



Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da cultura do pinhão manso¹

*Evapotranspiration and culture coefficient of oil seed plant *Jatropha curcas**

**Admar Junior Coletti², Rivanildo Dallacort³, Flávio Carlos Dalchiavon⁴, Juliano Araújo Martins⁴,
Adalberto Santi³, Miriam Hiroko Inoue³**

¹Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Campus Universitário de Tangará da Serra

²Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia. Av. Brasil, 56, Centro – CEP: 15385-000, Ilha Solteira, SP. E-mail: admar_coletti@hotmail.com

³Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Campus Universitário de Tangará da Serra, Departamento de Agronomia

⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT. Departamento de Agronomia

Recebido em: 09/06/2010

Aceito em: 19/11/2012

Resumo. A água é o maior fator limitante à obtenção de elevadas produtividades em culturas agrícolas. Devido à escassez de estudos ligados à necessidade hídrica da cultura do pinhão manso, objetivou-se determinar a evapotranspiração e o coeficiente de cultivo desta cultura. O experimento foi realizado na Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus de Tangará da Serra, MT, localizado à 14° 37' 10" S, 57° 29' 09" W e altitude de 321,5 m. O clima da região é o Tropical Úmido Megatérmico e o solo do tipo Latossolo Vermelho distroférico. Para determinar a Evapotranspiração de referência (ET_o) utilizou-se o método de Penman-Monteith, e para a evapotranspiração da cultura (ET_c) lisímetros de drenagem. Observou-se no período de estudo uma ET_o média de 4,1 mm dia⁻¹ e uma ET_c média de 11,4 mm dia⁻¹, tais valores geraram um K_c médio de 2,66, sendo altamente influenciado no período da seca, devido a elevada demanda atmosférica ocasionada pelo comportamento meteorológico e as elevadas produtividades.

Palavras-chave. *Jatropha curcas* L, necessidade hídrica, período seco, produtividade

Abstract. The water is the most limiting factor to obtain high crops yields. Due the absence of studies about the water requirements of the *Jatropha curcas* L, this study aimed to determine the evapotranspiration and crop coefficient of this culture. The experiment was conducted at the Universidade do Estado de Mato Grosso, located on the municipal district of Tangará da Serra, Mato Grosso, Brazil, 14° 37' 10" S, 57° 29' 09" W and elevation of 321,5 m. The weather of region is classified how Tropical Humid Megathermic and the soil type dystroferric Red Latosol (OXISOL). For determine the reference evapotranspiration (ET_o), was used the model of Penman-Monteith and for the evapotranspiration of the culture (ET_c), drainage lysimeters. Was observed during the studied period, one average ET_o of 4,1 mm dia⁻¹ and one average ET_c of 11,4 mm dia⁻¹, generating one crop coefficient (K_c) of 2,66, being highly influenced on the dry period for the meteorological comportment and high productivity.

Keywords. *Jatropha curcas* L, dry period, water needs , productivity

Introdução

A água é um dos fatores limitantes à produção agrícola. É o componente mais abundante nas plantas, correspondendo de 80 a 90% da massa fresca na maioria das espécies herbáceas, sendo responsável também por manter a turgescência, ou pressão nas células, atuando como solvente na maior parte dos solutos consumidos (Silva et al., 2004).

Os recursos hídricos estão cada vez mais escassos e geram competição entre o seu uso direto no cotidiano urbano e na agricultura, potencializando a geração de alimentos em épocas de estiagem. Com isso, torna-se necessário o planejamento mais eficaz para otimizar o seu uso na produção agrícola por meio de metodologias que estimem com exatidão a quantidade de água a ser aplicada às culturas. Um ponto crucial é a



quantificação correta da evapotranspiração dos cultivos (Santiago et al., 2002).

A evapotranspiração é um processo natural de perda de água do solo e da planta para a atmosfera, constituindo-se em um parâmetro de grande relevância para o manejo agrícola (Santos et al., 2008). Estes processos ocorrem separadamente, mas geralmente são analisados conjuntamente, por meio da evapotranspiração, devido à dificuldade de distingui-los (Allen et al., 1998).

Uma forma de determinar a evapotranspiração é a utilização de lisímetros, os quais além de permitirem sua determinação direta, servem como instrumento de calibração para métodos empíricos (Machado & Mattos, 2001).

Conhecer a evapotranspiração de uma cultura (ETc), ao longo de seu ciclo, e o seu coeficiente de cultivo (Kc) é de grande importância para o dimensionamento e o manejo de sistemas de irrigação. Isso contribui para o aumento da produtividade e para a otimização da utilização dos recursos hídricos, da energia elétrica e dos equipamentos de irrigação (Miranda et al., 1999; Montenegro et al., 2004).

A cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L) é uma espécie perene, pertencente à família das Euforbiáceas, a mesma da mamona, mandioca e seringueira (Laviola & Dias, 2008). É considerada uma cultura adaptada às mais diversas condições edafoclimáticas, sobrevivendo bem em condições de solos marginais e de baixa fertilidade natural (Arruda et al., 2004).

Com o advento do Programa Brasileiro de Biodiesel, o pinhão manso foi incluído como uma alternativa de matéria prima, baseando-se na expectativa de que a planta possua alta produtividade de óleo, tenha baixo custo de produção, por ser perene, e seja extremamente resistente ao estresse hídrico, porém, as pesquisas com a cultura do pinhão manso estão apenas se iniciando no Brasil (Saturnino et al., 2005).

Devido à inexistência de estudos ligados à necessidade hídrica da cultura do pinhão manso, bem como sua influência na produção, torna-se necessário um estudo que determine esses parâmetros para estabelecer práticas de manejo capazes de otimizar a utilização da água na cultura. Assim, o objetivo do presente trabalho foi determinar a evapotranspiração (ETc) e o coeficiente de cultivo (Kc) da cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L).

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Campo Experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Campus de Tangará da Serra, localizado geograficamente a 14° 37' 10" S e 57° 29' 09" W, com altitude média de 321,5 metros. O clima da região é o Tropical Úmido Megatérmico (Aw), com temperaturas elevadas, chuva no verão e seca no inverno. O solo é do tipo Latossolo Vermelho distroférico, de textura muito argilosa (argila: 664 g kg⁻¹). Os valores médios anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar são, respectivamente, 24,4 °C, 1.500 mm e 70 - 80%.

Foram utilizados os dados meteorológicos obtidos da Estação Agrometeorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no campo experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso e instalada ao lado do experimento.

A evapotranspiração de referência (ETo) foi estimada pelo método de Penman-Monteith, sendo que os dados meteorológicos utilizados foram organizados e verificados a sua consistência, e sua determinação calculada com o auxílio do Programa Computacional para a Organização e Análise de Dados Meteorológicos, denominado CLIMA, desenvolvido pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) (Faria et al., 2003).

A evapotranspiração potencial da cultura (ETc) foi determinada com o auxílio de lisímetros de drenagem. Os lisímetros de percolação ou drenagem, somente têm precisão para períodos mais ou menos longos, devido ao movimento da água no solo ser relativamente lento, recomendando-se a determinação da evapotranspiração por médias semanais, quinzenais ou mensais (Bernardo et al., 2005). Logo, os dados de irrigação, percolação e de precipitação pluvial foram reunidos mensalmente, calculando-se a ETc através da Equação 1:

$$ETc = I + P - D \quad \text{Eq (1)}$$

Onde:

ETc - evapotranspiração potencial da cultura (mm);

I - irrigação (mm);

P - precipitação (mm);

D - drenagem (mm).

A relação entre a ETc, conduzida sem limitação hídrica, e a ETo, resulta no coeficiente de cultivo (Kc), também denominado coeficiente de cultivo simples, conforme a Equação 2 (Allen et al., 1998):

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \quad \text{Eq (2)}$$



Sendo:

Kc - coeficiente de cultivo (adimensional);

ETc - evapotranspiração potencial da cultura (mm dia⁻¹);

ETo - evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹).

O experimento foi conduzido em uma área de aproximadamente 567,0 m², sendo 27,0 m de comprimento por 21,0 m de largura. Os lisímetros foram instalados no mês de agosto de 2007, sendo estes de formato redondo, correspondente a uma caixa plástica de polietileno com superfície evapotranspirante de 1,6 m² e profundidade útil de expansão de raízes de 0,7 m. No fundo de cada

lisímetro foi instalado um ralo com um cano inclinado para caixa coletora e na extremidade de cada cano um registro para retirada da água drenada. Para facilitar a drenagem da água percolada, no fundo dos lisímetros adicionou-se 0,1 m de brita.

Os oito lisímetros foram preenchidos com solo retirado do local, onde acomodou-se cada lisímetro, tendo o cuidado de manter a mesma ordem de retirada do solo, no interior dos mesmos. Mediante a análise química do solo (Tabela 1) realizou-se a correção do mesmo, com calcário calcítico, com a finalidade de elevar a saturação por bases para 60%.

Tabela 1. Características químicas do solo na camada de 0,00 - 0,20 m, antes da instalação do experimento. Tangará da Serra, MT, 2009

pH	MO	P ^(*)	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V
CaCl ₂	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³				cmol _c dm ⁻³				%
5,0	36,2	3,9	66,5	1,7	1,1	0,0	3,4	3,0	6,4	46,4

(*) Método da Resina. Legenda: SB – soma de bases; CTC – capacidade de trocar cátions a pH 7,0; V – saturação por bases; MO – matéria orgânica.

A estabilização do solo foi realizada antes do transplântio das mudas, com irrigações constantes, durante 70 dias, até não haver mais o rebaixamento do nível do solo dentro dos lisímetros. No interior dos lisímetros foi cultivada, sem restrição hídrica, a cultura do pinhão manso, sendo uma planta em cada lisímetro, e para efeito de bordadura foram transplantadas duas fileiras com a mesma cultura em torno dos lisímetros. Em síntese, o projeto constituiu-se de 48 plantas, em espaçamento de 3 x 3 m.

As mudas foram produzidas com sementes procedentes do Estado de Minas Gerais. O transplântio das mudas no campo foi realizado no início do mês de novembro de 2007, quando as mesmas apresentavam uma altura aproximada de 0,20 m e 50 dias de idade. No dia 01 de janeiro de 2008, 60 dias após transplântio (DAT) das mudas, iniciaram-se as coletas de água drenada dos lisímetros, se estendendo até o final do mês de março de 2009, totalizando 455 dias de dados coletados para a determinação da necessidade hídrica da cultura em sua fase inicial e de formação. As coletas foram realizadas diariamente pela manhã, com auxílio de proveta graduada de 1.000 mL, e quando necessário (após precipitações elevadas) utilizou-se baldes graduados de 20 L. As coletas consistiam na abertura do registro na extremidade inferior do cano.

As irrigações foram realizadas conforme a metodologia proposta por Bernardo et al. (2005), sendo que as plantas contidas nos lisímetros eram irrigadas diariamente, com a mesma quantidade de água, suficiente para proporcionar pequeno percolado em todos, em torno de 10% do total aplicado nas irrigações.

Ao longo do experimento efetuou-se o manejo da cultura, seguindo as recomendações para a cultura, e quando necessário, baseou-se na cultura da mamona (mesma família) devido à falta de estudos com a cultura do pinhão manso. Este manejo incluiu o controle de plantas daninhas nos lisímetros e, inclusive, entre as linhas; pragas e doenças; aplicação de fertilizantes; todos realizados sempre que necessário, buscando deixar as plantas em condições potenciais de cultivo.

Foram avaliadas mensalmente a altura e a produtividade das plantas. Para a avaliação da altura de planta utilizou-se uma régua de madeira graduada, com 3,0 m de comprimento, posta paralelamente ao caule da planta, sendo a leitura efetuada no ápice do ramo principal, marcado desde o transplântio das mudas. Para a determinação da produtividade, realizou-se colheitas mensais, tomando-se cuidado especial no período das águas, quando realizavam-se colheitas semanais, evitando assim, a germinação das sementes. Depois de colhidos, os frutos foram levados à estufa a 65°C até

massa constante dos mesmos (aproximadamente 72 horas). Em seguida, os frutos foram descascados e quantificadas as massas das sementes para determinação da produtividade. Esta que foi extrapolada para quilogramas por hectare.

Dos oito lisímetros instalados inicialmente, utilizou-se para a coleta de dados apenas os cinco lisímetros mais “homogêneos”, sendo os resultados dos demais descartados, pois apresentaram problemas estruturais (vazamentos). Neste sentido, para as variáveis altura de plantas, produtividade e

ETc, os resultados foram obtidos através da média das cinco plantas contidas nestes lisímetros.

Resultados e Discussão

A temperatura do ar atmosférico no município de Tangará da Serra, durante o experimento, registrou valores extremos de 38,8, 24,6 e 10,4°C para máxima, média e mínima, respectivamente (Figura 1). Estes valores se mostraram adequados ao desenvolvimento da cultura do pinhão manso.

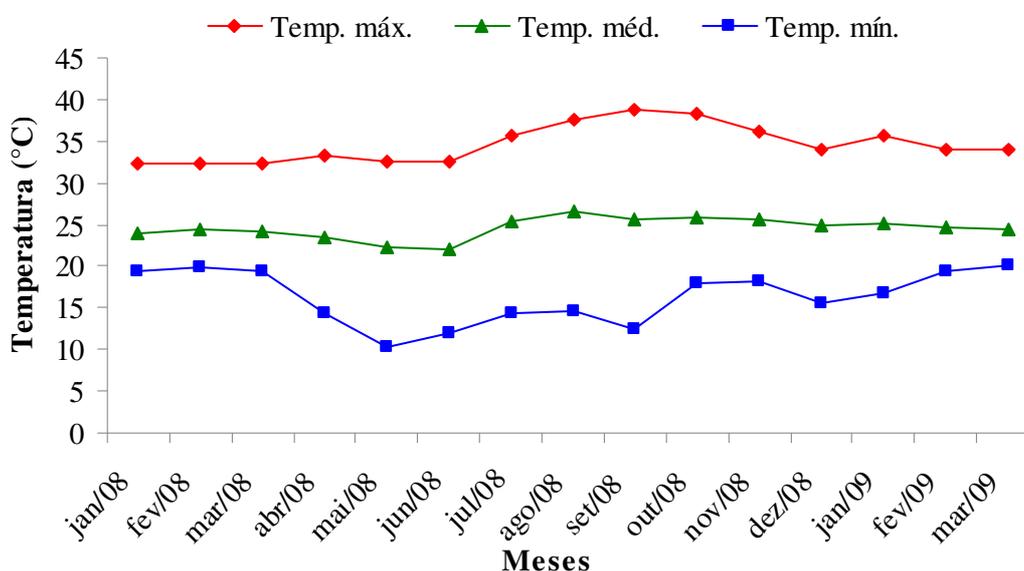


Figura 1. Valores médios de temperatura máxima, média e mínima (°C) durante os meses de estudo. Tangará da Serra, MT, 2009

Nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro de 2008 foram registradas as maiores temperaturas médias mensais, sendo elas 26,6, 25,6, 25,7 e 25,6 °C, respectivamente. Já as temperaturas médias mais amenas encontraram-se nos meses de abril, maio e junho do mesmo ano, com valores respectivos de 23,4, 22,2 e 22,1°C. Os meses mais quentes foram no final do inverno e início da primavera, e os meses mais frios no final do outono e início do inverno, com variação de 4,4°C na média do mês mais frio para o mês mais quente.

Com relação à umidade relativa do ar, a média durante a execução do experimento foi de 73%, sendo que os únicos meses em que a umidade média foi inferior a 60% foram observadas em julho, agosto e setembro de 2008. Nos demais meses a umidade relativa do ar foi superior a 70% (Figura 2).

A velocidade média do vento durante o período de estudo foi de 2,83 m s⁻¹, sendo que as menores médias foram observadas nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2008 e março de 2009, com 2,5, 2,5, 2,2, 2,5 e 2,1 m s⁻¹, respectivamente. Já as maiores médias mensais foram registradas nos meses de julho, agosto, setembro e outubro de 2008, respectivamente com 3,1, 4,5, 3,5 e 3,1 m s⁻¹ (Figura 3).

A menor média de radiação solar global ocorreu no mês de janeiro de 2008, com 14,1 MJ m⁻², já o mês com maior média foi agosto, com 19,6 MJ m⁻². A média anual de radiação solar para o período experimental foi 16,9 MJ m⁻² (Figura 4).

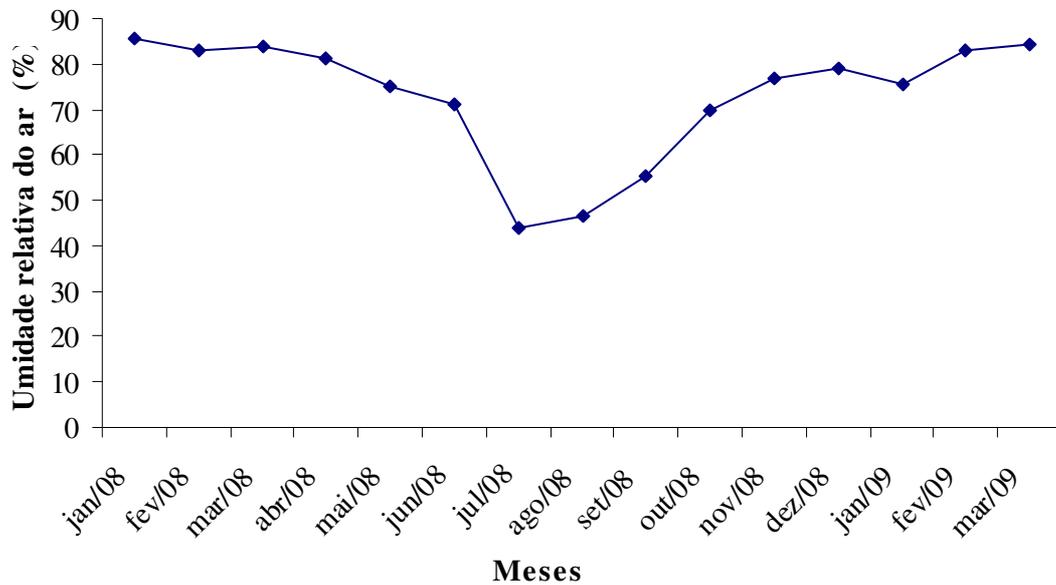


Figura 2. Valores médios da umidade relativa do ar (%) durante os meses de estudo. Tangará da Serra, MT, 2009

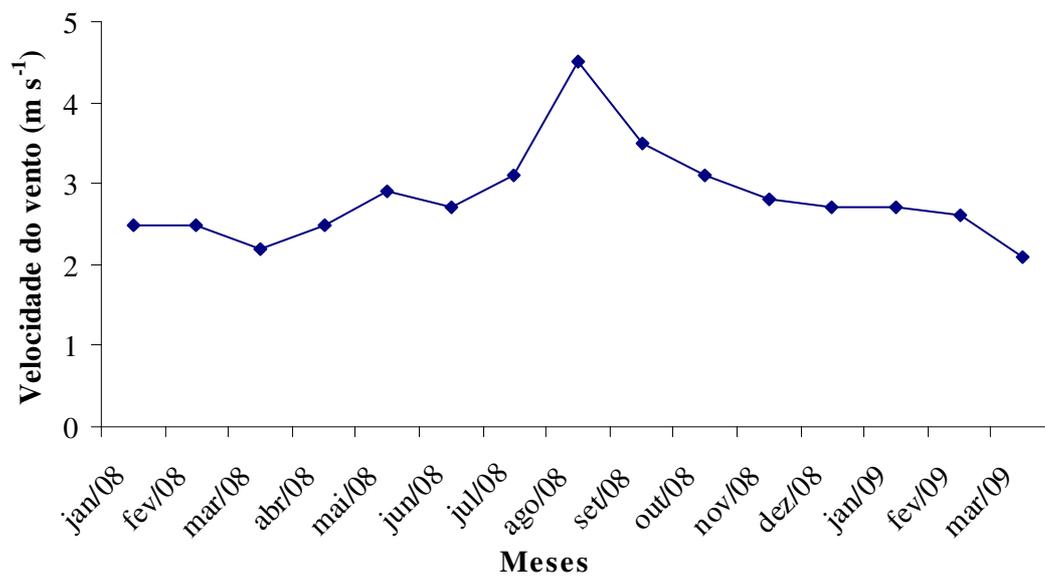


Figura 3. Valores médios da velocidade do vento (m s⁻¹) durante os meses de estudo. Tangará da Serra, MT, 2009

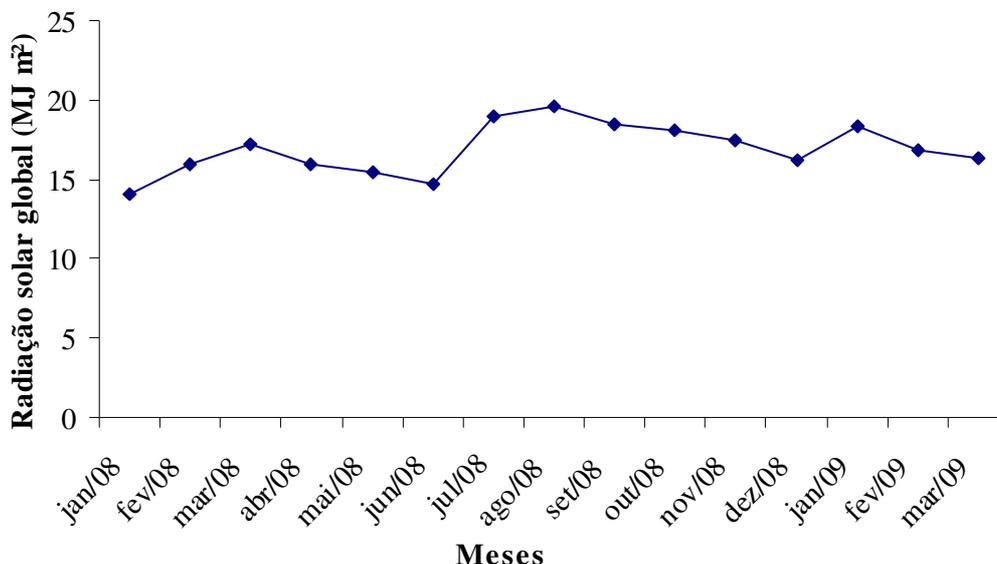


Figura 4. Valores médios da radiação solar global (MJ m⁻²) durante os meses de estudo. Tangará da Serra, MT, 2009

A precipitação pluvial acumulada no período de estudo foi de 2.409 mm, sendo que os meses de maior precipitação foram janeiro e dezembro de 2008, com uma lâmina total de 820,4 mm, o que representou 34,1 % de toda a precipitação do

período estudado (Figura 5). A precipitação acumulada dos meses de maio a novembro de 2008 totalizou 348 mm, o que representou apenas 14 % do total, indicando, portanto, uma irregularidade na distribuição anual da precipitação.

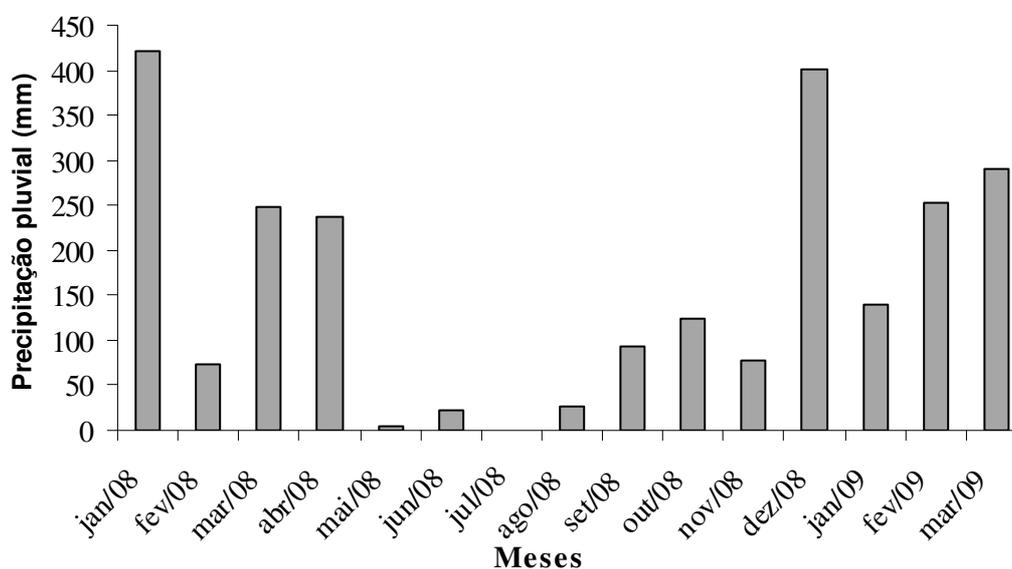


Figura 5. Valores médios de precipitação pluvial (mm) durante os meses de estudo. Tangará da Serra, MT, 2009

Durante o período de execução do experimento registrou-se os maiores valores de temperatura do ar (Figura 1), de velocidade do vento (Figura 3) e de radiação solar global (Figura 4) entre os meses de julho a setembro, ao mesmo tempo em que, para o mesmo período, foram registrados os

menores valores da umidade relativa do ar (Figura 2). As associações destes eventos propiciaram a maior demanda hídrica da atmosfera, aumentando assim, as taxas de evapotranspiração e exigência hídrica da cultura.

Verificou-se que a maior média de crescimento em altura das plantas foi observada no mês de março de 2008, com um crescimento de 0,51

m, o que caracterizou um crescimento médio de 1,65 cm dia⁻¹ (Figura 6).

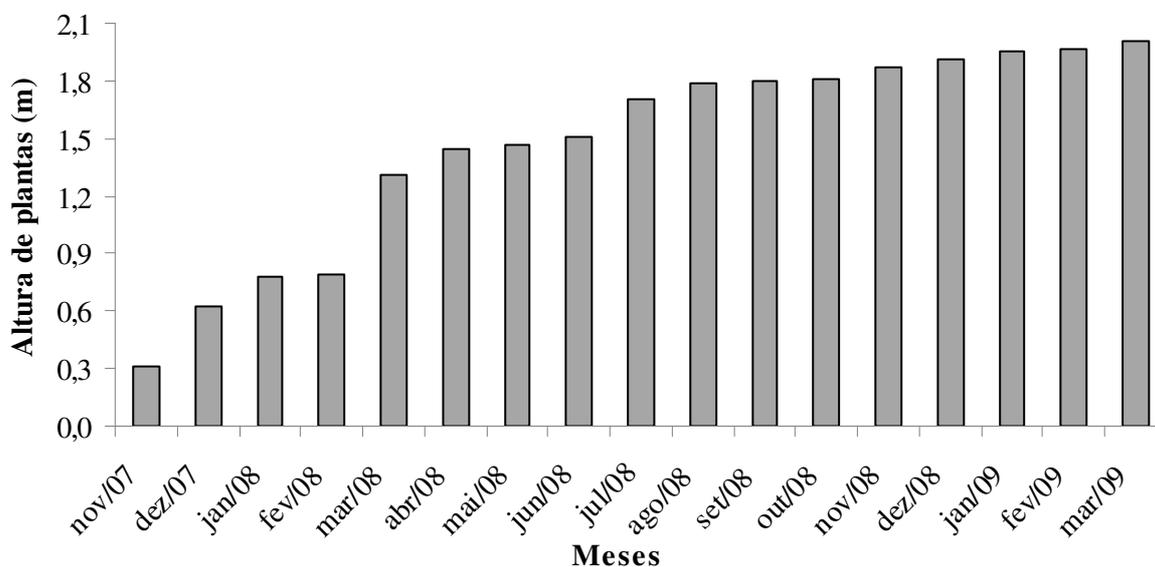


Figura 6. Valores médios de altura de plantas (m) da cultura do pinhão manso em condições potenciais durante os meses de estudo. Tangará da Serra, MT, 2009

O crescimento expressivo em altura observado na cultura a partir de março de 2008, deve-se às plantas estarem em pleno desenvolvimento vegetativo, estando este acelerado crescimento relacionado a um ataque severo de ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus*) no período compreendido entre o final de janeiro e meados de fevereiro de 2008. Os ácaros promoveram a paralisação do crescimento das plantas no mês de fevereiro, refletindo-se num crescimento de apenas 0,013 m. Após o controle dos ácaros, as plantas reconstituíram sua área foliar, o que pode ter provocado o crescimento expressivo observado no mês de março.

Seis meses após o transplantio das mudas, as plantas atingiram uma altura média de 1,45 m. Estes resultados são superiores aos valores obtidos por Drumond et al. (2007), que trabalhando o efeito do espaçamento no desenvolvimento do pinhão manso em Sergipe, observaram em avaliação preliminar realizada seis meses após o transplantio, em plantas de todos os tratamentos, valores de altura de plantas variando de 0,81 a 1,00 m.

Observou-se que do transplantio ao final do mês que antecedeu a primeira colheita (março), as

plantas atingiram uma altura média de 1,30 m, equivalendo a um crescimento médio de 0,85 cm dia⁻¹. Para o período compreendido entre a primeira e última colheitas (abril de 2008 à março de 2009) observou-se um crescimento médio das plantas de 0,70 m ou 0,19 cm dia⁻¹. Contudo, verificou-se que com o início da produção, as plantas reduziram o seu crescimento em altura. A taxa geral de crescimento foi 0,34 cm dia⁻¹, com um crescimento total de 1,78 m, do transplantio a última avaliação.

As maiores produtividades foram observadas nos meses de outubro e novembro de 2008, respectivamente, com 589,9 e 519,1 kg ha⁻¹ de sementes. Essas produtividades foram alcançadas quando as plantas estavam com idade entre 12 e 13 meses. As menores produtividades foram observadas nos meses de abril e maio de 2008, respectivamente, com 5,1 e 3,7 kg ha⁻¹, devido às plantas estarem iniciando o seu período produtivo (primeiros frutos colhidos – 1º ciclo reprodutivo), período este que ocorreu no 6º e 7º mês após o transplantio das mudas (Figura 7).

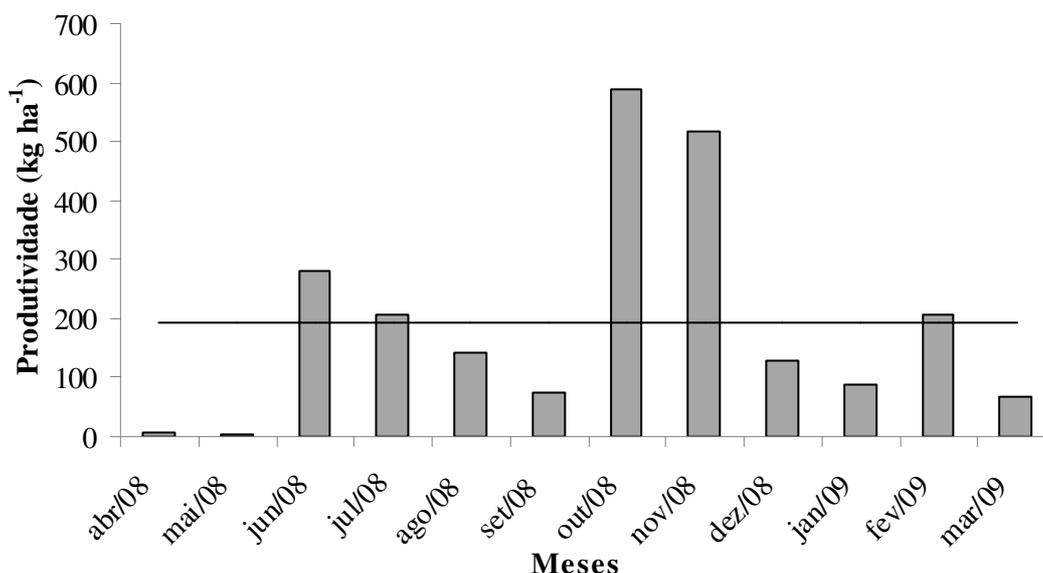


Figura 7. Valores médios de produtividade de sementes (kg ha⁻¹) da cultura do pinhão manso cultivada em condições potenciais durante os meses de estudo. Tangará da Serra, MT, 2009

A produtividade média do primeiro ano de cultivo (novembro de 2007 a outubro de 2008) foi de 1.303,8 kg ha⁻¹ ou 1.178 g planta⁻¹ de sementes. Em contrapartida, em apenas cinco meses do segundo ano (novembro de 2008 a março de 2009) de cultivo, a produtividade observada foi de 1.009,5 kg ha⁻¹ ou 908 g planta⁻¹ de sementes. Os valores encontrados são superiores aos mencionados por Tominaga et al. (2007), que em um estudo realizado na região de Minas Gerais, a produtividade média atingiu 100, 500, 2.000 e 4.000 g planta⁻¹ de sementes, respectivamente, para o primeiro, segundo, terceiro e quarto anos de cultivo.

Segundo Peixoto (1973), a produtividade dessa cultura pode variar de 500 a 1.200 kg ha⁻¹ de sementes limpas para o primeiro ano. Utilizando como referência os dados citados pelo autor, evidenciou-se para a região de estudo uma produtividade superior em 103,8 kg ha⁻¹ ou 8,65% a mais que a produtividade máxima mencionada. Também no Estado de Minas Gerais, em área irrigada e com boa fertilidade Purcino & Drummond (1986) observaram, que o pinhão manso iniciou a produção logo no segundo ano, atingindo 2.000 kg ha⁻¹ de sementes. Comparando a produção citada, com a do presente trabalho verificou-se que, em apenas 17 meses obteve-se uma produtividade de 2.313,3 kg ha⁻¹ de sementes, o que equivale a

15,66% a mais que a produção observada em dois anos pelos autores.

Ressalta-se que em condições potenciais (sem restrição hídrica), uma vez iniciado a produção (abril de 2008), as plantas não pararam mais de produzir, independente da época do ano, tendo uma média mensal de 192,8 kg ha⁻¹ (do início da produção até o fim do período de estudo).

A ETo média mensal durante o período estudado foi de 123,7 mm, o que equivale a 4,1 mm dia⁻¹. Já a média mensal de ETc foi de 347,1 mm ou 11,4 mm dia⁻¹.

Observou-se que o maior valor de ETo foi encontrado no mês de agosto de 2008, com 186,6 mm e média diária de 6,0 mm. Tal valor é 1,9 mm (46,8%) superior a média mensal de ETo do período estudado, demonstrando assim, a elevada demanda hídrica da atmosfera neste mês. A demanda neste mês é justificada uma vez que ocorreu a maior temperatura média 26,6°C (Figura 1) e maior velocidade média dos ventos 4,5 m s⁻¹ (Figura 3). Por outro lado, o menor valor mensal de ETo foi registrado no mês de junho com 96,4 mm, neste mês ficou caracterizada a menor temperatura média 22,1 °C (Figura 1) e uma umidade média relativa do ar de 71,3% (Figura 2).

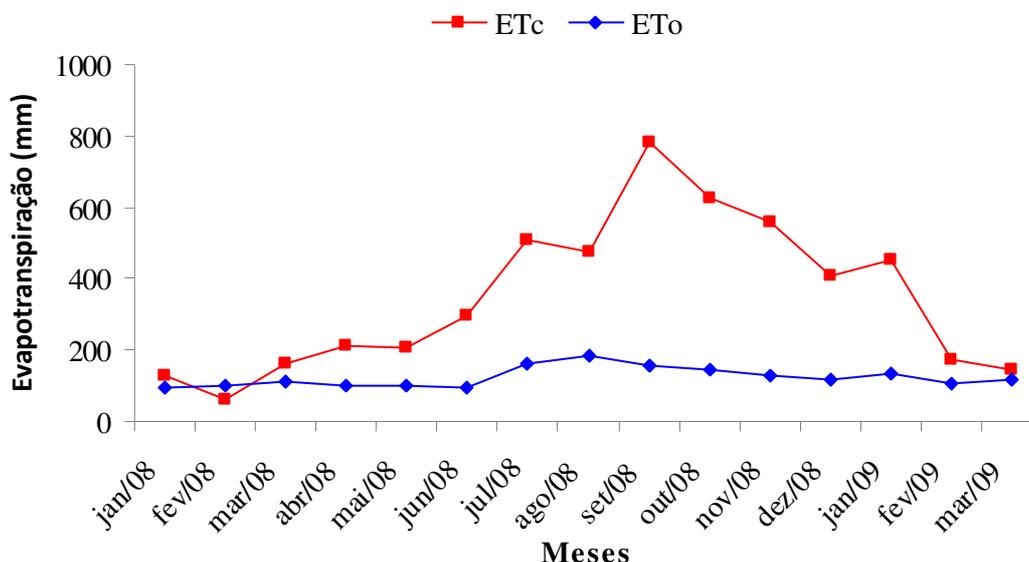


Figura 8. Valores médios da evapotranspiração potencial da cultura (ETc) e da evapotranspiração de referência (ETo) nos meses de estudo. Tangará da Serra, MT, 2009

Com relação a ETc, observou-se que o mês de setembro apresentou o maior valor, com 784,5 mm e uma média diária igual a 26,2 mm. Essa elevada ETc, justifica-se em parte pela alta demanda atmosférica, influenciada pelas variáveis climáticas. Esta elevada demanda hídrica em setembro também pode estar relacionada à produtividade da cultura, pois verificou-se que este mês antecedeu o mês com maior produção observada durante o período de estudo (outubro com 589,9 kg ha⁻¹). Nesta fase, em que antecedeu a colheita (últimos 30 a 40 dias) verificou-se a maior demanda hídrica para o desenvolvimento de frutos e enchimento das sementes.

A ETc no estágio reprodutivo apresentou uma variação mensal de 144,3 a 784,5 mm, respectivamente, para março de 2009 e setembro de 2008. Tais variações, segundo Oliveira et al. (2007), são influenciadas pelas condições meteorológicas

durante o desenvolvimento das plantas, caracterizadas pela temperatura do ar, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa do ar. Por outro lado, as características de crescimento e desenvolvimento das plantas, associadas ao tipo de solo, fertilidade do solo, época de semeadura, cultivar e práticas culturais, exercem também influências sobre o consumo de água.

Considerou-se como transição de estágio fenológico (vegetativo para reprodutivo) o momento em que 50% das plantas emitiram a sua primeira estrutura reprodutiva. Este momento ocorreu aos 150 DAT, próximo ao dia 30 de março de 2008. Devido a coleta de dados ter sido iniciada aos 60 DAT, o estágio vegetativo ficou caracterizado apenas por três meses (01 de janeiro à 31 de março de 2008 – 60 a 150 DAT), sendo encontrado um Kc médio de 1,14, com desvio padrão 0,45 (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficientes de cultivo (Kc) nos estágios fenológicos da cultura do pinhão manso. Tangará da Serra, MT, 2009

DAT*	Estágio Fenológico	Kc médio	Desvio padrão
60 – 150 dias	Vegetativo	1,14	0,45
150 – 272 dias	1º ciclo reprodutivo	2,61	0,61
273 – 395 dias	2º ciclo reprodutivo	4,08	1,05
396 – 515 dias	3º ciclo reprodutivo	2,44	1,17
150 – 515 dias	Todo o ciclo reprodutivo	3,04	1,17
60 – 515 dias	Todo o período de estudo	2,66	1,32

*DAT – Dias após transplântio das mudas no campo.



O elevado Kc no estágio vegetativo deve-se, em parte, ao elevado crescimento vegetativo da cultura (Figura 6), sendo que as plantas em apenas cinco meses atingiram uma altura média de 1,30 m, ou seja, cresceram o equivalente a 64,7% da sua altura ao final das avaliações. Este elevado crescimento em altura foi acompanhado de elevadas taxas de ramificação o que aumentou o dossel vegetativo da planta, elevando assim, a demanda hídrica.

Nos primeiros meses do desenvolvimento das plantas as taxas de evaporação e transpiração variam consideravelmente. De acordo com Allen et al. (1998), na fase de implantação, a planta tem pouca área foliar e o solo em que ela se encontra está quase que por completamente exposto aos fatores atmosféricos. Assim, as taxas de evaporação representam quase por completo os valores de evapotranspiração. Conforme a área foliar da cultura vai aumentando, os valores se invertem, sendo a transpiração o componente que mais representa a evapotranspiração.

Para melhor entendimento, devido à cultura ser perene, se encontrar em condições potenciais e possuir características como desuniformidade de florada, ficou evidenciado dos 150 aos 515 DAT três ciclos reprodutivos da cultura, sendo estes caracterizados pelo período compreendido da emissão da inflorescência até a maturidade fisiológica da semente, que para a região ocorreu em torno de 85 a 95 dias.

O Kc médio encontrado para os três ciclos reprodutivos foi de 3,04, com um desvio padrão de 1,17. Os ciclos reprodutivos apresentaram diferentes valores médios de Kc, sendo eles de 2,61, 4,08 e 2,44 para o primeiro, segundo e terceiro ciclos, respectivamente. Ressalta-se que o elevado valor de Kc observado no segundo ciclo reprodutivo, plantas com idade de 10 à 13 meses, pode ter sido afetado por vários fatores, sendo eles: elevada demanda atmosférica nos meses na qual o ciclo estava inserido; maiores produtividades observadas em todo o período de estudo; irrigação somente nas plantas dos lisímetros e de forma localizada, com poucas plantas exercendo o efeito bordadura e espaçamento da cultura.

Todos esses fatores contribuíram para a elevada demanda hídrica da cultura, ficando visível o que relataram Bernardo et al. (2005), ou seja, plantas isoladas ou pequenas áreas cultivadas próximas de áreas com solo descoberto, estão sujeitas a maiores intensidades de evapotranspiração, pois recebem energia solar

diretamente sobre a área e ainda a energia da massa de ar quente e com baixa umidade, proveniente da área sem vegetação, caracterizando o chamado Efeito Oásis.

O Kc da cultura do pinhão manso ao longo de todo o período de estudo foi igual a 2,66, apresentando um desvio padrão de 1,32.

Conclusões

A taxa geral de crescimento foi de 0,34 cm dia⁻¹, com um crescimento total em altura de 1,78 m, entre o transplantio e a última avaliação.

A produtividade média encontrada no primeiro ano de cultivo foi de 1.303,8 kg ha⁻¹ ou 1.178 g planta⁻¹ de sementes. E para os primeiros 5 meses do segundo ano, 1.009,5 kg ha⁻¹ ou 908 g planta⁻¹ de sementes.

A evapotranspiração de referência média mensal durante o período estudado foi de 123,7 mm, o que equivale a uma média de 4,1 mm dia⁻¹. Já a média mensal da evapotranspiração potencial da cultura foi de 347,1 mm, com uma média de 11,4 mm dia⁻¹.

O coeficiente de cultivo médio durante todo o período de estudo foi de 2,66, tendo para o estágio vegetativo um coeficiente de cultivo médio de 1,14 e para o estágio reprodutivo 3,04.

Agradecimentos

À FAPEMAT – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Mato Grosso, pelo auxílio financeiro na realização do projeto de pesquisa e pela concessão de bolsas de Iniciação Científica, e ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de bolsas de Iniciação Científica.

Referências

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO Irrigation and Drainage Paper 56).

ARRUDA, F.P.; BELTRÃO, N.E.M.; ANDRADE, A.P.; PEREIRA, W.E.; SEVERINO L.S. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.8, n.1, p.789-799, 2004.



- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa, UFV, 2005, p.52-53.
- DRUMMOND, M.A.; ANJOS, J.B.; MORGADO, L.B.; SOUZA, V.F.; FARIAS, G.A. Efeito do espaçamento no desenvolvimento do Pinhão Manso em Nossa Senhora da Glória, SE. In: II Congresso Internacional de Agroenergia e Biocombustíveis, 2007, Teresina. Livro de **Resumos** do II Congresso Internacional de Agroenergia e Biocombustíveis. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2007.
- FARIA, R.T.; CARAMORI, P.H.; CHIBANA, E.Y.; BRITO, L.R.S. CLIMA – Programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.372-387, 2003.
- LAVIOLA, B.G.; DIAS, L.A.S. Acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, n.5, p.1969-1975, 2008.
- MACHADO, R.E.; MATTOS, A. Construção e instalação de um lisímetro com sistema de drenagem. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.1, p.147-151, 2001.
- MIRANDA, F.R.; SOUZA, F.; RIBEIRO, R.S.F. Estimativa da evapotranspiração e do coeficiente de cultivo para a cultura do melão plantado na região litorânea do Ceará. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.18, n.4, p.63-70, 1999.
- MONTENEGRO, A.A.T.; BEZERRA, F.M.L.; LIMA, R.N. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do mamoeiro para a região litorânea do ceará. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.464-472, 2004.
- OLIVEIRA, L.F.C.; OLIVEIRA, R.Z.; BORGES, L.B.; WEHR, T.R.; BONOMO, R. Coeficiente de cultura e relações hídricas do cafeeiro, cultivar catucaí, sob dois sistemas de manejo da irrigação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n.3, p.154-162, 2007.
- PEIXOTO, A.R. **Plantas oleaginosas arbóreas**. São Paulo: Nobel, 1973. 284p.
- PURCINO, A.A.C.; DRUMMOND, O.A. **Pinhão manso**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1986. p.7.
- SANTIAGO, A.V.; PEREIRA, A.R.; FOLEGATTI, M.V.; MAGGIOTTO, S.R. Evapotranspiração de referência medida por lisímetro de pesagem e estimada por Penman-Monteith (FAO-56), nas escalas mensal e decendial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.57-66, 2002.
- SANTOS, F.X.; RODRIGUES, J.J.V.; MONTENEGRO, A.A.A.; MOURA, R.F. Desempenho de lisímetro de pesagem hidráulica de baixo custo no semi-árido nordestino. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.115-124, 2008.
- SATURNINO, H.M.; PACHECO, D.D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N.P. Cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L). **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.26, n.229, p.44-78, 2005.
- SILVA, K.O.; MIRANDA, J.H.; DUARTE, S.N.; FOLEGATTI, M.V. Análise de métodos de estimativa de evapotranspiração na otimização de sistemas de drenagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.2, p.161-165, 2004.
- TOMINAGA, N.; KAKIDA, J.; YASUDA, E.K. **Cultivo de pinhão manso para produção de biodiesel**. Viçosa, Centro de Produções Técnicas, p.220, 2007.