

NECESSIDADES HÍDRICAS DE MUDAS DE EUCALIPTO NA REGIÃO CENTRO-OESTE DE MINAS GERAIS

Sandro Batista Santos Rodrigues¹, Everardo Chartuni Mantovani¹, Rubens Alves de Oliveira¹, Haroldo Nogueira de Paiva², Maria Emília Borges Alves¹

¹*Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, Viçosa – MG, maria.emilia@ufv.br*

²*Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, Viçosa – MG.*

1 RESUMO

O presente estudo teve como objetivo a determinação das necessidades hídricas das mudas de eucalipto, na região Centro Oeste de Minas Gerais. Para isto, determinou-se o coeficiente de cultura (K_c), por meio da correlação da evapotranspiração da cultura (ET_c) com a evapotranspiração de referência (ET_o). A ET_o foi determinada utilizando o equipamento Irrigâmetro. Com base na ET_o , aplicou-se cinco lâminas brutas de irrigação via microaspersão. Dentre os resultados observados, concluiu-se que: o tratamento com aplicação de 257% da ET_o pode ser recomendado, por ter proporcionado o mesmo desenvolvimento dos tratamentos de maior lâmina bruta com a vantagem da economia de água; os tratamentos L_1 e L_2 (154 e 205% da ET_o) não favoreceram o desenvolvimento das mudas; e que o Irrigâmetro apresenta grande potencial para uso em sistemas de alta frequência de irrigação, como é o caso dos viveiros florestais.

Palavras Chave: coeficiente de cultura (K_c), irrigação, evapotranspiração.

RODRIGUES, S.B.S.; MANTOVANI, E.C.; OLIVEIRA, R.A. de; PAIVA, H.N. de, ALVES, M.E.B.

EUCALYPTUS SEEDLINGS WATER REQUIREMENTS FOR WEST CENTRAL REGION OF MINAS GERAIS

2 ABSTRACT

This study aimed determining water requirements for eucalyptus seedlings in the West Central region of Minas Gerais. Crop coefficient (K_c) was estimated by the correlation between crop evapotranspiration (ET_c) and reference evapotranspiration (ET_o). The ET_o was determined using Irrigameter equipment. Based on ET_o , it was implemented five irrigation water depths. According to results, it was concluded that treatment with implementation of 257% of ET_o could be recommended because, in this case, the seedlings development was the same as the developments found in the treatments with greater water depth. The treatments L_1 and L_2 (154 and 205% of ET_o) reduced the seedlings development and the Irrigameter equipment shows great potential to be used in irrigation high-frequency as in forest nurseries.

Key words: crop coefficient (K_c), irrigation, evapotranspiration

3 INTRODUÇÃO

O setor florestal se destaca no cenário sócio-econômico do país, pela geração de renda, tributos, divisas e empregos. Em 2007, a área total de florestas plantadas de eucalipto e de pinus no Brasil atingiu mais de 5,5 milhões de ha, levando o setor a responder pela arrecadação de R\$ 9,26 bilhões em tributos e gerando 4,3 milhões de postos de trabalho (ABRAF, 2008).

A maioria das empresas eucaliptocultoras tem optado pela produção de mudas por miniestaquia, utilizando-se tubetes plásticos de 50 cm³ em volume como recipientes. O substrato é freqüentemente composto por uma mistura de material que permite alta capacidade de retenção de água sem, no entanto, comprometer a aeração. A preferência pela miniestaquia se deve às vantagens de operação e ao menor custo (Titon et al., 2002; Alfenas et al., 2004).

A irrigação tem sido uma importante estratégia para otimização da produção mundial de alimentos e de fibras e para outros fins, como é o caso de viveiros florestais, proporcionando desenvolvimento sustentável no campo, com geração de empregos e renda de forma estável. No entanto, seu sucesso depende de sua interpretação como parte de um conjunto de técnicas utilizadas para garantir a produção econômica de determinada cultura ou muda, com adequado manejo dos recursos naturais, devendo ser levado em conta os diversos aspectos que interferem no processo, bem como eliminar seus excessos, que transcendem à relação solo-água-planta, pura e simplesmente.

A escolha do melhor sistema de irrigação, seu dimensionamento e o manejo devem considerar a interação do solo, da água e do clima com a planta cultivada. Dessa forma, é imprescindível que se tome cuidado com generalizações e transposições de critérios e recomendações. Nesse ponto é fundamental considerar que, qualquer que seja a proposta de manejo, ela deverá levar em conta os aspectos técnicos e operacionais. Essas considerações parecem óbvias, mas se observa que muitos insucessos em programas de manejo advêm da falta de compreensão dessas questões operacionais, que são importante alerta para o gerenciamento da produção.

O manejo racional da irrigação consiste na aplicação da quantidade necessária de água às plantas quando requerido. O excesso hídrico causa o encharcamento do substrato, dificulta a aeração e as atividades de microrganismos, provocando a lixiviação de nutrientes essenciais, o surgimento de doenças, principalmente fúngicas, e o desperdício do recurso natural. Entretanto, o déficit hídrico reduz a capacidade metabólica do vegetal, podendo levar a planta a atingir o ponto de murcha permanente, acarretando a sua morte. É importante frisar que implementar um programa de manejo significa, entre outras coisas, implantar um sistema de monitoramento, que pode ser via solo, clima, planta, ou a associação entre dois deles.

A água é essencial ao metabolismo vegetal, participando da constituição celular e do processo de fotossíntese. Contudo, a planta transfere à atmosfera mais de 95% da água retirada do solo. Dessa forma, o consumo de água nos cultivos pode ser entendido como a quantidade evaporada pela superfície do solo somada ao processo de transpiração das plantas.

A evapotranspiração (ET) é a principal exigência de água das culturas agrícolas. Sua quantificação é necessária não só para fins de projeto e dimensionamento de sistemas de irrigação como para sistemas operacionais de recursos hídricos, para a realização de balanços hídricos e para a realização de análises hidrológicas (Allen et al., 2007).

A lâmina de água aplicada pode afetar a energia requerida ao recalque e o custo de operação de um projeto de irrigação. Dessa forma, faz-se necessário adotar práticas que permitam a racionalização da quantidade de água a ser reposta à cultura, a qual depende de

estimativa adequada da evapotranspiração. Aplicações insuficientes ou excessivas resultam em perdas ou prejuízos consideráveis para as plantas e o solo, diminuindo a eficiência de uso da água de irrigação (Reis et al., 2005).

Devido à dificuldade da determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c) no campo, é comum determinar a evapotranspiração de uma cultura de referência (ET_o) com base nos dados do clima e, posteriormente, ajustar os valores para as condições reais da cultura através de determinado coeficiente de cultura (K_c).

De acordo com Allen (1986) e Allen et al. (1989), o modelo de Penman-Monteith apresenta estimativas confiáveis e consistentes de ET_o . Segundo Smith (1991), esse modelo foi considerado como aquele de melhor desempenho entre os métodos combinados, sendo recomendado como método-padrão para obtenção da ET_o .

Jensen et al. (1990) definiram ET_o como a taxa com que a água, se disponível, seria removida da superfície do solo e de uma planta específica, arbitrariamente chamada de cultura de referência. Dentro desse contexto, o K_c , razão entre a evapotranspiração real da cultura e a evapotranspiração de referência (ET_c/ET_o), é de grande importância para a realização do balanço de água e para a aplicação da lâmina necessária de irrigação.

O K_c deve, preferencialmente, ser determinado para as condições locais, nas quais será utilizado por ser um parâmetro relacionado aos fatores ambientais e fisiológicos das plantas. Todavia, a sua determinação, sob condições de campo, exige grande esforço de pessoal técnico, equipamentos e custos devidos à quantidade de informações e a controles e monitoramentos necessários ao balanço hídrico numa área irrigada (Medeiros et al., 2004; Carvalho et al., 2006).

As pesquisas relacionadas ao consumo de água para a produção de mudas se limitam à determinação da lâmina média necessária durante o ciclo e a sua relação com o substrato utilizado, sem considerar a influência do clima na variação diária da necessidade hídrica da planta.

Lopes (2004) verificou que lâminas de irrigação de 12 e 14 mm d^{-1} , associadas aos substratos compostos por 70% de casca de *Pinus* e vermiculita e 30% ou 100% de fibra de coco, são as que mais contribuem para o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis*.

A quantidade de água a ser aplicada depende do período do ano, do tipo de substrato e da embalagem utilizada. No caso dos tubetes, no verão, recomenda-se que a aplicação de água não deve ultrapassar 13 mm d^{-1} (Ferrari, 2003).

Wendling e Gatto (2002) consideraram que as irrigações de maior intensidade são mais eficazes, ao passo que as irrigações freqüentes e de baixa intensidade molham apenas a camada superficial do substrato. Entretanto, o excesso de água pode lixiviar nutrientes móveis no solo ou no substrato, especialmente o nitrogênio e o potássio.

A rustificação, ou aclimação pré plantio, é processo fundamental na questão de qualidade da muda, tendo por objetivo adaptar a muda às condições de plantio no campo. Contudo, a determinação dos níveis de estresse é bastante complexa devido à coexistência de muitos fatores, entre eles o material genético, o recipiente e o substrato utilizado e os fatores climáticos.

Ferreira et al. (1999), estudando a aclimação através de tratamentos hídricos, afirmaram que as mudas de *Corymbia citriodora* apresentaram desenvolvimento de algumas adaptações à deficiência hídrica, como o rápido fechamento estomático, quando em condições de altas taxas de déficit de pressão de vapor.

Segundo Silva (1998), o empirismo na irrigação das mudas dificulta a aplicação do estresse hídrico. Além disto, as consequências que este manejo hídrico inadequado pode trazer às mudas ainda são pouco estudadas.

Diante do exposto, verificou-se a importância de um estudo que vise à determinação das necessidades hídricas das mudas de eucalipto baseado em parâmetros climáticos, objetivo deste trabalho.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização do local

O estudo foi realizado em uma unidade de produção de mudas (UPM) da ArcelorMittal Florestas, no Município de Martinho Campos, região Centro-Oeste de Minas Gerais.

A UPM produz aproximadamente 12 milhões de mudas de eucalipto ao ano. A reprodução se dá por estaqueamento, a partir de miniestacas produzidas em minijardins clonais dentro dos viveiros. Os dois clones avaliados foram o CAF 907 (*Eucalyptus urophylla*) e o CAF 1117 (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*).

4.2 Determinação do coeficiente da cultura – Experimento de lâminas

Para determinação do coeficiente da cultura (K_c), foi instalado um experimento visando correlacionar a evapotranspiração da cultura (ET_c) com a evapotranspiração de referência (ET_o). A ET_c foi considerada como a lâmina bruta aplicada pelos microaspersores, no tratamento que proporcionou melhor desenvolvimento das mudas. Dessa forma, a eficiência da irrigação foi englobada no coeficiente determinado.

A ET_o foi estimada por um equipamento desenvolvido pela UFV, o Irrigâmetro (Oliveira e Ramos, 2008). Estimou-se a ET_o no intervalo entre duas irrigações consecutivas, sendo o valor diário aferido pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998), a partir dos dados climáticos provenientes de uma estação meteorológica automática instalada na área do viveiro, próxima ao experimento.

O Irrigâmetro (Figura 1) é um aparelho “evapopluiométrico” que fornece diretamente a lâmina evapotranspirada, o momento de irrigar e o tempo de funcionamento do sistema de irrigação. Estima diretamente, a partir da evaporação ocorrida num evaporatório apropriado, a ET_o e a ET_c em cada um dos estádios de desenvolvimento. O momento de irrigar e o tempo de funcionamento são indicados pela posição do nível da água num tubo transparente em relação a réguas existentes no aparelho. Essas réguas são elaboradas a partir de características da cultura, do solo e do equipamento de irrigação (Oliveira e Ramos, 2008).

Neste trabalho, o Irrigâmetro foi utilizado apenas para determinação da ET_o entre duas irrigações consecutivas, visto que o objetivo era a correlação entre a evapotranspiração de referência e a demanda hídrica das mudas.

Foram adotadas cinco lâminas brutas de irrigação (L_1 , L_2 , L_3 , L_4 e L_5), equivalendo a 150, 200, 250, 300 e 350%, respectivamente, da ET_o determinada pelo irrigâmetro. O estudo englobou também a lâmina usual do viveiro, determinada empiricamente (L_0). A lâmina bruta diária foi dividida em seis aplicações: 07:15, 09:15, 11:15, 13:15, 15:05 e 16:20 h. Salienta-se que a definição dos tratamentos, tanto no que diz respeito às lâminas brutas aplicadas, como às frequências de irrigação, baseou-se em testes prévios realizados no próprio viveiro de mudas em que foi realizado o experimento. Os diferentes manejos buscaram avaliar variações do sistema normalmente usado que fossem passíveis de serem aplicadas no aprimoramento e otimização da metodologia usual.



Figura 1. Vista da Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento do Irrigâmetro localizada no Campus da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG. Fonte: IRRIGACERTO (http://www.irrigacerto.com.br/?page_id=24)

O substrato utilizado foi a mistura adotada na produção comercial de mudas da empresa, constituída de 30% de casca de arroz carbonizada, 35% de vermiculita e 35% de um substrato comercial composto por casca de pinus decomposta. Este substrato foi caracterizado quanto a sua capacidade de retenção de água (CRA), sendo a o valor de CRA determinado igual a 31,9 % em base volume.

As mudas foram irrigadas por microaspersão, sendo a lâmina de aplicação dos microaspersores de 18 mm h^{-1} . A diferenciação da lâmina bruta requerida em cada tratamento foi feita pelo tempo de irrigação.

Na Tabela 1 são apresentados os tempo de irrigação necessários em cada tratamento, de acordo com a ET_o medida pelo Irrigâmetro.

Tabela 1. Tempo (s) de irrigação por tratamento em função da ET_o (mm) determinada pelo Irrigâmetro

ET_o Irrigâmetro (mm)	L ₁	L ₂	Tempo de Irrigação por Tratamento (s)			L ₅
			L ₃	L ₄	L ₅	
0,1	30	40	50	60	70	
0,2	60	80	100	120	140	
0,3	90	120	150	180	210	
0,4	120	160	200	240	280	
0,5	150	200	250	300	350	
0,6	180	240	300	360	420	
0,7	210	280	350	420	490	
0,8	240	320	400	480	560	
0,9	270	360	450	540	630	
1	300	400	500	600	700	

Os testes foram realizados nas fases de crescimento e rustificação das mudas e, até então, receberam os tratos culturais usuais do viveiro. Foram selecionadas 54 bandejas, com 70 mudas em cada uma, com desenvolvimento similar para os dois clones. O estaqueamento foi realizado no dia 11 de setembro de 2006. As mudas foram selecionadas e transferidas para

o pátio no dia 20 de outubro, quando foram iniciados também os manejos diferenciados de irrigação. Foram realizadas três avaliações, nos dias 30 de outubro e 10 e 22 de novembro desse mesmo ano.

As mudas retiradas para avaliação foram repostas, a fim de manter a densidade inicial de produção, as quais tiveram seus tubetes marcados para evitar sua coleta nas próximas avaliações.

O experimento foi instalado no esquema de parcelas subdivididas. As seis lâminas constituíam as parcelas. Nas subparcelas, foram dispostos os dois clones em delineamento inteiramente casualizado com três repetições, representadas pelas bandejas.

As variáveis avaliadas nas mudas foram: altura da parte aérea, diâmetro de coleto, massa seca da parte aérea e massa seca da parte radicular. Foram retiradas três mudas aleatórias de cada bandeja e sua média, considerada como o valor da unidade experimental. Também foi realizada uma análise visual dos sintomas de deficiência hídrica. A análise estatística foi executada com o auxílio do software SAEG 9.1 (2006).

Para determinar a massa seca da parte aérea e da parte radicular, procedeu-se à secagem do material em estufa de ventilação forçada a 75 °C, até massa constante. A massa foi determinada em balança de precisão. A altura foi medida com uma régua e o diâmetro do coleto, com um paquímetro digital.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A precipitação ocorrida durante o período do experimento foi equivalente a 158 mm, distribuídos em 12 dos 34 dias de experimento. As temperaturas mínima, média e máxima no período foram de 14,7; 22; e 32,8 °C, respectivamente. A radiação solar média no período foi de 124,3 W.m⁻² (média de 24 h), e a ET_o totalizou 79,42 mm.

Apesar do alto índice pluviométrico registrado no período, acredita-se que seus efeitos sobre os resultados sejam pequenos, visto que a maioria das chuvas ocorreu em pequenos intervalos de tempo e quase sempre no período noturno. Deve-se considerar, também, que a capacidade de retenção de água dos tubetes é pequena e se esgota em poucas horas. Ainda que o substrato apresente uma elevada capacidade de retenção de água, o fato deste substrato estar limitado ao pequeno volume do tubete torna esta capacidade de retenção pequena para manter a muda nas condições de umidade próximas à capacidade de campo por muito tempo. Condição, também, que varia conforme aumenta a demanda da cultura em função da sua fase de desenvolvimento, conforme descreveu Gervásio (2003), que, estudando o armazenamento de água em tubetes de volumes diferentes, utilizados na produção de mudas de cafeeiro, observou que, em função da maior demanda das plantas, o volume do tubete menor passou a limitar a disponibilidade de água para as mesmas, limitando seu desenvolvimento.

Na Tabela 2, apresenta-se a quantidade de água recebida por tratamento, distinguindo-se irrigação e precipitação. Os valores de precipitação são diferentes, porque os tratamentos foram cobertos com plástico durante algumas chuvas. A lâmina aplicada foi bem próxima do valor planejado para todos os tratamentos, e a diferença se deve às divergências entre os valores de ET_o medidos pelo Irrigâmetro e estimados pela equação de Penman-Monteith, já que a irrigação era realizada de acordo com a leitura do Irrigâmetro.

Observa-se na Tabela 2, que o volume total de irrigação na testemunha ou tratamento de rotina do viveiro (L₀) se aproximou do tratamento de maior lâmina (L₅). Contudo, a precipitação foi maior na testemunha, uma vez que os outros cinco tratamentos eram cobertos

durante as chuvas ocorridas durante o dia. A testemunha não foi coberta, pois o objetivo era comparar a aplicação usual de água do viveiro com a dos tratamentos propostos.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos e quantidade total de água aplicada no período de 34 dias

Tratamentos	L ₀	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅
Descrição	12 mm.d ⁻¹	150% ET _o	200% ET _o	250% ET _o	300% ET _o	350% ET _o
Lâmina planejada (mm)	367,2	119,13	158,84	198,55	238,26	277,97
Precipitação (mm)	158,0	85,2	91,0	96,3	102,5	109,1
Irrigação (mm)	284	122,5	162,3	204,4	247,1	286,2
Irrigação (%ET _o)	357,8	154,3	204,6	257,4	311,1	360,4

A Tabela 3 ilustra a divisão das irrigações de acordo com as determinações da evapotranspiração de referência pelo Irrigâmetro. Nesse exemplo, com dados reais, a ET_o medida no Irrigâmetro foi de 3,3 mm, bem próximo do valor calculado pelo método de Penman-Monteith (3,16 mm).

Tabela 3. Exemplo da divisão da irrigação de acordo com a ET_o determinada pelo Irrigâmetro (27 de outubro)

Horário	07:15	09:15	11:15	13:15	15:05	16:20	Total (mm)
ET _o (mm)	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,4	3,3
% ET _o	Irrigação Realizada (mm)						
150	0,75	0,75	0,75	1,05	1,05	0,6	4,95
200	1	1	1	1,4	1,4	0,8	6,6
250	1,25	1,25	1,25	1,75	1,75	1	8,25
300	1,5	1,5	1,5	2,1	2,1	1,2	9,9
350	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	10,8
Testemunha	1,8	1,8	1,8	2,1	2,1	2	11,6

A ET_o medida pelo Irrigâmetro era corrigida diariamente pelo método-padrão e a correção da lâmina, feita no dia seguinte.

O Irrigâmetro permite calibração, ressaltando-se que neste trabalho se iniciou a calibragem do aparelho com 10 dias de antecedência. Assim, as diferenças entre os dois métodos eram mínimas, com algumas exceções, em que houve problemas com o Irrigâmetro.

A análise visual apontou sintomas de déficit hídrico nos tratamentos L₁ e L₂. Foi observado seca dos ponteiros, de galhos e da haste principal, bem como necrose nas folhas em forma de “V” invertido. No tratamento L₁, 17% das mudas não sobreviveram. No tratamento L₂, a mortalidade foi de 10%. Nos demais tratamentos, o índice de sobrevivência foi de 100%.

Nas Tabelas 4 a 7, apresentam-se os resultados da análise estatística das quatro variáveis estudadas nas três avaliações. Em média, o tratamento L₃ apresentou resultados semelhantes aos das lâminas maiores e possibilitou o desenvolvimento superior das mudas irrigadas com menores lâminas.

Na primeira avaliação, houve diferença estatística na altura das plantas, mas não houve sentido lógico e nem deve estar relacionada aos tratamentos hídricos, pois havia pouco tempo de diferenciação, apenas 10 dias após o início do manejo diferenciado da irrigação. Na

segunda e terceira avaliações, os tratamentos L₁ e L₂ resultaram em menor crescimento, evidenciando-se que essas lâminas provocaram redução no desenvolvimento das plantas. Não houve diferença significativa entre os outros tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4. Altura das plantas dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) nas três avaliações realizadas aos 49, 61 e 73 dias após o estaqueamento, respectivamente

Lâmina	Média dos Tratamentos – Altura das Plantas (cm)					
	Avaliação 1		Avaliação 2		Avaliação 3	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
L ₀	17,76 AB	19,06 B	20,91 A	23,29 A	24,57 A	27,33 A
L ₁	15,91 B	18,73 B	17,57 B	19,41 B	20,04 B	20,16 C
L ₂	17,09 AB	21,93 A	18,22 B	20,98 B	20,59 B	24,16 B
L ₃	18,53 A	21,08 AB	20,59 A	24,03 A	24,02 A	27,38 A
L ₄	17,72 AB	19,59 AB	21,04 A	23,37 A	25,03 A	27,33 A
L ₅	18,89 A	20,86 AB	21,38 A	23,82 A	23,99 A	26,78 A
C.V. (%)	6,53	6,92	8,22	8,19	9,69	11,21

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

O diâmetro de coleto foi pouco influenciado pelas lâminas de irrigação. No clone 1 houve diferença estatística apenas na última avaliação, com L₀ e L₅ apresentando maiores diâmetros. No clone 2, essa tendência não se repetiu, e os resultados da última avaliação não foram influenciados pelos manejos diferenciados (Tabela 5). Freitag (2007), estudando o efeito de frequências de irrigação em *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* em viveiro, também não encontrou diferença significativa quanto ao desenvolvimento do diâmetro de coleto.

Outros autores encontraram diferenças significativas no desenvolvimento do diâmetro de coleto de mudas submetidas a manejo hídrico diferenciado (Sasse et al., 1996; Silva, 1998). Apesar da diferença significativa encontrada no trabalho de Silva (1998), não houve definição de tendência do nível de estresse hídrico sobre o diâmetro das mudas. Todas as mudas avaliadas superaram o valor mínimo de 2 mm, conforme recomendação de Silva (2003).

Tabela 5. Diâmetro do coleto das plantas dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) nas três avaliações realizadas aos 49, 61 e 73 dias após o estaqueamento, respectivamente

Lâmina	Média dos Tratamentos – Diâmetro de Coleto (mm)					
	Avaliação 1		Avaliação 2		Avaliação 3	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
L ₀	2,11 A	2,09 AB	2,27 A	2,29 A	2,44 A	2,39 A
L ₁	2,11 A	2,10 AB	2,19 A	2,21 AB	2,20 BC	2,29 A
L ₂	2,15 A	2,26 A	2,17 A	2,30 A	2,18 C	2,38 A
L ₃	2,23 A	2,16 AB	2,28 A	2,31 A	2,39 AB	2,36 A
L ₄	2,18 A	1,99 B	2,27 A	2,20 AB	2,38 AB	2,36 A
L ₅	2,04 A	2,11 AB	2,29 A	2,17 B	2,42 A	2,31 A
C.V. (%)	5,32	4,93	2,78	2,93	5,23	2,12

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Na Tabela 6, pode-se observar que a massa seca da parte aérea apresentou comportamento parecido ao da altura das plantas. Não houve diferença estatística na primeira avaliação, mas nas outras duas avaliações se observou que a massa seca da parte aérea foi menor nos tratamentos de menor lâmina, independentemente do material de origem. No clone 1, apenas a menor lâmina não favoreceu o aumento da massa aérea das mudas. Já no clone 2 as duas menores lâminas proporcionaram menores valores de massa da parte aérea.

Tabela 6. Massa seca da parte aérea das plantas dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) nas três avaliações realizadas aos 49, 61 e 73 dias após o estaqueamento, respectivamente

Lâmina	Média dos Tratamentos – Massa Seca Parte Aérea (g)					
	Avaliação 1		Avaliação 2		Avaliação 3	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
L ₀	0,42 A	0,45 A	0,59 A	0,58 A	0,73 A	0,71 A
L ₁	0,41 A	0,48 A	0,47 B	0,52 BC	0,49 B	0,50 B
L ₂	0,43 A	0,45 A	0,54 A	0,51 C	0,68 A	0,53 B
L ₃	0,43 A	0,43 A	0,58 A	0,56 ABC	0,72 A	0,68 A
L ₄	0,45 A	0,45 A	0,58 A	0,58 AB	0,70 A	0,76 A
L ₅	0,43 A	0,44 A	0,58 A	0,58 A	0,68 A	0,73 A
C.V. (%)	5,28	6,89	8,39	7,01	12,79	16,31

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

Durante a primeira avaliação não foi constatado diferença estatística entre os tratamentos da massa seca da parte radicular. Na segunda e terceira avaliações já se observou essa diferença no clone 2, em que os dois tratamentos de menor lâmina apresentaram menor desenvolvimento, sendo que esta variável foi estatisticamente menor para L₁ e L₂ na terceira avaliação; os tratamentos L₄ e L₅ foram os que apresentaram maior massa seca da parte radicular. Com relação ao clone 1, pode-se afirmar que a menor lâmina resultou em um menor desenvolvimento na parte radicular, e os demais foram semelhantes estatisticamente (Tabela 7).

No geral, os tratamentos L₁ e L₂ foram os piores. Entre os demais tratamentos não houve diferença estatística. Assim, o tratamento L₃ destacou-se por ser o de menor lâmina bruta e por ter apresentado desenvolvimento semelhante aos de lâmina maior. Conclui-se, portanto, ser necessária a aplicação de aproximadamente 257% da evapotranspiração de referência para o bom desenvolvimento das mudas.

Tabela 7. Massa seca da parte radicular dos clones CAF 49 (C1) e CAF 1117 (C2) nas três avaliações realizadas aos 49, 61 e 73 dias após o estaqueamento, respectivamente

Lâmina	Média dos Tratamentos – Massa Seca Parte Radicular (g)					
	Avaliação 1		Avaliação 2		Avaliação 3	
	C1	C2	C1	C2	C1	C2
L ₀	0,11 A	0,12 A	0,19 A	0,20 A	0,23 A	0,27 AB
L ₁	0,10 A	0,12 A	0,15 B	0,16 B	0,20 B	0,19 C
L ₂	0,11 A	0,13 A	0,16 AB	0,18 AB	0,22 A	0,21 C
L ₃	0,12 A	0,13 A	0,19 A	0,19 A	0,22 A	0,24 B
L ₄	0,11 A	0,12 A	0,18 AB	0,21 A	0,22 A	0,28 A
L ₅	0,11 A	0,12 A	0,18 AB	0,20 A	0,23 A	0,28 A
C.V.	9,06	6,15	9,00	10,10	4,42	14,77

(%)

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5%).

7 CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho permitiram as seguintes conclusões:

O tratamento com aplicação de 257% da ET_0 do irrigâmetro pode ser recomendado, por ter proporcionado o mesmo desenvolvimento dos tratamentos de maior lâmina bruta com a vantagem da economia de água.

O diâmetro do coleto mostrou-se menos afetado pelo estresse hídrico que a altura das plantas.

Os tratamentos L_1 e L_2 (154 e 205% da ET_0) não favoreceram o desenvolvimento das mudas, afetando a sobrevivência final, sendo visíveis sintomas de déficit hídrico na maioria delas.

O Irrigâmetro apresenta grande potencial para uso em sistemas de alta frequência de irrigação, como é o caso dos viveiros florestais.

8 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2008**: ano base 2007. Brasília, 2008. 120 p.

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. 442 p.

ALLEN, R. G.; WRIGHT, J. L.; PRUITT, W. O; PEREIRA, L. S.; JENSEN, M. E. Water requirements. In: HOFFMAN, G. J.; EVANS, R. G.; JENSEN, M. E.; MARTIN, D. L.; ELLIOT, R. L. (Ed.). **Design and operation of farm irrigation systems**. 2.ed. St. Joseph, ASABE, 2007. p. 208-288.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requeriments**. Rome: FAO, 1998. 308 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).

ALLEN, R. G. A penman for all seasons. **Journaul of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 12, n. 4, p. 348-368, 1986.

ALLEN, R. G.; JENSEN, M. E.; WRIGHT, J. L.; BURMAN, R. D. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agron. J.**, v. 81, p. 650-662, 1989.

CARVALHO, D. F. de; CRUZ, E. S. da; SILVA, W. A. da; SOUZA, W. de J.; SOBRINHO, T. A. Demanda hídrica do milho de cultivo de inverno no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 112-118, 2006.

FERRARI, M. P. **Cultivo do eucalipto**: produção de mudas, 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/03_producao_de_mudas.htm>. Acesso em: 16 mar. 2006.

FERREIRA, C. A. G.; DAVIDE, A. C.; de CARVALHO, L. R. Relações hídricas em mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook., em tubetes, aclimatadas por tratamentos hídricos. **Revista Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 95-104, 1999.

FREITAG, A. S. **Freqüências de irrigação para *Eucalyptus grandis* e *Pinus elliottii* em viveiro**. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GERVÁSIO, E. S. **Efeito de lâminas de irrigação e doses de condicionador, associadas a diferentes tamanhos de tubetes, na produção de mudas de cafeeiro**. 2003. 105f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; E ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: ASCE, 1990. 332 p. (Manuals and Reports on Engineering Practice, 70).

LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação**. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

MEDEIROS, G. A.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E. Relações entre o coeficiente de cultura e cobertura vegetal do feijoeiro: erros envolvidos e análises para diferentes intervalos de tempo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 513-519, 2004.

OLIVEIRA, R. A.; RAMOS, M. M. **Manual do irrigâmetro**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil. 2008. 144p.

REIS, E. F.; BARROS, F. M.; CAMPANHARO, M.; PEZZOPANE, J. E. M. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 13, n. 2, p. 74-81, 2005.

SAEG – **Sistema para análise estatística**. Viçosa, MG: Fundação Arthur Bernardes, UFV, 2006. v. 1.

SASSE, J.; SANDS, R.; WHITEHEAD, D.; KELLIHER, F. M. Comparative responses of cuttings and seedlings of *Eucalyptus globulus* to water stress. **Tree Physiology**, v. 16, p. 287-294, 1996.

SMITH, M. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements**. Rome: Land and Water Development Division of Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1991. 21 p.

SILVA, M. R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação.** 105 f. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

SILVA, M. R. da. **Efeito do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden).** 110 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2003.

TITON, M.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Dinâmica do enraizamento de microestacas e miniestacas de clones de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 665-673, 2002.

WENDLING, I.; GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002. 166 p.