

Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção de óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.)

Paulo Roberto Pravuschi¹, Patricia Angélica Alves Marques^{2*}, Bruno Henrique Marega Rigolin¹ e Ana Cláudia Pacheco Santos¹

¹Universidade do Oeste Paulista, Rod. Raposo Tavares, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Engenharia de Biosistemas – Engenharia da Irrigação, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Av. Pádua Dias, 11, Cx. Postal 9, 13418-900, Piracicaba, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: paamarques@usp.br

RESUMO. O manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) é uma planta aromática de importância econômica no Brasil, muito usado como tempero na preparação de alimentos. É também utilizado para a obtenção de óleo essencial, importante na indústria de perfumaria. O objetivo deste experimento foi analisar o efeito de cinco lâminas de irrigação, bem como uma análise da viabilidade econômica da aplicação da irrigação na produção do manjeriço. O experimento foi conduzido no período de março a outubro de 2007. As lâminas foram baseadas na evaporação do Tanque Classe A (ECA) sendo: 0, 50, 75, 100 e 150% ECA. As variáveis analisadas foram matéria seca das folhas e inflorescências, teor de óleo essencial, massa seca e comprimento de raízes. Foram calculadas a produtividade de óleo essencial e a receita líquida. A terceira colheita foi viável somente utilizando irrigação. A irrigação diária excessiva prejudicou o desenvolvimento da planta. A lâmina de irrigação equivalente a 100% ECA promoveu a máxima produtividade de matéria seca (4.248,67 kg ha⁻¹), assim como a máxima produtividade de óleo essencial (58,26 kg ha⁻¹), apresentando receita líquida anual de R\$ 2.543,82 ha⁻¹.

Palavras-chave: manejo da irrigação, plantas medicinais, Tanque Classe A, ervas aromáticas.

ABSTRACT. Effect of different water depths in basil (*Ocimum basilicum* L.) oil production. Basil (*Ocimum basilicum* L.) is an aromatic plant of economic importance in Brazil, very used as a spice for food preparation. It is also used to obtain essential oil, which is important in the perfume industry. The purpose of this experiment was to analyze the effect of five irrigation water depths, as well as an economic viability analysis of the application of irrigation in basil production. The experiment was carried out from March to October 2007. The water depths were based in the cumulative class A pan evaporation (CPE): 0, 50, 75, 100 and 150% CPE. The analyzed variables were dry weight for leaves and flowers, content of essential oil, and dry mass and length of root zone. The essential oil yield and net return were calculated. The third harvest was possible only under irrigation. The daily excessive water depth was detrimental to plant development. The 100% CPE water depth showed the maximum dry mass productivity (4,248.67 kg ha⁻¹), as well as the maximum essential oil yield (58.26 kg ha⁻¹) with net annual profit of R\$ 2,543.82 ha⁻¹.

Key words: irrigation scheduling, medicinal plants, class A pan evaporation, aromatic plants.

Introdução

O manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) é uma planta aromática de importância econômica. Só os EUA importaram, em 1988, 1.806 toneladas de manjeriço (folhas secas e óleo essencial), equivalentes a 2,5 milhões de dólares (SIMON, 1990). Esse valor aumentou para 4.195 toneladas de matéria seca em 1996, equivalentes a 5,5 milhões de dólares (BLANK et al., 2004). De acordo com Soares et al. (2007), o seu valor econômico encontra-se na exportação do óleo essencial, alcançando níveis significativos de comercialização no mercado nacional e internacional. A produção do óleo essencial mundial

chegou a 43 toneladas em 1992, equivalendo a 2,8 milhões de dólares (LAWRENCE, 1993).

O óleo essencial obtido do manjeriço é importante na indústria de perfumaria e na aromatização de alimentos e bebidas (MAROTTI et al., 1996; BLANK et al., 2004). De acordo com Ereno (2006), o óleo essencial do manjeriço contém cerca de 40,2 a 48,5% de linalol. Segundo Blank et al. (2004), o manjeriço tem grande potencial agrônomico para extração do linalol, pelo teor de óleo apresentado e por ser uma planta de ciclo curto. O óleo essencial de manjeriço também apresenta propriedades inseticidas e repelentes (UMERIE et al., 1998).

Durante muitos anos, a principal fonte natural de linalol tem sido o pau-rosa (*Aniba rosaedora*), uma árvore da flora amazônica. Para a produção de 50 toneladas de óleo é necessário derrubar cerca de 2.000 árvores por ano. O risco eminente da extinção do pau-rosa e os sérios impactos causados pela sua extração levaram à busca de fontes alternativas de linalol, entre elas o óleo do manjeriço que, além dos benefícios ecológicos, traz também benefícios sociais como a geração de emprego e renda ao pequeno agricultor.

As informações quanto à qualidade aromática do manjeriço em função das técnicas de cultivo são escassas (FERNANDES et al., 2004). No Brasil, é cultivado principalmente por pequenos produtores rurais para a comercialização como condimento (TEIXEIRA et al., 2002).

De maneira geral, são poucas as informações disponíveis do ponto de vista agrônomo que evidenciem o comportamento das plantas medicinais, aromáticas e condimentares quando submetidas às técnicas de produção agrícola. Desta maneira, também são poucos os trabalhos referentes ao efeito do estresse hídrico em plantas medicinais (SCHEFFER, 1992; SILVA et al., 2002). De acordo com Bradshaw e Hardwick (1989), os estímulos do ambiente podem ocorrer por excesso ou deficiência de fatores de produção como luz, água, nutrientes ou temperatura. Diversas plantas medicinais, aromáticas e condimentares são produzidas com o uso da irrigação suplementar, tais como orégano, camomila, sálvia e menta (HADID et al., 2004).

Silva et al. (2002) estudaram o efeito do estresse hídrico sobre o teor, a composição química do óleo essencial e o crescimento de *Melaleuca alternifolia* Cheel (Myrtaceae) e observaram que a deficiência hídrica severa diminuiu o crescimento, a produção de biomassa fresca e seca das plantas e o teor de óleo essencial. Carvalho et al. (2003) estudaram artemísia (*Tanacetum parthenium* L.), mantida a 100, 90, 70 e 50% da capacidade de campo, e verificaram reduções de 16% na altura e 22,5% na massa fresca nas plantas crescidas a 50% da capacidade de campo, em relação às crescidas a 90% da capacidade de campo.

Além dos aspectos citados acima, o clima é um dos principais fatores na determinação do volume de água evapotranspirada pelas culturas. Além dos fatores climáticos, a evapotranspiração também é influenciada pela própria cultura. Um dos métodos mais utilizados para estimativa da evapotranspiração (ET_o) é o método do Tanque Classe A, em que se mede o efeito integrado da radiação solar, vento, temperatura e umidade do ar sobre a evaporação de uma superfície livre de água, e a planta responde às mesmas variáveis climáticas (DOORENBOS; PRUITT, 1984). Apresenta facilidade de operação e custo relativamente baixo, além de resultados satisfatórios para estimativa da demanda hídrica das culturas (VOLPE; CHURATA-MASCA, 1998). Diversos autores utilizaram o Tanque Classe A para a determinação da lâmina de irrigação, tais como: Santana et al. (2004), Alves Júnior et al. (2005) e Melo et al. (2006).

Dessa maneira, o objetivo deste experimento foi analisar o efeito de cinco lâminas de irrigação baseadas no Tanque Classe A, bem como uma análise da viabilidade econômica da aplicação da irrigação na produção de massa seca e óleo essencial do manjeriço.

Material e métodos

Esta pesquisa foi conduzida na área experimental do horto de Plantas Medicinais da Unoeste, no período de março a outubro de 2007, em Presidente Prudente, Estado de São Paulo, latitude 22°07'04"S e longitude 51°22'05"W de Grw, altitude de 435 m. O clima é, pela classificação de Köppen, Aw mesotérmico, com verões quentes e invernos secos. O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, de textura arenosa/média (EMBRAPA, 1999). A Tabela 1 apresenta a análise físico-química do solo, realizada conforme Raji et al. (2001). O solo do experimento não recebeu a prática da adubação nem calagem por se tratar de área comumente utilizada para plantio de olerícolas com valor de V% próximo a 70% e teores de nutrientes adequados (RAIJ et al., 1996). De acordo com Oliveira Júnior et al. (2006), são escassas as informações sobre as exigências nutricionais de plantas medicinais, principalmente no Brasil.

Tabela 1. Análise físico-química de solo.

P	K	Ca	Mg	Al ⁺³	H+Al	Mn	Fe	Cu	Zn	B	SO ₄ ⁻²
mg dm ⁻³			mmol _c dm ⁻³					mg dm ⁻³			mmol _c dm ⁻³
36	1,8	19	14	0	19	16,1	23,2	1,3	0,6	0,13	8,0
pH	M.O.	SB	CTC	M%	V%	Areia	Silte	Argila	Classe Textural		
CaCl ₂	g dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³		%	%		g kg ⁻¹				
6,3	7	35	51	0	69	795,7	64,3	140,0	Arenosa		

As mudas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) foram obtidas por semeadura no dia 10/3/2007, em bandejas de polipropileno de 120 células, e mantidas em viveiro por 40 dias. O experimento foi instalado em um delineamento experimental inteiramente casualizado, constando de cinco tratamentos de lâminas de irrigação baseadas na evaporação do Tanque Classe A (ECA), sendo: T1 – sem irrigação (0% ECA), T2 – 50% ECA, T3 – 75% ECA, T4 – 100% ECA e T5 – 150% ECA, com cinco repetições. O solo da área foi preparado por gradagem e, em seguida, os canteiros foram erguidos manualmente, resultando em 25 parcelas de 3,75 m², que foram separadas por uma barreira física a fim de impedir a contaminação da umidade das parcelas. As lâminas de irrigação (Equação 1) foram estimadas com base nas leituras realizadas diariamente no Tanque Classe A da estação meteorológica da Unoeste, em Presidente Prudente, Estado de São Paulo. Utilizou-se um irrigador manual com calibrações a cada 500 mL. A água foi distribuída de maneira uniforme para controle da lâmina por canteiro, diariamente, no período da manhã.

$$h_i = ECA \cdot k_p \cdot k_c \cdot S \quad (1)$$

sendo:

h_i o volume aplicado na irrigação (L); ECA a evaporação do Tanque Classe A (mm); K_p o coeficiente do Tanque Classe A (0,80); coeficiente da cultura (1,0, considerado o K_c médio do hortelã de acordo com Allen et al. (1998)); S a área do canteiro (3,75 m²).

O espaçamento utilizado foi de 0,5 x 0,5m (BRASIL, 2006). Após o plantio, colocaram-se restos de silagem de capim-Napier, como cobertura orgânica. Durante o ciclo, os tratamentos culturais realizados constaram de capina manual e controle de infestação de formigas utilizando-se iscas. As colheitas foram realizadas nos dias 10/6/2007 (90 DAP – Dias após plantio), 10/8/2007 (150 DAP) e 10/10/2007 (210 DAP), no início da manhã, entre 7 e 8h. Nas duas primeiras colheitas, as plantas foram cortadas a 40 cm do solo. Para a terceira colheita, as plantas foram colhidas inteiras. Realizou-se a desfolha e, em seguida, as folhas e inflorescências foram secas em estufa com circulação de ar à temperatura constante de 40°C até peso constante. Utilizando uma balança analítica, determinou-se a matéria seca das folhas e inflorescências (MSF). O óleo essencial foi extraído em triplicata da MSF empregando-se a hidrodestilação por arraste a vapor por 1h e 30 min., em aparelho Clevenger

utilizando-se balões de 1 L com 50 g MSF em 500 mL de água destilada (FERNANDES et al., 2004). Ao final dos 210 DAT, as raízes foram coletadas e secas em estufa com circulação de ar à temperatura constante de 60°C até peso constante, obtendo-se a massa seca de raiz (MSR) e o comprimento de raiz (CR).

Utilizou-se o balanço hídrico para controle da irrigação, o qual é uma adaptação do balanço hídrico climatológico sequencial que permite o acompanhamento do armazenamento de água no solo em tempo real. A ascensão capilar e as precipitações inferiores a 10 mm foram desprezadas como recomendado em Pereira et al. (2002).

Para o cálculo da PMS (Produtividade de massa seca) do manjeriço, considerou-se como cultivo-padrão um estande com 40.000 plantas por hectare (Equação 2), considerando o plantio em canteiros, como recomendado em Brasil (2006). Para a análise econômica, utilizou-se custo de produção de sequeiro de R\$ 1.600,00 por hectare e preço de venda do óleo de manjeriço R\$ 110,00 o litro (LINAX, 2007); irrigação por microaspersão com preço de aquisição do equipamento de R\$ 5.000,00 por hectare, vida útil de 15 anos, taxa de juros de 12% a.a.; taxa de manutenção de 3%; custo da energia elétrica de 2 kWh por mm aplicado a R\$ 0,2048 por kWh (MARQUES; COELHO, 2003; BLANCO et al., 2004; MARQUES et al., 2006; ANEEL, 2008). Os cálculos seguiram o modelo computacional para análise do risco econômico em culturas irrigadas (MARQUES; FRIZZONE, 2005).

Com os valores de produtividade de óleo essencial por hectare (Equação 3), calculou-se a renda bruta pela Equação 4 (FRIZZONE, 2002) e a receita líquida anual pela Equação 5 (MARQUES; FRIZZONE, 2005; MARQUES et al., 2006). As Equações 6, 7, 8 e 9 detalham o procedimento de cálculo dos custos da irrigação. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste de Scott-Knott com nível de significância de 5%.

$$PMS = \sum_{i=1}^3 (MSF \cdot 40.000 \cdot 1000) \quad (i = \text{colheita}) \quad (2)$$

$$RT = \sum_{i=1}^3 (MSF \cdot 40.000 \cdot \text{Teor} \cdot 1000) \quad (i = \text{colheita}) \quad (3)$$

$$RB = RT \cdot \text{Preço} \quad (4)$$

$$RL = RB - [(CP \cdot PMS) + CI] \quad (5)$$

$$CI = CF + CE + CM \quad (6)$$

$$CF = \frac{i \cdot (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \cdot Paq \quad (7)$$

$$CE = Cs \cdot T \cdot LL \quad (8)$$

$$CM = Paq \cdot Tm \quad (9)$$

sendo:

PMS – produtividade de massa seca ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$); RT – produtividade de óleo essencial total do manjeriço ($\text{L ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$); MSF – massa seca de folhas e inflorescências ($\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$); Teor – teor de óleo essencial (%); RB – receita bruta anual ($\text{R\$ ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$); Preço – preço pago ao produtor pelo óleo essencial ($\text{R\$ L}^{-1}$); RL – receita líquida anual ($\text{R\$ ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$); CP – custo de produção do manjeriço sem considerar os custos da irrigação ($\text{R\$ kg}^{-1}$); CI – custo da irrigação anual ($\text{R\$ ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$); CF – custo fixo anual da irrigação ($\text{R\$ ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$); CE – custo anual da energia elétrica ($\text{R\$ ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$); CM – custo anual de manutenção ($\text{R\$ ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$); i – taxa de juros anual (% a.a.); n – vida útil do equipamento (anos); Pa – preço de aquisição do equipamento de irrigação ($\text{R\$ ha}^{-1}$); Cs – consumo de energia elétrica (kWh mm^{-1}); T – tarifa de energia elétrica para Presidente Prudente - SP ($\text{R\$ kWh}^{-1}$); LL – lâmina líquida de irrigação (mm); Tm – taxa de manutenção (% ano⁻¹).

Resultados e discussão

No período estudado, observou-se uma precipitação acumulada para os períodos: 112,6 mm; 365 mm (ocorridos em 13 dias) e 20 mm para a primeira colheita, segunda colheita e terceira colheita, respectivamente. A Figura 1 apresenta o balanço hídrico mensal para o período de março a outubro de 2007, com indicação do período das colheitas, considerando a capacidade de retenção de água do solo (CAD) da região de Presidente Prudente, Estado de São Paulo, de 100 mm. A lâmina total de irrigação aplicada para cada tratamento foi de 0; 592,75; 889,13; 1.185,50 e 1.778,25 mm para 0% ECA; 50% ECA, 75%, 100% ECA e 150% ECA, respectivamente.

A PMS (Produtividade de massa seca em kg ha^{-1}) do manjeriço somente apresentou influência das lâminas de irrigação nas segunda e terceira colheitas (Tabela 2). A partir da segunda colheita, o tratamento 100% ECA proporcionou o melhor

desenvolvimento vegetativo do manjeriço permitindo maior produção de biomassa, resultados semelhantes aos encontrados com as culturas de *Melaleuca alternifolia* (SILVA et al., 2002), orégano (HADID et al., 2004) e artemísia (CARVALHO et al., 2003).

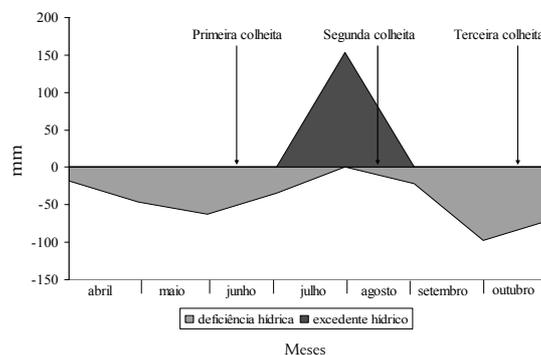


Figura 1. Balanço hídrico para a região de Presidente Prudente (março a outubro de 2007).

Na terceira colheita, as plantas em 0% ECA e 150% ECA apresentaram taxa de mortalidade de 75%; as plantas em 50% ECA, uma taxa de mortalidade de 50%. Resultados semelhantes foram obtidos por Costa Filho et al. (2006) que observaram a morte de 100% dos indivíduos em deficiência hídrica total em *Ocimum gratissimum* L., planta do mesmo gênero do manjeriço, em transplântio por estaquia, fato ocorrido pela excessiva demanda hídrica no período entre a segunda e a terceira colheita (462 mm). Para o tratamento com 150% ECA, observou-se que o excesso de água aplicado diariamente prejudicou o desenvolvimento da cultura, o que é análogo aos resultados obtidos por Pizard et al. (2006) para camomila e Silva et al. (2002) para *Melaleuca alternifolia*. Isto ocorreu porque a situação de excesso hídrico diário pode reduzir o suprimento de oxigênio às raízes, o que, em troca, limita a respiração, a absorção de nutrientes e outras funções das raízes (HOPKINS, 1995). Dessa maneira, os resultados da terceira colheita foram estatisticamente inferiores às colheitas antecedentes para os tratamentos de 0, 50 e 150% ECA (Tabela 2). Estes resultados mostram a interferência das lâminas de irrigação, e apenas os tratamentos com 75 e 100% ECA conseguiram manter estatisticamente a produtividade de folhas e inflorescências para a terceira colheita.

Para o teor de óleo essencial, de maneira geral, as lâminas de irrigação não interferiram nos valores obtidos (Tabela 3). Apenas na segunda colheita o tratamento de 100% ECA apresentou valor superior aos demais tratamentos. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Singh (2004) que,

estudando alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em diferentes regimes de irrigação, observou que a fração de reposição de água não interferiu no teor de óleo essencial. Ou seja, a variação da disponibilidade hídrica causada pelos tratamentos não interferiu no metabolismo secundário da planta.

Tabela 2. Valores médios de PMS (Produtividade de massa seca em kg ha⁻¹) para as três colheitas de manjeriço cultivado em Presidente Prudente, Estado de São Paulo.

Tratamento	Produtividade de massa seca (kg ha ⁻¹)		
	Primeira colheita	Segunda colheita	Terceira colheita
0% ECA	1.182,60 ^{Aa}	1.178,07 ^{Ab}	318,75 ^{Bb}
50% ECA	1.106,17 ^{Aa}	962,67 ^{Ab}	372,50 ^{Bb}
75% ECA	1.100,87 ^{Aa}	1.051,07 ^{Ab}	1.112,40 ^{Aa}
100% ECA	1.337,30 ^{Aa}	1.710,70 ^{Aa}	1.200,85 ^{Aa}
150% ECA	1.490,57 ^{Aa}	1.325,20 ^{Ab}	275,50 ^{Bb}
LL (100%ECA)	389,50 mm	334,00 mm	462,00 mm

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos para cada colheita e de letras maiúsculas indicam diferenças estatísticas entre as colheitas (p < 0,05) pelo teste de Scott-Knott.

Observou-se aumento do teor do óleo essencial para a terceira colheita, quando se coletou toda a planta. Isto ocorreu porque o corte das inflorescências pode estimular o crescimento e as ramificações laterais da planta, além de aumentar a concentração de óleo essencial nas folhas remanescentes (HERTWIG, 1991). A prática da poda em plantas do gênero *Ocimum* é frequente com a finalidade de exaltar a folhagem, incrementar o aroma das folhas e aumentar o número de colheitas (MATTOS, 1996).

Tabela 3. Valores médios de Teor (Teor de óleo essencial em massa seca em %) para as três colheitas de manjeriço cultivado em Presidente Prudente, Estado de São Paulo.

Tratamento	Teor de óleo essencial em massa seca (%)		
	Primeira colheita	Segunda colheita	Terceira colheita
0% ECA	1,461 ^{Aa}	0,846 ^{Bb}	2,176 ^{Aa}
50% ECA	1,172 ^{Aa}	0,708 ^{Bb}	1,987 ^{Aa}
75% ECA	1,125 ^{Ba}	0,746 ^{Bb}	2,017 ^{Aa}
100% ECA	1,166 ^{Aa}	1,292 ^{Aa}	1,762 ^{Aa}
150% ECA	1,336 ^{Aa}	0,966 ^{Ab}	2,126 ^{Aa}

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos e de letras maiúsculas indicam diferenças estatísticas entre as colheitas (p < 0,05) pelo teste de Scott-Knott.

Para o ciclo total do manjeriço (Tabela 4), a produtividade de massa seca (PMS) apresentou o maior valor para a lâmina de 100% ECA (1.185 mm equivalentes a 5,64 mm dia⁻¹) com acréscimo de 58,60% em relação ao tratamento sem irrigação (0% ECA). Dessa maneira, o rendimento total de óleo foi superior também para o tratamento de 100% ECA, com acréscimo de 70,38% quando comparado ao tratamento sem irrigação. Tal fato é explicado por Côrrea Junior et al. (1994), pois plantas irrigadas podem compensar o teor de princípios ativos com maior produção de biomassa, o que resulta em maior rendimento final de princípios ativos por área.

Não se observou efeito das lâminas de irrigação na parte radicular, ou seja, não foram observadas diferenças estatísticas para a massa seca de raiz e para o comprimento de raiz. Silva et al. (2002) obtiveram os mesmos resultados em *Melaleuca alternifolia* Cheel (Myrtaceae) e Carvalho et al. (2003) em artemísia, em que a deficiência hídrica diminuiu o crescimento, a produção de biomassa fresca e seca das plantas e o teor de óleo essencial. Marcum e Hanson (2006) observaram quedas significativas na produção de óleo essencial de menta na Califórnia quando as plantas foram submetidas a lâminas de irrigação inferiores à evapotranspiração.

Assim, a resposta da planta à deficiência hídrica foi apresentada no desenvolvimento da parte aérea e na diminuição da produção de óleo essencial. Isto ocorreu como explicado por Pandey et al. (1984), pois a matéria seca é o resultado de uma resposta integrada da cultura ao estresse, desde a emergência até a maturidade fisiológica. Retrata, desse modo, o efeito da deficiência acumulado em todo o ciclo da cultura. Assim, a deficiência hídrica interrompe o processo de crescimento, alterando o acúmulo de massa fresca e acelerando os processos catabólicos. Esses resultados concordam com Ming (1994) e Andrade e Casali (1999), visto que a água é essencial à vida e ao metabolismo das plantas, portanto, seria esperado que em ambientes mais úmidos a produção de princípios ativos fosse maior.

Tabela 4. Valores de PTMS (Produtividade de massa seca em kg ha⁻¹); RT (Rendimento total de óleo essencial em kg ha⁻¹); MSR (Massa seca de raiz em g) e CR (Comprimento da raiz em cm) do manjeriço.

Tratamento	PTMS	RT	MSR	CR
0% ECA	2.678,90 ^b	34,193 ^b	44,748 ^a	26,917 ^a
50% ECA	2.440,96 ^b	26,681 ^b	45,736 ^a	28,417 ^a
75% ECA	3.264,33 ^b	42,274 ^b	54,600 ^a	30,583 ^a
100% ECA	4.248,67 ^a	58,259 ^a	55,000 ^a	33,500 ^a
150% ECA	3.091,30 ^b	37,426 ^b	55,251 ^a	34,334 ^a

Médias seguidas de letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p < 0,05) pelo teste de Scott-Knott, respectivamente, para cada característica analisada.

Na análise econômica (Tabela 5), o custo de energia elétrica teve participação crescente no custo da irrigação, sendo de 18,99; 26,02; 31,93 e 41,30% para as lâminas de 50%; 75%; 100% e 150%ECA, respectivamente. Dessa maneira, os custos totais da irrigação também foram crescentes com o aumento da lâmina de irrigação, inviabilizando o uso de 150% ECA. Apesar de as receitas brutas das lâminas de 75% ECA e 100% ECA terem sido superiores à receita bruta sem irrigação, apenas a lâmina de 100% promoveu receita líquida estatisticamente igual ao tratamento sem irrigação, pois o incremento de

produtividade não foi suficiente para pagar os custos da irrigação. Na análise em termos percentuais, a irrigação com 100% ECA apresenta receita líquida 17,70% superior à sem irrigação.

Tabela 5. Valores finais de LL (lâmina líquida de irrigação - mm); CE (custo da energia elétrica - R\$ ha⁻¹ ano⁻¹); CP (custo de produção do manjeriço sem considerar os custos da irrigação - R\$ kg⁻¹); CI (custo da irrigação - R\$ ha⁻¹ ano⁻¹); RB (receita bruta anual - R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) e RL (receita líquida anual - R\$ ha⁻¹ ano⁻¹) para produção de óleo essencial de manjeriço.

Tratamento	LL	CE	CI	CP	RB	RL
0% ECA	0,00	0,000	0,000	1600,00	3761,19 ^b	2161,19 ^a
50% ECA	592,50	242,688	1277,61	1522,78	3757,60 ^b	957,21 ^b
75% ECA	888,75	364,032	1398,95	1846,87	4645,05 ^b	1399,23 ^b
100% ECA	1185,00	485,376	1520,30	2341,16	6405,28 ^a	2543,82 ^a
150% ECA	1777,50	728,064	1762,99	1908,70	4120,75 ^b	449,06 ^c

Médias seguidas de letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos (p < 0,05) pelo teste de Scott-Knott, respectivamente, para cada característica analisada.

Conclusão

Considerando todo o ciclo, as lâminas de irrigação testadas promoveram maior efeito nos resultados da terceira colheita pela mortalidade causada pela deficiência hídrica.

A terceira colheita do manjeriço para Presidente Prudente somente é viável utilizando irrigação e mantendo-se a lâmina entre 75 e 100% ECA.

Apesar do solo arenoso com pouca capacidade de armazenamento de água, a irrigação excessiva diária prejudicou o desenvolvimento da planta, implicando menores produtividades, além de aumentar os gastos com a irrigação.

A lâmina de 100% ECA é recomendada como manejo adequado para produção de massa fresca e seca do manjeriço.

Para a extração de óleo essencial, a lâmina de 100% apresentou-se estatisticamente igual aos valores obtidos sem irrigação, porém ainda é recomendável o uso desta lâmina de irrigação por promover um acréscimo de renda de 17,70%.

Agradecimentos

À Fapesp, pelo auxílio fornecido para o desenvolvimento do projeto por meio de bolsa 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. (Irrigation and drainage. Paper, 56).
- ALVES JÚNIOR, J.; LOPES, A. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; SANTOS, R. A.; BERGAMASCHINE, A. F. Produção de matéria verde em pupunheira irrigada. **Irriga**, v. 10, n. 4, p. 349-356, 2005.

ANDRADE, F. M. C.; CASALI, V. W. D. **Plantas medicinais e aromáticas: relação com o ambiente, colheita e metabolismo secundário.** Viçosa: UFV, 1999.

ANEEL-Agência Nacional de Energia Elétrica. 2008. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 20 mar. 2008.

BLANCO, F. F.; MACHADO, C. C.; COELHO, R. D.; FOLEGATTI, M. V. Viabilidade econômica da irrigação da manga para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 1, p. 153-159, 2004.

BLANK, A. F.; CARVALHO FILHO, J. L. S.; SANTOS, NETO, A. L.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SILVA-MANN, R.; MENDONÇA, M. C. Morphologic and agronomic characterization of basil accessions. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 1, p. 113-116, 2004.

BRADSHAW, A. D.; HARDWICK, K. Evolution and stress: genotypic and phenotypic components. **Biological Journal Linnean Society**, v. 37, n. 1-2, p. 137-155, 1989.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Boas práticas agrícolas (BPA) de plantas medicinais, aromáticas e condimentares.** Brasília: MAPA/SDC, 2006. (Plantas medicinais e orientações gerais para o cultivo 1).

CARVALHO, L. M.; CASALI, V. W. D.; SOUZA, M. A.; CECON, P. R. Disponibilidade de água no solo e crescimento de artemísia. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 4, p. 726-730, 2003.

CÔRREA JÚNIOR, C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas.** 2. ed. Jaboticabal: Funep, 1994.

COSTA FILHO, L. O.; ENCARNÇÃO, C. R. F.; OLIVEIRA, A. F. M. Influência hídrica e térmica no crescimento e desenvolvimento de *Ocimum gratissimum* L. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 8, n. 2, p. 8-13, 2006.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements.** Rome: FAO, 1984.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: Embrapa, 1999.

ERENO, D. Perfume de manjeriço. **Revista Fapesp**, v. 12, n. 120, p. 25-28, 2006.

FERNANDES, P. C.; FACANALI, R.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; MARQUES, M. O. M. Cultivo de manjeriço em hidroponia e em diferentes substratos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 260-264, 2004.

FRIZZONE, J. A. **Análise de decisão de investimento em irrigação.** Piracicaba: Esalq/USP, 2002.

HADID, A. A.; BATANOUNY, K. H.; JABARINE, A. S.; KADER, A. A. **Proposal for expanding the crop mandate of ICARDA to include horticultural crops.** Syria: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), 2004.

HERTWIG, I. F. V. **Plantas aromáticas e medicinais: plantio, colheita, secagem e comercialização.** São Paulo: Ícone, 1991.

- HOPKINS, W. G. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley and Sons, 1995.
- LAWRENCE, B. M. A planning scheme to evaluate new aromatic plants for the flavor and fragrance industries. In: JANICK, J.; SIMON, J. E. (Ed.). **New crops**. New York: Wiley, 1993. p. 620-627.
- LINAX-Óleos essenciais naturais. 2006. Disponível em: <<http://www.linax.com.br>>. Acesso em: 20 nov. 2007.
- MARCUM, D. B.; HANSON, B. R. Effect of irrigation and harvest timing on peppermint oil yield in California. **Agricultural Water Management**, v. 82, n. 1-2, p. 118-128, 2006.
- MAROTTI, M.; PICCAGLIA, R.; GIOVANELLI, E. Differences in essential oil composition of Basil (*Ocimum basilicum* L.) italian cultivars related to morphological characteristics. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 44, n. 12, p. 3926-3929, 1996.
- MARQUES, P. A. A.; COELHO, R. D. Estudo da viabilidade econômica da irrigação da pupunheira (*Bactris Gasipaes* H.B.K.) para Ilha Solteira - SP, Brasil. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 291-297, 2003.
- MARQUES, P. A. A.; FRIZZONE, J. A. Modelo computacional para determinação do risco econômico em culturas irrigadas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 725-733, 2005.
- MARQUES, P. A. A.; MARQUES, T. A.; FRIZZONE, J. A. Viabilidade econômica sob condições de risco para a irrigação da cana-de-açúcar na região de Piracicaba- SP. **Irriga**, v. 11, n. 1, p. 55-65, 2006.
- MATTOS J. K. A. **Plantas medicinais: aspectos agronômicos**. Brasília: UnB, 1996.
- MELO, A. S.; AGUIAR NETTO, A. O.; DANTAS NETO, J.; BRITO, M. E. B.; VIÉGAS, P. R. A.; MAGALHÃES, L. T. S.; FERNANDES, P. D. Vegetative development, fruits yield and optimization of pineapple cv. Pérola with different levels of irrigation. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 93-98, 2006.
- MING, L. C. Estudo e pesquisa de plantas medicinais na agronomia. **Horticultura Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 3-9, 1994.
- OLIVEIRA JÚNIOR, A. C.; FAQUIN, V.; PINTO, J. E. B. P. Efeitos de calagem e adubação no crescimento e nutrição de arnica. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 3, p. 347-351, 2006.
- PANDEY, R. K.; HERRERA, W. A. T.; PENDLETON, J. W. Drought response of grain legumes under irrigation gradient. II. Plant water status and canopy temperature. **Agronomy Journal**, v. 76, n. 4, p. 553-557, 1984.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002.
- PIZARD, A.; ALYARI, H.; SHAKIBA, M. R. Essential oil content and composition of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different irrigation regimes. **Journal of Agronomy**, v. 5, n. 3, p. 451-455, 2006.
- RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996. (Boletim técnico, 100).
- RAIJ, B. Van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001.
- SANTANA, M. S.; OLIVEIRA, C. A. S.; QUADROS, M. Initial growth of two high-density coffee tree cultivars influenced by drip irrigation levels. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 644-653, 2004.
- SCHEFFER, M. C. Roteiro para estudo de aspectos agronômicos das plantas medicinais selecionadas pela fitoterapia do SUS-PR/Cemepar. **SOB Informa**, v. 11, n. 1, p. 29-31, 1992.
- SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C. A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A.; PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.
- SINGH, M. Effects of plant spacing, fertilizer, modified urea material and irrigation regime on herbage, oil yield and oil quality of rosemary in semi-arid tropical conditions. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 79, n. 3, p. 411-415, 2004.
- SIMON, J. E. Essential oils and culinary herbs. In: JANICK, J.; SIMON, J. E. (Ed.). **Advances in new crops**. Portland: Timber Press, 1990. p. 472-483.
- SOARES, R. D.; CHAVES, M. A.; SILVA, A. A. L.; SILVA, M. V.; SOUZA, B. S. Influência da temperatura e velocidade do ar na secagem de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) com relação aos teores de óleos essenciais e de linalol. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1108-1113, 2007.
- TEIXEIRA, J. P. F.; MARQUES, M. O. M.; FURLANI, P. R.; FACANALLI, R. Essential oil contents in two cultivars of basil cultivated on NFT-hydroponics. **Acta Horticulturae**, v. 1, n. 569, p. 203-208, 2002.
- UMERIE, S. C.; ANASO, H. U.; ANYASORO, L. J. C. Insecticidal potentials of *Ocimum basilicum* leaf extracts. **Bioresource Technology**, v. 64, n. 3, p. 237-239, 1998.
- VOLPE, C. A.; CHURATA-MASCA, M. G. C. **Manejo da irrigação em hortaliças: método do Tanque Classe A**. Jaboticabal: Funep, 1998.

Received on April 29, 2008.

Accepted on February 20, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.