na tensão de 244,5 V nos terminais CC, e com corrente de 3,82 A. Um cubículo em alvenaria foi construído para abrigar o inversor solar e os quadros de elétricos para corrente contínua e corrente alternada. A Figura 2 mostra detalhes internos desse cubículo.



Figura 2 - Inversor no lado direito e os quadros elétricos CC e CA no lado esquerdo da imagem

Por conveniência, foi utilizado um quadro de comando e proteção em corrente contínua para cada arranjo fotovoltaico. Os quadros são compostos de dois fusíveis, um Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS) e uma chave seccionadora. Além, disso, na saída do inversor (lado da corrente alternada) o quadro possui um DPS e disjuntor bipolar. Todo sistema possui aterramento do tipo TT, e a

massa metálica da estrutura e dos painéis é conectada ao aterramento.

3.2 SFD da UFPR

O SFD da sede NEOVILLE encontra-se localizado nas coordenadas geográficas 25° 30' 16,55" Sul e 49° 19' 5,75" Oeste, dentro do complexo de prédios da UFPR. A irradiação solar tem média diária anual de 4,5 horas e a temperatura média máxima é de 18°C (CLIMATE DATA, 2019).

O sistema é composto de 34 painéis fotovoltaicos solares de silício policristalino, com um conjunto de 17 painéis em série para cada arranjo, com capacidade total de 10,2 kWp. Estão instalados sobre o telhado existente do barracão principal do Campus, conforme ilustrado na Figura 3.



Figura 3 - SFD da UTFPR

Os painéis estão orientados para o norte, fixados em uma estrutura metálica, e inclinados com ângulo de acordo com a localização geográfica. Os painéis estão interligados a um inversor de modelo CPS SCA 10KTL-DO da Chint Power, de potência 10 kW. Esse inversor tem os seguintes parâmetros: eficiência 98,2%; tensão nominal em Corrente Alternada (CA) 400 V; tensão nominal em Corrente Contínua (CC) 600 V; tensão MPPT de operação 250-950 V; e corrente máxima em CC 17 A (SANTOS et al., 2017).

3.3 Índices de mérito

A metodologia empregada para estimar os índices de mérito considera três índices muito usados em estudos de sistemas fotovoltaicos: o índice de Produtividade, o *Reference Yield*, e a taxa de desempenho. Esses três índices são comuns em análises de desempenho de sistemas fotovoltaicos e estão estabelecidos na norma IEC 61724, de 1998.

O índice de Produtividade, ou *Final Yield* (Y_F), corresponde à

relação da energia gerada, em kWh, pela potência instalada do sistema, em kWp, ou seja, trata da geração de energia do sistema. Este índice permite analisar a energia produzida por um sistema, sendo um bom índice de comparação entre sistemas de dimensões distintas e em regiões de diferentes condições meteorológicas (IEC 61724, 1998). A formulação do *Final Yield* é mostrada na Equação 1.

$$Y_F = \frac{E}{P} \quad (1)$$

onde E é a energia nos terminais de saída do sistema em kWh e P é a potência instalada em kW.

O segundo índice de mérito do estudo é o *Reference Yield*. Este índice é um indicador do recurso solar disponível para geração fotovoltaica, sendo função das condições meteorológicas do local, do posicionamento dos painéis e da variabilidade meteorológica (mensal ou anual). É determinado pela Equação 2.

$$Y_R = \frac{H(t)}{G_{ref}} \quad (2)$$

em que $H(t)$ é a irradiação sobre os painéis, em kW, e G_{ref} é a irradiância de referência, que tem valor de 1000 W/m^2 , definido nos termos das condições de testes padrão na temperatura de 25°C .

A taxa de desempenho, ou *Performance Ratio*, é o último índice de mérito utilizado no estudo, que trata das perdas gerais do sistema. O *Performance Ratio* é uma unidade de medida que atribui um fator de qualidade ao sistema e baseia-se na relação entre o rendimento real de um sistema fotovoltaico e o rendimento esperado obtido de modelos de geração fotovoltaica (MARION et al., 2005). A expressão para o *Performance Ratio* é formulada na Equação 3.

$$P_R = \frac{Y_F}{Y_R} \quad (3)$$

Este último indicador é adimensional, e indica se o sistema funciona de acordo com o esperado. Para períodos curtos, as análises consistem em identificar falhas no sistema. Normalmente é determinada uma periodicidade de avaliação (diária ou mensal). No entanto, para períodos longos pode-se fazer análises de comportamento das condições de degradação dos painéis durante a do sistema.

4. RESULTADOS

No caso da instalação no Ceará, a estação meteorológica mais próxima encontra-se na cidade vizinha, Barbalha-CE, distante 12 km do estacionamento solar. Os dados de irradiação mensal foram obtidos nas bases de dados da INMET referentes à estação (7°18'00.0" Sul 39°16'12.0" Oeste). De acordo com a Figura 4, os maiores índices de irradiação solar ocorrem entre os meses de setembro a janeiro. Esses meses têm as maiores temperaturas, alta isolamento (baixa ocorrência de nuvens) e baixa umidade.

A Figura 4 mostra a comparação da irradiação diária média no plano do painel (kWh/m^2) da instalação da UFPR com dados da região do IFCE (2020-2021).

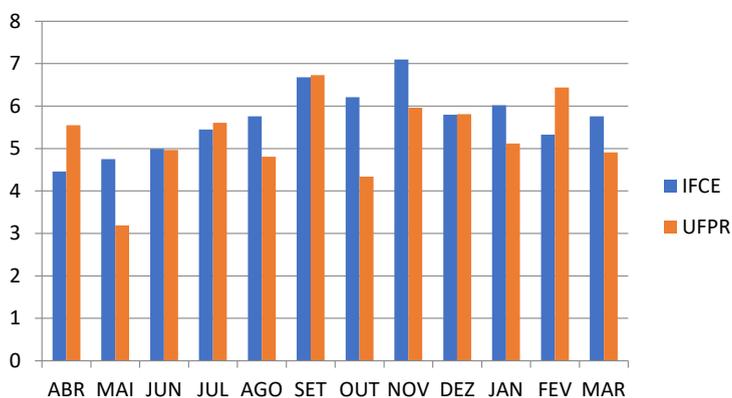


Figura 4 - Irradiação diária média (kWh/m^2) no plano do painel

De acordo com a Figura 4, no IFCE os valores máximo e mínimo são observados nos meses de novembro e abril, respectivamente. Na UFPR esses mesmos valores encontram-se nos meses de setembro e maio. Ainda, no IFCE a irradiação média diária com valores acima de 5 kWh/m^2 são registrados em nove meses do ano, e na UFPR esses valores ocorrem em sete meses. Outro dado importante é a faixa de variação de irradiação que no IFCE é menor, entre 4 e $7 \text{ kWh/m}^2/\text{dia}$, em relação às registradas na UFPR, que está entre 3 e $7 \text{ kWh/m}^2/\text{dia}$. O índice de Produtividade dos dois sistemas é comparado e são mostrados na Figura 5.

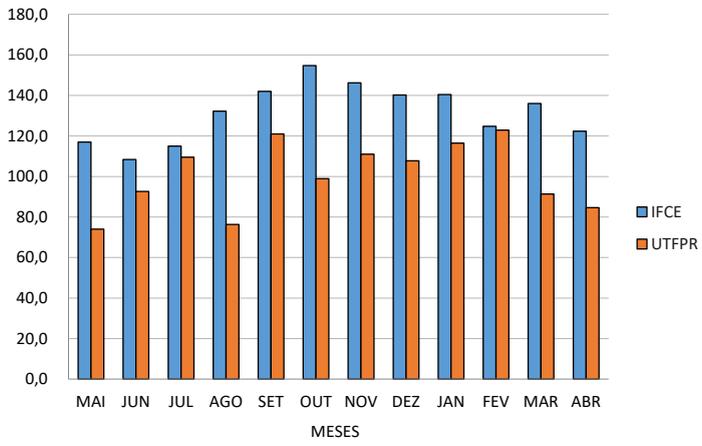


Figura 5 - Comparativo entre Índice de Produtividade do sistema do IFCE Juazeiro e UTFPR

Observando a Figura 5, em todos os meses o sistema do IFCE teve a geração acima do SFD da UTFPR, lembrando que o índice de mérito final yield já leva em consideração a diferença da potência instalada. E, em uma análise mais detalhada, foi observado que o índice do IFCE aponta em média anual 20% maior geração que a instalação da UTFPR. Como geralmente a irradiação é diferente nas duas localidades, iremos observar a seguir o comparativo do índice de mérito Reference Yield, que é mostrado na Figura 6.

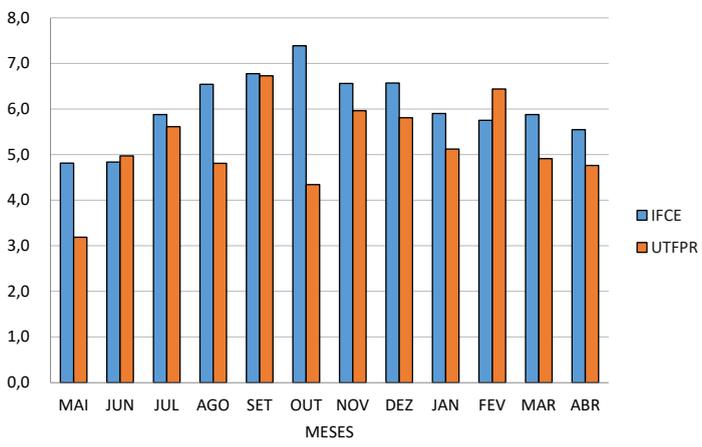


Figura 6 - Comparativo do *Reference Ratio* para as duas instalações

A partir da Figura 6 pode-se observar que a média mensal da irradiação na instalação do IFCE é um pouco maior do que na da UTFPR, de acordo com os dados obtidos. Os períodos de coleta de dados foram anos diferentes, e podem ocorrer pequenas disparidades nos dados de irradiação, mas o eventual erro é irrelevante para a proposta da pesquisa.

O índice de mérito que é a taxa de desempenho é mostrado na Figura 7. Os dados da taxa de desempenho têm pouca variação no decorrer dos meses em ambos SFD.

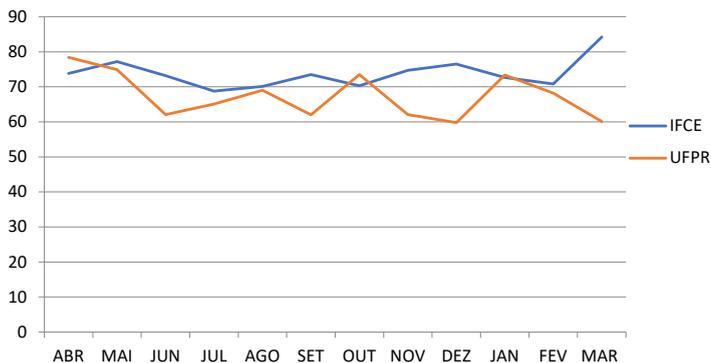


Figura 7 - Taxa de desempenho das duas instalações SFD

A Figura 7 mostra que a taxa de desempenho tem valores semelhantes nas duas instalações, sendo os registrados no IFCE um pouco superiores, por razão da irradiação solar privilegiada da região. Nos dois casos as taxas de desempenho do SFD estão acima de 60%. É importante comentar que mesmo com índices altos de irradiação, as altas temperaturas influenciam negativamente no desempenho da geração fotovoltaica.

5. CONCLUSÕES

A pesquisa levantou os índices de mérito para sistema fotovoltaico distribuído em duas instituições de ensino tecnológico, sendo o IFCE localizado na Região Nordeste e a UTFPR não Sul do Brasil. Os índices de mérito foram utilizados para comparar os dois SFD quanto ao aproveitamento da energia fotovoltaica em diferentes localidades e capacidades instaladas. Nas análises foram considerados os índices de mérito *final yield*, *reference yield* e taxa de desempenho no período de um ano de coleta de dados. Esses índices são amplamente usados nos estudos de potencialidade energética.

A irradiação solar média mensal durante um ano de coleta foi comparada nas duas localidades. A proximidade do IFCE com a linha do Equador resulta no maior número de horas de sol pleno em relação a UTFPR. Também, isto reflete nos elevados índices de irradiação solar incidente em toda região. No IFCE a irradiação diária com valores acima de 5 kWh/m² é registrada em nove meses do ano, e na UFPR esses valores ocorrem em sete meses.

Os resultados do índice de mérito *final yield*, que considera a diferença da potência instalada entre os dois sistemas, apontam que o SFD do IFCE gera em média anual 20% a mais que o SFD da UTFPR. De outro lado, o índice de mérito *performance ratio* para os SFD do IFCE e UTFPR mostra uma média anual em torno de 73%, que está próximo dos valores de referência mundiais, geralmente 80%. Nos dois casos o índice de mérito da taxa de desempenho é semelhante, sendo os registrados no IFCE um pouco superior, por razão da irradiação solar privilegiada da região. Nos dois casos as taxas de desempenho do SFD estão acima de 60%, que são consideradas muito boas.

Os resultados dos índices de méritos demonstram que a produção de energia elétrica em ambos SFD pesquisados tem excelente desempenho, sendo uma fonte alternativa de energia viável para minimizar a pressão por demanda dos reservatórios das hidrelétricas. Mesmo na região Sul do Brasil, de menor incidência de irradiação solar e menor número de horas de sol pleno, a baixa temperatura em que estão submetidos os painéis fotovoltaicos aumenta a eficiência na geração de energia.

Por fim, a avaliação de desempenho do sistema fotovoltaico conectado à rede é essencial para o monitoramento do desempenho do SFD. Além disso, uma análise mais detalhada dos índices de méritos e a continuidade da aquisição de dados podem apontar falhas ou defeitos no sistema, como falta de limpeza nas placas ou detecção de pontos quentes. Neste caso, a rápida detecção de problemas pode significar ganhos de eficiência, inclusive na melhoria dos procedimentos de manutenção.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa concedida para o desenvolvimento dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. Brasília: (2018). Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: < http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/geracao-distribuida-ultrapassa-20-mil-conexoes/656877>. Acessado em: 2/04/2023.

ANEEL. Brasília: (2017). Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/Asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/>. Acessado em: 5/04/2023.

BRASIL. Brasília (2022). Lei Nº 14.300, de 6 de Janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída. Presidência da República. Secretaria-Geral. Subchefia para Assuntos Jurídicos. [2022] Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm Acesso em: 06/04/2023.

BORGES NETO, M. R. de; CARVALHO, P. (2014). Geração de Energia Elétrica: Fundamentos. São Paulo: Érica, 158 p.

CLIMATE DATA. Climate-data.org. Clima: Recife. Disponível em: < <http://pt.climate-data.org/location/5069/> > Acesso em: 10/01/2023.

FILGUEIRAS, J. E. O. et al. (2006). Sistemas de gerenciamento no combate ao desperdício de energia. 2006 In: CBE Congresso Brasileiro de Energia, 11, 2006, Rio de Janeiro, Anais, Rio de Janeiro, RJ, BRASIL, p. 1807-1817.

IEC. Photovoltaic System Performance Monitoring — Guidelines for Measurement, Data Exchange, and Analysis, IEC Standard 61724,” Geneva, Switzerland, 1998.

MARCHAIS, J. J. (2013). SCHNEIDER ELETRIC. Economias permanentes mediante eficiência energética ativa. Disponível em: < <http://tinyurl.com/mekejbo> >. Acesso em: 05/3/ 2021.

MARION, B. et al. (2005). Performance Parameters for Grid-Connected PV Systems. In: Photovoltaics Specialists Conference and Exhibition, 31, Lake Buena Vista, Florida. Artigo, IEEE, 2005. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/1488451/>>. Acesso em: 14/05/2023.

MENDES, I. dos S (2016). Avaliação do Desempenho do Sistema de Mini-geração Fotovoltaico na Faculdade de Ciências, Lisboa. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente) – Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa.

NARIMATU, B. R. S. et al. (2018). Avaliação de desempenho de um sistema fotovoltaico comercial de 14,56 kWp no município de serra. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar – Gramado, 17 a 20 de abril de 2018.

NARIMATU, B. R. S. et al. (2018). Avaliação de desempenho de um sistema fotovoltaico comercial de 14,56 kWp no município de serra. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar – Gramado, 17 a 20 de abril de 2018.

RÜTHER, R. et al. (2005). Avaliação do impacto da geração distribuída utilizando sistemas solares fotovoltaicos integrados à rede de distribuição. Disponível em: <http://www.unisinos.br/_diversos/revistas/estudos_tecnologicos/index.php?e=1&s=9&a=3>. Acesso em: 10/04/2023.

SANTOS, F. F. et al. (2017). Análise comparativa dos índices de mérito de duas instalações fotovoltaicas: casos UTFPR NEOVILLE X LAR JUNSHIN. XIII Congresso Nacional de Gestão em Excelência e IV INOVARSE Responsabilidade Social Aplicada.

SEME, S. et al. (2019) Analysis of the performance of photovoltaic systems in Slovenia. Solar Energy, v.180, p 550-558.

URBANETZ JUNIOR, J. et al. (2014). Acompanhamento do desempenho do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica do escritório verde da UTFPR. IX Congresso Brasileiro de Planejamento Energético.