

EQUAÇÕES DE ESTIMATIVA HORÁRIA E DIÁRIA PARA AS RADIAÇÕES UV, PAR E IV EM FUNÇÃO DA RADIAÇÃO GLOBAL

João F. Escobedo¹, Alexandre Dal Pai¹, Amauri P. Oliveira², Jacyra Soares², Eduardo N. Gomes¹

ABSTRACT – The objective of this work was to propose equations to estimate UV, PAR and IV irradiances as function of the global solar irradiation in the hourly and daily partitions. The angular coefficients for the equations in the daily and hourly partitions were almost the same and they quantified the fractions of the spectrum as being $K_{UV}=4.2\%$, $K_{PAR}=49.2\%$ and $K_{IV}=46.5\%$. The determination coefficients showed high correlations among UV, PAR and IV to the global solar radiation. The MBE, RMSE, 'd' and 'c' statistical indicators showed positive results in the validations.

INTRODUÇÃO

A radiação UV vem sendo utilizada para provocar a decomposição de contaminantes industriais, fotodegradação de plásticos, e na saúde pública em problemas de formação de cataratas e câncer de pele. A PAR é essencial nos processos fotossintéticos, que são fundamentais nos estudos de fisiologia vegetal, caracterização e morfologia de plantas, documentação de variações temporais de plantas e rendimento e produtividade de culturas. A radiação IV é a menos estudada, apesar da sua importância na interação com o vapor d'água na atmosfera. Na área biológica, o efeito da radiação IV nas plantas guarda importância tendo em vista que interfere no alongamento, floração, coloração dos frutos, e germinação das sementes.

O desenvolvimento de equações de estimativa para as radiações UV, PAR e IV em função da radiação solar global é de grande importância, pois podem ser utilizadas em outros locais de características climáticas similares. Esta técnica vem sendo empregada em muitos países, e tem como vantagem não necessitarem de radiômetros solares caros e de difícil aquisição, além do que, a radiação global é medida de rotina em uma rede meteorológica bastante significativa no Brasil.

Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e validar equações de estimativa para as radiações UV, PAR e IV, em função da radiação solar global, nas partições horária e diária, a partir de um banco de dados de quatro anos.

MATERIAL E MÉTODOS

A Estação de Radiometria Solar de Botucatu (latitude 22,85°S, longitude 48,45°O e altitude 786m) monitora rotineiramente desde 2000 as radiações UV, PAR e IV, e a GLOBAL desde 1996. A irradiância GLOBAL (I_G) foi monitorada por um piranômetro Eppley PSP, a UV (I_{UV}) por um radiômetro CUV-3 da Kipp-Zonen e IV (I_{IV}) através de um piranômetro PSP da Eppley com cúpula seletiva de transmissão na faixa espectral de 700 a 3000 μ m. A irradiância IV é multiplicada por um fator de 0,92 para corrigir o efeito da transmissão da cúpula no fator de calibração do piranômetro. A irradiância PAR (I_{PAR}) é gerada por meio da diferença entre as irradiâncias GLOBAL (I_G) e a soma das irradiâncias UV (I_{UV}) e IV (I_{IV}) na mesma frequência de aquisição das irradiâncias I_G , I_{UV} , I_{IV} . Na

aquisição dos dados é utilizado um Datalogger da Campbell CR23X operando na frequência de 1 Hz e armazenando médias de 300 leituras. A base de dados utilizadas na geração dos modelos compreende os anos de 2001 a 2003.

A validação das equações de estimativa horária e diária foi efetuada e analisada por meio dos indicadores estatísticos MBE, RMSE, "d" de Willmott (1981), e intervalo de confiança (c) de Camargo & Sentelhas (1997), com os dados do ano de 2004.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 1 e 2 mostram a relação entre as irradiações UV, PAR e IV em função da irradiação global nas partições horária e diária. As equações de estimativa obtidas por meio de regressão linear com seus respectivos coeficientes de determinação estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

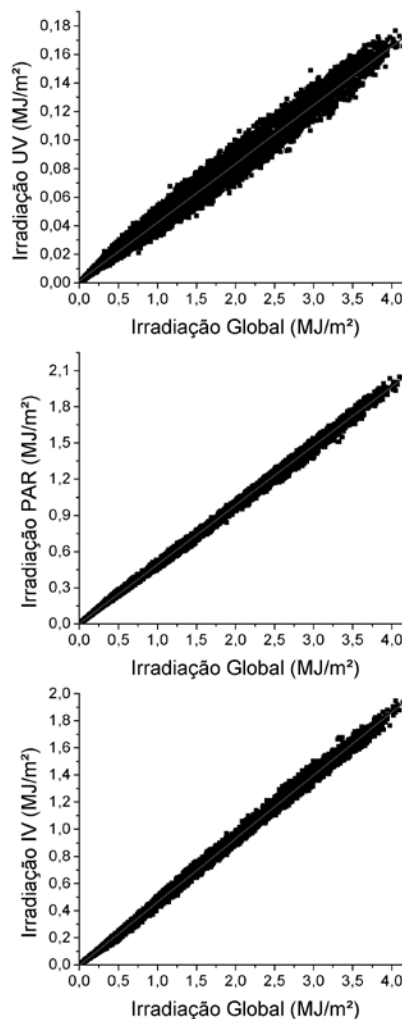


Figura 1. Equações de estimativa horária para as irradiações UV, PAR e IV.

¹ Depto. De Recursos Ambientais (Setor Ambientais), FCA, Univ. Estadual Paulista, Botucatu, Fazenda Experimental Lageado, CP 237, 18603-970, Botucatu, SP, Brazil. (escobedo@fca.unesp.br; dalpai@fca.unesp.br; engomes@fca.unesp.br)

² Depto de Ciências Atmosféricas – IAG/USP. (E-mail apdolive@usp.br; jacyra@usp.br)

Tabela 1. Equações de estimativa horária

Irradiações	Equação	R ²
UV	$H_{UV}^h = 0,042H_g^h$	0,9825
PAR	$H_{PAR}^h = 0,492H_g^h$	0,9980
IV	$H_{IV}^h = 0,465H_g^h$	0,9974

Os coeficientes de determinação elevados mostram que as três irradiações horárias UV, PAR e IV estão bem correlacionadas com a irradiação global. O ajuste foi melhor na ordem decrescente para PAR, IV, UV. Os coeficientes angulares das equações de estimativa do quadro quantificam as parcelas das três irradiações do espectro solar em Botucatu, que representam percentualmente: UV=4,2%; PAR=49,2% e IV=46,5%.

Tabela 2. Equações de estimativa diária

Irradiações	Equação	R ²
UV	$H_{UV}^d = 0,041H_g^d$	0,9578
PAR	$H_{PAR}^d = 0,491H_g^d$	0,9956
IV	$H_{IV}^d = 0,468H_g^d$	0,9936

Os resultados da irradiação horária UV são comparáveis com os valores obtidos por Tena et al., (1995) para Valência e por Pedrós et al., (2000) em Córdoba, ambas na Espanha, e superior aos obtidos por Koghaly & Al-Bar (1992) para Makkah, na Arábia Saudita. Para a irradiação PAR horária o resultado de 49,2%, está em concordância com os obtidos por Papaioannou et al. (1993) em Atenas na Grécia.

Os elevados coeficientes de determinação mostram que as irradiações UV, PAR e IV também estão bem correlacionadas com a irradiação global na partição diária. Para as três irradiações os coeficientes de determinação obtidos são inferiores aos resultados da partição horária. As frações, foram praticamente iguais: $K_{UV}=4,10\%$, $K_{PAR}=49,10\%$ e $K_{IV}=46,8\%$.

Os Quadros 3 e 4 mostram os indicativos estatísticos MBE, RMSE e d de Willmott, obtidos na comparação entre as irradiações medidas e as estimadas pelos modelos horários e diários.

Tabela 3. Validação das equações horárias.

Irradiações	MBE	RMSE	d	c
UV	-1,34	9,9	0,9942	0,98
PAR	-1,55	6,73	0,9978	0,99
IV	1,25	7,86	0,9970	0,99

Tabela 4. Validação das equações diárias.

Irradiações	MBE	RMSE	d	c
UV	-0,95	8,21	0,9874	0,95
PAR	-0,30	2,77	0,9986	0,97
IV	0,38	3,53	0,9978	0,86

Os valores de MBE abaixo de 2% foram considerados bons estatisticamente, sendo que para as irradiações UV e PAR os modelos subestimam as medidas, enquanto superestima para a irradiação IV. Os níveis de espalhamento, dados pelo RMSE foram melhores para as radiações PAR, IV, e UV, sendo mais significativos para a partição diária. Os coeficientes de confiança obtidos acima de 0,85, confirmam o bom desempenho dos modelos.

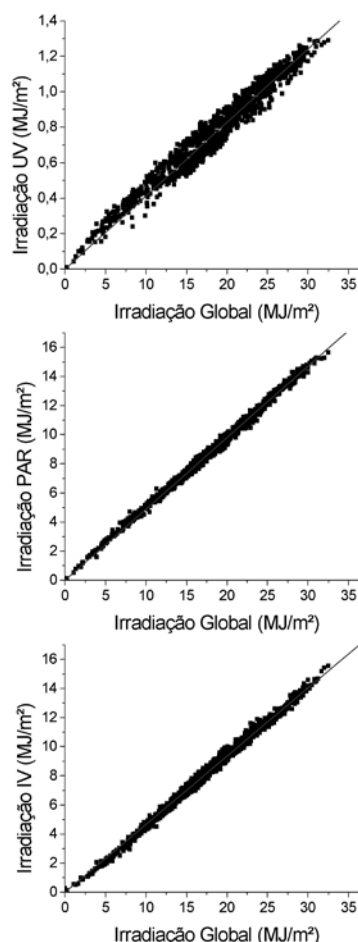


Figura 2. Equações de estimativa diárias para as irradiações UV, PAR e IV.

REFERÊNCIAS

- Camargo, A. P., Sentelhas, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas a evapotranspiração potencial de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, RS, v. 5, n.1, p. 89-97, 1997.
- Elhadidy, M.A., Adbel-Nabi and Kruss, P. D. Ultraviolet solar radiation at Dhahram, Saudi Arabia. *Solar Energy*, v. 44, p. 315-19.
- Pedrós, G., Martinez, M. P., Lopez, A. Modelización de la dependência entre la radiation ultravioleta horária y la radiación total horária para Córdoba. Espanha. Congresso Ibérico de Energia Solar, 9. Córdoba, 27 a 29 de março de 2000.
- Papaioannou, G. Papanikolaou, N. and Retalis, D. Relationships of photosynthetically active radiation and shortwave irradiance. *Theor. Appl. Climatol.* V. 48, p. 23-27, 1993.
- Tena, F. J. A. Martinez-Lozano, M. P. Utrillas. Análises Comparativa entre Irradiación ultravioleta y global medidas em Valencia. XXV Reunión Bienal de Física. Santiago de Compostela, 1995.
- Willmott, C.J. On the validation of models. *Physic Geogr.* v.2, p.184-94, 1981.

Agradecimento: FAPESP e CNPq.