

Índice de claridade para a classificação da cobertura atmosférica de Acaraú e Fortaleza, Ceará

Ramon Firmino Bezerra¹, Joaquim Branco de Oliveira², Francisco Dirceu Duarte Arraes³, Yure de Souza. Couras⁴, Kleber Gomes de Macêdo¹

¹Graduando em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Bolsista Auxílio Acadêmico, Laboratório de Geoprocessamento, IFCE, *Campus* Iguatu, Iguatu - CE, Fone: (88) 3582 1000 ramal 220 Email: bezerrarf@live.com.

³ Eng. Agrônomo, Professor, Dr., IFCE, *Campus* Iguatu, Laboratório de Geoprocessamento, Iguatu - CE

⁴ Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Professor, Dr., IF Sertão, *Campus* Salgueiro, Salgueiro - PE

RESUMO: A radiação solar é um dos fatores de maior importância para a vida no planeta e comumente estudada no meio científico. O presente estudo teve como objetivo classificar a cobertura da atmosférica a partir do índice de claridade (Kt) para as cidades de Acaraú e Fortaleza no estado do Ceará, Brasil. Foi utilizado a razão entre radiação solar global (Rg) pela radiação no topo da atmosfera (Ra), no período de 1999 a 2008 (10 anos) e classificado como: nebuloso (N), Kt menor 0,35; parcialmente nebuloso com dominância para difusa (PND), Kt entre 0,35 até 0,55; parcialmente nebuloso com dominância para claro (PNC), Kt entre 0,55 até 0,65; e claro (C), Kt maior que 0,65. Os valores anuais do Kt médios para cidade Acaraú variam de 0,31 a 0,53, mínimos entre 0,07 a 0,38 e atingindo máximos de 0,59 a 0,93 e para a cidade de Fortaleza os valores anuais médios foram de 0,40 a 0,47, mínimas entre 0,10 a 0,34 e atingindo máximas de 0,51 a 0,81. A classificação do Kt de acordo com o total de dias do período estudado para Acaraú, N foi de 397 dias, PND de 2636 dias, PNC de 552 dias e C foi 52 dias e Fortaleza, N de 216 dias, PND de 3170 dias, PNC de 250 dias e C foi 17 dias.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação solar global, índice de claridade, cobertura atmosférica.

CLARITY OF CONTENTS FOR CLASSIFICATION OF COVERAGE AIR OF ACARAÚ AND FORTALEZA, CEARÁ

ABSTRACT: Solar radiation is one of the most important factors for life on the planet and commonly studied in scientific circles. This study aimed to classify the coverage of air from the clearness index (Kt) to the cities of Acaraú and Fortaleza in the state of Ceará, Brazil. The ratio of solar radiation (Rg) radiation at the top of the atmosphere (Ra) was used from 1999 to 2008 (10 years) and classified as: Cloudy (N), lower Kt 0.35; partially cloudy with dominance to diffuse (PND), Kt between 0.35 to 0.55; partially cloudy with clear dominance for (PNC), Kt from 0.55 until 0.65; and light (C), Kt greater than 0.65. The annual average values of Kt for city Acaraú vary from 0.31 to 0.53, 0.07 to 0.38 between minimum and maximum reaching 0.59 to 0.93 and for the city of Fortaleza average annual values were 0.40 to 0.47, 0.10 to 0.34 between minimum and maximum reaching from 0.51 to 0.81. The Kt classification according to the total days in the period studied to Acaraú, N was 397 days, PND 2636 days in 552 days PNC and C was 52 days and Fortaleza, N of 216 days, PND of 3170 days, PNC 250 and C was 17 days.

KEY WORDS: Solar radiation, clarity index, atmospheric coverage.

INTRODUÇÃO

Os estudos dos parâmetros meteorológicos, principalmente da radiação solar, são responsáveis por uma variedade de pesquisas científicas com objetivos de calcular o balanço energético dos mais diversos sistemas naturais e urbanos presente na superfície terrestre, e como atua nos microclimas locais e nos seres vivos. A radiação solar é uma alternativa natural de energia, não poluente e renovável, por esta disponível e ser inesgotável para todo planeta, e que é considerada um fator que altera ou influencia diretamente as variações dos demais parâmetros meteorológicos (ESCOBEDO et al., 2007; CHENLIANG et al., 2014).

A radiação solar global (R_s) quando atravessa a atmosfera, sofre atenuações (reflexão, absorção e difusão) (SOUZA 2009). Há vários tipos de interações da radiação e a atmosfera, mas um fator principal que interfere na incidência da radiação solar direta é a concentração de nuvens. Diversos estudos em diferentes localidades chegaram a classificar os tipos de cobertura do céu utilizando várias metodologias em função do índice de claridade (K_t), como o proposto por Escobedo et al., (2009).

O índice de claridade ou índice de limpidez pode ser usado para indicador das condições de transmissões atmosféricas, que é obtido da razão entre a radiação solar global (R_s), que pode ser medida ou estimada por equações empíricas, pela radiação solar extraterrestre (R_a), que é a radiação recebida pelo topo da atmosfera, onde depende da latitude e do dia juliano (TERAMOTO et al., 2012). Sendo assim o presente trabalho teve como objetivo classificar a cobertura da atmosférica a partir do índice de claridade (K_t) para as cidades de Acaraú e Fortaleza no estado do Ceará, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se dados de radiação solar global (R_s) medidos por um piranômetro instalados em estações meteorológicas automáticas pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), entre 1999 a 2008, compondo uma série total de 10 anos, para as localidades de Acaraú e Fortaleza no Ceará. O cálculo da radiação solar extraterrestre (R_a) foi feito de acordo com as equações proposta pelo manual 56 da FAO (ALLEN et al., 1998) (Eq. 01- 04) e para a classificação da cobertura atmosférica foi aplicado o índice de claridade, utilizando a metodologia proposta por Escobedo et al., (2009), considerando-se de: nebuloso (N), para valores de K_t menor 0,35; parcialmente nebuloso com dominância para difusa (PND), para valores de K_t entre 0,35 até 0,55; parcialmente nebuloso com dominância para claro (PNC), para valores de K_t entre 0,55 até 0,65; e claro (C), para valores de K_t maior que 0,65.

$$R_a = \frac{24 \cdot (60)}{\pi} \cdot G_{sc} \cdot dr \cdot [\omega s \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\omega) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega s)] \quad (01)$$

$$dr = 1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot j}{265}\right) \quad (02)$$

$$\delta = 0,4093 \cdot \text{sen} \left(\frac{2 \cdot \pi}{365} \cdot j - 1,39 \right) \quad (03)$$

$$\omega = \text{con}^{-1}(-\tan \varphi \cdot \tan \delta) \quad (04)$$

Onde:

Rs - radiação solar global (MJ m⁻² dia⁻¹);

Ra - radiação solar extraterrestre (MJ m⁻² dia⁻¹);

n - Insolação (h);

N - duração astronômica do dia (h);

Gsc - constante solar, 0,0820 MJ m⁻² min⁻¹;

dr - distância relativa terra-sol, adimensional;

ω - ângulo horário do nascer ou por do sol, radianos;

δ - declinação solar, radiação;

φ - latitude local, radianos;

j - dia juliano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em Acaraú o Kt apresentou médias de 0,31 a 0,53, com o menor valor em 2005 (0,31). Os valores mínimos de Kt apresentaram variações consideráveis para toda série (0,07 a 0,38) assim como os valores de Kt máximos (0,59 a 0,93). Em Fortaleza os valores de Kt médio não tiveram grandes variações (0,40 a 0,47), os valores de Kt mínimo apresentaram moderada variação em todo período (0,10 a 0,34), com destaque para o ano de 2008 (0,14) e os valores máximos de Kt tiveram variações consideráveis de 0,51 a 0,81 (Tabela 1). Resultados similares foram encontrados por Oliveira et al. (2012) para as cidades de Campos Sales e Crateús no estado Ceará.

Tabela 1. Variação dos valores médios anuais da média, mínimo e máximo do índice de claridade (Kt), para Acaraú e Fortaleza no estado do Ceará de 1999 a 2008.

		Kt (%)										
		Anos	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ACARAÚ	Média		0,53	0,53	0,51	0,50	0,49	0,50	0,31	0,47	0,53	0,51
	Mínimo		0,33	0,22	0,12	0,09	0,19	0,15	0,07	0,07	0,38	0,14
	Máximo		0,59	0,60	0,93	0,69	0,70	0,64	0,59	0,61	0,60	0,68
FORTALEZA	Média		0,42	0,42	0,45	0,42	0,47	0,45	0,40	0,47	0,44	0,45
	Mínimo		0,34	0,33	0,13	0,10	0,30	0,18	0,19	0,16	0,18	0,10
	Máximo		0,51	0,52	0,69	0,81	0,70	0,62	0,59	0,64	0,58	0,67

Com relação do percentual e número de dias observados dentro de cada classificação da cobertura atmosférica percentual (Tabela 2 e 3) para ambas as cidades Acaraú e Fortaleza, observou-se a predominância de parcialmente nebuloso com dominância para difusa (PND) e com leve tendência para parcialmente nebuloso com dominância para claro (PNC) do Kt, mostrando que a

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

maior parte da radiação solar global (Rs) que chaga a superfície do solo é afetada por fenômenos meteorológicos que estão presente no céu como nuvens, poeira ou poluição presente no ar.

Tabela 2. Relação percentual dos dias em cada ano de acordo com cada classificação e o total de dias do índice de claridade (Kt).

		Kt (%)										Total Dias
Classificação		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
ACARAU	N	0,01	0	0,02	0,02	0,05	0,03	0,75	0,19	0	0,02	397
	PND	0,81	0,85	0,78	0,77	0,76	0,8	0,22	0,64	0,82	0,78	2636
	PNC	0,19	0,15	0,12	0,16	0,17	0,16	0,03	0,16	0,18	0,19	552
	C	0	0	0,08	0,05	0,01	0	0	0	0	0,01	52
FORTALEZA	N	0,01	0,01	0,04	0,04	0,02	0,04	0,14	0,12	0,08	0,08	216
	PND	0,99	0,99	0,88	0,95	0,74	0,88	0,84	0,69	0,89	0,82	3170
	PNC	0	0	0,05	0	0,22	0,08	0,01	0,19	0,03	0,1	250
	C	0	0	0,02	0	0,01	0	0	0	0	0,01	17

Tabela 3. Quantidade de dias para cada ano de acordo com cada classificação do índice de claridade (Kt).

		Kt (%)									
Classificação		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
ACARAU	N	2	1	6	7	19	10	273	71	0	8
	PND	295	311	284	280	278	292	79	233	298	286
	PNC	68	54	43	59	62	59	10	60	67	70
	C	0	0	29	17	4	0	0	0	0	2
FORTALEZA	N	2	3	16	16	9	15	52	44	30	29
	PND	363	363	321	347	269	323	308	252	324	300
	PNC	0	0	19	1	82	28	5	69	11	35
	C	0	0	9	1	5	0	0	0	0	2

CONCLUSÕES

A classificação para as cidades Acaraú e Fortaleza indicou a predominância de parcialmente nebuloso com dominância para difusa (PND) e seguida de parcialmente nebuloso com dominância para claro (PNC), tendo maior quantidade de dias e frequência no período de estudo para o índice de claridade (Kt).



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 297 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

CHENLIANG, Wang; TIANXIANG, Yue; ZEMENG, Fan. Solar Radiation Climatology Calculation in China. **Journal of Resources and Ecology**, v. 5, n. 2, p. 132-138, 2014.

ESCOBEDO, João F. et al. Modeling hourly and daily fractions of UV, PAR and NIR to global solar radiation under various sky conditions at Botucatu, Brazil. **Applied Energy**, v. 86, n. 3, p. 299-309, 2009.

ESCOBEDO, J. F. et al. Estimativa das radiações global, direta e difusa em função do índice de claridade (Kt) e razão de insolação (n/N). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 1., 2007, Fortaleza, CE. **Anais...** Associação Brasileira de Energia Solar, 2007. 10 p.

SOUZA, A. P. **Evoluções, frações e estimativas das irradiações global, direta e difusa em superfícies inclinadas.** 2009. 130f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual; Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2009.

TERAMOTO, Érico Tadao; ESCOBEDO, João Francisco. EVOLUÇÃO DIURNA E ANUAL DA FREQUÊNCIA DAS COBERTURAS DE CÉU EM BOTU-CATU/SP. **Energia na Agricultura**, v. 27, n. 1, 2012.

OLIVEIRA, J. B. et al. Análise da radiação solar incidente e caracterização da cobertura do céu para dois municípios do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 17., 2012, Gramado, RS. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2012. 5 p.