

Necessidades hídricas da *Crotalaria juncea* L.

Water Requirements of *Crotalaria juncea* L.

Jackson Marques Pacheco¹ e José Holanda Campelo Júnior²

Resumo - O objetivo do presente trabalho foi determinar a necessidade de água para o cultivo da crotalária (*Crotalaria juncea* L.), em Santo Antônio do Leverger, e obter equações de estimativas das exigências hídricas da cultura. A evapotranspiração máxima (ET_m) da crotalária foi determinada através do consumo medido em cinco lisímetros de nível freático constante. Em estação agroclimatológica, próxima ao local do experimento, foram coletados dados em lisímetro de drenagem, do tanque classe A, além de dados necessários para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) pelos métodos de Penman-Monteith e de Penman. A análise dos resultados mostrou que não houve diferença significativa entre as quatro estimativas de ET_o. Em média, a ET_m da crotalária, ao longo do ciclo, variou entre 1,9 a 14,5 mm.dia⁻¹. O consumo médio acumulado de água no ciclo foi de 1.452 mm, equivalente a uma ET_m média diária de 10,4 mm.dia⁻¹. Os coeficientes de cultura (kc) médios obtidos em todo o período da cultura variaram de 0,47 a 3,51. O valor de kc médio manteve-se acima de 3,0 dos 54 aos 140 dias após a semeadura, sendo portanto superiores aos valores recomendados pela FAO para diversas culturas. Nas condições do estudo, a ET_m para a crotalária pode ser estimada por meio de equações empíricas, que utilizam ET_o, índice de área foliar (IAF) e altura da planta; ET_o e IAF; ET_o e altura da planta; IAF; altura da planta; dias após a semeadura e Kc. O melhor método para a estimativa da ET_m é o que utiliza o coeficiente de cultura Kc.

Palavras-chave; Crotalária (*Crotalaria juncea* L.), coeficiente de cultura, evapotranspiração.

Abstract - This study aimed to determine the water requirements of crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) in Santo Antonio do Leverger, State of Mato Grosso, Brazil, and to obtain equations for estimating the maximum evapotranspiration. The maximum evapotranspiration (ET_m) of crotalaria was determined by measuring the water consumption in five lysimeters with a constant groundwater level. An agroclimatological station near to the experimental site was used to collect data in order to measure and estimate the reference evapotranspiration (ET_o). The analysis of results showed that there was not a significant difference between the four estimations of ET_o. On average, the crotalaria ET_m ranged from 1.9 to 14.5 mm.day⁻¹. The average total ET_m was 1452 mm, equivalent to 10.4 mm.day⁻¹. The crop coefficients (kc) obtained by four methods ranged from 0.47 to 3.51. The average value of kc remained above 3.0 from the 54th day to the 140th day after sowing date, being superior to values recommended by FAO for several other crops. The maximum evapotranspiration of *Crotalaria juncea* L. can be estimated by ET_o, the leaf area index (LAI) and plant height; ET_o and plant height; ET_o and LAI; plant height; LAI. The crop coefficient is the best method to estimate maximum evapotranspiration of *Crotalaria juncea* L..

Key words: Crotalária (*Crotalaria juncea* L.), crop coefficient, evapotranspiration.

¹ Engenheiro Eletricista, MS, Departamento de Engenharia Elétrica da UFMT, Av. Fernando Correa, s/n, 78060-900 Cuiabá - MT.

² Engenheiro Agrônomo, DR, Departamento de Solos e Engenharia Rural da UFMT

Introdução

Mato Grosso tem uma grande parte de sua área territorial formada por cerrado, onde, ao longo dos últimos 20 anos, com a introdução de novas técnicas, como a correção do solo, tem aumentado a produção agrícola do Estado.

Como a região de cerrado é constituída por terras de baixa fertilidade natural e de baixo nível de matéria orgânica, com o passar dos anos, pode haver um declínio na produtividade das culturas, devido ao esgotamento do solo.

Uma das técnicas destinadas a corrigir esta deficiência pode ser incorporação de matéria orgânica ao solo, na forma de adubação verde, através de culturas como o feijão de porco, a crotalária e outras (BULISANI & ROSTON, 1993; WUTKE, 1993).

Nos últimos anos, diversos experimentos realizados na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMT), em Santo Antônio do Leverger (MT), têm demonstrado que a crotalária apresentou um desempenho superior a outras leguminosas avaliadas na região.

As espécies vegetais utilizadas como adubo verde podem ser cultivadas tanto em sistema de rotação e/ou sucessão com culturas anuais, quanto em sistemas de consórcio com culturas perenes. Na agricultura de sequeiro, a utilização da adubação verde ocorre em rotação com outras culturas, freqüentemente sendo limitada pela disponibilidade de água. Em culturas irrigadas, a utilização de adubação verde pode representar uma alternativa promissora para redução de custo de produção. Em ambos os casos, a eficácia da utilização dos adubos verdes depende da produção de biomassa (BULISANI & ROSTON, 1993; MASCARENHAS & TANAKA, 1993; WUTKE, 1993).

Se a disponibilidade de luz e as demais condições climáticas permitirem, a produção de biomassa é máxima quando a necessidade de água da planta é suprida ao longo de todo o ciclo (DOORENBOS & KASSAN, 1979).

O objetivo do presente trabalho foi determinar a necessidade de água da crotalária (*Crotalaria juncea* L.), em Santo Antônio do Leverger, e obter equações de estimativas da evapotranspiração máxima da cultura.

Material e métodos

O trabalho experimental foi conduzido entre 9 de setembro de 1998 e 27 de janeiro de 1999, na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, localizada no Município de Santo Antônio do Leverger, Estado de Mato Grosso, nas proximidades do marco de coordenadas geográficas de 15°47' latitude sul, 56°04' longitude oeste; e altitude de 95,1m acima do nível do mar; distante 30km de Cuiabá.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Aw. A temperatura média mensal varia de 22,0°C a 27,2°C e a precipitação média anual é de 1.320mm. O período em que aparece déficit hídrico inicia em maio e termina em outubro, sendo que, do início de junho ao final de agosto, a precipitação média mensal é menor do que 15mm, e a evapotranspiração potencial média mensal ultrapassa os 75mm.

Na Estação Agroclimatológica da Fazenda Experimental foram coletados os seguintes dados: temperaturas máximas, mínimas, ambas de bulbo úmido e de bulbo seco, velocidade do vento, precipitação pluvial, insolação, evaporação medida através do tanque classe A e evapotranspiração de referência medida em lisímetro de drenagem com grama (três repetições).

O sítio experimental em que foi instalado a cultura da crotalária, a aproximadamente mil metros da Estação Agroclimatológica, se situava entre dois terraços com cana-de-açúcar distantes entre si de 30m, numa gleba de aproximadamente 10 ha com vegetação herbácea de cerrado. O plantio da crotalária foi realizado numa área de 25 x 40m, no centro da qual foi instalada uma bateria com cinco lisímetros de nível constante, cada um dos quais com um sistema independente de medida e de fornecimento de água. Dentro dessa unidade experimental foram coletados os dados de evapotranspiração máxima (ET_m) diária da cultura.

O solo da área experimental foi classificado como podzólico vermelho-amarelo.

No preparo do solo foram feitas duas gradagens aradoras e uma gradagem niveladora.

A espécie utilizada foi a *Crotalaria juncea* L., sendo que a semeadura foi realizada manualmente, em 9 de setembro de 1998, no espaçamento de 50cm entre linhas, com 25 sementes por metro linear. Após

dez dias da sementeira, foi feito um desbaste com intuito de deixar 12 plantas por metro linear, com a mesma altura.

Durante todo o ciclo da cultura foram observados os indicadores morfológicos de mudança de estágio e a duração de cada uma das etapas fenológicas.

Foram feitas medidas de ET_m da crotalaria desde a data da sementeira, efetuando-se limpezas periódicas nos tubos condutores dos mesmos, visando evitar possíveis obstruções.

Foi feita irrigação complementar por aspersão convencional na bordadura dos evapotranspirômetros e irrigação manual nas proximidades dos lisímetros para evitar a entrada da água de irrigação no sistema de medição.

Da bordadura, quinzenalmente foram retiradas amostras escolhidas aleatoriamente, constituídas pelas plantas existentes em 1m, ao longo das fileiras. As amostras foram levadas para o Laboratório de Sementes da UFMT, para determinação de área foliar. A área foliar foi determinada por integração numérica, na qual cada folha foi subdividida em figuras trapezoidais ou triangulares de um em um centímetro, ao longo do comprimento da folha. A área de cada folha foi determinada somando-se as áreas destas frações.

Com os dados obtidos de área foliar, comprimento e maior largura da folha das amostras coletadas na bordadura do experimento, foi obtida uma equação de regressão entre a área foliar e o produto do comprimento pela maior largura da folha.

A área foliar em cada lisímetro foi obtida utilizando-se a equação de regressão encontrada, com as medidas de comprimento e maior largura de cada folha, de cinco plantas do lisímetro. O IAF foi calculado multiplicando-se a área foliar média de uma planta pelo número de plantas do lisímetro, e dividindo-se o resultado pela área total da superfície do lisímetro.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi determinada de quatro maneiras diferentes: lisímetro de drenagem com grama (ET_{oLD}), tanque classe A (ET_{oTA}), Penman 1948 (ET_{oP48}) e Penman - Monteith (ET_{oPM}), de acordo com ALLEN et al. (1989).

Os resultados obtidos nos lisímetros 1, 2 e 3, com crotalaria foram utilizados para obter estimativas da ET_m, usando o modelo do coeficiente de cultura (kc) e seis equações empíricas usando a ET_o, o IAF, a altura da cultura e dias após a sementeira, como variáveis independentes.

O cálculo do kc foi determinado como resultado da divisão do valor médio da ET_m, medida nos lisímetros 1, 2 e 3, e o valor medido de ET_{oLD}.

Os valores de kc foram determinados para todos os intervalos de medida de ET_m e para os dados agrupados segundo decênios e segundo os estádios recomendados por DOORENBOS & PRUITT (1977).

A aplicação do método de Penman-Monteith para estimativa direta da ET_m consistiu em utilizar valores da resistência aerodinâmica (ra) e de resistência da cultura (rc), considerando-se as variações de IAF e de altura da crotalaria, ao longo do ciclo (SMITH et al., 1990).

Para comparar os métodos da estimativa da ET_m, procedeu-se à comparação entre os dados estimados por cada um dos modelos e os dados observados nos outros dois lisímetros de nível constante. Na análise foram considerados os seguintes indicadores estatísticos: precisão - coeficientes de correlação "r", exatidão - índice de concordância "d" de Willmott, e de índice de confiança ou desempenho "c", onde c = r.d (CAMARGO & SENTELHAS, 1997).

Resultados e discussão

Os valores médios diários de ET_o, determinados por estádios, no ciclo da crotalaria, variaram de 3,7 a 4,9mm.dia⁻¹, com média de 4,4mm.dia⁻¹ pelo método de Penman; de 3,6 a 4,7mm.dia⁻¹ com média de 4,2mm.dia⁻¹ pelo método de lisímetro de drenagem; de 3,5 a 4,6mm.dia⁻¹, com média total de 4,1mm.dia⁻¹ pelo método de Penman-Monteith; de 3,6 a 4,8mm.dia⁻¹, com média total de 4,1mm.dia⁻¹ pelo método do tanque classe A. Os valores médios dos estádios para os diversos métodos variaram de 3,6 a 4,7mm.dia⁻¹, com média em todo o ciclo de 4,2mm.dia⁻¹.

Os valores médios de ET_o foram comparados entre si por meio de análise de variância, não apresentando diferença estatística significativa, ao nível de 5% de probabilidade, entre os métodos de estimativa. Desse modo, foram confirmadas "in loco" as observações já obtidas em outras condições, de que o tanque classe A permite determinar a evapotranspiração de referência, apesar das suas características e propriedades aerodinâmicas e radiativas não serem semelhantes às da grama.

Na Tabela 1, são mostrados os valores médios diários da ET_m obtidos nos cinco evapotranspirômetros de cultivo. Ao longo do expe-

Tabela 1. Evapotranspiração máxima da crotalária cultivada em lisímetro de nível constante de lençol freático (ETm, em mm.dia⁻¹; os algarismos representam os números de identificação dos lisímetros), em Santo Antônio do Leverger-MT.

Estádio*	ETm1	ETm2	ETm3	ETm4	ETm5	Média
I	2,0	2,0	1,9	2,0	1,9	2,0
II	3,2	3,2	3,2	3,1	2,8	3,1
III	6,0	6,1	6,4	6,3	6,1	6,2
IV	15,1	14,2	14,3	14,1	15,1	14,5
V	13,7	13,4	13,4	14,5	14,9	14,0
Média	8,0(ns)	7,8(ns)	7,8(ns)	8,0(ns)	8,2(ns)	8,0(ns)
ETm Total	1455	1409	1421	1463	1512	1452

* De acordo com DOOREMBOS & PRUITT (1977)

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade. CV = 5,1%

rimento, a evapotranspiração máxima da crotalária, determinada por estágio fenológico, variou em média de 2,0 a 14,5mm.dia⁻¹ e o consumo médio acumulado de água foi de 1.452mm, equivalente a um consumo médio diário de 10,4mm.dia⁻¹. Estes resultados foram superiores aos encontrados por CASEIRO (1996) (consumo médio de 5,2mm.dia⁻¹ e consumo total de 668,19mm para o milho), indicando assim que a crotalária é mais exigente com respeito ao consumo de água, que o milho.

Os maiores valores de evapotranspiração máxima da crotalária ocorreram nos estádios IV e V, época do maior índice de área foliar, resultado semelhante ao de MATZENAUER (1993) que, estudando a ETm do milho, de 1976 a 1988 em Taquari – RS, concluiu que os maiores valores de ETm ocorrem nos estádios de maior IAF.

Os resultados médios de ETm observados no local, de novembro de 1998 a janeiro de 1999, de 14,5 e 14,0mm.dia⁻¹, respectivamente, nos estádios IV e V, se mostraram superiores aos valores relatados na literatura para diversas culturas em outros locais e, no mesmo local, para o feijoeiro, de setembro a novembro do mesmo ano, e para o milho em ano anterior. Além dos valores relativamente elevados de radiação solar incidente no período (com média de 16,8 MJ/m².dia), esses resultados devem ter sido causados pela área foliar da cultura, com valores de IAF próximos de 10, superior portanto aos valores médios encontrados em trabalhos realizados com outras culturas anuais (3 a 5). É ainda importante destacar que, em função do uso de lisímetros de nível constante, durante todo o ciclo foi mantido o suprimento pleno de água para as plantas, que os lisímetros utili-

zados foram alimentados de maneira independente, com fornecimento contínuo de água, que os resultados não mostraram diferenças significativas entre eles e que o coeficiente de variação encontrado foi da ordem de 5%.

Considerando que a quantidade de biomassa produzida pela crotalária ao longo do período do estudo foi equivalente a 30t/ha de matéria seca, os valores de eficiência de uso da água obtidos foram da ordem de 2g de matéria seca/kg de água. BEGG & TURNER (1976), sistematizaram informações sobre este parâmetro com informações disponíveis na literatura e verificaram que os valores máximos da valores de eficiência de uso da água se situava

entre 1,5 e 3,0g de matéria seca/kg de água. Desse modo, os valores relativamente elevados de ETm no dois últimos estádios da crotalária cultivada em Santo Antônio do Leverger, de setembro de 1998 a janeiro de 1999 podem ser atribuídos principalmente ao tamanho das plantas, seja pela própria área foliar, seja pelo efeito aerodinâmico, ou mesmo por aumentar o efeito da advecção.

Os valores de evapotranspiração máxima da crotalária, média diária dada por estágio, foram avaliados estatisticamente em todo o período do experimento, não apresentando diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, entre os lisímetros. O baixo coeficiente de variação apresentado na Tabela 1 evidencia que não houve heterogeneidade entre os lisímetros, provavelmente porque predominaram condições microclimáticas semelhantes e não houve diferença significativa de área foliar.

Os valores dos coeficientes de cultura por estádios, obtidos pela razão ETm/ET_{o,LD}, estão apresentados na Tabela 2.

Considerando-se o agrupamento dos dados, por estágio, o coeficiente de cultura foi crescente do primeiro ao quinto estágio, variando de 0,47 a 3,51. No estágio I o kc médio foi de 0,47 com solo descoberto; no estágio II o kc médio foi de 0,88 com IAF variando de 0 a 0,98; no estágio III o kc médio foi de 1,34 com IAF variando de 0,98 a 6,02; no IV estágio o kc médio foi de 3,07 com IAF variando de 2,78 a 10,26 e no V estágio o valor do kc médio foi de 3,51 com IAF variando de 7,27 a 10,26.

Os valores médios do kc no I e II estágio ficaram próximos do valor de 0,41 encontrado por OLIVEIRA et al. (1993) no período inicial de desenvol-

Tabela 2. Coeficientes de Cultura (kc) da crotalaria, segundo os períodos de agrupamento dos dados medidos em Santo Antônio do Leverger-MT (Os valores de cada coluna estão colocados, da esquerda para a direita, em ordem cronológica).

Dias após a semeadura	Estádio*	kc estádio	kc decêndio	kc integral
1 - 6	I	0,47	0,32	0,39 0,60
7 - 22	II	0,88	0,88	0,32 0,81 0,91
23 - 53	III	1,34	1,16 1,33 1,50	1,41 0,75 0,58 0,56 1,62 0,80 1,33 1,55 1,92
54 - 88	IV	3,07	2,31 3,3 13,15 2,75	2,27 2,68 3,15 2,91 2,26 2,97 2,54 3,01 3,62 3,28
89 - 140	V	3,51	3,20 2,52 4,15 4,04	3,82 3,29 2,57 2,73 6,02 4,42

* De acordo com DOOREMBOS & PRUITT (1977)

vimento da cultura de milho, e foram superiores aos obtidos pelos mesmos autores nos estádios III, IV e V, quando o kc durante a formação de espiga foi de 1,16. OMETTO (1981) cita que os kc recomendados pela FAO, no período de pico de consumo de água, variam de 1,05 a 1,2, dependendo das condições de vento e umidade relativa do ar. CASEIRO (1996), com milho na mesma região, encontrou valores médios que variaram de 1,28 a 1,76. Este resultado provavelmente se deve ao fato de que a crotalaria apresentou valores mais elevados de IAF quando comparado com o milho, variando de 7,44 a 10,92 dos 60 aos 140 dias.

Na Tabela 2, ao examinar os valores de kc obtidos a cada decêndio e a cada intervalo de medida (kc integral), verifica-se que os resultados apresentam uma oscilação, que o agrupamento dos dados por estádio não revelou. Desse modo, embora os valores de kc tenham apresentado a mesma tendência de aumento, quando dispostos em ordem cronológica, eles não foram sempre crescentes. Os resultados obtidos a intervalos de tempo inferiores a 10 dias não refletiram apenas o crescimento das plantas e a demanda evaporativa atmosférica, demonstrados quando a análise se procedeu com os valores totais dos estádios.

DENMEAD & SHAW (1962) mostraram que o consumo de água pelo milho foi praticamente o mesmo para as plantas cultivadas em quase toda a faixa de disponibilidade de água no solo, quando os dias foram nublados, úmidos e de calmaria, mas foi significativamente alterado pela disponibilidade de água, quando os dias foram mais ensolarados, mais secos e com vento. No presente estudo, provavelmente, como naquele estudo, nos dias de menor demanda de água a transpiração das plantas foi menos afetada pela própria planta do que nos dias mais ensolarados e mais secos.

Neste estudo, além do emprego de kc, procurou-se uma relação entre ETm, ETo, IAF e altura da planta, através de análise de regressão múltipla. Utilizou-se como variável dependente a evapotranspiração máxima, média diária, e como variáveis independentes a evapotranspiração de referência (média estimada pelos quatro métodos utilizados em todo o estudo: Penman-Monteith, Penman, tanque classe A e lisímetro de drenagem), o índice de área foliar e a altura da planta.

A altura da planta e o índice de área foliar foram ajustados através de equação de regressão para a idade média de cada estádio.

As equações de ajuste da altura da planta (H) e índice de área foliar foram obtidas utilizando-se dias após a semeadura como variável independente, e altura média de planta medida a cada quinze dias ao longo do ciclo da cultura como variável dependente. O resultado obtido foi:

$$IAF = -0,00001 \text{ dia}^3 + 0,00104 \text{ dia}^2 + 0,13382 \text{ dia} - 2,343 \quad r^2 = 0,96$$

$$H = -0,0002 \text{ dia}^2 + 0,0555 \text{ dia} - 0,7332 \quad r^2 = 0,98$$

A equação de regressão múltipla obtida quando se utilizou como variáveis independentes a evapotranspiração de referência, a altura de plantas e o índice de área foliar, foi:

$$ETm = -1,342 + 8,489 H - 0,958 IAF + 0,667 ETo \quad r^2 = 0,74$$

Quando se utilizou como variáveis independentes a altura da planta e a evapotranspiração de referência, a equação foi:

$$ETm = -0,351 + 4,679 H + 0,504 ETo \quad r^2 = 0,73$$

Quando se utilizou como variáveis independentes o índice de área foliar e a evapotranspiração

de referência, obteve-se o seguinte resultado:

$$ET_m = 0,945 + 1,133 IAF + 0,349 ETo \quad r^2 = 0,69$$

Quando se utilizou como variável independente a altura da planta, a equação foi:

$$ET_m = 1,635 + 4,837 H \quad r^2 = 0,72$$

Quando se utilizou como variável independente o índice de área foliar, a equação foi:

$$ET_m = 2,304 + 1,164 IAF \quad r^2 = 0,69$$

CASEIRO (1996), usando a mesma metodologia, encontrou coeficientes de determinações que variaram de 0,53 a 0,89, sendo que a máxima correlação foi obtida quando se utilizou como variáveis independentes a evapotranspiração de referência e o índice de área foliar.

No presente estudo, a melhor combinação para a estimativa de ET_m , por regressão múltipla foi obtida quando se usou como variáveis independentes a ETo , o IAF e a altura da planta, e a combinação de ETo e altura da planta, embora as demais combinações tenham apresentado correlações significativas.

Através de análise de regressão, considerando o tempo como variável independente e a evapotranspiração máxima da cultura como variável dependente, obteve-se a equação $ET_m = 1,740 + 0,132 \cdot \text{dias}$, com um coeficiente de determinação de 0,66. Esta equação pode ser usada para estimar a ET_m em função dos dias após a semeadura, mas cabe ressaltar que a crotalária é sensível ao fotoperíodo, além da temperatura, e, portanto, dependendo da época de semeadura, pode haver alteração na altura da planta, no IAF, e no comprimento do ciclo, influenciando no consumo de água pela planta.

Com este mesmo procedimento OLIVEIRA et al. (1993) encontraram uma equação com coeficiente de determinação de 0,97 e CASEIRO (1996) de 0,27.

Observa-se, pela Tabela 3, que o desempenho de cada um dos métodos de estimativa da evapotranspiração máxima foi diferente.

Os indicadores “d”, “r” e “c” mostram a mesma tendência, colocando os métodos de estimativa na seguinte ordem decrescente de desempenho: Modelo $Kc > H$, IAF, $ETo = H$, $ETo = IAF$, $ETo > H = IAF = Kc \text{ estádio} = Kc \text{ decêndio} > \text{Dias} = \text{Penman-Monteith}$.

CAMARGO & SENTELHAS (1997) utilizaram o mesmo procedimento para comparar dados estimados e dados medidos de ETo , no Estado de São Paulo, obtendo valores de c que permitiram classificar os modelos desde ótimo até péssimo.

O modelo coeficiente de cultura Kc integral apresentou melhor desempenho, provavelmente porque as variáveis que refletem o efeito das condições da cultura guardam uma dependência importante com os aspectos fenológicos da cultura e as variações meteorológicas, que não foram suficientemente equacionadas pelos modelos empíricos que levam em considerações o IAF, H e a ETo , embora estas pareçam ser as variáveis mais significativas para determinar a necessidade de água da cultura. Os valores do Kc decêndio, por serem valores médios de dez em dez dias, e os valores Kc estádio, por serem valores médios determinados por estádio, em intervalos de tempo que variaram de 5 a 51 dias, não evidenciam as variações meteorológicas diárias à que as plantas estão expostas, demonstrando que estes métodos são menos sensíveis que o método em que se utiliza maior número de valores para Kc ao longo do experimento. Os modelos empíricos que levam em consideração isoladamente a altura de planta, o Índice de Área Foliar, dias após a semeadura, demonstram que estes parâmetros isoladamente não são os mais recomendáveis para estimar a ET_m . O método Penman-Monteith apresentou desempenho mau provavelmente porque a equação não apresenta boa aderência entre valores estimados e medidos quando o IAF fica superior a 6, como pode ser visto na Figura 1.

Conclusões

- Nas condições do estudo, a evapotranspiração máxima para a crotalária pode ser estimada por meio de equações empíricas, que utilizam as combinações de evapotranspiração de referência (ETo), índice de área foliar (IAF) e altura da planta; ETo e IAF; ETo e altura da planta; IAF; altura da planta; dias após a semeadura; e coeficiente de cultura.
- O melhor método para a estimativa da evapotranspiração máxima é o que se utiliza o coeficiente de cultura.
- Não ocorre diferença significativa entre os métodos do lisímetro de drenagem, do tanque classe A, de Penman e Penman-Monteith, para determinar o valor da evapotranspiração de referência.

Tabela 3. Desempenho dos métodos de estimativa da evapotranspiração máxima da Crotalária, em Santo Antônio do Leverger-MT, em 1998/99.

Métodos	“d” *	“r” **	Índice “c”	Desempenho	Erro Padrão de Estimativa
Kc integral	0,97	0,93	0,91	Ótimo	1,98 mm.dia ⁻¹
IAF,ETo	0,89	0,70	0,62	Mediano	3,71 mm.dia ⁻¹
H, ETo	0,89	0,69	0,61	Mediano	3,74 mm.dia ⁻¹
H,IAF,ETo	0,88	0,69	0,61	Mediano	3,81 mm.dia ⁻¹
IAF	0,88	0,68	0,60	Sofrível	3,80 mm.dia ⁻¹
H	0,88	0,67	0,59	Sofrível	3,87 mm.dia ⁻¹
Kc estádio	0,89	0,64	0,57	Sofrível	4,18 mm.dia ⁻¹
Kc decêndio	0,89	0,68	0,61	Sofrível	4,18 mm.dia ⁻¹
Dias	0,84	0,60	0,50	Mau	4,29 mm.dia ⁻¹
ETm _{PM}	0,78	0,64	0,50	Mau	5,15 mm.dia ⁻¹

* Coeficiente de concordância

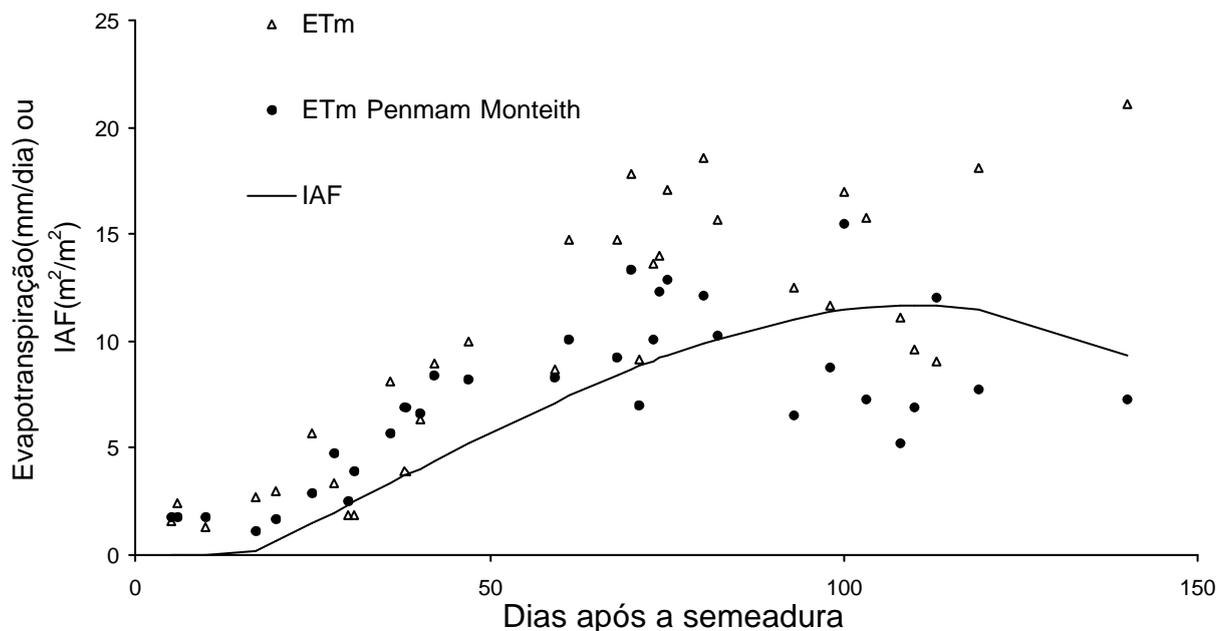
** Coeficiente de correlação

Referências bibliográficas

- ALLEN, R.G., JENSEN, M.E., WRIGHT, J.L. et al. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81. p. 650-662, 1989.
- BEGG, J.E., TURNER, N.C. Crop water deficits. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 28. p. 161-300, 1976.

BULISANI, E.A., ROSTON, A.J. **Leguminosas: adubação verde e rotação de culturas**. Campinas : IAC, 1993. 35 p.

CAMARGO, A.P., SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

**Figura 1.** Evolução do Índice de Área Foliar (IAF), Evapotranspiração Máxima observada (ETm) e Evapotranspiração Máxima calculada pelo método de Penman-Monteith (ETm PM) ao longo do ciclo da crotalária, cultivada em Santo Antônio do Leverger-MT.

- CASEIRO, F.T. **Evapotranspiração Máxima e Coeficiente de Cultura do Milho no período seco em Santo Antônio do Leverger-MT**. Cuiabá : UFMT, 1996. 63 p. (Dissertação de Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, 1996.
- DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma : FAO, 1977. p. 194.
- DENMEAD, O.T., SHAN, R.N. Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 45, p. 385-390, 1962.
- DOORENBOS, J., KASSAN, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma : FAO, 1979. 212 p.
- MASCARENHAS, H.A.A., TANAKA, R.T. **Rotação de culturas**. Campinas : IAC, 1993. 121 p.
- MATZENAUER, R. Evapotranspiração máxima do milho e relações com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman, evaporação do Tanque Classe A e Radiação Solar Global, em três épocas de semeadura. **In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA**, 1993, Porto Alegre, RS. **Anais...** Santa Maria : Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/Universidade Federal de Santa Maria/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993. 211 p.
- OLIVEIRA, F.A., SILVA, J.J.S., CAMPOS, T.G.S. Evapotranspiração e desenvolvimento radicular do milho irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 12, p. 1349-1467, 1983.
- OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Ceres, 1981. 400 p., p.79-255.
- SMITH, M., SEGEREN, A., PEREIRA, L.S. et al. **Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements**. Roma : FAO, 1990. 45 p.
- WUTKE, E.B. **Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo**. Campinas : IAC, 1993. 121 p.

