



Avaliação do Método Empírico de Radiação Solar Global de Hargreaves para o Município de Palmeiras de Goiás

João Gabriel da Silva^{*1}(IC). Leticia Custódio de Oliveira¹(IC). Bruno Mikael dos Santos Mariano¹(IC). Diego Simões Fernandes¹(PQ)
***joaogabrie96@gmail.com**

Universidade Estadual de Goiás -CâmpusPalmeiras de Goiás: Rua S7, s/n, Setor Sul, Palmeiras de Goiás-GO,

Resumo: A energia proveniente do Sol é a componente mais importante no desenvolvimento dos processos físicos que influenciam as condições de tempo e clima na Terra. A radiação é um dos dados indispensável dentro de vários que se tem na agrometeorologia, e é bastante usado para à estimativa da evapotranspiração. Ainda é responsável pelo aquecimento do solo e do ar. O objetivo deste trabalho foi verificar o modelo empírico de Hargreaves para estimativa de radiação solar global, associada a observações de temperatura máxima e mínima para o município de Palmeiras de Goiás-GO, comparando com dados de radiação solar global observado em estação meteorológica, apresentando um desempenho de 70% de confiabilidade em escala mensal sendo indicado o método empírico para se utilizar com medias simples de series de dados.

Palavras-chave: Método Empírico. Radiação. Hargreaves. Goiás.

Introdução

A radiação solar é a principal fonte de energia responsável pelos processos físicos e biológicos que acontecem na Terra, sendo elemento primordial para o processo de fotossíntese e, conseqüentemente, pela vida de todos os seres vivos no planeta. Além disso, influencia outros processos ecológicos e ambientais relacionados à temperatura do ar e do solo, afetando a transferência de calor por meio da evaporação e transpiração (SPOKAS e FORCELLA, 2006).

Na literatura científica existem diversos métodos empíricos de estimativa de radiação global para regiões desprovidas de estações meteorológicas que não tem o equipamento de coleta de radiação solar. Esses métodos têm como objetivo facilitar e ter um método empírico conhecido e avaliado para estimar a radiação solar global, que é um fator de suma importância agrometeorológica.



Essa variável pode ser medida por vários tipos de instrumentos: o pireliômetro, o piranômetro e o actinógrafo, sendo que não são todas as estações que tem um equipamento para leitura, e as estações que tem sofrem bastante devido ao alto custo de manter devido exigir pessoas qualificadas para se fazer as manutenções e ajustes. Com isso tem-se utilizado métodos empíricos para estimar radiação solar (MARTINAZZO, 2004).

O estado de Goiás se destaca por sua vocação agrícola, principalmente na produção brasileira de soja e milho primeira safra. Para a sustentabilidade desse sistema agrícola, devido a variabilidade e possíveis mudanças climáticas, há um grande interesse nas interações entre clima e genótipos.

Além da radiação solar ser um dos principais fatores climáticos que interferem de forma significativa na produção agrícola, sua quantidade recebida pelas plantas irá encadear processos fundamentais para a elaboração de assimilados resultantes da fotossíntese (TEI et al., 1996). Também, é de grande importância para o ciclo hidrológico, pois é a fonte fundamental de energia do ciclo na biosfera exercendo influência nas possibilidades agrícolas de cada região por meio das características de distribuição das chuvas, que por sua vez está sujeita, nas zonas tropicais, do movimento do sol e da distribuição da radiação (TUNDISI, 2003).

Na ausência de observações diretas de radiação solar global, existem alternativas para estimar a radiação diária: por meio de imagens de satélite (PINKER et al., 1995, CEBALLOS, 2000), geração estocástica (HANSEN, 1999) e modelos empíricos (LIU e SCOTT, 2001 e MAHMOOD). Devido à complexidade de estimar a radiação solar por meio de imagens de satélites e a não disponibilidade de séries históricas diárias de radiação solar para a aplicação de modelos estocásticos, esse estudo visa utilizar o modelo empírico de estimativa de radiação solar global de Hargreaves (HG, Hargreaves et al. 1985), que é um método associado à observações de temperatura máxima e mínima para o município de Palmeiras de Goiás-GO.

Material e Métodos

REALIZAÇÃO

PRG
Pró-Reitoria de
Graduação

PRP
Pró-Reitoria de
Pesquisa e
Pós-Graduação

PRE
Pró-Reitoria de
Extensão, Cultura e
Assuntos Estudantis



Universidade
Estadual de Goiás



Os dados meteorológicos observados de radiação solar global e temperatura do ar utilizados no presente trabalho foram coletados da estação meteorológica de Palmeiras de Goiás-GO, do período de 2013 a 2017, sendo que, quando necessário, foi feito o preenchimento de falha nos dados. O método de preenchimento, tanto para radiação solar como para a temperatura, baseou-se no preenchido por média dos últimos 5 dias existentes na planilha. A estação meteorológica está localizada no sítio da UEG – Câmpus Palmeiras de Goiás, e é operada em parceria com o Instituto Estadual de Meteorologia e Tecnologias Sociais de Goiás (IEMETES).

Nesse trabalho, a radiação solar global diária foi obtida como o produto da transmissividade da radiação solar atmosférica e da radiação potencial (extraterrestre). A radiação potencial (R_a) foi expressa quantitativamente em função da latitude e dia do ano. A transmissividade em céu claro foi fixado em 0,75 conforme sugerido por Weiss et al. (2001) e Fletcher e Moot (2007). A equação (1) ilustra o modelo HG utilizado para estimar a radiação solar global diária em Palmeiras de Goiás no período de 2013 a 2017. Os fatores de ajuste foram fixados da seguinte maneira: $b = 0,17$ e $c = -4,03$.

$$Rad_{HG} = b R_a \sqrt{T_{max} - T_{min}} + c \quad (1)$$

Os valores de b e c que foram utilizados na equação foram calibrados por um trabalho aceito para publicação e que foi realizado pelo Laboratório de Agrometeorologia e Análises Climáticas da Universidade Estadual de Goiás - (LAAC-UEG) em parceria com a Embrapa – Arroz e Feijão e o Instituto Estadual de Meteorologia e Tecnologias Sociais para diferentes localidades do estado de Goiás.

As análises realizadas se basearam em análise da série temporal mensal, correlação das estimativas do método empírico com o observado em escala diária e mensal e estudo do histograma dos valores estimados com os observados de radiação solar global.

Resultados e Discussão

REALIZAÇÃO

PRG
Pró-Reitoria de
Graduação

PRP
Pró-Reitoria de
Pesquisa e
Pós-Graduação

PRE
Pró-Reitoria de
Extensão, Cultura e
Assuntos Estudantis

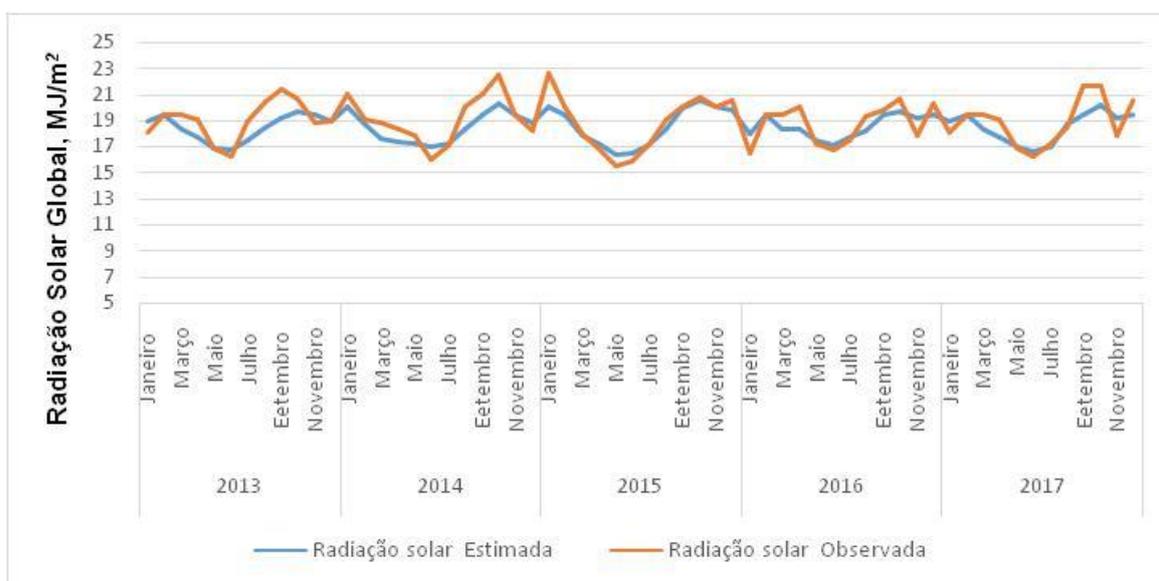


Universidade
Estadual de Goiás



O modelo de Hargreaves destaca por estimar a radiação solar global de maneira simples, relacionando a amplitude térmica diária (Temperatura Máx. e Temperatura Mín.) (TRNKA et al., 2005). A Figura 1 ilustra a série temporal mensal da radiação solar global estimada e observada. Como se pode observar, a radiação estimada tende a acompanhar os valores da radiação observada, acompanhando as variações mensais da radiação solar observada. Como se observa, o método de Hargreaves não demonstra grandes variações de radiação, concentrando seus valores basicamente entre 17 a 20 MJ/m², enquanto o observado extrapola esses valores.

Figura 1 - Série temporal mensal de Radiação Solar Global estimada pelo método de Hargreaves e Radiação Solar Global observada na estação meteorológica.



A correlação entre a radiação solar global estimada pelo método de Hargreaves e observada na estação meteorológica pode ser observada nas Figuras 2 e 3. Como se pode observar na estimativa diária da radiação, Figura 2, os dados se correlacionam em apenas 39% das ocorrências. Isso mostra que esse método para utilização diária não é favorável e ainda necessita de uma maior calibração para a localidade estudada. Quando se analisa em escala mensal os dados de radiação solar global, se observa uma correlação de aproximadamente 70%, indicando que esse método, para estudos que necessitem de dados de radiação solar global mensal, pode ser



indicado. Para os dados mensais se utilizou tanto para os dados estimados como para os dados observados a media simples dos dados diários.

Figura 2 - Dispersão da radiação solar global diária estimada pelo método de Hargreaves observada na estação meteorológica de Palmeiras de Goiás, Goiás.

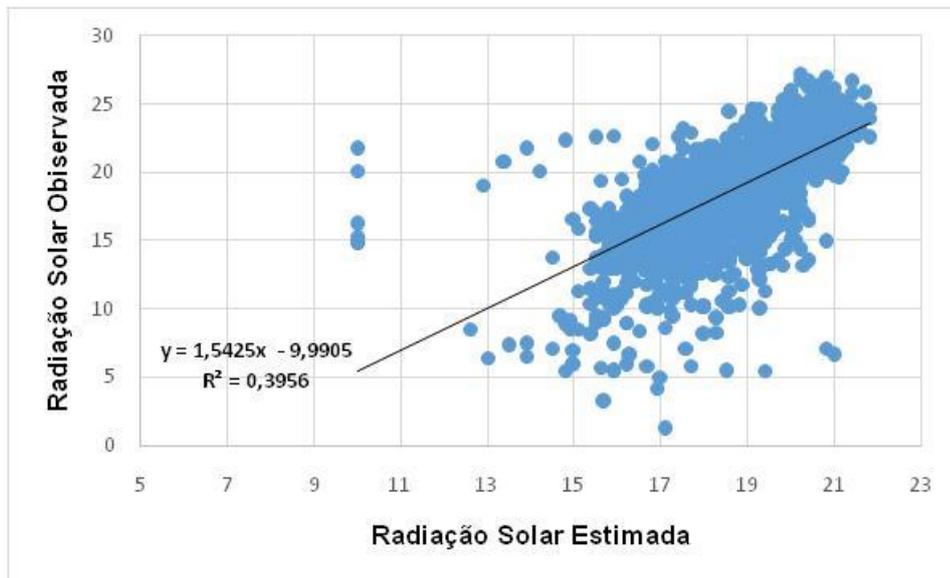
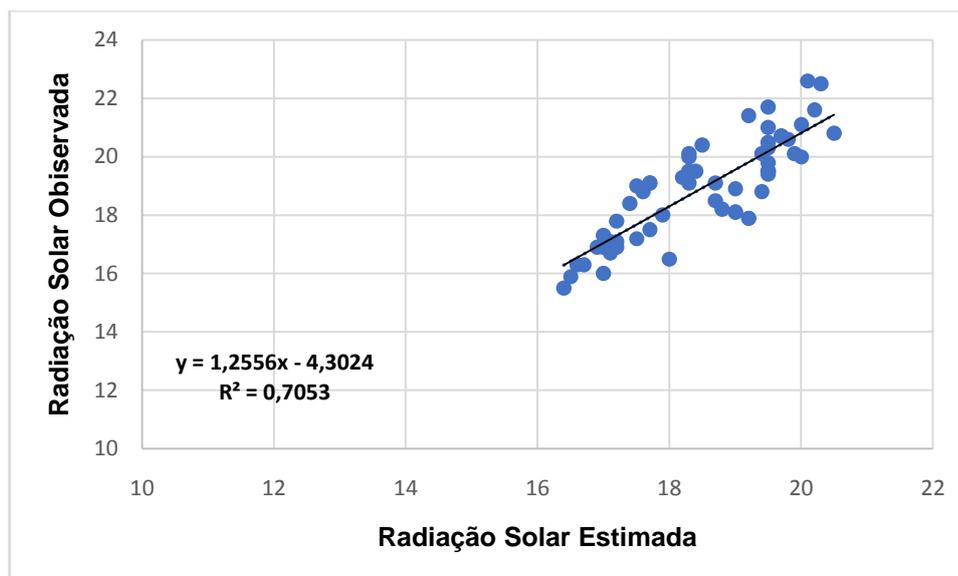


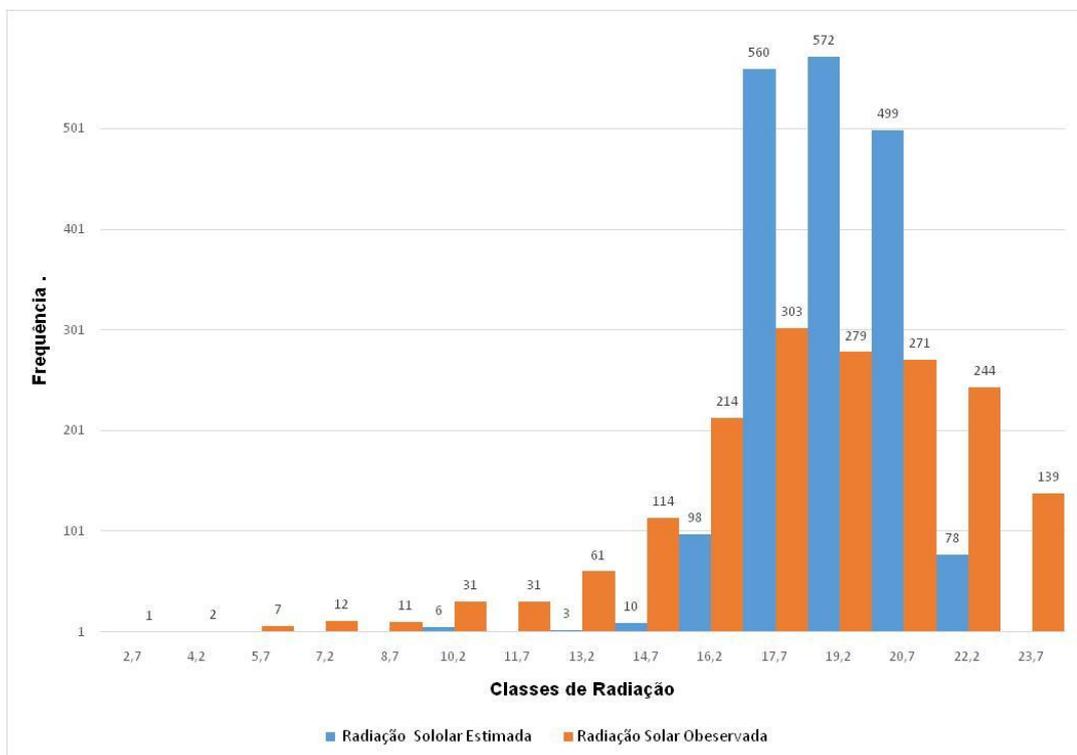
Figura 3 - Dispersão da radiação solar global mensal estimada pelo método de Hargreaves observada na estação meteorológica de Palmeiras de Goiás, Goiás.





Com o intuito de observar em que valores o método de Hargreaves costuma subestimar ou superestimar os valores de radiação verificou-se por meio de histograma a frequência dos valores, conforme ilustra a Figura 4. Observou-se que as classes de 16,2; 17,7; 19,2; 20,7 e 22,2 MJ/m² foram as que tiveram maior frequência de ocorrência tanto para o observado quanto para o estimado, porém o método estimado superestimou em quase 50% as ocorrências nessa faixa de valores de radiação.

Figura 4 - Histograma de frequência de radiação solar global diária observada e estimada pelo método de Hargreaves para Palmeiras de Goiás, Goiás.



Considerações Finais

Na ausência de dados medidos de radiação solar global em estações meteorológicas, estimativas podem ser feitas a partir dos dados da temperatura máxima e mínima do ar, usando-se modelos empíricos de estimativa.



A pequena diferença entre o modelo avaliado e a proximidade com a série de dados observados na estação meteorológica de Palmeiras de Goiás em escala mensal, indica que o modelo Hargreaves pode ser empregado, pois como pode ser observada a correlação para esta escala foi de 70%. Dado à simplicidade e à significância, o modelo de Hargreaves em escala diária, pode ser melhor empregado se houver uma calibração dos fatores b e c para região de Palmeiras de Goiás-GO.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Estadual de Meteorologia e Tecnologias Sociais de Goiás (IEMETES) pelas manutenções periódicas na estação meteorológica automática de Palmeiras de Goiás, o qual permitiu a realização desse trabalho.

Referências

CEBALLOS, J.C. Estimativa de radiação solar à superfície com céu claro: um modelo simplificado. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.15, p.113-122, 2000.

FLETCHER, A.L.; MOOT, D.J. Estimating daily solar radiation in New Zealand using air temperatures. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v.35, p.147-157, 2007.

HANSEN, J.W. Stochastic daily solar irradiance for biological modeling applications. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.94, p.53-63, 1999.

HARGREAVES, G.L.; HARGREAVES, G.H.; RILEY, J.P. Irrigation water requirement for Senegal River Basin. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.111, p.265-275, 1985

LIU, D.L.; SCOTT, B.J. Estimation of solar radiation in Australia from rainfall and temperature observations. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.106, p.41-59, 2001.

MAHMOOD, R.; HUBBARD, K.G. Effect of time of temperature observation and estimation of daily solar radiation for the Northern Great Plains, USA. **Agronomy Journal**, v.94, p.723-733, 2002.

MARTINAZZO, Claudomir Antonio. **Modelos de Estimativa de Radiação Solar para Elaboração de Mapas Solarimétricos**. 2004. 185 f. Dissertação (Mestrado) - Curso



de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

PINKER, R.T.; FROUIN, R.; LI, Z.A review of satellite methods to derive surface shortwave irradiance. *Remote Sensing of Environment*, v.51, p.108-124, 1995.

SPOKAS, K.; FORCELLA, F. Estimating hourly incoming solar radiation from limited meteorological data. *Weed Science*, v.54, n.1, p.182-189, 2006.

TEI, F.; SCAIFE, A.; AIKMAN, D.P. Growth of lettuce, onion, and red beet. 1. growth analysis, light interception, and radiation use efficiency. *Annals of Botany*, v.78, p.633-643, 1996.

TRNKA, M.; ZALUD, Z.; EITZINGER, J.; DUBROVSKY, M. Global solar radiation in central European lowlands estimated by various empirical formulae. ***Agricultural and Forest Meteorology***, v.131, n.1-2, p.54-76, 2005.

TUNDISI, J.G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. ***Ciência e Cultura***, v. 55, p.31-33, 2003.

WEISS, A. HAYS, C.J. Simulation of daily solar irradiance. ***Agricultural and Forest meteorology***, v.123, p.187-199, 2004.