

SOFTWARE PARA CÁLCULO DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL DIÁRIA, COM BASE NO MODELO DE ÅNGSTRÖM-PRESCOTT(1924).

Enzo Dal Pai¹, Daniel Gonçalves Gomes Jr.², Cauai Rodrigues Capozzoli³, Thaynara Paula Santos Medeiros³, João Batista Domingues⁴, Adamya Shukla⁵

¹Prof. Depto. Engenharia Rural, FCA-UNESP-BOTUCATU

²Doutorando programa de Irrigação e drenagem – FCA – UNESP- BOTUCATU

³Aluno graduação Engenharia Agrônômica – FCA-UNESP-BOTUCATU

⁴Aluno graduação Engenharia Elétrica – UNIBR-BOTUCATU

⁵Aluno Engenharia Elétrica – Karunya Institute of Technology and Sciences from India.

RESUMO

O conhecimento da radiação solar global é de grande importância. Áreas como a Engenharia civil e a Engenharia agrônômica necessitam constantemente de valores energéticos da radiação solar global, para correto dimensionamento de obras e projetos de irrigação (demanda de água pelas plantas). Como a medida da radiação solar é de elevado custo, sobram os modelos de estimativa para sua obtenção. Esses modelos usam parâmetros locais (regionais), coeficientes que foram previamente estudados, mas sua validade é restrita à sua localidade de origem. O número de trabalhos sobre coeficientes locais é extremamente elevado, o que eventualmente ocasiona certa dificuldade de se fazer seu correto levantamento e utilização. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um software em Java capaz de, resgatando um robusto banco de dados de coeficientes climáticos locais já publicados, estimar o valor diário da radiação solar global, com base na metodologia proposta por Ångström-Prescott(1924), para qualquer condição de cobertura de céu.

Palavras-chave: Irrigação, fluxos energéticos, radiação solar, Equação de Angstrom, Java.

ABSTRACT

GLOBAL SOLAR RADIATION SOFTWARE BASED ON ÅNGSTRÖM-PRESCOTT'S MODEL (1924).

The knowledge of global solar radiation is of great importance. Areas such as civil engineering and agronomic engineering constantly require energy values from global solar radiation, for correct building and irrigation projects (plant water requirement). As the measurement of the solar radiation is of high cost, uses of estimation models are left for it to be obtained. These models use local (regional) parameters coefficients that were previously studied, but their validity is restricted to their locality of origin. Many works have been done on local coefficients, which eventually, cause a certain difficulty in making its correct usage. The objective of this work was to develop Java based programming software capable of estimating the daily value of global solar radiation, based on the methodology proposed by Ångström-Prescott(1924), for any condition of sky cover.

Keywords: Irrigation, energy flux, global solar radiation, Ångström-Prescott's Model, Java.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento da radiação solar é de vital importância. A radiação solar é uma fonte de energia vital para o planeta Terra e a variação em sua magnitude pode explicar inúmeros fenômenos. A própria expressão do clima advém de diferentes exposições ao Sol em diferentes regiões do planeta. (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Na Engenharia agrônoma, a magnitude da radiação solar oferece uma informação extremamente importante. A magnitude energética solar também representa o valor energético máximo disponível para evaporação da água. Quanto maior a radiação solar, maior será a energia no ambiente e, conseqüentemente maior será a demanda de água das plantas. No correto manejo de sistemas de irrigação, a radiação solar global é variável de entrada no cálculo da lâmina a ser irrigada (ALLEN et al, 2008).

A Equação de Ångström-Prescott(1924) representa uma metodologia muito difundida mundialmente de se obter valores da radiação solar global. Sua utilização já quase completa cem anos. É um modelo simples e eficaz: associa radiação solar global com diferentes coberturas de céu (céus abertos, completamente sem nuvens, até céus com elevada quantidade de nebulosidade). Além da cobertura de céu, também usa a fração radiação solar global (R_g) /radiação solar no topo da atmosfera (R_o), e a fração número de horas de brilho solar(n)/fotoperíodo(N). Ao se realizar essas divisões, a dependência astronômica (posição astronômica do Sol) da equação é eliminada. Os parâmetros mais importantes da Equação de Ångström-Prescott(1924) são os parâmetros a e b (MARTINEZ-LOZANO et al, 1984).

Os parâmetros “ a ” e “ b ” representam exclusivamente as condições atmosféricas locais. O termo “ a ” representa a transmissividade mínima atmosférica, sendo intrinsecamente associada a dias de elevada nebulosidade. O termo “ b ” da equação está associado à razão n/N (razão de insolação, divisão do número de horas de brilho solar medido com o uso de um heliógrafo, pelo fotoperíodo calculado). A soma de “ a ” e “ b ” representam a transmissividade máxima atmosférica local (da SILVA et al, 2017).

Por ser um modelo antigo, de quase 100 anos, e ter aplicabilidade mundial com ajuste de parâmetros, a “problemática” é o grande número de modelos já publicados. Toda localidade que já mediu a radiação solar global (mesmo que por pouco tempo) já

deve ter seus coeficientes a e b publicados. Pela idade da modelagem (e suas respectivas publicações), às vezes se torna uma tarefa difícil se fazer o correto levantamento desses parâmetros “ a ” e “ b ”. A escolha de parâmetros “ a ” e “ b ” incorretos acarretarão no incorreto uso da equação de Ångström-Prescott(1924). O objetivo deste trabalho foi desenvolver um software capaz de, resgatando um robusto banco de dados de coeficientes climáticos locais já publicados, estimar o valor diário da radiação solar global, com base na metodologia proposta por Ångström-Prescott(1924), para qualquer condição de cobertura de céu.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia para cálculo da radiação solar global utilizada foi a metodologia proposta por Ångström-Prescott (1924). Essa metodologia apresenta a seguinte equação:

$$R_g = R_o \left[a + b * \left(\frac{n}{N} \right) \right] \quad Eq. (1)$$

Onde: R_g → Radiação solar global, em MJ/m² dia;

R_o → Radiação solar que atinge o topo da atmosfera, em MJ/m²dia;

a → coeficiente a da equação de Angstrom;

b → coeficiente b da equação de Angstrom;

n → número de horas de brilho solar(horas), medido por um heliógrafo.

N → fotoperíodo calculado.

A radiação solar R_o e o fotoperíodo N são calculados com base na latitude e no dia do ano em questão. A marcha de cálculo desses dois valores pode ser encontrada com maior detalhes no livro de Iqbal (1983).

Existem formas derivadas da Equação de Ångström-Prescott(1924). Uma delas consiste na ideia da dependência dos parâmetros “ a ” e “ b ” de sua localidade no planeta. Assim, adota-se um valor “ b ” médio mundial de 0,52 e calcula-se o valor de “ a ” com a equação, segundo Martinez-Lozano (1984):

$$a = 0,26 * \cos(\emptyset) \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde $a \rightarrow$ coeficiente a da equação de Angstrom;

$\emptyset \rightarrow$ latitude.

O software foi desenvolvido em linguagem Java, utilizando-se a plataforma NetBeans IDE versão 8.2. O algoritmo do software pede como entrada a data do ano, em dia e mês ou como dia corrido do ano (calendário Juliano, dia 1 a 365), e a localidade (latitude de interesse, por exemplo, quando se quer trabalhar com dados precisos de uma localidade de interesse, principalmente para propriedades rurais). Com essas informações o software calcula a R_0 e o fotoperíodo, busca os valores de a e b em seu banco de dados (ou os calcula com o uso da Eq. 2) e realiza o cálculo da radiação solar global, para um intervalo contínuo de faixas de nebulosidade do céu, partindo de um céu extremamente “limpo”, ou seja, sem nuvens, até um céu completamente nublado. Como o resultado é apresentado em um intervalo contínuo (todas as faixas de cobertura de céu), não é necessário o uso do Heliógrafo para obtenção do valor do número de horas de brilho solar. Como mesmas datas em anos diferentes tem mesmos valores astronômicos, a mudança se dará pelas condições climáticas locais instantâneas, principalmente pela cobertura do céu.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 apresenta a janela do software, com uma data qualquer, e o formato da apresentação dos resultados (já calculados):

Figura 1. Tela do Software para cálculo da radiação solar

Calculadora Solar de Angstrom
Software para cálculo da Radiação Solar Global com base na Equação de Angstrom

Declinação Solar: 0,605 °
Fotoperíodo: 11,966 horas
Hora Nascer: 6,017
Hora por: 17,983
Topo Atmosfera: 34,387 MJ/m² dia

Localidade: Botucatu-SP
Latitude = -22,884

Equação de Angstrom (1924)
 $Q_g = Q_0 * (a + b * (n/N))$
a = 0,22
b = 0,51

1) Insira uma data do ano:
☒ Data (dia e mês) ☐ Dia do Ano (1 a 365)
Dia: 18 Mes (1-12): 9 Dia do Ano: 261

2) Escolha uma localidade
☒ Escolha a Localidade: Botucatu-SP
ou
☐ Digite a Latitude Local: _____

3) Aperte o botão "Calcular"

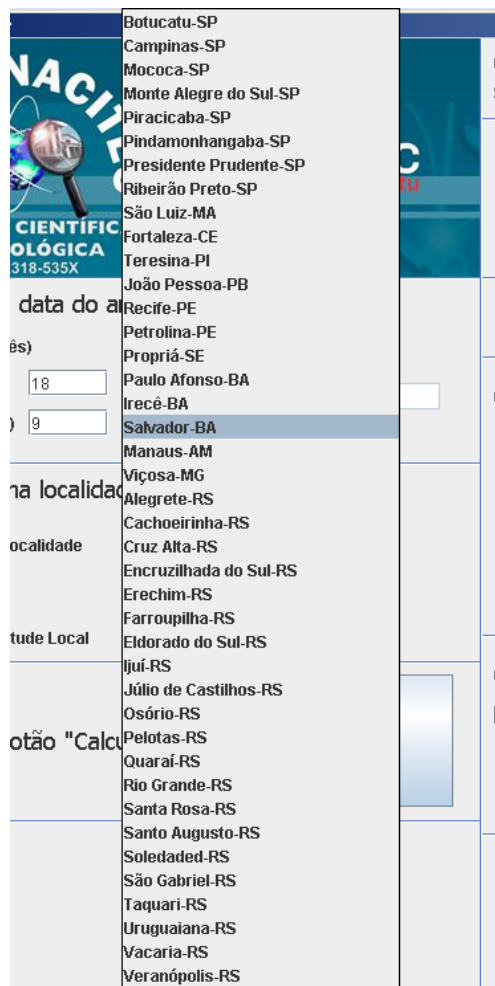
Irradiação Solar por Tipo de Cobertura de Céu (MJ / m² dia)

Tipo de Céu	Razão de Insolação (n / N)		Radiação Solar Global MJ / m² dia	Evaporação mm / dia
	Fração	%		
Céu Aberto ~ 21,595 MJ / m² dia	0.90	90%	23,349	9,53
	0.85	85%	22,472	9,172
	0.80	80%	21,595	8,814
	0.75	75%	20,718	8,456
	0.70	70%	19,841	8,099
Céu Parcialmente Nublado ~ 17,211 MJ / m² dia	0.65	65%	18,965	7,741
	0.60	60%	18,088	7,383
	0.55	55%	17,211	7,025
	0.50	50%	16,334	6,667
	0.45	45%	15,457	6,309
Céu Nublado ~ 12,826 MJ / m² dia	0.40	40%	14,58	5,951
	0.35	35%	13,703	5,593
	0.30	30%	12,826	5,235
	0.25	25%	11,95	4,877
	0.20	20%	11,073	4,519
	0.15	15%	10,196	4,162
	0.10	10%	9,319	3,804

Na Figura 1, o dia 18/9, 18 de setembro foi inserido na data e a localidade Botucatu escolhida. Com os cálculos feitos, nota-se que em 18/9 em Botucatu, se tivermos um dia de céu aberto teremos por volta de 21-22 MJ/m² dia, enquanto teremos de 12 a 13 MJ/m² dia na mesma data se tivermos um dia nublado.

Na figura 2 estão disponíveis as localidades brasileiras cujos valores de “a” e “b” foram encontrados (PEREIRA et al, 2007) e inseridos no algoritmo do programa.

Figura 2: Localidades contempladas pelo software com modelos locais já descritos na literatura (PEREIRA et al, 2007)



Botucatu-SP
Campinas-SP
Mococa-SP
Monte Alegre do Sul-SP
Piracicaba-SP
Pindamonhangaba-SP
Presidente Prudente-SP
Ribeirão Preto-SP
São Luiz-MA
Fortaleza-CE
Teresina-PI
João Pessoa-PB
Recife-PE
Petrolina-PE
Propriá-SE
Paulo Afonso-BA
Irecê-BA
Salvador-BA
Manaus-AM
Viçosa-MG
Alegrete-RS
Cachoeirinha-RS
Cruz Alta-RS
Encruzilhada do Sul-RS
Erechim-RS
Farroupilha-RS
Eldorado do Sul-RS
Ijuí-RS
Júlio de Castilhos-RS
Osório-RS
Pelotas-RS
Quaraí-RS
Rio Grande-RS
Santa Rosa-RS
Santo Augusto-RS
Soledade-RS
São Gabriel-RS
Taquari-RS
Uruguaiana-RS
Vacaria-RS
Veranópolis-RS

4 CONCLUSÕES

Concluiu-se que o software apresenta grande agilidade tanto no resgate de coeficientes da equação de Ångström-Prescott(1924) como nos cálculos da própria radiação solar. Como sugestão para futuros trabalhos, há de se aprofundar na revisão de literatura e adicionar coeficientes de Ångström-Prescott(1924) para mais localidades do Mundo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN G.RICHARD, PEREIRA S. LUIS, RAES DIRK, SMITH MARTIN. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 2008. 300 p. (FAO – Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANGSTRÖM, A. Solar and terrestrial radiation. **Q. J. R. Meteorol. Soc.** v.50, p.121–125, 1924.

DA SILVA, M. B. P; ESCOBEDO, J.F; ROSSI, T.J; DOS SANTOS C. M; DA SILVA, S. H. M. G. Performance of the Angstrom-Prescott Model (A-P) and SVM and ANN techniques to estimate daily global solar irradiation in Botucatu/SP/Brazil. **Journal of Atmospheric and Solar–Terrestrial Physics.** v.160, p.11-23.

MARTINEZ-LOZANO, J.A; TENA. F; ONRUBIA. J. E; DE LA RUBIA. J; The historical evolution of the Ångström formula and its modifications: review and bibliography. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.33, p.109-128, 1984.

VAREJÃO-SILVA, M.A. Climatologia e Meteorologia. Recife, 2006. 449 p.

PEREIRA, A.R; ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P. C; **Meteorologia Agrícola**. Piracicaba-SP, 2006, 192p.

MUHAMMADIQBAL. **An introduction to solar radiation**. Vancouver, 1983. 390p.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à UNESP-FCA-BOTUCATU, à faculdade UNIBR-BOTUCATU, ao Karunya Institute of Technology and Sciences from India, e especialmente à FATEC-BOTUCATU e todos os organizadores da 7^a. Jornada Científica da Fatec de Botucatu.