

ESTIMATIVA DAS COMPONENTES DIRETA E DIFUSA DA RADIAÇÃO SOLAR EM SUPERFÍCIE HORIZONTAL PARA ARARANGUÁ/SC A PARTIR DE REDES METEOROLÓGICAS

Pâmela Crotti – pamelacrotti@gmail.com

Universidade Federal de Santa Catarina, Engenharia de Energia

Giuliano Arns Rampinelli – giuliano.rampinelli@ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Energia e Sustentabilidade

Resumo. Este trabalho apresenta uma análise sobre modelos de estimativas da fração difusa da radiação solar global em superfície horizontal para a cidade de Araranguá/SC. A partir da componente difusa é possível estimar a fração direta da radiação solar. A energia solar é uma alternativa viável técnica e econômica para garantir segurança e diversificação do sistema elétrico. A previsibilidade da natureza estocástica da radiação solar é um desafio para as estimativas de geração de energia elétrica em curto prazo. O conhecimento da fração direta e difusa é necessário em várias aplicações da energia solar, porém apenas algumas estações meteorológicas possuem instrumentos para medir as componentes, direta e difusa, da radiação solar. Neste contexto, os métodos que permitem estimar as frações da radiação solar a partir da radiação solar global são importantes. Vários métodos estão propostos na literatura científica para estimativa das componentes direta e difusa. Neste trabalho são analisados os modelos propostos por Liu e Jordan (1960) e por Page (1961) para estimar a radiação difusa média diária mensal e os modelos desenvolvidos por Orgill e Hollands (1977) e por Erbs e outros (1982) para estimar a radiação solar difusa horária. Os resultados obtidos pelos métodos mostraram discrepâncias o que já era esperado devido aos diferentes parâmetros utilizados em cada um dos métodos, porém mostraram consistência para estimativas em locais onde somente a radiação solar global é mensurada.

Palavras-chave: Energia Solar, Radiação Solar, Índice de Transmissividade Atmosférica.

1. INTRODUÇÃO

O fornecimento de energia despachável no Brasil ocorre principalmente por usinas hidrelétricas de geração centralizada, porém as secas frequentes dos últimos anos vêm comprometendo a confiabilidade e segurança do sistema. Por isso a importância da discussão de outras fontes livres de carbono que aumentem a segurança. Nesse cenário a energia solar se mostra uma ótima alternativa. (MCTIC,2017). No entanto ainda há falta de conhecimento sobre essa fonte por parte dos agentes e consumidores o que dificulta a inserção dessa tecnologia no mercado. A disseminação de conhecimentos sobre esta tecnologia é imprescindível para futuros investimentos. (Tolmasquim, 2016).

A natureza estocástica e a dificuldade de previsibilidade em curto prazo vêm se mostrando um importante empecilho para a entrada dessa fonte no sistema interligado nacional. Para isso é de extrema importância a obtenção de dados confiáveis que garantam a previsibilidade e possibilitam a introdução dessa tecnologia no sistema.

As frações direta e difusa da radiação solar são exigidas em muitas aplicações da energia solar. Há diversas estações meteorológicas que medem a radiação global em superfície, porém poucas medem também suas frações difusa e direta, que é de extrema importância, pois uma superfície inclinada obtém além da componente direta da irradiação solar, a fração difusa que é a soma da componente dispersa e a refletida. Portanto com a ausência desses dados é necessário confiar em métodos e modelos empíricos para estimá-los (Lealea e Tchinda, 2013). Uma análise completa dos dados é fundamental para traçar estratégias operacionais e para a integração de sistemas fotovoltaicos no sistema interligado nacional.

Vários métodos foram propostos para a estimativa dessas variáveis. Todos os métodos possuem uma equipartição, local estudado e tipo de ajuste diferente e dependem de diversos parâmetros climáticos locais, por isso a necessidade de uma análise para identificar o mais adequado para o local de estudo (Dal Pai e Escobedo, 2000).

Neste estudo são analisados os modelos de Liu e Jordan (1960) e de Page (1961) para estimar a irradiação difusa diária média mensal através da relação entre a irradiação difusa e a medida em superfície horizontal e modelos para estimativa da irradiação difusa horária através dos métodos desenvolvidos por Orgill e Hollands (1977) e por Erbs e outros (1982). Este trabalho apresenta estimativas das componentes direta e difusa da radiação solar a partir da determinação do índice de transmissividade atmosférica para a cidade de Araranguá, uma cidade litorânea localizada no extremo sul de Santa Catarina que apresenta clima mesotérmico úmido com temperatura média de 20°C (SDR,2003). Os dados de radiação solar global horizontal foram obtidos a partir de uma estação meteorológica automática de superfície e pelos dados de radiação solar provenientes de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) disponíveis em sua plataforma web.

2. FUNDAMENTOS DA RADIAÇÃO SOLAR

A energia solar extraterrestre é a energia solar total, em todos os comprimentos de onda, fora da atmosfera terrestre, incidente em uma superfície de área unitária em exposição normal aos raios do Sol, a uma distância de 1 UA (distância média Terra-Sol). A média anual da energia solar extraterrestre é de 1367 W/m². (Macagnan, 2010). Porém quando a radiação atinge o topo da atmosfera, sofre processos de absorção e espalhamento ao longo do seu caminho. Aproximadamente 25% da radiação solar incidem na superfície da Terra sem nenhuma interferência da atmosfera, o restante é absorvido, ou espalhado em direção à superfície da Terra ou em direção ao espaço. Estes processos dependem do comprimento de onda da radiação, além da dimensão e natureza do material que interage com a radiação solar. (FIORIN et al., 2011). A Fig. 1 representa o balanço energético da atmosfera.

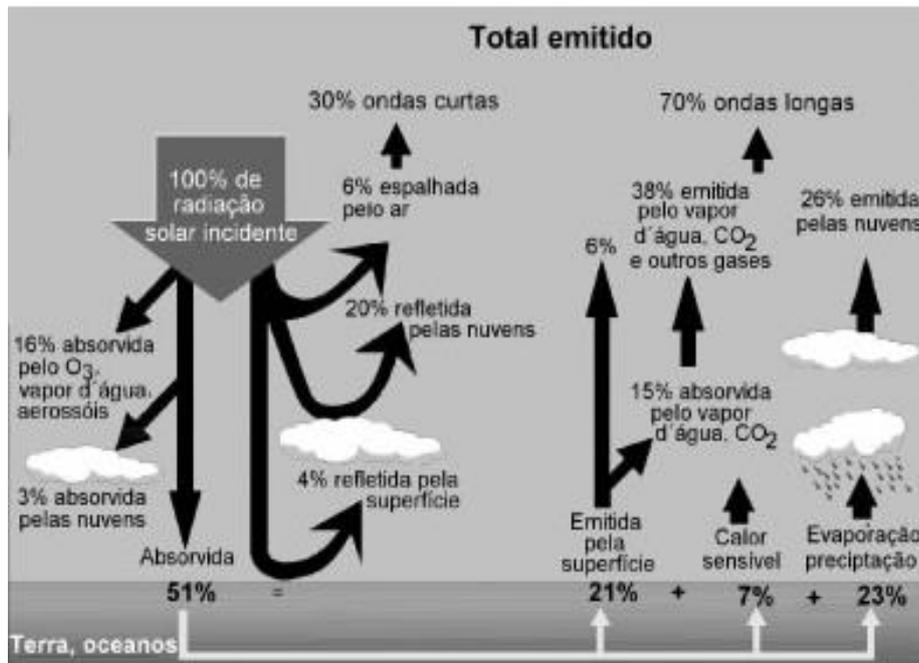


Figura 1 – Balanço de energia atmosférico.

Fonte: (FIORIN et al., 2011).

O espalhamento é um processo físico onde um material particulado, aerossol ou molécula de gases que estão no percurso da onda eletromagnética remove energia da onda incidente, em todos os comprimentos de onda, e dispersa essa energia em todas as direções. No processo de absorção da radiação solar, as moléculas de gases absorvem a energia incidente, que é transformada em movimento molecular que resulta no aquecimento da atmosfera. (FIORIN et al., 2011).

A radiação solar que chega a superfície pode ser decomposta em planos. O plano horizontal com a radiação global sendo a soma das radiações direta e difusa e plano inclinado que além das componentes direta e difusa tem o acréscimo de uma parcela de radiação refletida na superfície e dos elementos ao redor. Para o aproveitamento fotovoltaico, a de maior interesse é a Irradiação Global Horizontal, que quantifica a radiação recebida por uma superfície plana horizontal, composta pela Irradiação Difusa Horizontal que é a parcela dispersa e atenuada por reflexões em nuvens, poeira, vapor d'água e outros elementos em suspensão na atmosfera e pela Irradiação Direta Normal parcela que atinge a superfície diretamente, sem reflexões. Em dias nublados, a principal parcela é a difusa, enquanto que em dias claros prevalece à direta (EPE, 2016).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de radiação solar global utilizados no presente trabalho foram obtidos a partir do monitoramento automático da estação meteorológica de superfície do Laboratório de Pesquisa Aplicada (LPA) e do Núcleo Tecnológico de Energia Elétrica (NTEEL) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Centro Araranguá/SC. A estação meteorológica (Fig. 2) mede as seguintes variáveis: radiação solar global horizontal, velocidade e direção de vento, pressão atmosférica, umidade relativa, temperatura ambiente, precipitação, entre outras e está instalada em uma planta piloto bioclimática. Os dados coletados são utilizados em diversos trabalhos científicos. No presente trabalho também são utilizados dados de radiação solar global disponibilizados na rede do INMET em sua plataforma web.



Figura 2 – Estação meteorológica UFSC/Araranguá.

O período de tempo utilizado no estudo com os dados da estação está compreendido entre dezembro de 2016 a dezembro de 2017, período com dados significativos medidos pela estação meteorológica. E de dezembro a julho de 2016 e agosto a dezembro de 2017 devido a quantidade de dados disponíveis pelo INMET.

Os dados apresentados pela estação meteorológica são em irradiância solar e são armazenados em intervalos de cinco minutos em W/m^2 . Portanto, foi realizada a integração horária dos dados para obtenção da irradiância solar horária e também da média diária mensal em Wh/m^2 . A irradiância solar extraterrestre em superfície horizontal é obtida a partir de relações trigonométricas conhecidas e consolidadas na literatura. Segundo Macagnan (2010) é definida pela Eq. 1:

$$I_{on} = I_{sc}E_o \quad (1)$$

Onde: I_{on} é a irradiância extraterrestre, I_{sc} é a constante solar e E_o é o fator de correção da excentricidade da órbita terrestre.

A partir dos dados obtidos na estação meteorológica e a estimativa de irradiância extraterrestre obtém-se os valores do índice de transmissividade da atmosfera (Kt) que é definido pela Eq. 2:

$$Kt = \left[\frac{H}{H_o} \right] \quad (2)$$

Onde: H é a irradiância solar na superfície terrestre e H_o é a irradiância solar extraterrestre.

A partir da determinação do índice Kt é possível estimar a relação entre a irradiância difusa horizontal e a irradiância global horizontal em superfície terrestre que é definido pela Eq. 3:

$$Kd = \left[\frac{H_d}{H} \right] \quad (3)$$

Através de modelos de distribuição estatística baseados na relação entre a irradiância solar difusa e a irradiância solar global em superfície horizontal em função do índice de transparência atmosférico (Kt), foi estimada a irradiância solar difusa diária média mensal em superfície horizontal através da correlação de Liu e Jordan (1960) que é definida pela Eq. 4:

$$\frac{H_d}{H} = 1,39 - 4,027Kt + 5,531Kt^2 - 3,108Kt^3, \text{ para } 0,3 < Kt < 0,7 \quad (4)$$

A irradiância solar difusa diária média mensal também foi estimada pelo método desenvolvido por Page (1961) cuja forma final é definida pela Eq. 5:

$$\frac{H_d}{H} = 1,00 - 1,13Kt \quad (5)$$

Além disso, também foram realizadas estimativas de irradiação solar difusa horária em superfícies horizontais. Para estas estimativas, o índice K_d foi definido pela Eq. 6:

$$K_d = \left[\frac{I_d}{I} \right] \quad (6)$$

Os métodos escolhidos para apresentação neste trabalho, foram as correlações de Orgill e Hollands (1977) que é dada pela Eq. 7 e de Erbs e outros (1982) dada pela Eq. 8:

$$\frac{I_d}{I} = \begin{cases} 1,0 - 0,249Kt; \text{ para } 0 \leq Kt < 0,35 \\ 1,577 - 1,84Kt; \text{ para } 0,35 \leq Kt \leq 0,75 \\ 0,177; \text{ para } Kt > 0,75 \end{cases} \quad (7)$$

$$\frac{I_d}{I} = \begin{cases} 1,0 - 0,09Kt; \text{ para } Kt \leq 0,22 \\ 0,9511 - 0,1604Kt + 4,388Kt^2 - 16,638Kt^3 + 12,336Kt^4; \text{ para } 0,22 < Kt \leq 0,80 \\ 0,165; \text{ para } Kt > 0,80 \end{cases} \quad (8)$$

A partir dessas correlações é possível identificar como a fração da irradiação solar difusa varia com a irradiação solar global em superfície horizontal e, conseqüentemente, obter estimativas da fração direta através da diferença entre a irradiação medida na estação e a irradiação difusa calculada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da determinação do índice de transmissividade K_t , definido pela Eq. (1), verificou-se que o índice K_t médio anual é de 0,48 para a estação meteorológica da planta piloto e de 0,37 para os dados provenientes da estação da rede INMET.

A Tab. 1 apresenta os valores do índice K_t em média diária mensal. O maior valor de K_t foi de 0,70 no mês de março e o menor 0,25 no mês de setembro para a estação meteorológica da planta piloto enquanto que para a estação meteorológica da rede INMET o maior valor obtido foi 0,48 em outubro e o menor foi de 0,15 em setembro.

Tabela 1 – Valores do índice de transmissividade atmosférica K_t em média diária mensal.

Mês	K_t (Planta Piloto)	K_t (INMET)	Varição Percentual
Dezembro 2016	0,42	0,46	-9%
Janeiro	0,54	0,42	29%
Fevereiro	0,46	0,37	24%
Março	0,70	0,41	71%
Abril	0,42	0,31	35%
Mai	0,48	0,39	23%
Junho	0,69	0,44	57%
Julho	0,53	0,28	89%
Agosto	0,59	0,46	28%
Setembro	0,25	0,15	67%
Outubro	0,42	0,48	13%
Novembro	0,40	0,40	0%
Dezembro 2017	0,33	0,30	10%
MÉDIA	0,48	0,37	28%

Os dados obtidos do índice K_d horários, calculados a partir das Eq. 7 e Eq. 8 foram compilados e são demonstrados nas Fig. 3 e Fig. 4 para dos dados das estações meteorológicas da planta piloto e do INMET.

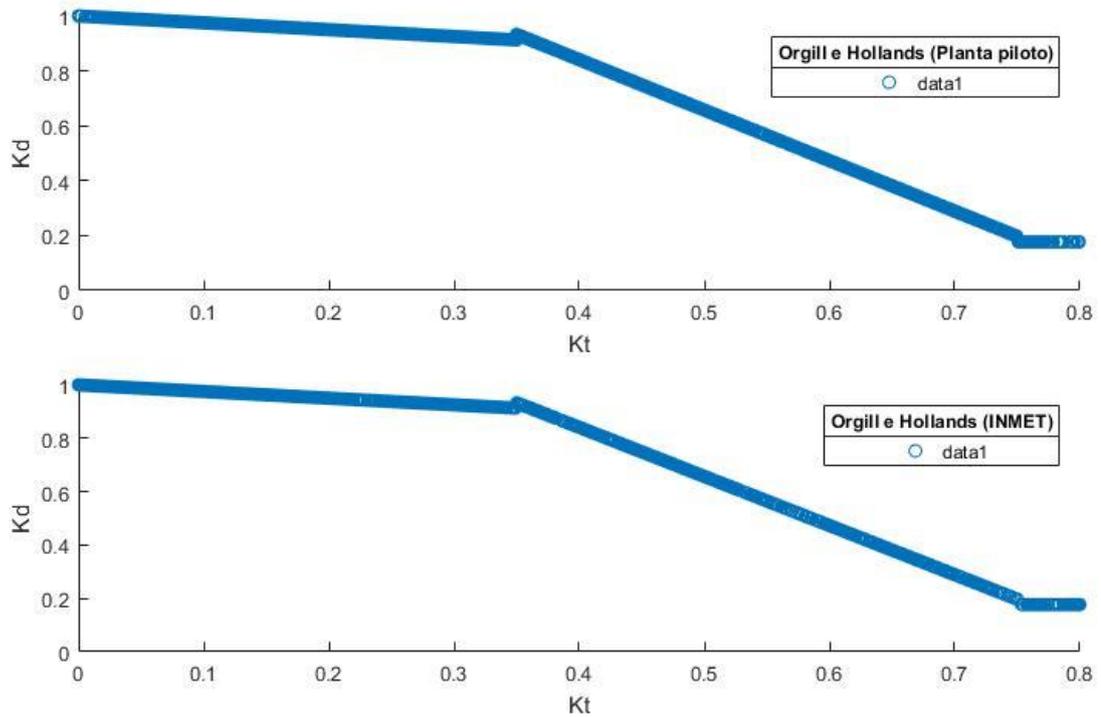


Figura3 – Relação entre os índices K_d e K_t horários a partir da relação de Orgill e Hollands

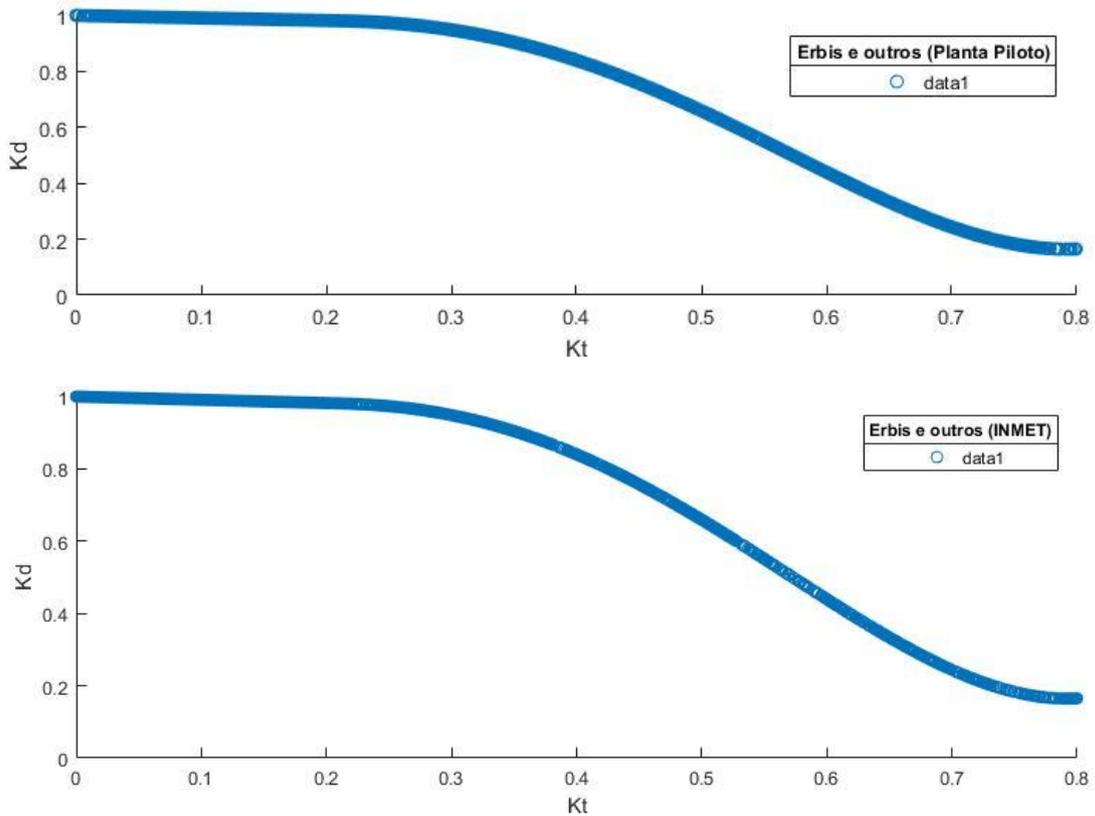


Figura 4 – Relação entre os índices K_d e K_t horários a partir da relação de Herbs e outros

Os dois métodos tiveram dados dentro do esperado, mostrando a correlação evidente entre as duas variáveis. De uma maneira geral quanto menor o valor do índice Kt, maior o valor do índice Kd. Para índices de Kts altos, maiores que 0,8 que apresentam um dia ensolarado, o índice Kd é muito próximo de zero. Foram obtidos valores acima de 0,8 isso acontece principalmente por efeitos de concentração. As Tabs. 1 e 2 apresentam as estimativas da irradiação difusa horária calculada a partir dos dois métodos.

Tabela 1 – Estimativa da irradiação difusa horária (Wh/m²).

Irradiação difusa horária	Planta Piloto				INMET			
	Orgill e Hollands	Erbs e outros	Desvio padrão	Variação percentual	Orgill e Hollands	Erbs e outros	Desvio padrão	Variação percentual
Máximo	482	487	3,62	1,05%	999,7	999,7	0	0%
Mínimo	0	0	0	0%	0	0	0	0%

Tabela 2 – Estimativa da irradiação direta horária (Wh/m²).

Irradiação direta horária	Planta Piloto				INMET			
	Orgill e Hollands	Erbs e outros	Desvio padrão	Variação percentual	Orgill e Hollands	Erbs e outros	Desvio padrão	Variação percentual
Máximo	939	953	9,68	1%	991,4	835	110,58	19%
Mínimo	0	0	0	0%	0	0	0	0%

Os valores mínimos são valores muito próximos de zero, representado dias ensolarados ou nublados. As Figs. 5 e 6 mostram a relação entre os índices Kt e Kd sobre as médias diárias mensais da irradiação. A maior variação percentual entre os métodos foi de 15,5% para a planta piloto e 15,64% para os dados do INMET.

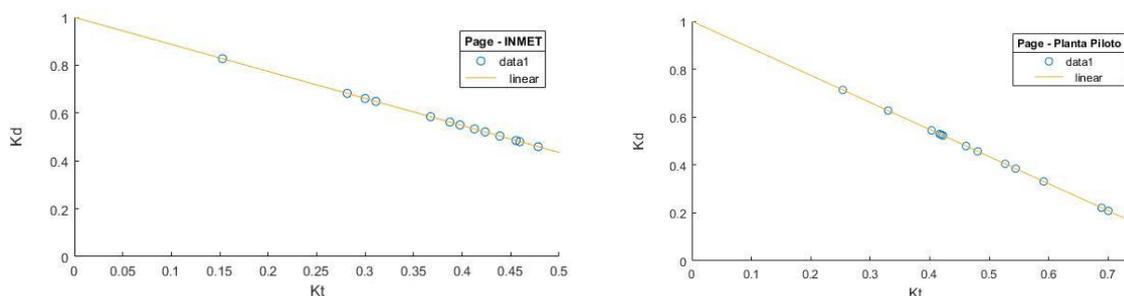


Figura 5 – Relação entre os índices Kd e Kt, em média diária mensal, determinados a partir do método de Page (1961).

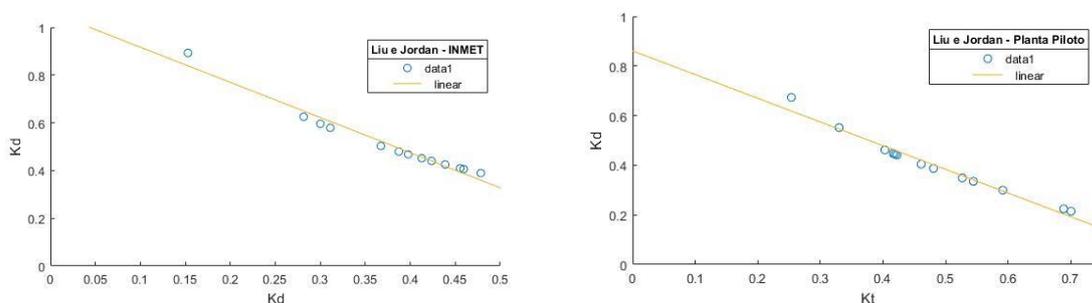


Figura 6 – Relação entre os índices Kt e Kd, em média diária mensal, determinados a partir do método de Liu e Jordan (1960).

A Tab. 3 apresenta estimativas de irradiação difusa em média diária mensal através dos dois métodos e para os dois conjuntos de dados. Os maiores valores de dispersão entre os métodos foi um desvio padrão de 0,42 para a planta piloto e 0,32 para o INMET.

Tabela 3 – Estimativa da irradiação difusa em média diária mensal (kWh/m²).

DIFUSA (%)								
Mês	Planta Piloto				INMET			
	Liu e Jordan	Page	Desvio Padrão	Variação Percentual	Liu e Jordan	Page	Desvio Padrão	Variação Percentual
Dez 2016	3,24	3,84	0,42	16%	2,44	2,89	0,32	15%
Jan	1,81	2,07	0,19	13%	2,38	2,81	0,31	16%
Fev	2,09	2,47	0,27	16%	2,59	3,02	0,30	14%
Mar	0,91	0,88	0,02	3%	1,91	2,25	0,24	15%
Abr	1,49	1,76	0,19	15%	1,92	2,15	0,16	11%
Mai	0,55	0,65	0,07	15%	0,69	0,80	0,08	15%
Jun	0,52	0,51	0,01	1%	0,98	1,17	0,13	16%
Jul	1,05	1,22	0,12	14%	1,88	2,05	0,12	8%
Ago	0,87	0,96	0,06	10%	1,19	1,41	0,16	16%
Set	3,25	3,44	0,14	6%	4,30	3,99	0,22	-8%
Out	2,42	2,86	0,31	15%	2,12	2,50	0,27	15%
Nov	2,51	2,96	0,32	15%	2,54	2,99	0,32	15%
Dez 2017	2,92	3,32	0,28	12%	3,42	3,79	0,26	10%
Média	1,82	2,07	0,18	12%	2,18	2,45	0,19	11%

Tabela 4 – Estimativa da irradiação direta em média diária mensal (kWh/m²).

DIRETA (%)								
Mês	Planta Piloto				INMET			
	Liu e Jordan	Page	Desvio Padrão	Variação Percentual	Liu e Jordan	Page	Desvio Padrão	Variação Percentual
Dez 2016	4,10	3,50	0,42	17%	3,57	3,13	0,32	14%
Jan	3,59	3,32	0,19	8%	3,02	2,58	0,31	17%
Fev	3,07	2,69	0,27	14%	2,56	2,14	0,30	20%
Mar	3,32	3,34	0,02	1%	2,31	1,97	0,24	18%
Abr	1,84	1,56	0,19	17%	1,40	1,17	0,16	20%
Mai	0,88	0,78	0,07	13%	0,75	0,63	0,08	19%
Jun	1,79	1,80	0,01	0%	1,33	1,15	0,13	16%
Jul	1,96	1,79	0,12	9%	1,13	0,96	0,12	18%
Ago	2,03	1,94	0,06	5%	1,71	1,49	0,16	15%
Set	1,57	1,38	0,14	14%	0,52	0,83	0,22	38%
Out	3,02	2,58	0,31	17%	3,32	2,94	0,27	13%
Nov	2,93	2,48	0,32	18%	2,89	2,44	0,32	18%
Dez 2017	2,37	1,97	0,28	20%	2,32	1,95	0,26	19%
Média	4,10	3,50	0,42	17%	2,06	1,80	0,19	15%

As dispersões entre os métodos são aceitáveis, pois os métodos possuem uma equipartição, local estudado e tipo de ajuste diferente e dependem de diversos parâmetros climáticos locais.

Para análise dos valores numéricos obtidos utilizou-se valores que foram medidos a partir do projeto SWERA, um projeto em parceria do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (LABSOLAR/UFSC) e apresentam dados de TMY (Typical Meteorological Year), dados meteorológicos de um ano típico.

A cidade escolhida para análise foi Florianópolis devido a sua posição geográfica e também por ser uma cidade litorânea como a cidade de Araranguá e por isso apresenta um comportamento de irradiação solar semelhante. A partir dos dados da irradiação global, direta e difusa, verificou-se qual o percentual de radiação difusa e direta para cada mês para os dados do projeto SWERA, para os métodos de Liu e Jordan e também pelo método de Page. Os resultados obtidos para a irradiação difusa são demonstrados na Tab. 5 e os obtidos para a irradiação direta na Tab. 6.

Tabela 5 – Percentuais da irradiação difusa.

		Difusa (%)								Desvio padrão geral
		Planta Piloto				INMET				
Mês	SWERA	Liu e Jordan	Desvio padrão	Page	Desvio padrão	Liu e Jordan	Desvio padrão	Page	Desvio padrão	
Jan	44%	34%	7	38%	4	44%	0	58%	10	0,09
Fev	49%	40%	6	48%	1	50%	1	53%	3	0,05
Mar	40%	21%	13	21%	14	45%	4	65%	18	0,18
Abr	38%	45%	5	53%	11	58%	14	56%	13	0,08
Mai	39%	39%	0	46%	5	48%	7	50%	8	0,05
Jun	41%	22%	13	22%	13	43%	1	68%	19	0,19
Jul	42%	35%	5	40%	1	63%	15	49%	5	0,11
Ago	44%	30%	10	33%	8	41%	2	83%	27	0,21
Set	48%	67%	14	71%	16	89%	29	46%	2	0,18
Out	50%	37%	9	53%	2	39%	8	55%	4	0,08
Nov	45%	46%	1	54%	7	47%	1	55%	7	0,05
Dez	45%	44%	1	52%	5	41%	3	48%	2	0,04
Média	44%	38%	4	44%	0	51%	5	57%	10	0,07

Tabela 6 – Percentuais da irradiação direta.

		Direta (%)								Desvio padrão geral
		Planta Piloto				INMET				
Mês	SWERA	Liu e Jordan	Desvio padrão	Page	Desvio padrão	Liu e Jordan	Desvio padrão	Page	Desvio padrão	
Jan	56%	66%	7	62%	4	56%	0	42%	10	0,09
Fev	51%	60%	6	52%	1	50%	1	47%	3	0,05
Mar	60%	79%	13	79%	14	55%	4	35%	18	0,18
Abr	62%	55%	5	47%	11	42%	14	44%	13	0,08
Mai	61%	61%	0	54%	5	52%	7	50%	8	0,05
Jun	59%	78%	13	78%	13	57%	1	32%	19	0,19
Jul	58%	65%	5	60%	1	37%	15	51%	5	0,11
Ago	56%	70%	10	67%	8	59%	2	17%	27	0,21
Set	52%	33%	14	29%	16	11%	29	54%	2	0,18
Out	50%	46%	3	47%	2	61%	8	45%	4	0,07
Nov	55%	54%	1	46%	7	53%	1	45%	7	0,05
Dez	55%	56%	1	48%	5	59%	3	52%	2	0,04
Média	56%	60%	3	56%	0	49%	5	43%	10	0,07

A partir do pressuposto que o comportamento da radiação solar em Araranguá/SC é similar ao comportamento da radiação solar em Florianópolis/SC, os métodos se mostraram bastante eficientes e com pouco ou nenhum desvio, porém analisando mensalmente, há alguns meses que possuem um desvio bastante significativo, deve-se levar em consideração que este é um estudo preliminar, que analisa um curto período de tempo e que os dados do projeto SWERA são uma estimativa de um ano típico, por isso a importância da continuação do estudo com uma maior base de dados. Apesar das flutuações entre os dados os dois métodos oferecem boas estimativas para estações onde essas frações não são devidamente mensuradas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma análise sobre os modelos de estimativas da irradiação difusa média diária mensal e de irradiação difusa horária. Os dados de irradiação utilizados no trabalho foram obtidos através da estação meteorológica do laboratório de pesquisa aplicada da Universidade Federal de Santa Catarina campus Araranguá no período de dezembro de 2016 até setembro de 2017. O dado apresentado pela estação é a irradiância e é armazenado a cada cinco minutos em W/m². Portanto foi realizada a integração horária dos dados para obtenção da irradiação horária e também a média diária mensal em Wh/m².

Os modelos escolhidos foram de Liu e Jordan (1960) e de Page (1961) para estimar a irradiação difusa diária média mensal através da relação entre a irradiação difusa e a medida em superfície horizontal e modelos para estimativa da irradiação difusa horária através dos métodos desenvolvidos por Orgill e Hollands (1977) e por Erbs e outros (1982) baseados no índice de transparência atmosférico (Kt). E o Kt foi obtido a partir dos dados de irradiação.

Os modelos apresentaram discrepâncias o que já era esperado devido a grande variabilidade da equipartição escolhida, local que foi analisado e também devido ao tipo de ajuste entre eles, porém apesar das discrepâncias entre os modelos, os mesmos apresentaram boas estimativas para calcular a fração difusa e direta em estações onde essa parcela não é medida.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

REFERÊNCIAS

- Dal pai, j. F. Escobedo. Modelo De Estimativa Da Radiação Solar Difusa Na Equipartição Instantânea. In: congresso brasileiro de meteorologia, 11,2000. Rio de Janeiro. Anais. pp.282-286.
- Brasil. Mauricio Tiomno Tolmasquim. EPE. Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2016.
- Caracterização Regional – Araranguá. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional,2003.
- IMMET – Instituto Nacional de meteorologia. Data Base. 2017.
- NREL. Swera Data Base. Disponível em:
<https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=0&bL=grid&cE=0&lR=0&mC=40.21244%2C-91.625976&zL=4=4>. Acesso em: outubro de 2017
- Erbs, D.G., Klein, S.A., Duffie, J.A. Estimation of the diffuse radiation fraction for hourly, daily and monthly-average global radiation. Solar Energy, v.28, pp.293-302, 1982.
- FIORIN, Daniel V. et al. Aplicações de redes neurais e previsões de disponibilidade de recursos energéticos solares. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1, pp.01-20, mar. 2011. FapUNIFESP.
- J.F. Orgill e K.G.T. Hollands, Correlation equation for hourly diffuse radiation on a horizontal surface. Solar Energy, Vol 19, pp.357-359, 1979.
- J.K. Page, The estimation of monthly mean values of the daily total short-wave radiation on vertical and inclined surfaces from sunshine records for latitudes 40°N-40°S. Proc. U.N. Conf. New Sources Energy, Paper no S98, Vol4, pp. 378-390, 1961.
- LEALEA, Théophile; TCHINDA, René. Estimation of Diffuse Solar Radiation in Area between 5°N and 10°N of Cameroon. Natural Resources, v. 04, n. 03, pp.279-285, 2013. Scientific Research Publishing.
- LIU, B.Y.H., JORDAN, R.C. The interrelationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. Solar Energy, v.4, pp.1-19, 1960.
- MACGNAN, H.M. Introdução à radiação solar. São Leopoldo, 2010.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES (MCTIC). Como atrair investimentos em energia heliotérmica, um guia para estados brasileiros. Brasília, 2017.

ESTIMATION OF BEAM AND DIFFUSE COMPONENTS OF SOLAR RADIATION ON HORIZONTAL SURFACE FOR ARARANGUÁ FROM WEATHER STATIONS

Abstract. *This paper presents an analysis of models to determine the diffuse fraction of global solar radiation on a horizontal surface for the city of Araranguá / SC. From the diffuse component, it is possible to estimate the beam component of solar radiation. Solar energy is a technical and economical alternative to ensure safety and diversification of the electrical system. The forecasting of solar radiation is a target to determine short-term electricity generation. The knowledge of the beam and diffuse fraction is necessary in several applications of solar energy, but only some meteorological stations have instruments to measure the beam and diffuse components of the solar radiation. In this context, the methods for determining the components of solar radiation from global solar radiation are important. Several methods are proposed in the scientific literature to estimate the beam and diffuse components. In this paper are analyzed the models proposed by Liu and Jordan (1960) and by Page (1961) to estimate the monthly average daily diffuse radiation and are also analyzed the models developed by Orgill and Hollands (1977) and by Erbs et al. (1982) to estimate the diffuse solar radiation. The methods for determining the direct and diffuse components of solar radiation present good results.*

Key words: Solar Energy, Solar Radiation, Clearness Index.