

COEFICIENTE DUAL DE CULTIVO DO MILHO PIPOCA EM TANGARÁ DA SERRA – MT

**CLEONIR ANDRADE FARIA JUNIOR¹; RIVANILDO DALLACORT²;
PAULO SERGIO LOURENÇO DE FREITAS³; JOÃO DANILO BARBIERI⁴;
ROBERTO REZENDE⁵ E WILLIAM FENNER⁶**

¹Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual De Maringá, Av. Colombo, nº 5790 – Zona 07, bloco j45, 2º piso, CEP - 87020-900, Maringá/PR/Brasil, cleonir.junior@hotmail.com

²Professor do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistema de Produção Agrícola, Universidade do Estado de Mato Grosso, Rodovia MT 358, Km 07 (s/n) – Jardim Aeroporto, CEP: 78300-000, Tangará da Serra/MT/Brasil, rivanildo@unemat.br

³Professor no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual De Maringá, Av. Colombo, nº 5790 – Zona 07, bloco j45, 2º piso, CEP - 87020-900, Maringá/PR/Brasil, pslfreitas@uem.br

⁴Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual De Maringá, Av. Colombo, nº 5790 – Zona 07, bloco j45, 2º piso, CEP - 87020-900, Maringá/PR/Brasil, jd.barbieri@hotmail.com

⁵Professor no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual De Maringá, Av. Colombo, nº 5790 – Zona 07, bloco j45, 2º piso, CEP - 87020-900, Maringá/PR/Brasil, rezende@uem.br

⁶Doutor no programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Universidade Federal de Mato Grosso, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367, Bairro Boa Esperança, CEP – 78060-900, Cuiabá/MT/Brasil. fennerwilliam@gmail.com

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar o coeficiente duplo da cultura do milho pipoca para o município de Tangará da Serra - MT, utilizando lisímetros de pesagem. O experimento no campus da Universidade do Estado de Mato Grosso- UNEMAT, sendo o solo classificado como Latossolo Vermelho distroférico, com textura muito argilosa. A semeadura foi realizada no dia 02/05/2015, nos seis lisímetros de pesagem, previamente calibrados com coeficientes de determinação acima de 0,99, para a bordadura foi utilizada uma semeadora de plantio direto, com espaçamento entre linhas de 0,45 m, a colheita foi realizada manualmente no dia 16/08/2015. As irrigações foram realizadas conforme a evapotranspiração potencial calculada diariamente pelos lisímetros e irrigados quando necessário por sistema de aspersão composto de 6 aspersores, com coeficiente de uniformidade de distribuição de 86%. Durante o desenvolvimento da cultura foram medidos diariamente a variação de massa dos microlisímetros por meio de pesagem, determinando a evaporação de água no solo em todas as fases da cultura. Durante o ciclo da cultura a temperatura média foi de 24,5°C e um aporte hídrico total de 571,4 mm. Os valores médios de Kcb obtidos na fase inicial, pleno desenvolvimento e maturação, foram de 0,7, 1,10 e 0,3 respectivamente.

Palavras-Chave: evapotranspiração, *Zea mays* L. subsp. everta, lisímetro de pesagem.

**FARIA JUNIOR, C. A.; DALLACORT, R.; FREITAS, P. S. L. DE; BARBIERI,
J. D.; REZENDE, R.; FENNER, W.
DUAL CROP COEFFICIENT OF MAIZE CORN OF TANGARÁ DA SERRA – MT**

2 ABSTRACT

The objective of this work was to determine the double coefficient of maize corn crop for the municipality of Tangará da Serra - MT, using weighing lysimeters. The experiment was conducted in State University of Mato Grosso – UNEMAT's campus, and the soil was classified as dystroferric Red Latosol, with very clayey texture. Sowing was carried out on May 2, 2015, in the six weighing lysimeters, previously calibrated with determination coefficients above 0.99. For the border, a no-till seeding with row spacing of 0.45 m was used. Harvest was performed manually on 08/16/2015. Irrigations were performed according to the potential evapotranspiration calculated daily by the lysimeters and irrigated when necessary by a sprinkler system composed of 6 sprinklers, with distribution uniformity coefficient of 86%. During the development of the culture, mass variation of microlysimeters was measured daily by weighing, determining the evaporation of water in the soil in all phases of the culture. During the culture cycle the average temperature was 24.5 ° C and the total water supply was 571.4 mm. The average Kcb values obtained in the initial phase, full development and maturation phases were 0.7, 1.10 and 0.3 respectively.

Keywords: evapotranspiration, *zea mays* l. subsp. everta, weighing lysimeter.

3 INTRODUÇÃO

A cultura do milho pipoca (*Zea mays* L. subsp. Everta) vem sendo cultivado exclusivamente em segunda safra no Estado de Mato Grosso, concorrendo com a cultura do milho, girassol, algodão entre outras. Segundo dados do IBGE, a produção de milho pipoca no Estado em 2016 foi de 145.211 toneladas, representando 80% da produção nacional, tornando o Estado o maior produtor do País, com área semeada de 21.835 hectares e com produtividade média de 6650 kg ha⁻¹.

O cultivo em segunda safra no Estado, em virtude da irregularidade na distribuição de chuvas e presença de veranicos (DALLACORT et al., 2011), pode ser caracterizado como de risco quando não realizado nos primeiros decêndios do ano (FARIA JÚNIOR et al., 2015; BARBIERI et al., 2016), em função da ocorrência de déficit hídrico no período crítico das culturas.

Um dos fatores preponderantes para o desenvolvimento de qualquer espécie vegetal e animal é a água, cuja o déficit da mesma é uma das principais restrições ao

crescimento e desenvolvimento das espécies cultivadas (LOPES et al., 2011). O consumo hídrico de uma cultura está diretamente ligado a demanda energética atmosférica, ao conteúdo de água no solo e a resistência da planta à perda de água para a atmosfera (MANTOVANI, BERNARDO e PALARETTI, 2009).

Determinação da transpiração das culturas e a evaporação da água do solo compõem a evapotranspiração, que pode ser estimada por diferentes métodos, ou determinada em condições locais por meio de lisímetros, sendo este o mais indicado, devido as características intrínsecas de cada local, como clima, vegetação e relevo (MENDONÇA et al., 2007; SANTOS et al., 2008).

Para determinar a quantidade de água correta a ser irrigada, dentre os fatores está o coeficiente de cultura (Kc), o qual compreende a relação entre a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração de referência, e que é dependente da espécie, altura, área foliar, altura e manejo da cultura (ALLEN et al., 1998).

O coeficiente da cultura pode ser determinado por meio do coeficiente duplo de cultivo (ALLEN et al., 1998), estabelecendo a influência da evaporação do solo (k_e) e da transpiração da cultura (K_{cb}) na evapotranspiração final (FLUMIGNAN, FARIA E LENA, 2012; MANTOVANI, BERNARDO e PALARETTI, 2009).

O conhecimento do consumo hídrico de uma cultura durante seu ciclo é de grande importância para o dimensionamento de projetos e manejo dos sistemas de irrigação, contribuindo para aumentar a produtividade e otimizar a utilização dos equipamentos de irrigação, da energia elétrica e dos recursos hídricos (SANTOS et al., 2014). Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi determinar o coeficiente duplo da cultura do milho pipoca para o município de Tangará da Serra - MT, por meio da utilização de lisímetros de pesagem.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido no campo experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus de Tangará da Serra. Os dados meteorológicos (temperatura, precipitação, radiação solar, velocidade do vento, umidade relativa do ar e pressão atmosférica) foram coletados por meio de uma estação meteorológica automática da Campbell Scientific, instalada a 30 metros da área experimental nas coordenadas geográficas 14° 65' 00" S, 57° 43' 15" W, com elevação de 440 metros, pertencente ao laboratório de agrometeorologia.

O município de Tangará da Serra possui uma média anual de temperatura de 24,5°C (DALLACORT et al., 2010), e média anual de precipitação de 1830 mm com uma estação seca (maio a setembro) e uma chuvosa (outubro a abril) (DALLACORT et al., 2011). O solo da área

experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura muito argilosa segunda manual da EMBRAPA (2018).

Para a determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c), nos diversos estádios de desenvolvimento, foram utilizados os seis lisímetros de pesagem (FENNER et al., 2019), idênticos com células de carga de tração do modelo SV, com capacidade de 100 kg, seladas contra umidade e dispositivo para compensação contra variação de temperatura no zero e na calibração na faixa de 0 a 50°C. A sensibilidade das células de carga é de 2 +/- 10% mV V⁻¹ e a acurácia de 0,02% do fundo de escala. O acesso aos lisímetros é realizado por meio de uma escada que dá acesso ao subsolo, as células de carga ficam a cerca de 1,5 m abaixo do nível do solo da área experimental.

O experimento foi implantado em 02/05/2015 com semeadura manual nos seis lisímetros de pesagem de precisão, previamente calibrados com coeficientes de determinação acima de 0,99. Cada lisímetro possui uma área de 2,25 m² (1,5 x 1,5 m) e 1,20 m de profundidade (FENNER et al., 2019).

O híbrido de milho pipoca utilizado foi o AP 6002 da YOKI, o mais utilizado pelos produtores do Chapadão do Parecis, sendo indicado para semeadura em segunda safra com população de 65.000 plantas ha⁻¹, portanto, semeou-se em cada lisímetro 3 linhas com espaçamento de 0,45 m com cinco plantas, totalizando 15 plantas por lisímetro.

No mesmo dia foi realizada a semeadura de bordadura com raio de 30 m no entorno dos lisímetros para evitar o efeito oásis, com a utilização de uma semeadora de plantio direto e discos de 9 mm, com espaçamento entre linhas de 0,45 m. A colheita foi realizada manualmente no dia 16/08/2015, 104 dias após a semeadura, colhendo todas as plantas dos lisímetros.

A adubação foi dividida em duas etapas, a de plantio, com aplicação de 300 Kg de N-P-K formulado 05-25-15 no sulco de semeadura, e em cobertura com 70 Kg de N a lanço, parcelada em duas aplicações, a primeira em V3 e a segunda em V5, conforme o utilizado pelos produtores da região, devido a carência de estudos neste sentido para a cultura do milho pipoca.

As irrigações foram aplicadas por meio de um sistema de irrigação móvel por aspersão, composto por 6 aspersores (Eco 232 Fabrimar) com bocais de 4,0 x 2,8 mm espaçados em 12 x 12 metros, com coeficiente de uniformidade de distribuição de 86%, sob pressão de 30 m.c.a. no sistema, proporcionando uma lâmina de água aplicada de 9,76 mm h⁻¹. As lâminas a serem aplicadas foram determinadas pelo cálculo da evapotranspiração potencial contabilizada diariamente nos lisímetros.

O turno de rega (de três a quatro dias) seguiu de acordo com a evapotranspiração potencial da cultura, com o objetivo de garantir a demanda de água necessária para o pleno desenvolvimento da cultura, sem déficit hídrico. A quantidade de água a ser aplicada foi determinada por diferença de massa dos conjuntos lisímetros, obtida diariamente, correspondente a quantidade de água perdida ou consumida no sistema, mantendo assim o solo sempre próximo a capacidade de campo.

Para o cálculo da Evapotranspiração de referência (ET_o) utilizou-se o Método de Penman-Monteith FAO-56 (Allen et al., 1998) (Equação 1).

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,3U_2)} \quad (01)$$

Em que:

ET_o é a evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);

R_n é a radiação solar líquida sobre a cultura (MJ m⁻² dia⁻¹);

G é a densidade do fluxo de calor do solo (MJ m⁻² d⁻¹);

T é a temperatura do ar a dois metros de altura (°C);

U₂ é a velocidade do vento a dois metros de altura (m s⁻¹);

e_s é a pressão de saturação de vapor (kPa), que é estimada pela média de e_s (T_{máx}) e e_s (T_{mín}); e_a é a pressão atual de vapor (kPa);

e_s - e_a é o déficit de pressão e saturação de vapor (kPa °C⁻¹); Δ é da declividade da curva de pressão de vapor (kPa °C⁻¹) e

γ é a constante psicométrica (kPa °C⁻¹).

Para determinação do K_c duplo do milho pipoca, que corresponde ao coeficiente basal da cultura (K_{cb}) e coeficiente de evaporação do solo (K_e), utilizou-se a metodologia proposta pelo boletim FAO – 56 (ALLEN et al., 1998). Foram utilizados 4 microlisímetros de 150 mm de diâmetro e 250 mm de altura para a determinação da evaporação do solo e posterior determinação do coeficiente de evaporação do solo (K_e) (FLUMIGNAM et al. 2012 e DALMAGO et al. 2010). Os microlisímetros foram constituídos por monólitos de solo da área experimental, os quais foram inseridos manualmente com auxílio de macaco hidráulico ao solo úmido. Aos lisímetros não foi acrescentado palhada seguindo o plantio convencional utilizado. Os mesmos foram dispostos na entre linha da cultura do milho pipoca.

A coleta dos dados dos microlisímetros foi realizada diariamente sempre no mesmo horário (7 e 8h e 17:30 e 18:30h), por meio da pesagem manual em balança de precisão de 0,005 kg, e organizada em planilha para o cálculo de variação de massa de um dia para o outro. As leituras foram realizadas durante todo o ciclo da cultura. Os microlisímetros seguiram o manejo de irrigação da cultura e

eventuais precipitações foram consideradas para o cálculo da evaporação.

Determinou-se a evaporação do solo em milímetros (E_{ML}), conforme a equação (Equação 2):

$$E_{ML} = \frac{\Delta M_{ML} + P}{A_{ML}} \quad (02)$$

Em que:

E_{ML} é a evaporação do microlisímetro (mm);

ΔM_{ML} é a variação de massa dos microlisímetros (kg);

A_{ML} é a área dos microlisímetros (m^2) e

P é a precipitação (mm).

O K_e é a relação entre a evaporação do solo, em milímetros, e a evapotranspiração de referência, obtido diariamente, de acordo com a equação (Equação 3):

$$K_e = \frac{E_{ML}}{E_{T_o}} \quad (03)$$

Em que:

K_e é o coeficiente de evaporação do solo (adimensional);

E_{ML} é a evaporação dos microlisímetros (mm);

E_{T_o} é a evapotranspiração de referência pelo método Penman-Monteith FAO (mm).

Os valores da evapotranspiração potencial da cultura (ET_c) foram obtidos diariamente por meio da variação de massa dos lisímetros registrados no data logger, convertida em mm dia, segundo Mendonça et al. (2007).

Por fim, determinou-se o K_{cb} , conforme a equação (Equação 4):

$$K_{cb} = \frac{ET_c}{E_{T_o}} - K_e \quad (04)$$

Em que:

K_{cb} é o coeficiente basal da cultura;

ET_c é a evapotranspiração potencial da cultura;

K_e é o coeficiente de evaporação do solo e

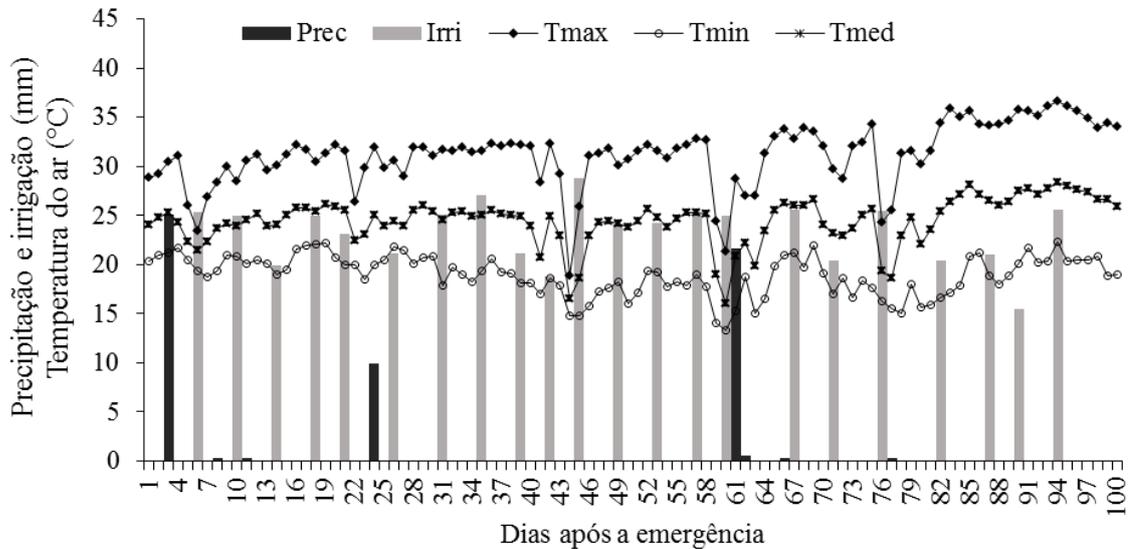
E_{T_o} é a evapotranspiração potencial de referência.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para estudos de evapotranspiração da cultura é essencial a análise dos elementos climáticos, pois o principal elemento que interfere na evapotranspiração é a umidade relativa do ar, que por sua vez é influenciada pela temperatura do ar e da radiação solar, porém só é possível ocorrer evapotranspiração se houver umidade no solo proveniente de chuva ou irrigação, estudos desenvolvidos por Ertek e Kara, (2013), e Souza et al. (2016), confirmam que independentemente do local estudado o principal fator para alterações da evapotranspiração de uma cultura são os elementos climáticos.

Durante o ciclo da cultura a temperatura média foi de 24,5°C a máxima de 36,6°C e mínima de 13,3°C, os valores acumulados de precipitação e irrigação entre a emergência à colheita foi de 58,4 mm e 513 mm respectivamente (Figura 1). Nesse período desde a semeadura 02/05/2015 até a colheita em 16/08/2015, a evapotranspiração da cultura do milho pipoca, determinada pelos lisímetros de pesagem totalizaram 538 mm, com máximo diário de 7,9 mm e mínimo de 2,4 mm.

Figura 1. Temperatura máxima, média e mínima, precipitação e irrigação ocorridas após a emergência do milho pipoca em Tangará da Serra – MT.



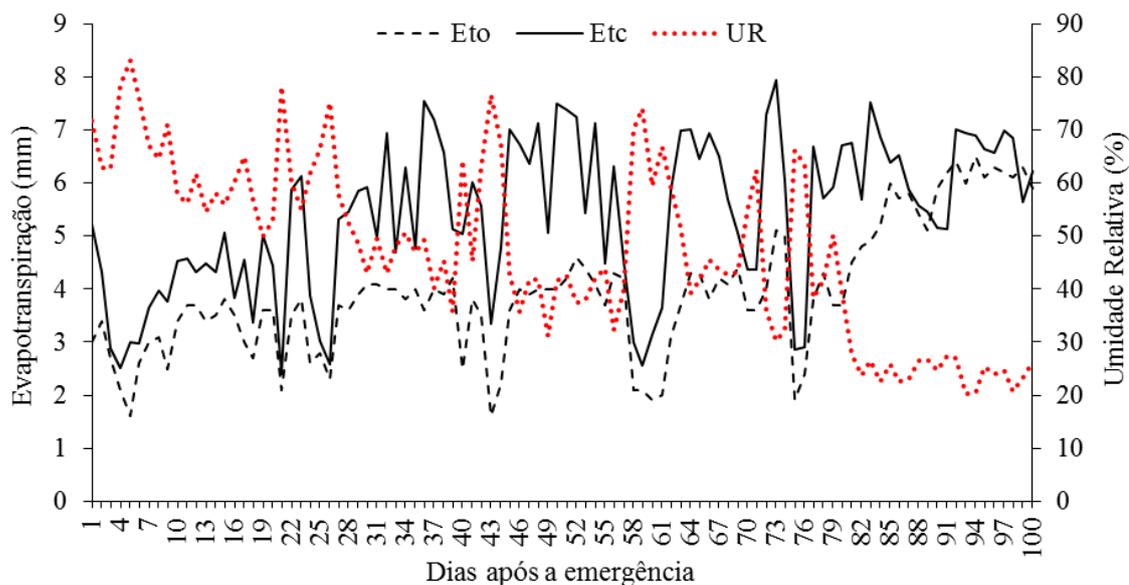
Detomini et al. (2009) determinando a demanda hídrica do híbrido DKB 390 concluíram que 600 mm são suficientes para a obtenção de elevadas produções, entretanto com baixa eficiência de uso da água. Pegorare et al. (2009), avaliando lâminas de irrigação suplementar na cultura do milho, verificaram valores crescentes de produtividade sendo a maior lâmina 510 mm, sem déficit hídrico a cultura, proporcionando a maior produtividade.

Fancelli (1991) relata que o milho apresenta uma necessidade mínima de 300 a 350 mm de água para uma produção

satisfatório, porém, essa quantidade sendo muito bem distribuída durante todo ciclo da cultura. Já Doorenbos e Kassam (1994), descrevem que a cultura do milho com características de ciclo médio requer entre 500 a 800 mm de água, para apresentar uma boa produção.

A evapotranspiração de referência foi estimada em 393 mm, apresentando o valor máximo diário de 6,5 mm e o mínimo de 1,6 mm, após 30 dias de emergência até os 74 dias se encontra o período que ocorre os maiores valores de evapotranspiração da cultura. (Figura 2).

Figura 2. Evapotranspiração de referência, da cultura e umidade relativa do ar diária, para o período de cultivo do milho pipoca em Tangará da Serra – MT.



Observamos que tanto a evapotranspiração de referência quanto a da cultura variam conforme a temperatura do ar, que aos 45, 59 e 76 dias após a emergência houve queda de temperatura e consequentemente redução da evapotranspiração. A umidade relativa do ar influencia de modo inverso, quando aumenta a umidade, reduz a evapotranspiração, esse fato está relacionado ao potencial matricial, onde baixas umidades aumenta a diferença de potencial em um solo mantido em capacidade de campo.

Segundo Cruz et al. (2006), a faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento do milho, da emergência à floração é de 24 a 30°C, considerando os limites extremos de desenvolvimento de 10 e 30°C. Para Allen et al. (1998), o calor sensível do ar concomitantemente com sua interação de transferência energética com a cultura, por meio da radiação solar absorvida pela atmosfera e pelo solo, influencia fortemente nos valores de evapotranspiração, fato este, devido à elevação da temperatura do ar, resultando em uma relação direta com os valores de evapotranspiração.

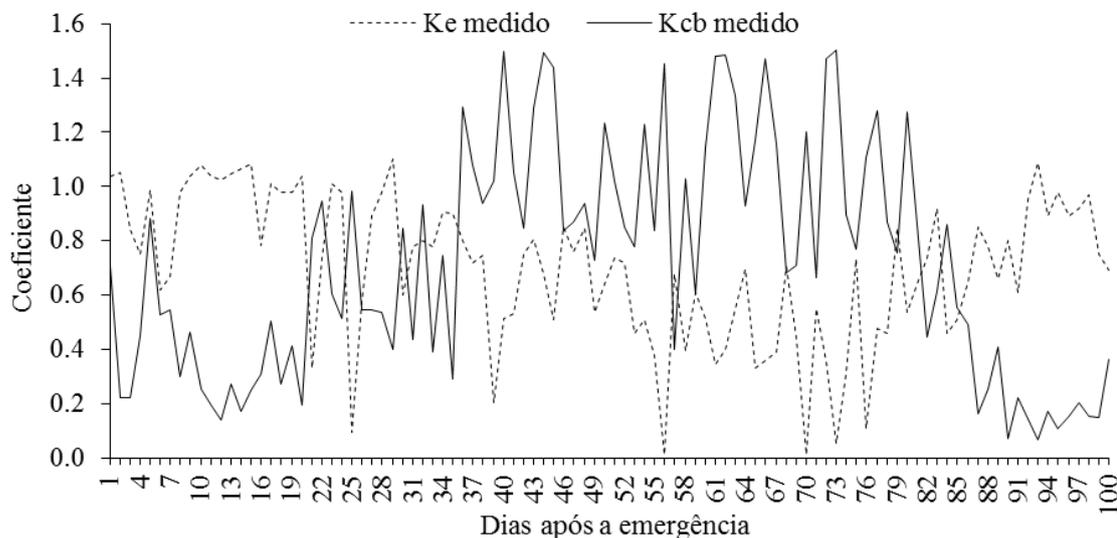
Suyker e Verma (2009) em pesquisa desenvolvida nos Estados Unidos da América, com a cultura do milho, obteve valores de evapotranspiração acumulada no ciclo de 683 mm quando irrigado e 631 mm durante período chuvoso, em cinco anos de cultivo, valor este superior aos 538,7 mm encontrado nesta pesquisa.

Souza et al. (2015) conduzindo experimentos no semiárido pernambucano verificou um total evapotranspirado pela cultura do milho de 450,6 mm, com médias diárias de evapotranspiração iguais a 5,3 mm dia⁻¹ e 6,3 mm dia⁻¹ nas fases de florescimento e enchimento de grãos, respectivamente, valores estes, próximos ao observado neste trabalho, que foram 5,5 mm dia⁻¹ e 5,7 mm dia⁻¹, respectivamente.

Para a cultura do milho os coeficientes Ke e Kcb ao longo do ciclo apresentaram uma relação inversa, da emergência até o vigésimo dia e após o octogésimo quinto dia da emergência da planta. Isto ocorre devido ao índice de área foliar, que no início do ciclo é baixo em função do início de formação das folhas, e ao fim do ciclo pela senescência das folhas, tendo em vista que a folha é a principal responsável pelos processos fisiológicos

das plantas, inclusive a transpiração (Figura 3).

Figura 3. Curvas reais de K_{cb} e K_e diário para a cultura do milho pipoca em Tangará da Serra – MT.



Os valores de K_e oscilaram entre 0,01 e 1,10 com média de 0,7 ao longo de todo o ciclo da cultura, sendo seu valor diretamente ligado a exposição do solo a radiação solar e a interação com as demais variáveis meteorológicas (umidade do solo e do ar, temperatura do ar e do solo), que é mínimo no pleno desenvolvimento da cultura, em função dos altos valores de área foliar.

Segundo Fenner et al. (2016), em condições de aumento da umidade na camada superficial, o valor de K_e tende a ser próximo de 1, com máximo de 1,2. Com a redução da umidade do solo na superfície, o K_e tende a reduzir, e a evaporação para ocorrer depende da ascensão capilar, porém, com taxa menor que a anterior.

O processo de evaporação da água do solo ocorre em duas etapas distintas, a primeira em que a água está prontamente disponível para ser evaporada na camada superior do solo ocorrendo de forma mais rápida, e a segunda em que a água presente na primeira camada do solo já foi evaporada, tendo a necessidade de uma movimentação hídrica da segunda camada

para a primeira, ocorrendo mais lentamente (ALLEN et al., 1998), fazendo com que logo após as irrigações os valores de K_e sejam ligeiramente superiores.

A evaporação da água é influenciada pelo sombreamento gerado pela cultura e também pode ser fortemente reduzida com a presença de cobertura do solo, tendo em vista que a mesma intercepta os raios solares e dificulta a absorção de energia pelo solo (GAVA et al., 2013).

Freitas et al. (2014), avaliaram a evaporação da água do solo sob diferentes níveis de cobertura morta (resteva de trigo) no Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR de Londrina, e observaram diferentes reduções na evaporação do solo em função de níveis de cobertura e atribuíram estas diferenças as variações de chuva, ao horário do dia em que as mesmas ocorriam e aos níveis de cobertura do solo, evidenciando a importância do manejo agrícola na demanda hídrica da cultura e na redução de custos com irrigação por exemplo. Justificando que a evaporação da água do solo depende da disponibilidade de energia e água, desta forma, após eventos de

irrigação, se houver disponibilidade de energia, a evaporação tenderá a ser maior.

Os valores de Kcb medidos apresentaram-se próximos aos estimados, podendo assim confirmar que para as condições experimentais é possível estimar o Kcb pela metodologia da FAO 56, e obter resultados próximos aos encontrados em lisímetros de pesagem, que apresentam alta precisão em suas medidas (Tabela 1).

No entanto, considerando os valores de Ke e Kc dual, observa-se subestimativas

em relação ao método de estimativa FAO 56 com desvio de até 0,4 para o Kc dual na fase de maior demanda hídrica da cultura. Nesse caso, verifica-se maior contribuição do ke para o total de evapotranspiração. O ke representa até 72% da evapotranspiração na fase inicial e 32% na fase de maior demanda, floração. Essas são evidências claras da necessidade de adoção de manejo de cultivo e de irrigação objetivando minimizar os impactos causados pela perda de água por evaporação.

Tabela 1. Coeficientes basal, de evaporação de água do solo e Kc dual da cultura do milho pipoca para o município de Tangará da Serra – MT, agrupados em Fases de Desenvolvimento da Cultura (F.D.C.), medidos em lisímetros de pesagem e estimados pelo modelo da FAO 56 (med. = medido; est. = estimado).

F.D.C.	Duração (dias)	Kcb		Ke		Kc dual	
		med.	est.	med.	est.	med.	est.
Inicial	20	0,6	0,7	1,0	0,5	1,3	1,2
Desenvolvimento Vegetativo	22	0,8	0,9	0,7	0,3	1,5	1,2
Floração	34	1,1	1,2	0,5	0,03	1,6	1,2
Maturidade Fisiológica	24	0,4	0,6	0,8	0,1	1,2	1,1

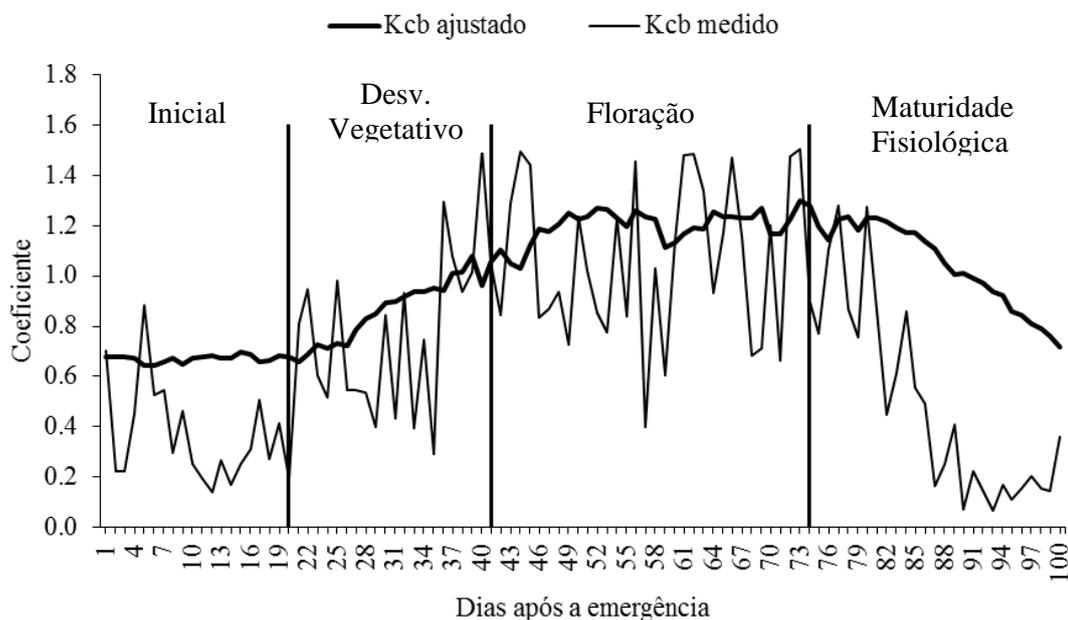
A diferença entre os valores de Kcb medidos e estimados corroboram com o resultado reportado por Fenner et al. (2016), que avaliando a cultura do feijão, obtiveram valores medidos para as fases: inicial, pleno desenvolvimento e maturação foram de 0,32, 1,10 e 0,81, respectivamente, enquanto os estimados foram de 0,35, 1,13 e 0,97, apresentando uma mínima diferença.

Souza, Lima e Carvalho (2012), observaram valores de Kc, que também foram obtidos por lisímetros de pesagem,

onde na fase inicial apresentou Kc de 0,6 a 0,7, na fase intermediária 1,0 a 1,2 e fase final de 0,5 a 0,7 para a cultura do milho em Seropédica, RJ, valores estes próximos ao encontrados nesse trabalho.

Os valores dos Kcb obtidos pelos lisímetros apresentaram-se próximos dos obtidos pela metodologia da FAO, em todas as fases fenológicas, apresentando maior variação na fase inicial e final da cultura (Figura 4).

Figura 4. Curvas reais de Kcb ajustado e Kcb medido diariamente na cultura do milho pipoca em Tangará da Serra – MT.



Com os dados obtidos no experimento observamos que os valores de Kcb determinados por lisimetria estão próximos aos valores estimados pela metodologia da FAO, conforme também observado por Santos et al. (2014) realizando experimento em Mossoró – RN, para a cultura do milho verde obtiveram valores de Kc com intervalo de confiança de 95% de probabilidade durante cada fase fenológica da cultura I (0,48 a 0,52), II (0,61 a 0,75), III (1,14 a 1,19) e IV (1,08 a 1,17).

6 CONCLUSÕES

A evapotranspiração total da cultura do milho pipoca determinada em lisímetros de pesagem de alta precisão e acurácia foi de 538,7 mm para um ciclo de 104 dias, com

valor médio diário de 5,38 mm, mínimo de 2,4 mm e máximo próximo a 7,9 mm, obtido na fase de floração.

Os coeficientes basais de cultivo determinados para a cultivar de milho pipoca AP 6002 - YOKI foram: 0,6; 0,8; 1,1 e 0,4 para os estádios de desenvolvimento inicial, pleno desenvolvimento, floração e maturidade fisiológica, enquanto os valores de ke foram: 1,0; 0,7; 0,5 e 0,8 para os mesmos estádios de desenvolvimento, respectivamente.

O kc dual para o milho pipoca nos estádios de desenvolvimento inicial, pleno desenvolvimento, floração e maturidade fisiológica são, respectivamente: 1,3; 1,5; 1,6; 1,2. O ke representa cerca de 72% da ETc na fase inicial e 32% na fase de maior demanda hídrica, a floração e enchimento de grãos.

7 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements.** Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, n. 56, p. 300, 1998.

BARBIERI, J. D.; DALLACORT, R.; SANTI, A.; FARIA JÚNIOR, C. A.; FREITAS, P. S. L. DE; ARAÚJO, D. V. DE. Classificação de risco climático para o cultivo do amendoim no Estado de Mato Grosso. **Espacios**, Caracas, v. 37, n. 8, p. 25-34, 2016.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; DE OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas, p. 1–12, 2006.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; DE FREITAS, P. S. L.; KRAUSE, W. Aptidão agroclimática do pinhão manso na região de Tangará da Serra, MT. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 373–379, 2010.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193–200, 2011.

DALMAGO, G. A.; BERGAMASCHI, H.; KRUGER, C. A. M. B.; BERGONCI, J. I.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Evaporação da água na superfície do solo em sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 780–790, 2010.

DETOMINI, E. R.; MASSIGNAN, L. F. D.; LIBARDI, P. L.; DOURADO NETO, D. Consumo hídrico e coeficiente de cultura para o híbrido DKB 390. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 445–452, 2009.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. (FAO. Estu ed. Campina Grande: UFPB: [s.n.], 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 5ed. Brasília, 2018, 590p.

ERTEK, A.; KARA, B. Yield and quality of sweet corn under deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, Montpellier, v. 129, [sn], p. 138–144, 2013.

FANCELLI, A. L. Milho e feijão: elementos de manejo em agricultura irrigada. In: DOURADO NETO, D.; SAAD, A. M.; JONG VAN LIER, Q. **Fertirrigação: algumas considerações**. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Agricultura, 1991. p.156-167.

FARIA JÚNIOR, C. A.; DALLACORT, R.; FREITAS, P. S. L. DE; SANTI, A.; FENNER, W.; NEVES, S. M. A. DA S.; BARBIERI, J. D.; RAMOS, H. DA C.; VILLELA, T. G. Agroclimatic zoning of crambe and bean for the Bacia do Alto Paraguai - MT, Brazil. **Geografia**, Rio Claro, v. 40, n. Especial, p. 85–98, 2015.

FENNER, W.; DALLACORT, R.; FREITAS, P. S. L. DE; FARIA JÚNIOR, C. A.; CARVALHO, M. A. C. DE; BARIVIERA, G. Dual crop coefficient of common bean in Tangará da Serra, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 5, p. 455–460, 2016.

FENNER, W.; DALLACORT, R.; FARIA JUNIOR, C. A.; FREITAS, P. S. L.; QUEIROZ, T. D. M.; SANTI, A. Development, calibration and validation of weighing lysimeters for measurement of evapotranspiration of crops. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 4, p. 297-302, 2019.

FLUMIGNAN, D. L.; FARIA, R. T. DE; LENA, B. P. Test of a microlysimeter for measurement of soil evaporation. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 80-90, 2012.

FREITAS, P. S. L.; GAVA, R. A.; FARIA, R. T.; REZENDE, R.; VIEIRA, P. V. D. Soil evaporation under different straw mulch fractions. **African Journal of Agricultural Research**, Victoria Island, v. 9, n. 23, p. 1793-1800, 2014.

GAVA, R.; FREITAS, P. S. L. DE; FARIA, R. T. DE; REZENDE, R.; FRIZZONE, J. A. Soil water evaporation under densities of coverage with vegetable residue. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA, 2017.**

LOPES, O. D.; KOBAYASHI, M. K.; OLIVEIRA, F. G.; ALVARENGA, I. C. A.; MARTINS, E. R.; CORSATO, C. E. Determinação do coeficiente de cultura (Kc) e eficiência do uso de água do alecrim-pimenta irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 6, p. 548-553, 2011.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 2. ed., atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355 p.

MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F. DE; BERNARDO, S.; SUGAWARA, M. T.; PEÇANHA, A. L.; GOTTARDO, R. D. Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 471-475, 2007.

OLIVEIRA, G. M. DE; LEITÃO, M. M. V. B. R.; BISPO, R. D. C. Coeficiente de cultura e produtividade da cebola submetida a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 9, p. 969-974, 2013.

PEGORARE, A. B.; FEDATTO, E.; PEREIRA, S. B.; SOUZA, L. C. F.; FIETZ, C. R. Irrigação suplementar no ciclo do milho “safrinha” sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 262-271, 2009.

SANTOS, F. X. DOS; RODRIGUES, J. J. V.; MONTENEGRO, A. A. D. A.; MOURA, R. F. DE. Desempenho de lisímetro de pesagem hidráulica de baixo custo no semi-árido nordestino. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, p. 115-124, 2008.

SANTOS, W. DE O.; SOBRINHO, J. E.; MEDEIROS, J. F. DE; MOURA, M. S. B. DE; NUNES, R. L. C. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 4, p. 559-572, 2014.

SOUZA, E. J.; CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; SILVA, T. R.; SANTOS, O. F. Eficiência do uso da água pelo milho doce em diferentes Lâminas de irrigação e adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza v. 10, n. 4, p. 750 - 757, 2016.

SOUZA, L. S. B. DE; MOURA, M. S. B. DE; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. F. DA. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão-caupi em sistemas exclusivos e consorciado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 151–160, 2015.

SOUZA, A. P.; LIMA, M. E.; CARVALHO, D. F. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do milho em monocultivo e em consórcio com a mucuna-cinza, usando lisímetros de pesagem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 1, p. 142–149, 2012.

SUYKER, A. E.; VERMA, S. B. Evapotranspiration of irrigated and rainfed maize-soybean cropping systems. **Agricultural and Forest Meteorology**, Guelphv, v. 149, n. 3-4, p. 443–452, 2009.

VAZ-DE-MELO, A.; SANTOS, L. D. T.; FINOTO, E. L.; DIAS, D. C. F. DOS S.; ALVARENGA, E. M. Germinação e vigor de sementes de milho-pipoca submetidas ao estresse térmico e hídrico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 687–695, 2012.