

COEFICIENTE DE CULTURA DE PIMENTA-DO-REINO ESTIMADO POR SENTINEL 2A E FAO 56 PARA CÁLCULO DE ET_c EM REGIÃO AMAZÔNICA

GICELLY DA SILVA MAIA¹, FRANCINETE DE ALMEIDA E ALMEIDA²,
JANAINA MAIA DE FREITAS³, JANNAYLTON ÉVERTON OLIVEIRA SANTOS⁴
CARLOS RENATO GUEDES RAMOS⁵

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural da Amazônia, gicellymaya@gmail.com

² Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural da Amazônia, francynete12almeida@gmail.com

³ Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural da Amazônia, freitasjm22@gmail.com

⁴ Prof. Dr. do curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural da Amazônia, +5591993776561, jannayton@ufra.edu.br

⁵ Prof. Dr. do curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural da Amazônia, carlos.ramos@ufra.edu.br

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: O Brasil é um dos maiores exportadores de pimenta-do-reino, estando em constante busca de melhoria para maior competitividade no mercado internacional, com a necessário do mais adequado manejo da cultura, assegurando sua demanda hídrica. O uso de produtos de imagens de satélite, composta por reflectância espectral de vegetações, possibilita obter estudos como a estimativa indireta do coeficiente de cultura (K_c), ao qual é imprescindível para a estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c). Assim o objetivo do estudo foi estimar o coeficiente de cultura (K_c) da pimenta do reino através do sensoriamento remoto orbital, o coeficiente dual de cultura da FAO-56 e por fim calcular a evapotranspiração da cultura (ET_c). Os coeficientes de cultura basal e de solo se comportaram de maneira esperada, em que é crescente para K_{cb} e decrescente para K_e , porém os valores de K_c obtidos por sensoriamento remoto foram inferiores ao reportado pela FAO-56 no estágio médio da cultura, o que influencia nos valores de ET_c , obtendo 36% a mais em relação ao estimado por sensoriamento remoto.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto, evapotranspiração, irrigação

BLACK PEPPER CULTURE COEFFICIENT ESTIMATED BY SENTINEL 2A AND FAO 56 FOR CALCULATING ET_c IN AMAZON REGION

ABSTRACT: Brazil is one of the largest exporters of black pepper, but in order for it to become more competitive in the international market, it is necessary to properly manage the crop, ensuring its water demand. The use of satellite imagery products, composed of spectral reflectance of vegetations, makes it possible to obtain studies such as the indirect estimate of the crop coefficient (K_c), which is essential for the estimation of the crop evapotranspiration (ET_c). Thus, the objective of the study was to estimate the culture coefficient (K_c) of black pepper by means of orbital remote sensing, the dual crop coefficient of FAO-56 and finally

calculate the crop evapotranspiration (ET_c). The coefficients of basal and soil culture behaved in an expected manner, in which it is increasing for K_{cb} and unbeliving for K_e , however the K_c values obtained by remote sensing were lower than reported by FAO-56 in the middle stage of the culture, which influences the values of ET_c , obtaining 36% more than estimated by remote sensing.

KEYWORDS: Remote sensing, evapotranspiration, irrigation

INTRODUÇÃO:

A pimenta do reino (*Piper nigrum L.*) ocupa lugar de destaque no mercado, sua comercialização atende a indústria alimentícia, medicinal, perfumaria e cosmética.

O estado do Pará tem grande destaque em termos de produção no cenário nacional, contribuindo para que o Brasil seja um dos maiores exportadores do grão (LEMOS et al., 2014). Para que o país fique mais competitivo no mercado internacional, é necessário o adequado manejo da cultura, assegurando sua demanda hídrica. Duarte (2004), recomenda que haja irrigação nas áreas em que o déficit hídrico seja superior a 100 mm para o estado do Pará, haja vista, que a pimenta é exigente em suprimento de água principalmente no período produtivo.

Os estudos que visam o monitoramento do manejo da água, são essenciais para maiores produções, sendo auxiliada por tecnologias como irrigação nas áreas que constituem plantios de pimenta do reino. O manejo sustentável do recurso hídrico, interligado ao uso de tecnologias asseguram produtividades, e a aplicações da técnica de sensoriamento remoto orbital, vem como uma alternativa.

O uso de produtos de imagens de satélite, composta por reflectância espectral de vegetações, possibilita obter estudos como a estimativa indireta do coeficiente de cultura (K_c), ao qual é imprescindível para a estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c).

Os índices de vegetação, em especial o NDVI (Índice de vegetação da Diferença Normalizada), como demonstrado por Er-Raki et al., 2007, Simmoneaux et al., 2008 e Bezerra et al., 2010, possibilitam a estimativa indireta do K_c potencial. Uma das abordagens que a FAO-56 apresenta é a estimativa da ET_c com base na evapotranspiração de referência (ET_0) e o coeficiente dual de cultura ($K_{cb} + K_e$).

O coeficiente dual de cultura correspondera aos efeitos dos estádios fenológicos da cultura e a evaporação da superfície do solo. A metodologia é aplicada quando for necessário melhorar as estimativas de K_c , em especial para irrigações diárias e áreas individuais (Allen et al., 1998). Diante do exposto, o objetivo do estudo foi estimar o coeficiente de cultura (K_c) da pimenta do reino através do sensoriamento remoto orbital, o coeficiente dual de cultura da FAO-56 e por fim calcular a evapotranspiração da cultura (ET_c).

MATERIAL E MÉTODOS:

O estudo foi conduzido na área pertencente a fazenda São João, nas coordenadas 2° 21' 6,22" S e 48° 19' 59,32" O a 56 m de altitude, localizada no município de Tomé-açu-Pará.

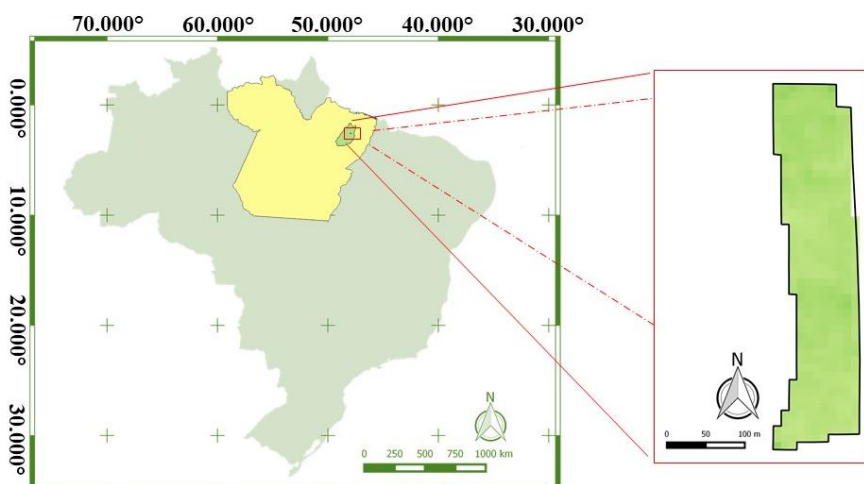


FIGURA 1. Mapa de localização da área com produção de pimenta na fazenda São João, município de Tomé -Açu – PA.

O clima da região norte apresenta temperatura médias máximas e mínimas anuais oscilando respectivamente entre 24 °C e 27°C, 30 °C e 32 °C e 18 °C e 23 °C e os totais anuais de brilho solar variam entre valores aproximados de 1.500 h e 2.600 h. A UR do ar varia entre 67% e 90% e os totais pluviométricos anuais estão contidos entre 1.300mm e 3.000mm (Duarte et al., 2004), o clima segundo a classificação de Köppen é “Ami”. A cultura de estudo, pimenta do reino, possui área de 4,28 ha, totalizando 8.000 plantas dispostas em um espaçamento de 2 m entre plantas e linhas, a cada 6 linhas existe uma rua de 3,5 m.

As variedades plantadas em março de 2016 foram Karimunda e Uthirankotta, onde utiliza o sistema de irrigação localizado.

A estimativa de evapotranspiração de referência (ET_0) utilizou-se o método de Penman-Monteith da FAO-56 (ALLEN et al., 1998), com base nos dados meteorológicos obtidos da estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), segundo a equação abaixo.

$$ET_0 = \frac{0,408 S (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{S + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

Em que:

ET_0 - evapotranspiração de referência ($\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$);

R_n - saldo de radiação à superfície da cultura ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$);

G - densidade do fluxo de calor do solo ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$);

T - temperatura média do ar a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$);

U_2 - velocidade de vento a 2 m de altura ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$);

e_s - pressão de vapor de saturação (kPa);

e_a - pressão parcial de vapor (kPa);

S - declividade da curva de pressão de vapor de saturação ($\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$), e

γ - coeficiente psicrométrico ($\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

As imagens Sentinel-2/MSI foram adquiridas por meio do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) com cobertura de nuvem de até 20%. A correção atmosférica foi feita no *software* Qgis conforme o método de DOS1 (*Dark Object Subtraction 1*).

Posteriormente para os cálculos de NDVI utilizou-se as bandas 04 *RED* (Vermelho) e 08 *NIR* (Infravermelho Próximo). A pesquisa concentrou-se em estimar a evapotranspiração da pimenta do reino no início do período produtivo, portanto obteve-se imagens referentes as datas 25/07/2016, 20/07/2017, 25/06/2018, 20/07/2019, 14/06/2020.

A estimativa do K_c , empregou-se método do K_c dual proposto no boletim 56 da FAO (Allen et al., 1998), conforme a fórmula:

$$ET = (K_{c_b} + k_e). ET_0 ; ET = (K_c). ET_0$$

Para se determinação do K_{c_b} , aplicou-se a relação linear entre NDVI e K_{c_b} , dada por Simonneaux et al. (2008):

$$K_{c_b} = 1,64. (NDVI - NDVI_{min})$$

O $NDVI_{min}$ é o valor de NDVI que se refere a solo exposto, geralmente utilizado o valor 0,15. No cálculo do NDVI empregou-se a equação (Rouse et al., 1974):

$$NDVI = \frac{\rho_8 - \rho_4}{\rho_8 + \rho_4}$$

O K_e foi determinado através da seguinte equação (Simonneaux et al., 2008):

$$K_e = (1 - f_c). K_{e,max}$$

O f_c é a fração de cobertura da vegetação igual a $f_c = 1,18$. O $K_{e,max}$ representa o máximo coeficiente de evaporação do solo, calculado para cada dia estudado por meio da equação (Allen et al., 1998):

$$K_e \leq f_{ew}. K_{c,max} \Rightarrow K_{e,max} = f_{ew}. K_{c,max}$$

Sendo, o f_{ew} , a fração de solo úmido e exposto, e $K_{c,max}$, foram calculados pelas equações propostas na FAO 56 (Allen et al., 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O mapeamento do NDVI nos anos de estudo, contém no ano de 2018 e 2019 índices com maior valor na vegetação, resultante dos ramos plagiotrópicos (ramos laterais) que estão totalmente desenvolvidos, enquanto a lavoura imageada nos anos de 2016 e 2017, descrevem um solo mais exposto.

O período inicial do pimental, como observado nos anos iniciais do estudo, apresentam plantas com ramos ortotrópicos, sendo os ramos que se desenvolvem junto ao tutor (Figura 2).

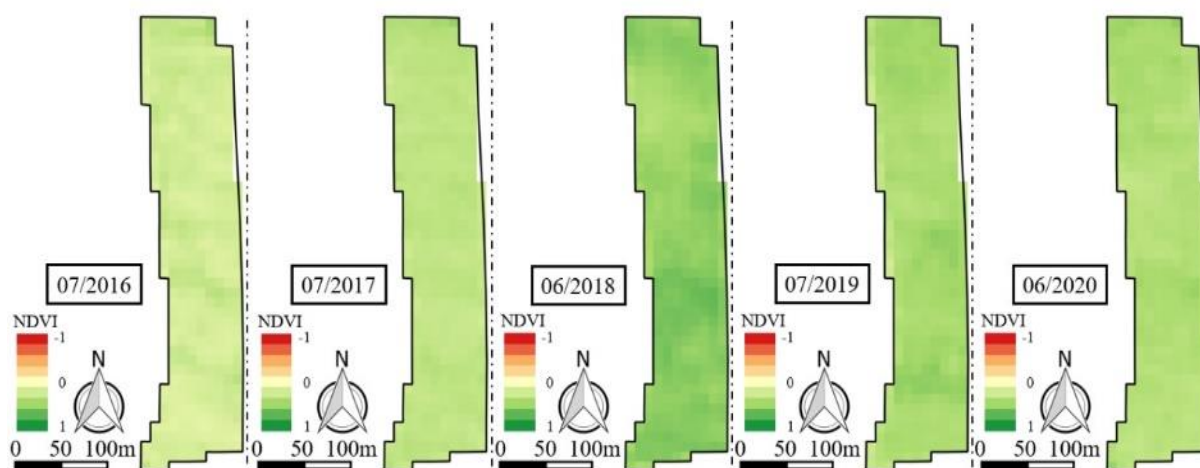


FIGURA 2. A área com produção de pimenta e sua resposta espectral em índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) na fazenda São João, municio de Tomé -Açu – PA.

Os valores de NDVI (Figura 2) na imagem de 2018, podem estar relacionados a mortalidade de algumas plantas, visto o observado, resultante da escolha dos produtores em evitar a uniformidade genética, assim tendo cultivares com maior e menor resistência fitopatógenos.

A variabilidade da resistência estomáticas das espécies de pimenta do reino, resulta em comportamento espectral variado do NDVI, possibilitando estimativas da evapotranspiração da pimenta.

O ciclo de maturação da pimenta no estado do Pará varia entre junho e novembro, dependendo somente do tipo de cultivar que é utilizada em campo (Lemos et al., 2014), desta forma o resultado do coeficiente de cultura (k_c) foi determinado para as datas em que a planta está iniciando o período produtivo.

Na tabela 1 os valores encontrados de k_c em função do NDVI foram de 0,7 em média, este valor foi usado para determinar a lâmina de irrigação nos estudos de Vieira et al. (2018), sendo que ele obteve melhores produções com a lâmina de 100% e, ainda, se aproxima ao que é apresentado no relatório técnico de Teixeira et al. (2011) para o estágio de desenvolvimento da cultura que é ao equivalente a cobertura vegetativa de 70 a 80%.

TABELA 1. Valores do K_c , K_{cb} e K_e estimados em função do NDVI obtido a partir das imagens Sentinel-2.

Data de aquisição das imagens	K_c	K_{cb}	K_e
25/07/2016	0,57	0,26	0,31
20/07/2017	0,65	0,39	0,26
25/06/2018	0,81	0,66	0,15
20/07/2019	0,66	0,42	0,24
14/06/2020	0,68	0,46	0,22

O coeficiente de cultura basal não modificou muito a partir do 2º ano implantação talvez pela arquitetura cilíndrica da planta logo se efetivar, o que influencia na homogeneidade da

cobertura vegetativa. Lemos et al. (2014), diz que há o estabelecimento no formato da planta entre os 2 e 3 anos após o plantio. O que contribui também para uma baixa variação nos valores dos coeficientes de evaporação do solo.

Apesar dos valores variarem pouco de uma forma geral, observa-se que há um comportamento crescente nos valores de K_{cb} e decrescente em K_e , Bezerra et al. (2010) encontrou o mesmo comportamento nos valores desses coeficientes para a cultura do algodão herbáceo.

Os valores de evapotranspiração de cultura estão representados na tabela 2, observa-se que a ET_c (FAO) estimou, em média, 36% a mais a ET_c (SR), o que demonstra que cada região têm características de ambiente particulares e estudos como este pode aproximar os valores de demanda hídrica real de cada cultura.

TABELA 2. Valores de evapotranspiração de referência (ET_0) e de cultura (ET_c), este último obtido por sensoriamento remoto (SR) e o apresentado pela FAO-56

Data	ET_0	ET_c (FAO)	ET_c (SR)	Diferença (mm)
25/07/2016	6,38	6,70	3,64	3,06
20/07/2017	6,50	6,83	4,22	2,61
25/06/2018	6,40	6,72	5,18	1,54
20/07/2019	6,30	6,62	4,15	2,47
14/06/2020	5,88	6,17	4,00	2,17

O valor do coeficiente de cultura usado para o cálculo de ET_c FAO foi referente ao estágio de plena estação da cultura (frutificação/enchimento dos grãos), pois representa o período que a planta estava vivenciando nas datas de aquisição das imagens.

O valor de K_c estimado por SR aproximou-se ao que é relatado para o estágio de desenvolvimento (cobertura vegetativa de 70 a 80%), indicando que o K_c é influenciado pela junção das seguintes características: altura, albedo, propriedades aerodinâmicas da folha e evaporação do solo (ALLEN et al, 1998), sugerindo que é necessário a calibração dos K_c 's existentes para que as estimativas de evapotranspiração das culturas sejam as mais aproximadas das condições climáticas locais.

CONCLUSÕES: Os valores de coeficiente de cultura foram inferiores ao que a FAO-56 apresenta, o que influencia diretamente nas estimativas de evapotranspiração da cultura da pimenta-do-reino.

REFERÊNCIAS:

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. FAO Irrigation and Drainage Paper N° 56. Crop Evapotranspiration (guidelines for computation crop water requirements, Rome: FAO, 1998.

BEZERRA, B. G.; SILVA, B. B. DA; CORTEZ, J. R. G.; BRANDÃO, Z. N.
Evapotranspiração real obtida através da relação entre o coeficiente dual de cultura da FAO-56 e o NDVI. Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, p.404-414, 2010.

DUARTE, M. DE L. Cultivo da pimenta-do-reino na região norte. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004.185p.:1.

ER-RAKI S, CHEHBOUNI A, GUEMOURIA N, DUCHEMIN B, EZZAHAR J, HADRIA R (2007) Combinando o modelo FAO-56 e sensoriamento remoto com base no solo para estimar o consumo de água das culturas de trigo em uma região semi-árida. Agric Water Manage 87 (1): 41–54

LEMOS, O.F. de; TREMACOLDI, C.R.; POLTRONIERI, M.C. (Ed.). Boas práticas agrícolas para aumento da produtividade e qualidade da pimenta-do-reino no Estado do Pará. Brasília: Embrapa, 2014

SIMONNEAUX, V.; DUCHEMIN, B.; HELSON, D.; ER-RAKI, S.; OLIOSO, A.; CHEHBOUNI, A. G. The use of high-resolution image time series for crop classification and evapotranspiration estimate over an irrigated area in central Morocco. International Journal of Remote Sensing, Abingdom, v. 29, n. 1, p. 95-116, 2008.

TEIXEIRA, A. F.; LANA A. M. Q.; SILVA, D. D. Desenvolvimento de matriz de coeficientes para recursos hídricos no Brasil. Ministério do Meio Ambiente, Fundação Arthur Bernardes, Fundação Banco do Brasil. 2011.