

ANÁLISE DE DADOS SOLARIMÉTRICOS DO EXTREMO SUL DE SANTA CATARINA A PARTIR DE DISTINTAS FONTES

Milena Paim da Silva, Karin Cristina Conte, Giuliano Arns Rampinelli

Universidade Federal de Santa Catarina/ Engenharia de Energia/ milena_paim@hotmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina/ Engenharia de Energia/ krnconte@hotmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina/ Engenharia de Energia/ giuliano.rampinelli@ufsc.br

Resumo: Este estudo apresenta uma análise de dados solarimétricos de cinco diferentes cidades do sul do Brasil (Araranguá, Florianópolis, Laguna e Urussanga, do estado de Santa Catarina e Torres, no Rio Grande do Sul), provenientes de duas diferentes fontes, Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) cuja fonte de dados é proveniente do projeto SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assessment) que juntamente com o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e LABSOLAR (Laboratório de Energia Solar) da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), disponibiliza arquivos climáticos TMY para 20 cidades brasileiras. Os dados foram tratados estatisticamente e foram determinadas médias diárias mensais da radiação solar global horizontal. O objetivo do estudo é avaliar o recurso solar destas diferentes regiões do extremo sul de Santa Catarina, uma vez que, esta avaliação é de suma importância para garantir a previsibilidade de geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos. Os dados das diferentes fontes apresentaram dispersão nos dados, o que era esperado, uma vez que são usadas distintas instrumentações na medição do recurso solar e também pela natureza estocástica da radiação solar. A maior discrepância dos dados analisados ocorreu no mês de outubro na cidade de Urussanga, enquanto que a menor ocorreu no mês de março na cidade de Laguna.

Palavras-chaves: Dados Solarimétricos, Radiação Solar, Sistema Fotovoltaico.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas fotovoltaicos para geração de energia elétrica vem crescendo rapidamente, influenciada pela redução de preços dos diferentes componentes, maturidade e confiabilidade tecnológica e principalmente a partir da regulamentação, normatização e incentivos governamentais à fonte solar. Esta condição permite uma inserção sólida e gradual da energia solar fotovoltaica na matriz energética brasileira contribuindo para a diversificação da mesma, uma vez que esta é fortemente dependente da geração de energia hídrica (ROSA e GASPARIN, 2016).

Para tal, o domínio da tecnologia e dados confiáveis do recurso solar são imprescindíveis. A estimativa do recurso solar é fundamental para garantir a confiabilidade da previsão de energia elétrica convertida por um sistema fotovoltaico e consequentemente, fornecer, uma análise de viabilidade financeiro-econômico correta. Este ciclo garante confiabilidade para investidores de empreendimentos de possíveis instalações de UFV (Usina Fotovoltaica) e até mesmo sistemas de geração fotovoltaica de pequeno porte.

Contudo, a importância de analisar dados solarimétricos de diferentes fontes, a fim de obter resultados confiáveis, é de fundamental importância para que a geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos se consolide. A medição *in loco* do

recurso solar a partir de estações solarimétricas se justifica plenamente para usinas fotovoltaicas, entretanto para geração distribuída com sistemas fotovoltaicos pode-se utilizar fontes diversas disponíveis.

2 METODOLOGIA

Os dados da radiação solar que são analisados no presente trabalho, foram tratados a partir de duas fontes, INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações) cuja fonte dos dados são provenientes do projeto SWERA (*Solar and Wind Energy Resource Assessment*), que juntamente com o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e LABSOLAR (Laboratório de Energia Solar) UFSC, disponibiliza arquivos climáticos TMY para 20 cidades brasileiras.

O INMET é um órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e dentre suas principais funções, está prover informações meteorológicas à sociedade brasileira. O LabEEE está vinculado ao Núcleo de Pesquisa em Construção do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

O interesse desse estudo é obter os dados da radiação solar em média diária mensal para cinco cidades do Sul do Brasil, sendo elas, Araranguá – SC, Florianópolis – SC, Laguna – SC, Urussanga – SC e Torres – RS, a partir das fontes citadas. A partir dos dados são determinadas médias diárias mensais da radiação solar global horizontal.

Os dados coletados pela rede de estações meteorológicas automáticas do INMET são disponibilizados, de forma gratuita, na página <http://www.inmet.gov.br>. Os dados disponíveis sempre são correspondentes aos últimos três meses, sendo que a base de dados para este trabalho se inicia em julho de 2015 e se estende até junho de 2016. Durante este período, em uma base horária, foram coletados dados de radiação solar para as cidades citadas. Todos os dados de radiação solar das estações meteorológicas foram processados integralizando o período de um ano. Também são utilizados dados provenientes da rede INMET das estações meteorológicas do período compreendido entre 2014 e 2015.

O LabEEE disponibilizou uma plataforma online, ProjetEEE – Projetando Edificações Energicamente Eficientes, que além de contribuir para o desenvolvimento de projetos de edificações eficientes também fornece uma série de dados climáticos, entre eles, a média da radiação solar horária em Wh/m². Os dados foram processados para se obter a radiação solar diária mensal.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média diária mensal da radiação solar para a cidade de Araranguá – SC, para as diferentes fontes analisadas, pode ser observada na Tabela 01, juntamente com o desvio padrão mensal entre as fontes.

Para auxiliar na análise dos dados, foi escolhido o índice estatístico desvio padrão por ser uma medida comum da dispersão estatística dos dados e mostrar quanto de dispersão existe em relação ao valor esperado, que seria a média dos meses.

No caso da cidade de Araranguá o maior desvio padrão ocorreu no mês de janeiro, com um desvio padrão de 0,93 e o menor desvio padrão ocorreu no mês de março, 0,15, sendo que nos meses de julho a novembro não foi possível calcular o desvio padrão, pois neste período há meses em que os dados não são representativos e, portanto, o desvio padrão da média anual também não pode ser calculado, uma vez que não foi possível determinar a média anual dos dados fornecidos pelo INMET.

Tabela 01 – Radiação em média diária mensal, em kWh/m², para as diferentes fontes analisadas e o desvio padrão mensal, para a cidade de Araranguá – SC.

ARARANGUÁ - SC				
Mês	LABEEE	INMET 2014 E 2015	INMET 2015 E 2016	Desvio Padrão
Jan	5,24	7,37 - 2015	5,61 - 2016	0,93
Fev	4,49	5,82 - 2015	5,13 - 2016	0,54
Mar	4,60	4,97 - 2015	4,75 - 2016	0,15
Abr	3,98	4,35 - 2015	3,61 - 2016	0,30
Mai	3,18	3,47 - 2015	2,57 - 2016	0,38
Jun	2,62	3,36 - 2015	2,68 - 2016	0,34
Jul	2,60	// - 2014	3,11 - 2015	//
Ago	3,56	// - 2014	4,25 - 2015	//
Set	3,12	// - 2014	3,24 - 2015	//
Out	4,18	// - 2014	3,45 - 2015	//
Nov	4,23	// - 2014	// - 2015	//
Dez	6,09	5,53 - 2014	4,85 2015	0,51
Média Anual	3,99	//	//	//

Para a cidade de Florianópolis, todos os dados da radiação foram fornecidos, sendo possível calcular o desvio padrão para todos os meses do ano e também para a média anual. O maior desvio padrão para essa cidade ocorreu no mês de novembro, com um desvio padrão de 1,29, enquanto que o menor desvio padrão ocorreu no mês de abril, 0,29 e o desvio padrão da média anual ficou em 0,53, como observado na Tabela 02.

Tabela 02 – Radiação em média diária mensal, em kWh/m², para as diferentes fontes analisadas e o desvio padrão mensal, para a cidade de Florianópolis – SC.

FLORIANÓPOLIS- SC				
Mês	LABEEE	INMET 2014 E 2015	INMET 2015 E 2016	Desvio Padrão
Jan	6,27	6,56 - 2015	5,75 - 2016	0,34
Fev	5,81	6,26 - 2015	5,54 - 2016	0,30
Mar	4,22	5,45 - 2015	4,81 - 2016	0,50
Abr	4,58	4,21 - 2015	3,87 - 2016	0,29
Mai	3,51	3,44 - 2015	2,73 - 2016	0,35
Jun	3,02	3,59 - 2015	2,48 - 2016	0,45
Jul	2,73	4,25 - 2014	4,34 - 2015	0,74
Ago	3,16	4,87 - 2014	4,01 - 2015	0,70
Set	3,25	4,19 - 2014	3,28 - 2015	0,44
Out	3,70	5,35 - 2014	2,85 - 2015	1,04
Nov	4,56	6,96 - 2014	3,98 - 2015	1,29
Dez	5,18	7,45 - 2014	4,63 - 2015	1,22
Média Anual	4,17	5,22	4,02	0,53

A Tabela 03 fornece os dados da cidade de Laguna – SC, os dados fornecidos pelo INMET para janeiro de 2016, novembro e dezembro de 2015 não foram representativos, logo, não foi possível calcular o desvio padrão para esses meses nem a média anual para esses anos. O maior desvio padrão ocorreu no mês de outono, sendo 1,15, e o menor no mês de março, sendo 0,06.

Tabela 03 – Radiação em média diária mensal, em kWh/m², para as diferentes fontes analisadas e o desvio padrão mensal, para a cidade de Laguna – SC.

LAGUNA- SC				
Mês	LABEEE	INMET 2014 E 2015	INMET 2015 E 2016	Desvio Padrão
Jan	6,03	5,19 - 2015	// - 2016	//
Fev	5,12	6,48 - 2015	6,20 - 2016	0,59
Mar	5,30	5,45 - 2015	5,33 - 2016	0,06
Abr	4,34	4,29 - 2015	4,10 - 2016	0,10
Mai	3,31	3,68 - 2015	2,91 - 2016	0,31
Jun	2,58	3,51 - 2015	2,83 - 2016	0,39
Jul	2,94	3,29 - 2014	2,84 - 2015	0,19
Ago	3,38	4,78 - 2014	4,61 - 2015	0,62
Set	4,62	3,79 - 2014	3,54 - 2015	0,46
Out	4,41	6,77 - 2014	4,25 - 2015	1,15
Nov	5,39	6,62 - 2014	// - 2015	//
Dez	7,33	6,47 - 2014	// - 2015	//
Média Anual	4,56	5,03	//	//

Analisando a última das quatro cidades de Santa Catarina, observa-se o maior desvio padrão para o mês de outubro, 1,18 e o menor para o mês de março, 0,18 e, como todos os meses tiveram dados representativos, pode se calcular o desvio padrão na média anual, que para esse caso foi de 0,43, observado na Tabela 04 que apresenta as médias diárias mensais para a cidade de Urussanga/SC. A Tabela 05 apresenta as médias diárias mensais para a cidade de Torres/RS.

Tabela 04 – Radiação em média diária mensal, em kWh/m², para as diferentes fontes analisadas e o desvio padrão mensal, para a cidade de Urussanga – SC.

URUSSANGA- SC				
Mês	LABEEE	INMET 2014 E 2015	INMET 2015 E 2016	Desvio Padrão
Jan	4,97	6,72 - 2015	5,19 - 2016	0,78
Fev	4,23	5,28 - 2015	5,22 - 2016	0,48
Mar	4,46	4,74 - 2015	4,31 - 2016	0,18
Abr	3,79	4,45 - 2015	3,53 - 2016	0,39
Mai	3,17	3,35 - 2015	2,46 - 2016	0,38
Jun	2,71	3,12 - 2015	2,65 - 2016	0,21
Jul	2,43	2,90 - 2014	2,96 - 2015	0,24
Ago	3,58	4,43 - 2014	4,08 - 2015	0,35
Set	2,93	3,97 - 2014	3,18 - 2015	0,44
Out	4,17	6,02 - 2014	3,17 - 2015	1,18
Nov	4,40	5,45 - 2014	3,89 - 2015	0,65
Dez	5,21	6,04 - 2014	4,52 - 2015	0,62
Média Anual	3,84	4,71	3,76	0,43

Tabela 05 – Radiação em média diária mensal, em kWh/m², para as diferentes fontes analisadas e o desvio padrão mensal, para a cidade de Torres – RS.

TORRES- RS				
Mês	LABEEE	INMET 2014 E 2015	INMET 2015 E 2016	Desvio Padrão
Jan	5,96	6,98 - 2015	6,13 - 2016	0,45
Fev	6,12	6,43 - 2015	5,88 - 2016	0,23
Mar	5,23	5,83 - 2015	4,88 - 2016	0,39
Abr	3,99	4,54 - 2015	3,62 - 2016	0,38
Mai	3,31	// - 2015	2,81 - 2016	//
Jun	2,36	// - 2015	2,96 - 2016	//
Jul	2,50	3,00 - 2014	3,15 - 2015	0,28
Ago	3,27	3,92 - 2014	4,00 - 2015	0,33
Set	4,36	5,15 - 2014	3,44 - 2015	0,70
Out	4,25	6,07 - 2014	3,86 - 2015	0,96
Nov	5,28	6,65 - 2014	4,72 - 2015	0,81
Dez	7,12	6,90 - 2014	5,21 - 2015	0,85
Média Anual	4,48	//	4,22	//

Analisando a cidade de Torres no Rio Grande do Sul, observa-se o maior desvio padrão para o mês de outubro, 0,96 e o menor para fevereiro, 0,23. Os meses de maio e junho não tiveram dados representativos, assim, impossibilitando o cálculo do desvio padrão da média, como observado na Tabela 05.

De uma maneira geral, os maiores desvios padrão, ou seja, onde obtiveram maiores discrepâncias entre os dados das diferentes fontes foi em janeiro para Araranguá, novembro para Florianópolis, e para Laguna, Urussanga e Torres ocorreu no mês de outubro, sendo o maior desvio padrão ocorrido na cidade de Urussanga.

Enquanto que os menores desvios padrão, ou seja, onde a discrepância dos dados foi menor, ocorreu em março para Araranguá, Laguna e Urussanga, abril para Florianópolis e fevereiro para Torres, sendo que o menor desvio padrão ocorreu em Laguna.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma análise do recurso solar no extremo sul de Santa Catarina, região limitada pelas cidades de Florianópolis e Torres. Os dados são provenientes de diferentes fontes, estações meteorológicas da rede INMET e do projeto SWERA. A avaliação do recurso solar é fundamental para garantir previsibilidade de geração de energia elétrica de sistemas fotovoltaicos.

A partir do processamento dos dados disponíveis foram determinadas médias diárias mensais da radiação solar global horizontal em cinco diferentes cidades da região anteriormente citada. As médias obtidas a partir das diferentes estações meteorológicas e distintas fontes apresentam dispersão que são esperadas. Esta dispersão é decorrente da utilização de distinta instrumentação na medição do recurso solar e da própria natureza estocástica da radiação solar. Para a determinação de um ano meteorológico típico são necessários uma sequência de no mínimo 30 anos de medições ininterruptas.

REFERÊNCIAS

GOUVEIA, D. C.; MORO, J.; IWANOW, M.; AVENÇA, R.; URBANETZ JUNIOR, J. Comparação de resultados de geração de Energia Elétrica através de diferentes bases de dados de Irradiação- Estudo de Caso em Curitiba. In: VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, 04 a 07 de abril, Belo Horizonte, 2016.

INÁCIO, C.B.; GOUVEIA, H. T. V.; FONTENELE, L. F. A.; FERREIRA, P. H. F. Geração de séries sintéticas de irradiação diária para as condições climáticas brasileiras. In: VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, 04 a 07 de abril, Belo Horizonte, 2016.

MELLO FILHO, J.B.; SODRÉ, E. A.; CODECEIRA NETO, A.; CARVALHO NETO, P. B. A qualidade da base de dados Solarimétricos da Chesf para viabilização de financiamento bancário para projetos com Energia Solar. In: VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, 04 a 07 de abril, Belo Horizonte, 2016.

OLIVEIRA, L. G. M.; HORTA, L. B. P.; GALDINO, M. A. E.; BRASIL JUNIOR, A, C, P. Correlação e Análise Estatística de dados Solarimétricos através de imagens de satélite e estação solarimétrica para a região da Cidade de Jaíba- MG. In: VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, 04 a 07 de abril, Belo Horizonte, 2016.

ROSA, A. R. O.; GASPARIN, F. P.; Panorama da Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. In: VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, 04 a 07 de abril, Belo Horizonte, 2016.

TIBA, C.; RAMALHO, R. D.; SOUZA, J. L.; SILVA, M. A. A.; Variabilidade da irradiação solar em escala de minuto no Estado de Alagoas. In: VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, 04 a 07 de abril, Belo Horizonte, 2016.