

ESTUDO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA INSTALADOS EM GOIOERÊ - PR ATRAVÉS DE ÍNDICES DE MÉRITO

Nicole Polityto Cremasco
Programa de Pós-Graduação em
Sistemas de Energia – PPGSE
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná – UTFPR
Curitiba, Brasil

Ana Carla Cordeiro
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica e Informática
Industrial – CPGEI
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná – UTFPR
Curitiba, Brasil

Jair Urbanetz Junior
Programa de Pós-Graduação em
Sistemas de Energia – PPGSE
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná – UTFPR
Curitiba, Brasil

Renata Lautert Yang
Centro de Excelência em Energia e
Sistemas de Potência – CEESP
Universidade Federal de
Santa Maria – UFSM
Santa Maria, Brasil

Diego Piazza Hilgert
Plazza Solaris
Curitiba, Brasil

Jorge Assade Leludak
Programa de Pós-Graduação em
Sistemas de Energia – PPGSE
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná – UTFPR
Curitiba, Brasil

Resumo— Analisaram-se quatro sistemas fotovoltaicos instalados no estado do Paraná na cidade de Goioerê. Ao final do trabalho, os dados do Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná e da estação do INMET, utilizados para o cálculo da taxa de desempenho foram comparados chegando à conclusão que há diferença entre eles. Como resultado, o sistema 2 apresentou maiores valores de média anual de produtividade, fator de capacidade e de taxa de desempenho, tanto no caso em que os valores de irradiação utilizados eram provenientes do Atlas, quanto no caso em que eram do INMET. Além disso, na análise comparativa entre a taxa de desempenho obtida através de dados de irradiação do Atlas e do INMET, todos os sistemas obtiveram maiores valores com a utilização de dados de irradiação do Atlas. As análises possibilitaram a avaliação do comportamento dos sistemas em Goioerê, comprovando o elevado potencial do local para instalações de sistemas fotovoltaicas.

Palavras-chaves— Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná; energia solar fotovoltaica; índices de mérito; INMET; Paraná.

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da sociedade e crescimento econômico está diretamente ligado com a elevação na demanda de energia. Estes fatores levam a uma expansão na geração de energia elétrica e atualmente, o incentivo na utilização de fontes não poluidoras está aumentando devido à preocupação ambiental e uso sustentável dos recursos naturais. A matriz elétrica brasileira é predominantemente hídrica, atingindo 64,9% de representatividade em 2019. Neste mesmo ano, 83% da matriz elétrica nacional obteve participação de fontes renováveis de energia [1]. Neste contexto de descarbonização da matriz elétrica, algumas fontes têm se destacado, entre elas está a energia solar. A potência instalada de geração distribuída referente à energia solar fotovoltaica no Brasil

vem crescendo de forma exponencial, este dado até janeiro de 2021 era de aproximadamente 4,5 GWp [2].

O estado do Paraná apresenta elevado potencial para a geração de energia através de sistemas fotovoltaicos (SFV). Ele possui altos índices de irradiância solar quando comparado com a Alemanha [3], por exemplo, que se encontrava em quarto lugar em capacidade instalada mundial em 2019 [4]. Até janeiro de 2021, o Paraná ocupava a quinta colocação no ranking estadual de potência fotovoltaica instalada no Brasil, ficando atrás de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo e Mato Grosso [5]. Conforme [5], a potência instalada no Paraná representa 6,4% da potência nacional em sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFVCR).

Os índices de mérito representam parâmetros para analisar o comportamento dos SFV instalados, podendo ser comparados com outras usinas. Eles foram estabelecidos pela Agência Internacional de Energia (IEA – International Energy Agency), os quais encontram-se descritos no padrão IEC (International Electrotechnical Commission – Comissão Internacional de Eletrotécnica) 61724 [6]. Os índices de mérito consistem em três parâmetros que definem o sistema fotovoltaico de forma geral, com relação à produção de energia e o efeito de perdas no sistema. São eles: fator de capacidade, produtividade (também conhecida por *Yield*) e taxa de desempenho (ou *Performance Ratio*).

O objetivo deste artigo é calcular e analisar os índices de mérito de quatro SFVCR localizados no município de Goioerê-PR, desde sua instalação em 2019.

II. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A. Caracterização dos SFVCR

Foram analisados quatro sistemas fotovoltaicos instalados na cidade de Goioerê, situada na mesorregião centro-ocidental paranaense. A localização deste município pode ser observada na Fig. 1, no mapa de irradiação no plano inclinado na latitude local, total anual, para o estado do Paraná.

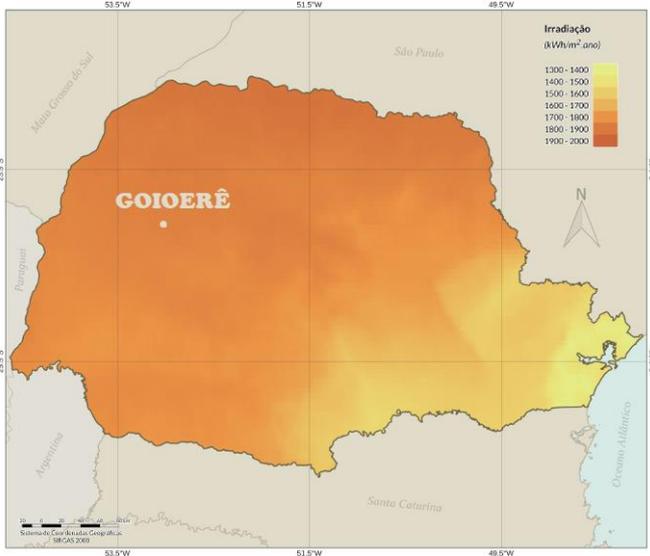


Fig. 1. Mapa paranaense de irradiação no plano inclinado na latitude: total anual (Adaptado de [3]).

Estes sistemas possuem diferentes características com relação ao desvio azimutal e à inclinação, e valores distintos de potência instalada.

Todos os painéis foram instalados seguindo a inclinação e orientação do telhado da edificação. Além disto, apresentam sombreamento médio anual inferior a 5% em seus módulos.

Em todos os SFVCR foram utilizados módulos da marca Qcells de 335 Wp. Demais características podem ser observadas na Tabela I, como a marca e potência dos inversores (P_{CA}), o número de módulos fotovoltaicos (FV), a potência de cada painel FV (P_{CC}), além de desvio azimutal em relação ao norte e inclinação dos telhados.

TABELA I. CARACTERÍSTICAS DOS SFVCR

	S#1	S#2	S#3	S#4
P_{CA} (kW)	3	4	5	6
Marca inversor	Fronius	Fronius	SMA	SMA
Número de módulos	10	16	20	24
P_{CC} (kWp)	3,35	5,36	6,7	8,04
Desvio azimutal	23° Leste	7° Leste	6° Leste	45° Leste
Inclinação do telhado	15°	15°	10°	10°

B. Índices de Mérito

Utilizaram-se os índices de mérito para a realização da análise do comportamento dos sistemas instalados em Goioerê. Em (1), apresenta-se o cálculo da produtividade, sendo YF a produtividade (kWh/kWp).

$$YF = \frac{\text{Energia Gerada (kWh)}}{\text{Potência Instalada (kWp)}} \quad (1)$$

Para a realização do cálculo de taxa de desempenho foram utilizados dados de irradiação mensal no plano inclinado fornecido pelo Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná [3] de um ano, e dados de seis meses da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) [7], localizada na mesma cidade.

O cálculo de taxa de desempenho é apresentado em (2).

$$PR = \frac{YF}{Irr/1000} \% \quad (2)$$

Sendo PR a taxa de desempenho (%), Irr a irradiação no plano inclinado (kWh/m²) e YF a produtividade (kWh/kWp).

Para a realização do cálculo de fator de capacidade, utilizou-se (3), na qual FC é o fator de capacidade.

$$FC = \frac{\text{Energia Gerada}}{\text{Potência Instalada} * \text{Tempo}} (\%) \quad (3)$$

C. Coleta de Dados

Conforme condição de início de operação dos sistemas, nas Tabelas II e III é apresentada a geração de junho de 2019 a maio de 2020, nos quais houve geração constante de todos os sistemas em todos os dias dos meses.

TABELA II - DADOS DE GERAÇÃO DE JUNHO DE 2019 A NOVEMBRO DE 2019 (KW.H)

	Jun/2019	Jul/2019	Ago/2019	Set/2019	Out/2019	Nov/2019
S#1	394,09	424,41	462,40	435,02	513,20	496,48
S#2	-	664,68	716,69	684,76	748,65	753,27
S#3	-	548,38	611,05	728,79	832,50	931,24
S#4	-	872,83	972,58	934,06	1035,75	1048,68

TABELA III - DADOS DE GERAÇÃO DE DEZEMBRO DE 2019 A MAIO DE 2020 (KW.H)

	Dez/2019	Jan/2020	Fev/2020	Mar/2020	Abr/2020	Mai/2020
S#1	453,51	539,37	404,85	495,02	405,67	376,09
S#2	763,01	735,11	716,17	852,73	829,31	706,38
S#3	969,50	923,09	866,09	946,87	-	-
S#4	1075,30	1040,87	1002,89	1170,09	1115,25	936,49

A presença de células em branco nestas tabelas corresponde ao fato de que não há dados mensais disponíveis para o SFVCR instalado. A Fig. 2 ilustra a geração mensal dos sistemas estudados.

Foram selecionados dados de irradiação global horizontal (H_{HOR}) do Atlas de Energia Solar do Estado do Paraná (Atlas) e do INMET, de uma estação localizada cidade de Goioerê. A referida estação não possui dados entre junho e novembro de 2019.

Os dados de irradiação no plano global horizontal, provenientes de dados de irradiação do Atlas [3] são indicados nas Tabelas IV e V.

Na Tabela VI são apresentados os dados de irradiação global horizontal provenientes de INMET [7].

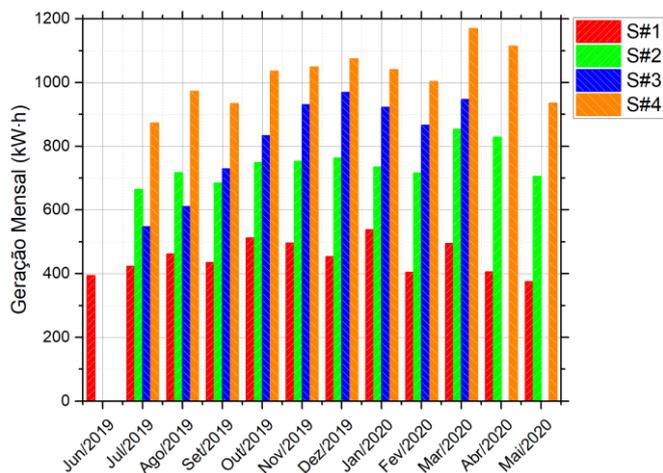


Fig. 2. Geração de energia: gráfico de dados mensais dos sistemas.

TABELA IV - DADOS DE IRRADIAÇÃO GLOBAL HORIZONTAL DE JANEIRO A JUNHO (KW-H/M²-DIA) - ATLAS

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
6,21	5,78	5,32	4,48	3,51	3,09

TABELA V - DADOS DE IRRADIAÇÃO GLOBAL HORIZONTAL DE JULHO A DEZEMBRO (KW-H/M²-DIA) - ATLAS

Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
3,3	4,27	4,53	5,36	6,12	6,5

TABELA VI - DADOS DE IRRADIAÇÃO GLOBAL HORIZONTAL DE DEZEMBRO A MAIO - INMET (KW-H/M²-DIA)

Dez/ 2019	Jan/ 2020	Fev/ 2020	Mar/ 2020	Abr/ 2020	Mai/ 2020
6,11	5,82	5,95	6,72	6,50	4,62

Para a obtenção dos valores mensais de irradiação no plano inclinado (a fim de serem empregados nos cálculos dos índices de mérito), utilizou-se o software *Radiasol* [8], em que foram inseridos os dados de H_{HOR} do Atlas e do INMET, considerando as particularidades referentes ao desvio azimutal e inclinação de cada sistema.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a realização da análise dos índices de mérito foram estudados a produtividade, a taxa de desempenho, e o fator de capacidade, sendo que cada índice de mérito foi analisado separadamente em diferentes subseções.

A. Produtividade

O cálculo da produtividade possibilita a análise comparativa de sistemas fotovoltaicos com diferentes potências instaladas.

Os valores obtidos de produtividade dos painéis estudados são indicados nas Tabelas VII e VIII e na Fig.3.

TABELA VII - DADOS DE PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS DE JUNHO DE 2019 A NOVEMBRO DE 2019 (KW-H/KWP)

	Jun/ 2019	Jul/ 2019	Ago/ 2019	Set/ 2019	Out/ 2019	Nov/ 2019
S#1	117,64	126,69	138,03	129,86	153,19	148,20
S#2	-	124,01	133,71	127,75	139,67	140,54
S#3	-	81,85	91,20	108,77	124,25	138,99
S#4	-	108,56	120,97	116,18	128,82	130,43

Através da tabela VIII é possível verificar que no período de junho a novembro de 2019 o SFVCR com maior produtividade foi o sistema 1.

TABELA VIII - DADOS DE PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS DE DEZEMBRO DE 2019 A MAIO DE 2020 (KW-H/KWP)

	Dez/ 2019	Jan/ 2020	Fev/ 2020	Mar/ 2020	Abr/ 2020	Mai/ 2020
S#1	135,38	161,01	120,85	147,77	121,10	112,27
S#2	142,35	137,15	133,61	159,09	154,72	131,79
S#3	144,70	137,77	129,27	141,32	-	-
S#4	133,74	129,46	124,74	145,53	138,71	116,48

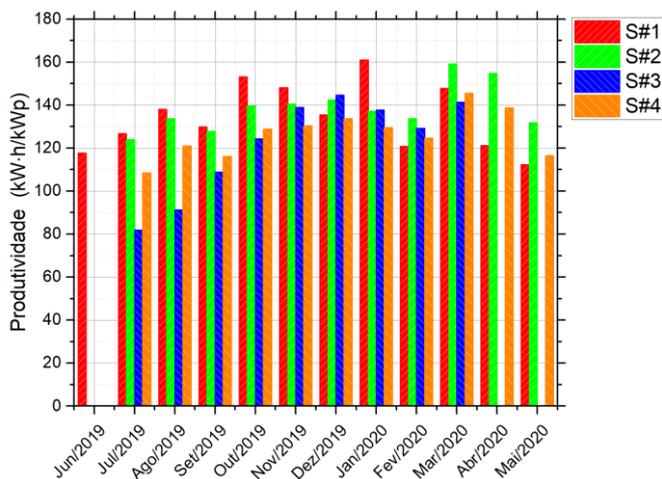


Fig. 3. Produtividade mensal dos sistemas

A média de produtividade observada no sistema 1 foi de 134,33 kW-h/kWp, para o sistema 2 foi de 138,58 kW-h/kWp, para o sistema 3 foi de 122,01 kW-h/kWp, e para o sistema 4 foi de 126,73 kW-h/kWp.

Assim, o sistema com maior valor médio, no caso o sistema 2, foi 3,07% superior à média do segundo maior valor. Além disto, os baixos valores de produtividade encontrados em julho e agosto no sistema 3 podem ser justificados pela baixa inclinação do sistema.

Os dados estatísticos referentes à produtividade são indicados na Tabela IX.

TABELA IX - DADOS DE ESTATÍSTICAS DE PRODUTIVIDADE DOS SISTEMAS

	Média (kW-h/kWp)	Desvio Padrão	Valor Máximo (kW-h/kWp)	Valor Mínimo (kW-h/kWp)
S#1	134,33	15,54	161,01	112,27
S#2	138,58	10,61	159,09	124,01
S#3	122,01	22,97	144,70	81,85
S#4	126,69	10,75	145,53	108,56

O sistema 1 apresentou o maior valor de produtividade seguido pelo sistema 2, que também apresentou o maior valor mínimo. Foram observados os menores valores de média, valores máximo e mínimo no sistema 3.

B. Taxa de desempenho

A taxa de desempenho é o índice de mérito que desconta as perdas nos sistemas. As Tabelas X e XI e a Fig. 4 representam a taxa de desempenho obtida a partir dos valores de irradiação Atlas.

TABELA X - DADOS DE TAXA DE DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE JUNHO A NOVEMBRO (%) - ATLAS

	Jun/ 2019	Jul/ 2019	Ago/ 2019	Set/ 2019	Out/ 2019	Nov/ 2019
S#1	113,20	110,81	94,92	90,99	90,46	81,39
S#2	-	107,53	91,23	89,18	82,34	77,20
S#3	-	73,46	64,07	76,90	73,38	75,80
S#4	-	99,77	86,83	83,00	76,47	71,11

TABELA XI - DADOS DE TAXA DE DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE DEZEMBRO A MAIO (%) - ATLAS

	Dez/ 2019	Jan/ 2020	Fev/ 2020	Mar/ 2020	Abr/ 2020	Mai/ 2020
S#1	68,49	84,71	71,63	86,24	83,73	93,77
S#2	72,16	72,24	79,07	92,55	106,27	95,75
S#3	72,44	71,89	76,37	82,93	-	-
S#4	66,68	67,36	73,92	86,19	98,95	84,63

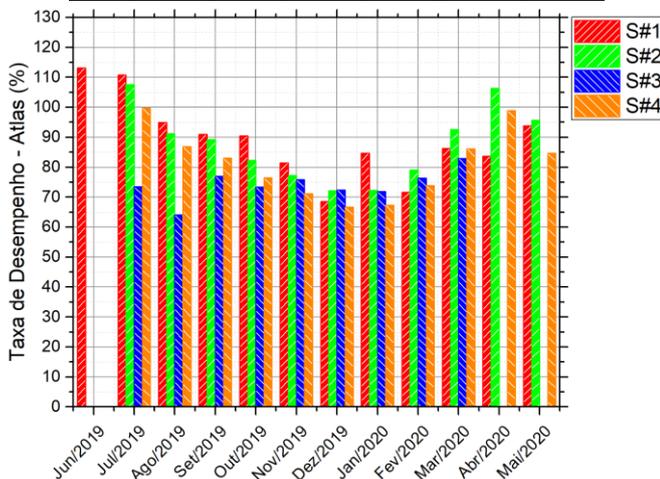


Fig. 4. Taxa de Desempenho – Atlas Paranaense de Energia Solar

Como os valores de irradiação do Atlas são provenientes da média histórica e o ano de 2020 obteve valores de irradiação diferentes dela, a taxa de desempenho obtida pelos sistemas 1 e 2 foi superior a 100% em alguns dos meses, como abril, junho e julho.

Durante os meses de inverno (junho a agosto) o sistema 1 apresentou os seus maiores valores mensais, enquanto o sistema 2 apresentou em julho seu maior valor, que é o terceiro maior encontrado entre todos os valores dos sistemas.

Os dados estatísticos de taxa de desempenho destes sistemas são descritos na Tabela XII.

TABELA XII- DADOS ESTATÍSTICOS DE TAXA DE DESEMPENHO - ATLAS

	Média (%)	Desvio Padrão	Valor Máximo (%)	Valor Mínimo (%)
S#1	89,19	13,34	113,20	68,49
S#2	87,77	12,39	107,53	72,16
S#3	74,13	5,04	82,93	64,07
S#4	81,35	11,45	99,77	66,68

O sistema com maior valor médio anual de taxa de desempenho foi o sistema 1 (89,19%), enquanto o menor foi

o sistema 3 (74,13%). Além disto, o maior valor mensal apresentado foi do sistema 1 em junho (113,20%), e o menor foi do sistema 3 em agosto (64,07%). Portanto, a variação percentual dos valores médios de taxa de desempenho entre o menor e o maior foi de 1,62%.

A Tabela XIII e a Fig. 7 representam a taxa de desempenho obtida a partir dos valores de irradiação do INMET.

TABELA XIII - DADOS DE TAXA DE DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE DEZEMBRO DE 2019 A MAIO DE 2020 (%) - INMET

	Dez/ 2019	Jan/ 2020	Fev/ 2020	Mar/ 2020	Abr/ 2020	Mai/ 2020
S#1	68,90	86,72	69,02	71,75	63,12	83,25
S#2	72,58	74,91	76,21	76,90	79,89	96,77
S#3	72,88	73,58	73,57	69,07	-	-
S#4	67,09	68,97	71,25	72,05	75,60	91,00

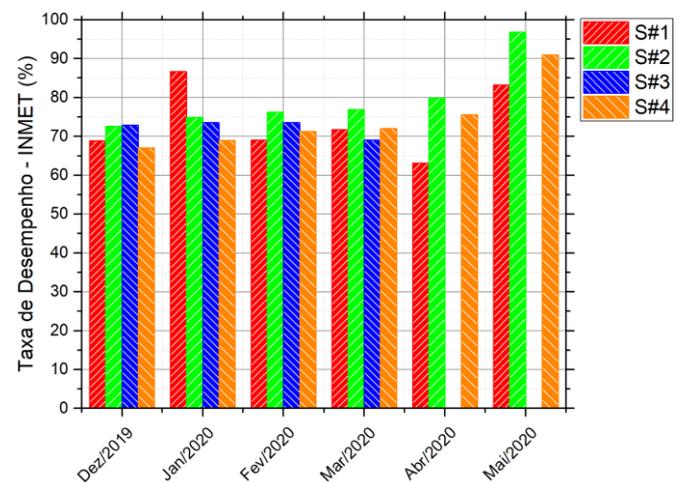


Fig. 5. Taxa de Desempenho – INMET

As informações relativas ao tratamento estatístico são descritas na Tabela XIV.

TABELA XIV - DADOS ESTATÍSTICOS DE TAXA DE DESEMPENHO - INMET

	Média (%)	Desvio Padrão	Valor Máximo (%)	Valor Mínimo (%)
S#1	73,79	9,18	86,72	63,12
S#2	79,54	8,77	96,77	72,58
S#3	72,27	2,16	73,58	69,07
S#4	74,32	8,66	91,00	67,09

O sistema com melhor valor médio anual foi o sistema 2 (79,54%), e o pior foi o sistema 3 (72,27%). A diferença percentual entre o sistema com maior média anual e o com menor foi de 10,06%.

Observou-se que o período com maiores valores de taxa de desempenho média mensal entre os sistemas foi maio (96,77%) no sistema 2, enquanto o menor foi em abril (63,12%) no sistema 1.

Para realização de análise comparativa entre os valores de taxa de desempenho obtidos pela utilização de dados de irradiação do Atlas e do INMET, foi elaborada a Tabela XV.

TABELA XV - RELAÇÃO ENTRE MÉDIA ANUAL DE TAXA DE DESEMPENHO DO INMET E DO ATLAS

	Relação percentual (%)
S#1	17,27
S#2	9,57
S#3	2,51
S#4	8,64

Com relação à análise comparativa entre os valores calculados de taxa de desempenho com valores de irradiação do INMET e do Atlas, os valores de taxa de desempenho médios anuais calculados através da irradiação fornecida pelo Atlas foram superiores em todos os sistemas.

O sistema 1 apresentou maior divergência entre os valores calculados de taxa de desempenho a partir da irradiação do INMET e do Atlas, enquanto o sistema 3 apresentou a menor. Isto pode ser explicado pela diferença de desvio azimutal e inclinação que cada sistema possuía.

C. Fator de capacidade

O cálculo do fator de capacidade torna possível a análise dos sistemas em relação à condição de geração ideal da usina, na qual ocorreria a produção durante todo o dia.

Os valores de fator de capacidade são indicados nas Tabelas XVI e XVII e na Fig. 8.

TABELA XVI - DADOS DE FATOR DE CAPACIDADE DOS SISTEMAS DE JUNHO DE 2019 A NOVEMBRO DE 2019 (%)

	Jun/2019	Jul/2019	Ago/2019	Set/2019	Out/2019	Nov/2019
S#1	16,34	17,03	18,55	18,04	20,59	20,58
S#2	-	16,67	17,97	17,74	18,77	19,52
S#3	-	11,00	12,26	15,11	16,70	19,30
S#4	-	14,59	16,26	16,14	17,32	18,12

TABELA XVII - DADOS DE FATOR DE CAPACIDADE DOS SISTEMAS DE DEZEMBRO DE 2019 A MAIO DE 2020 (%)

	Dez/2019	Jan/2020	Fev/2020	Mar/2020	Abr/2020	Mai/2020
S#1	18,20	21,64	17,36	19,86	16,82	15,09
S#2	19,13	18,43	19,20	21,38	21,49	17,71
S#3	19,45	18,52	18,57	19,00	-	-
S#4	17,98	17,40	17,92	19,56	19,27	15,66

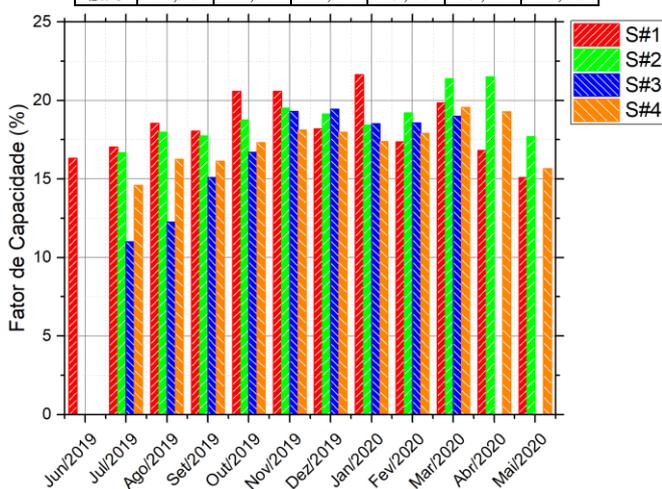


Fig. 6. Fator de Capacidade dos Sistemas

Durante o período do inverno (junho a agosto) foram observados alguns dos menores valores de fator de capacidade comparados aos outros períodos do ano, sendo

que no mês de julho obteve os menores resultados apresentados pelos sistemas, com exceção ao sistema 1.

A análise estatística do fator de capacidade destes sistemas é indicada na Tabela XVIII.

TABELA XVIII - DADOS ESTATÍSTICOS DE FATOR DE CAPACIDADE DOS SISTEMAS

	Média (%)	Desvio Padrão	Valor Máximo (%)	Valor Mínimo (%)
S#1	18,34	1,98	21,64	15,09
S#2	18,91	1,49	21,49	16,67
S#3	16,66	3,18	19,45	11,00
S#4	17,29	1,51	19,56	14,59

O sistema 2 apresentou o maior valor de média e de valor mínimo, além do segundo maior valor máximo. O sistema 3 apresentou menor valor de média e de valores máximo e mínimo.

A variação percentual entre o sistema com maior média anual e o com menor foi de 13,51%.

IV. COMPARAÇÃO DOS DADOS

Os resultados para produtividade, taxa de desempenho e fator de capacidade obtidos nesta pesquisa foram comparados com outras publicações. O estudo de [9] foi realizado em diferentes regiões da Inglaterra, analisando valores de taxa de desempenho que variaram entre 60% e 95% em sistemas de tecnologias cristalinas. Com relação ao Paraná, estudos conduzidos em Curitiba analisam estes índices de mérito em dois SFVCR entre 2012 e 2017, refletindo valores entre 66,27% e 79,86% de taxa de desempenho [10]. De forma geral, nota-se que os valores encontrados nos SFVCR instalados em Goioerê foram superiores aos de Curitiba estudados por [10]. Este fato deve-se aos altos índices de irradiação solar em Goioerê, quando comparado aos de Curitiba.

Outra publicação analisa oito SFVCR instalados na região em que Goioerê está situada, com variação anual entre 68,96% e 81,24% [11]. Os índices de mérito obtidos por [11] apresentam maior semelhança aos calculados nesta pesquisa, comprovando a coerência dos valores neste artigo.

CONCLUSÕES

Ao analisar a produtividade e o fator de capacidade, verificou-se que durante os meses em que a estação vigente era o verão os índices foram maiores que quando comparados aos meses de inverno, pois durante o verão há maior índice de irradiação o que implica em uma maior geração de energia elétrica. Além disso, o sistema 2 obteve maior valor médio anual de produtividade (139 kW·h/kWp), do fator de capacidade (18,9%) e maior valor médio anual da taxa de desempenho do INMET (79%) em relação aos outros sistemas.

Com relação à diferença percentual entre a taxa de desempenho realizado com dados de irradiação do Atlas e do INMET, os valores que utilizavam dados de irradiação do Atlas foram todos superiores. A diferença entre as diferenças percentuais pode estar relacionada com a inclinação e desvio azimutal dos sistemas.

Por fim, as análises realizadas neste artigo permitem avaliar não somente a produtividade, o fator de capacidade e a taxa de desempenho de um sistema, como também permitem a comparação entre eles, confirmando o ótimo potencial de geração fotovoltaica neste município e auxiliando em futuras instalações de SFVCR na região de Goioerê.

REFERÊNCIAS

- [1] EPE, Empresa de Pesquisa Energética (Brasil) (2020). *Balanço Energético Nacional 2020: Ano base 2019*. EPE, Rio de Janeiro.
- [2] ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica (2021). Unidades Consumidoras com Geração Distribuída.
- [3] Tiepolo, G.M., Pereira, E.B., Urbanetz Jr, J., Pereira, S.V., Gonçalves, A.R., Lima, F.J.L., Costa, R.S., Alves, A.R. (2017). *Atlas de energia solar do estado do Paraná*. [<http://atlassolarparana.com>] UTFPR, Curitiba.
- [4] REN21 (2020). *Renewables 2020 global status report*. REN21 Secretariat, Paris.
- [5] ABSOLAR, Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (2020). Energia solar fotovoltaica no Brasil – Infográfico ABSOLAR. São Paulo.
- [6] IEC, International Electrotechnical Commission (1998). Photovoltaic system performance monitoring: Guidelines for measurement, data exchange, and analysis. IEC Standard 61724. Genebra.
- [7] INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 15 de maio de 2020.
- [8] RADIASOL. Disponível em: < <http://www.solar.ufrgs.br/>>. Acesso em: 15 de maio de 2020.
- [9] Dhimish, M. “Thermal impact on the performance ratio of photovoltaic systems: A case study of 8000 photovoltaic installations”, *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 21, pp. 1-5, 2020.
- [10] Silveira, C.O., Krasnhak, L.B., Tonolo, É.A., Urbanetz Jr, J.” Study of the Potential of Photovoltaic Microgeneration and Minigeneration from the Grid-Connected Photovoltaic Systems Installed at UTFPR Curitiba Campus”, *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 62, pp. 1-9, 2019.
- [11] Hilgert, D.P., Cordeiro, A.C., Cremasco, N.P., Yang, R.L., Silveira, C.O., Urbanetz Jr, J. “*Analysis of PV systems installed in Parana*”, *Brazilian Archives of Biology and Technology*, vol. 64, pp. 1-9, 2021.