

UNIFORMIDADE DE APLICAÇÃO DE ÁGUA NA IRRIGAÇÃO DE MUDAS DE ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS PRODUZIDAS EM TUBETES

WATER APPLICATION UNIFORMITY ON THE IRRIGATION OF NATIVE FOREST SEEDLINGS GROWN IN RECIPIENT TUBES

**Michael Silveira THEBALDI¹; Luiz Antonio LIMA²;
Matheus de Figueiredo Braga COLARES¹; Antônio Carlos da SILVA³;
Pedro Luiz Terra LIMA⁴**

1. Doutorando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, MG, Brasil. micksilveira@gmail.com; 2. Professor Associado, UFLA, Lavras, MG, Brasil; 3. Doutor em Engenharia Agrícola - UFLA, Lavras, MG, Brasil; 4. Doutorando em Ciência do Solo - UFLA, Lavras, MG, Brasil.

RESUMO: Sistemas de irrigação mal dimensionados aliados a manejos inadequados podem afetar o uso satisfatório da irrigação em viveiros, ocasionando desperdício de água e energia e, conseqüentemente, o desenvolvimento inferior das espécies. Sendo assim, os objetivos do trabalho foram avaliar a uniformidade de irrigação de um sistema de microaspersão, já instalado em um viveiro de mudas de espécies florestais, bem como avaliar a uniformidade de um sistema de irrigação por capilaridade de mudas florestais cultivadas em tubetes. A avaliação de uniformidade da irrigação por microaspersão foi realizada em um viveiro de mudas de espécies nativas florestais, em Itutinga – MG, utilizando emissores modelos MA-20, Rondo e Inverted Rotor Spray. Para determinação da uniformidade foram calculados o Coeficiente de Uniformidade de Christhansen (CUC) e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) de cada emissor, em três repetições. A uniformidade da irrigação por capilaridade foi avaliada em uma estufa localizada na Universidade Federal de Lavras (UFLA), em três espécies cultivadas em tubetes de 300 cm³ (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze., *Syagrus romanzoffiana* e *Joannesia princeps*) e três espécies cultivadas em tubetes de 110 cm³ (*Guazuma ulmifolia* Lam., *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan e *Aspidosperma polyneuron*), sendo calculados os coeficientes de uniformidade para cada espécie, também em três repetições. Para os sistemas de microaspersão os maiores valores de CUC e CUD foram obtidos para o emissor MA-20. Na irrigação por capilaridade, os maiores valores de CUC e CUD foram obtidos na espécie Mutamba. Em geral, a uniformidade de irrigação em espécies cultivadas em tubetes de 110 cm³ foi maior que em tubetes de 300 cm³.

PALAVRAS – CHAVE: Avaliação da irrigação. Irrigação por capilaridade. Microaspersão.

INTRODUÇÃO

Da qualidade das mudas depende diretamente o êxito do plantio, assim, mudas que atingem maior capacidade de resistência às condições adversas se desenvolvem e produzem árvores com crescimento desejável no campo. Apesar disso, a obtenção de padrões de qualidade da muda e o aprimoramento das técnicas de viveiro, não têm acompanhado a evolução observada em outras fases do reflorestamento (SANTOS et al., 2000).

De acordo com Davide e Silva, (2008), viveiros florestais podem ser definidos como uma área delimitada, com características apropriadas, onde são reunidos insumos, equipamentos e técnicas para produção de mudas de alta qualidade. Sendo que, dentre as técnicas utilizadas na produção de mudas em viveiros, a irrigação assume papel de destaque por possibilitar a produção em diferentes épocas do ano e aplicar água em quantidade e momento adequados, alcançando ganho em qualidade das mudas.

Como o cultivo de mudas em tubetes disponibiliza um volume espacial limitado para o desenvolvimento radicular das mudas e propicia reduzido armazenamento de água e nutrientes, a irrigação e a adubação são ferramentas fundamentais para a obtenção de mudas com boas características para o plantio, devendo ser manejadas de maneira apropriada para obtenção de resultados satisfatórios na qualidade final das plantas (SALVADOR, 2010). De acordo com LOPES et al. (2007), quando comparados com o cultivo em solos, os tubetes exigem maior frequência de irrigação uma vez que o volume de substrato disponível para planta é pequeno.

O suprimento adequado de água é capaz de gerar incrementos na produção agrícola e florestal. Assim, é possível afirmar que a adoção de sistemas de irrigação corretamente dimensionados, aliado ao manejo apropriado, pode proporcionar melhor qualidade às mudas, redução de lixiviação de nutrientes, maior potencial germinativo e homogeneidade no desenvolvimento das mudas (GRUBER, 2006; NEVES et al., 2010).

Em viveiros, comumente são utilizados os sistemas de irrigação por aspersão convencional, gotejamento, microaspersão e microaspersão invertida. Uma das dificuldades encontrada na irrigação localizada, principalmente no gotejamento, reside na facilidade com que as seções menores dos emissores se obstruem, podendo afetar a distribuição da água para as plantas e, conseqüentemente, a produção (BENÍCIO et al., 2009). Outros fatores que podem afetar a uniformidade de irrigação são deficiência de manutenção, sistemas mal dimensionados, ou o desgaste dos componentes usados para irrigação. Deste modo, enquanto uma fração de área é irrigada em excesso, em outra ocorre o déficit de água, não atendendo as necessidades hídricas das plantas (SILVA; SILVA, 2005), fato este que pode ter relevância na microaspersão.

Segundo o mesmo autor, as perdas de água nos sistemas por microaspersão são, normalmente, maiores do que na irrigação por gotejamento, isso ocorre devido à maior superfície molhada de solo e também pelo deslocamento do padrão de aplicação de água de microaspersores ocasionado pelo arraste do vento. Mesmo com operação próxima à superfície do solo, os microaspersores têm sua uniformidade afetada pelo vento (SILVA; SILVA, 2005).

Por outro lado, de acordo com Dumroese et al. (2006) a irrigação por capilaridade pode, em alguns casos, ser uma solução interessante no que se refere ao ganho em desempenho de uso da água, sendo utilizada há muitos séculos e constituindo-se basicamente da elevação da linha de saturação do solo para próximo das raízes da planta.

A irrigação por capilaridade pode ser uma saída para reduzir a perda de água e fertilizantes em viveiros (DAVIS et al., 2008; DUMROESE et al., 2006). De acordo com Coggeshall e van Sambeek (2002), usando um sistema fechado, a água de irrigação se move de um reservatório até um tanque de aplicação. Neste tanque, a ação da capilaridade permite que a água de irrigação penetre, por ascensão, no meio de crescimento das plantas. Adicionalmente, as práticas utilizadas na irrigação por capilaridade podem levar a concentrações maiores de nutrientes foliares em algumas plantas (BUMGARNER et al., 2008; PINTO et al., 2008; DUMROESE et al., 2011), o que pode ser um benefício ao estabelecimento no campo (DAVIS et al., 2011).

Sendo assim, o trabalho teve como objetivos avaliar a uniformidade de irrigação de um sistema por microaspersão, já instalado em um viveiro de mudas de espécies florestais, bem como avaliar a

uniformidade de um sistema de irrigação por capilaridade de mudas florestais nativas cultivadas em tubetes.

MATERIAL E MÉTODOS

Uniformidade da microaspersão invertida

A avaliação de uniformidade de distribuição de água de microaspersores foi realizada em um viveiro de mudas de espécies nativas florestais no município de Itutinga – MG. Foram avaliados três sistemas de microaspersão:

i) microaspersor MEC PREC modelo MA-20, espaçamento de 1,8 m entre emissores;

ii) microaspersor *Inverted Rotor Spray* (IRS), da Antelco, espaçamento de 2,1 m entre emissores;

iii) microaspersor Rondo, da Plastro, espaçamento de 1,5 m entre emissores.

Cada um destes operava em setores independentes no viveiro, sendo o MA-20 instalado em ambiente protegido e os outros dois a céu aberto.

Para o ensaio de uniformidade de distribuição de água dos microaspersores avaliados foram dispostos sob o diâmetro molhado dos microaspersores coletores plásticos cilíndricos amarelos, da Fabrimar, que possuíam diâmetro de 80 mm e altura de 102 mm. As leituras foram realizadas com proveta graduada de 100 mL.

No viveiro, os setores com microaspersores Rondo e *Inverted Rotor Spray* possuíam disposição quadrática de instalação, sendo os coletores posicionados entre dois emissores, já que cada lateral de irrigação era posicionada sobre uma bancada de mudas, não havendo influência de uma lateral sobre uma bancada vizinha. Os coletores sob o microaspersor Rondo foram espaçados entre si por 0,15 m, totalizando 88 coletores. Os coletores sob o emissor *Inverted Rotor Spray* foram arranjados espaçados 0,30 m, totalizando 48 emissores sob a área amostrada. O número de coletores colocados sob o diâmetro molhado dos emissores estava de acordo com a norma ISO 7719/2 (ISO, 1990). No setor irrigado com o emissor MA-20, a disposição dos equipamentos era triangular, sendo os coletores posicionados entre três microaspersores com espaçamento de 0,30 m entre coletores, com total de 42 coletores. A diferença entre a quantidade de coletores utilizados nos testes dos diferentes emissores foi devida à geometria das bancadas sob os equipamentos.

A velocidade do vento foi mensurada com um anemômetro portátil Dwyer. Durante os testes com o microaspersor IRS, a velocidade do vento foi de 4,0 km h⁻¹ enquanto para o emissor Rondo foi de

3,2 km h⁻¹. Os testes com o emissor MA-20 foram realizados sem vento, pois estes estavam instalados em ambiente protegido. Os testes foram realizados na área central de uma bancada escolhida aleatoriamente em cada setor, com três repetições e duração de 0,5 horas. Este tempo foi utilizado por ser o adotado para irrigação no viveiro, portanto, buscou-se não alterar a rotina do mesmo.

Após a coleta das lâminas precipitadas foram calculados o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) (CHRISTIANSEN, 1942) e o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) (CRIDDLE et al., 1956).

O valor do CUC pode ser calculado pela Equação 1.

$$CUC = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - X_m|}{n \times X_m} \right) \quad (1)$$

em que:

X_i = precipitação observada em cada coletor, mm;

X_m = média das precipitações, considerando todos os coletores, mm;

n = número de coletores utilizados.

Já o valor de CUD pode ser calculado pela Equação 2.

$$CUD = 100 \cdot \frac{X_{25}}{X_m} \quad (2)$$

em que:

X_{25} = média das 25% menores precipitações, mm;

Uniformidade da irrigação por capilaridade

A irrigação por capilaridade foi realizada utilizando dois tanques, um para bandejas de tubetes pequenos (110 cm³) e outro para bandejas de tubetes grandes (300 cm³), com dimensões de 1,65 m x 2,55 m e 1,60 m x 2,50 m, respectivamente. Ambos os tanques possuíam 0,2 m de profundidade e altura total de 1,10 m, construídos de blocos de concreto (dimensões de 0,40 m x 0,20 m x 0,15 m).

Na Figura 1 podem ser observados os detalhes dos tanques de irrigação por capilaridade, sendo detalhados: vista frontal (1A), tubulação de entrada de água com hidrômetro (1B), tubulação de saída de água e reservatórios para bombeamento e armazenamento da água drenada (1C) e vista lateral do tanque para tubetes pequenos (1D).

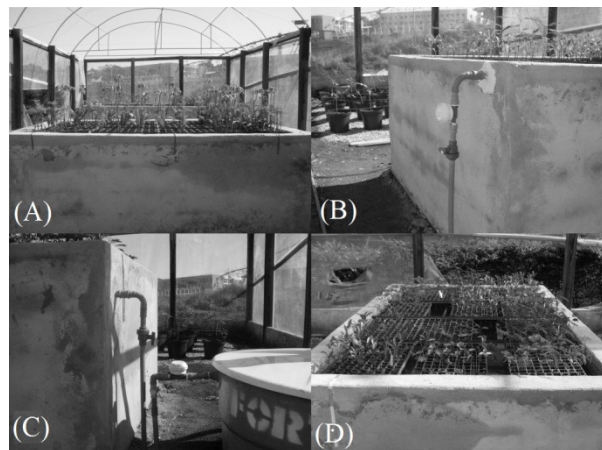


Figura 1. Detalhes dos tanques de irrigação por capilaridade, Universidade Federal de Lavras.

Em cada bandeja foram utilizadas dezoito plantas cultivadas em tubetes grandes e trinta e seis plantas em tubetes pequenos. As espécies cultivadas em tubetes grandes foram: Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze, não pioneira), Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*, não pioneira) e Cutieira (*Joannesia princeps*, não pioneira). Já em tubetes pequenos foram avaliadas as espécies Mutamba (*Guazuma ulmifolia* Lam., pioneira), Peroba Rosa (*Aspidosperma polyneuron*, não pioneira) e Angico Vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan, não pioneira).

As mudas estavam em fase final de viveiro, ou seja, em pré-plantio, com idade entre 9 e 12

meses. As espécies Araucária, Jerivá e Cutieira possuíam área foliar de 233,36 cm²; 54,59 cm² e 83,15 cm², respectivamente. Já as espécies Mutamba, Peroba Rosa e Angico Vermelho possuíam 32,65cm²; 54,61 cm² e 31,49 cm² de área foliar, respectivamente.

O sistema de alimentação dos tanques foi constituído por um conjunto motobomba modelo BC – 98 de 0,25 cv, da fabricante Schneider, que retirava a água de duas caixas d'água de 500 litros em fibra, cada uma destas ligada a um tanque de irrigação por capilaridade.

A lâmina de água aplicada por tanque foi de 50 mm a partir da parte inferior do tubetes. O tempo

de irrigação de tubetes grandes era de 45 minutos e de 30 minutos para tubetes pequenos, tempos estes necessários para que a frente de umidade vinda por ascensão capilar chegasse à camada superior de substrato.

Partindo da umidade inicial de $0,38 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, após a irrigação o substrato apresentaria umidades de $0,55 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ em tubetes grandes e $0,67 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ em tubetes pequenos.

O substrato utilizado foi o Tropstrato Florestal[®] fabricado pela empresa Vida Verde, composto por fibra de coco, vermiculita, carvão vegetal e casca de *pinus* em proporções não informadas pelo fabricante, sendo o enchimento dos tubetes com substrato feito de maneira manual.

A água bombeada para os tanques era retirada por meio do mesmo conjunto motobomba utilizado na alimentação do reservatório, retornando à sua caixa d'água correspondente.

Foram fixados na parte inferior de cada tubete, com auxílio de gomas elásticas, quadrados de aproximadamente 0,07 m de lado de tecido Tule. Esta medida foi tomada para que não houvesse perda de substrato durante as avaliações, não comprometendo assim os resultados.

Na determinação da uniformidade de aplicação de água em cada espécie estudada, foram amostradas as seis plantas centrais em bandejas de tubetes grandes e as nove plantas centrais em bandejas de tubetes pequenos, totalizando dezoito e vinte e sete dados por irrigação, respectivamente. Diferenças no número de plantas amostradas se deveram graças ao número total de células nas bandejas para tubetes de 110 cm^3 e 300 cm^3 . Para a avaliação, foram realizadas três repetições no tempo.

A lâmina de água adicionada a cada tubete foi determinada após a irrigação, por meio da pesagem individual de cada amostra. A diferença entre as massas antes da aplicação de água e após a irrigação e espera do tempo de drenagem da água adicionada, representou o ganho por tubete

(Equação 3). Após convertida a massa de água em volume (Equação 4), pôde-se determinar a lâmina irrigada dividindo-se o volume de água ganho por tubete pela área da seção circular deste (Equação 5).

$$M_{\text{aat}} = M_{\text{dirrt}} - M_{\text{airrt}} \quad (3)$$

$$V_{\text{aat}} = \frac{M_{\text{aat}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (4)$$

$$L_{\text{aat}} = \frac{V_{\text{aat}} \times 1000}{A_t} \quad (5)$$

em que:

M_{aat} = massa de água adicionada por tubete após a irrigação (kg);

M_{dirrt} = massa do tubete depois da irrigação (kg);

M_{airrt} = massa do tubete antes da irrigação (kg);

V_{aat} = volume de água adicionada ao tubete após a irrigação (m^3);

$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ = densidade da água aplicada (valor assumido de 1000 kg m^{-3});

L_{aat} = lâmina irrigada por tubete (mm);

A_t = área da seção circular do tubete (m^2).

Após a obtenção das lâminas de irrigação, os coeficientes de uniformidade de distribuição e de Christiansen foram calculados respectivamente pelas Equações 1 e 2. A massa de água retida por tubete foi obtida com balança digital modelo POP-S Urano, com precisão de 0,002 kg para massa até 6 kg e 0,005 kg para massas superiores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uniformidade da microaspersão invertida

As lâminas médias, CUC e CUD, avaliados em cada sistema de irrigação estudados no viveiro de mudas florestais de Itutinga - MG são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Lâmina média aplicada, CUC e CUD dos emissores avaliados.

Microaspersor	Lâmina média (mm)	CUC (%)	CUD (%)
MA-20	12,15	82,14	73,21
IRS	14,36	56,20	43,69
Rondo	6,47	10,11	24,67

Os maiores valores de CUC e CUD, 82,14% e 73,21%, respectivamente, foram obtidos para o emissor MA-20, sendo classificados como “bom” (MANTOVANI, 2002), no caso do CUC, e “regular” (MERRIAM e KELLER, 1978), para o

CUD. respectivamente. O microaspersor IRS apresentou uma lâmina média de 14,36 mm e um CUC de 56, 20%, classificado como “inaceitável” e um CUD de 43,69%, este classificado como “ruim”.

A área irrigada do viveiro que apresentou os piores resultados de uniformidade de distribuição de água foi à irrigada pelo microaspersor Rondo, que resultou em CUC e CUD classificados como “inaceitável” e “ruim” (10,11% e 24,67%, respectivamente).

Esses baixos valores de uniformidade são consequência da falta de manutenção dos emissores instalados no viveiro de mudas florestais nativas em Itutinga - MG, sendo verificado, durante os ensaios de campo, entupimento parcial ou integral de alguns emissores, além de um acúmulo de lodo junto ao bocal do emissor.

Sampaio et al. (2001) avaliaram a uniformidade de distribuição de água de microaspersores novos trabalhando em posição invertida e com dispositivos giratórios e obtiveram

valores de CUC variando entre 98,3% (para espaçamento de 1 m x 1 m) e 85,6% (para espaçamento de 4 m x 4 m) para diversos espaçamentos entre emissores. Nascimento et al. (2009) e Benício et al. (2009) também obtiveram resultados maiores de CUD em suas avaliações (77,79% e 85,6%, respectivamente) de microaspersores, porém, com emissores instalados sobre o solo.

A distribuição espacial das lâminas coletadas sob o emissor MA-20 é apresentada na Figura 2. Os valores representados na figura compreendem as lâminas obtidas nos coletores posicionados nas bancadas do viveiro, sob os emissores, que estavam posicionados no sentido transversal, passando pelo centro da extensão longitudinal.

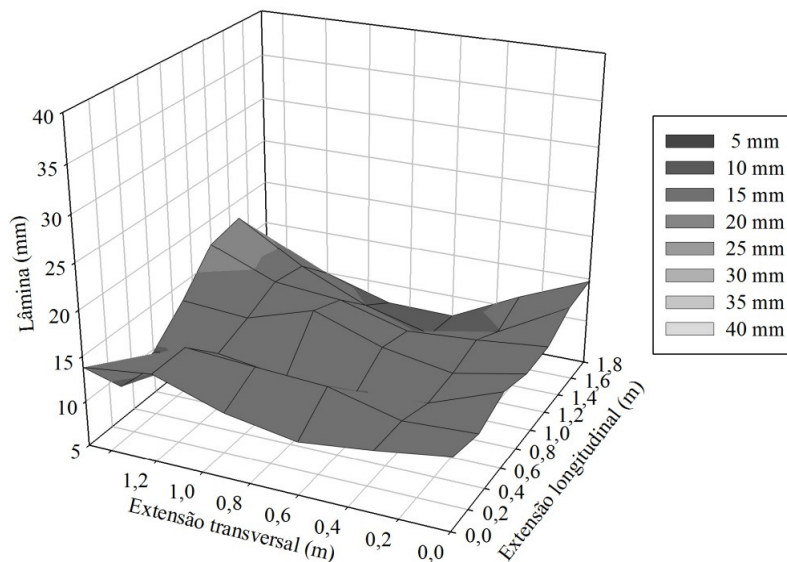


Figura 2. Representação da distribuição espacial das lâminas coletadas sob o emissor MA-20.

Mesmo apresentando os melhores valores de uniformidade de distribuição de água dentre os três modelos avaliados no viveiro florestal, pode-se observar lâminas de irrigação variando entre 6 mm até, aproximadamente, 18 mm em um tempo de aplicação de 0,5 horas. Observa-se ainda uma depressão mais acentuada no centro da Figura 2, que representa a posição central da bancada onde estavam as mudas sob o emissor MA-20, região esta deficitária de água. Os melhores resultados, obtidos com o emissor MA-20, podem ser explicados pela melhor cobertura da área irrigada, possivelmente em função de gotas menores, quando comparados aos outros modelos de microaspersores avaliados. Além disso, o emissor MA-20, por estar instalado em ambiente protegido, não sofreu influência de vento,

que é um dos principais fatores a contribuir negativamente na uniformidade de sistemas de irrigação (CONCEIÇÃO; COELHO, 2003).

A distribuição das lâminas coletadas na bancada sob o emissor *Inverted Rotor Spray* é apresentada na Figura 3. Observa-se grande diferença entre os valores de lâmina de irrigação do microaspersor IRS, variando entre valores de 0 mm até valores próximos de 35 mm. No setor do viveiro onde se encontrava instalado este emissor não havia cobertura artificial, sendo, portanto influenciado pelo vento, além de ter-se observado acúmulo de lodo no corpo do emissor. Esta condição acarreta em áreas super-irrigadas e áreas com irrigações deficitárias. Este fato impede que a irrigação exerça um de seus fundamentos básicos, que é proporcionar

desenvolvimento uniforme às culturas, genético, possibilitando o desempenho de todo seu potencial

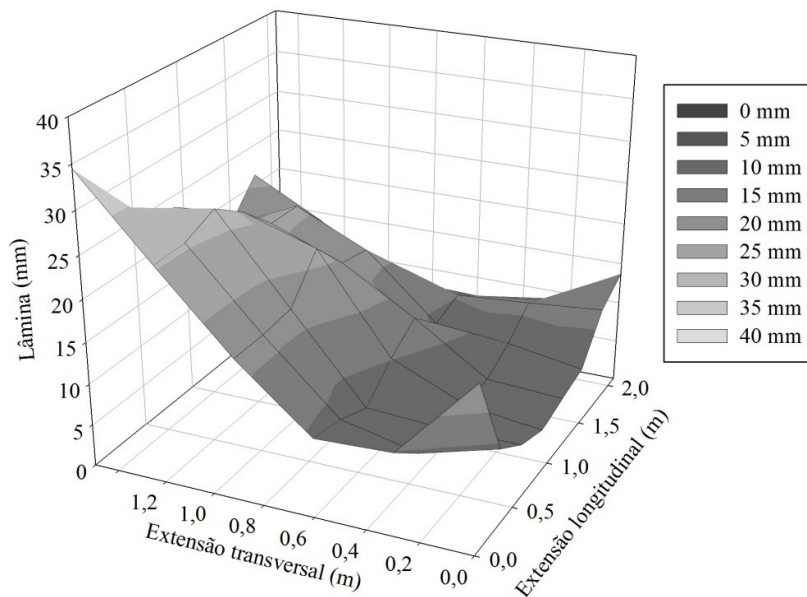


Figura 3. Representação da distribuição espacial das lâminas coletadas sob o emissor *Inverted Rotor Spray*.

A distribuição espacial das lâminas de irrigação sob o emissor Rondo é apresentada na Figura 4. Uma particularidade dos resultados de uniformidade obtidos para este emissor é que o valor médio do CUD encontrado foi superior ao do CUC. Reis et al. (2005) citam que na maioria dos

casos o CUC supera o CUD pois o último se configura como um teste mais rigoroso, pois dá um peso maior na avaliação às menores vazões ou lâminas avaliadas ao longo da linha lateral de irrigação.

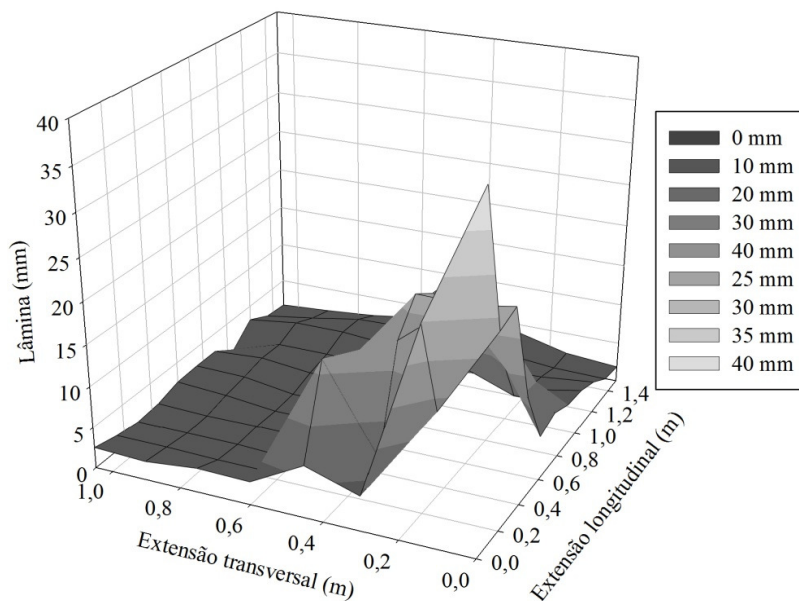


Figura 4. Representação da distribuição espacial das lâminas coletadas sob o emissor Rondo.

O gráfico apresentado na Figura 4 auxilia na explicação para essa inversão. Como foram encontradas uma minoria de valores altos de lâmina neste sistema, a média dos 25% dos menores valores não diferiu tanto da média das lâminas (6,47 mm), gerando um CUD maior que o CUC, já que este último mensura o desvio das lâminas encontradas com a lâmina média da área molhada, esta sim prejudicada pelos picos encontrados na avaliação.

Assim como neste trabalho, Cunha et al. (2010) também obtiveram distribuições espaciais irregulares da precipitação de microaspersores em

viveiro de mudas. Os autores atribuíram o problema a procedimentos técnicos inadequados na instalação dos emissores.

Uniformidade da irrigação por capilaridade

Como mostrado na Tabela 2, o CUC das espécies cultivadas em tubetes pequenos variou entre 68,99% e 82,94%, obtidos para Araucária e Jerivá, respectivamente. Para o CUD, o menor foi obtido para Araucária (76,62%) e o maior para Cutieira (81,93%), porém os valores obtidos foram mais próximos nesta avaliação do que para o CUC.

Tabela 2. Lâmina média aplicada, médias de CUC e CUD das espécies avaliadas em tubetes grandes.

Espécie	Lâmina média (mm)	CUC (%)	CUD (%)
Araucária	2,48	82,94	76,62
Jerivá	1,21	68,99	78,34
Cutieira	1,16	72,17	81,93

Assim como ocorrido na avaliação de uniformidade do microaspersor Rondo instalado no viveiro de mudas florestais da cidade de Itutinga - MG, os valores de CUC nas espécies Jerivá e Cutieira foram inferiores ao CUD, o que mostra que os desvios das lâminas medidas foram grandes em relação à média das lâminas nestas plantas.

Outro item a ser destacado é a menor lâmina média retida nos tubetes nestas duas espécies em relação ao retido na Araucária. Foi observado nestas espécies um sistema radicular mais desenvolvido,

ocupando maior volume do substrato disponível, o que pode causar uma maior compactação do substrato e conseqüente redução de sua porosidade.

O maior CUC obtido na avaliação das espécies cultivadas em tubetes pequenos foi de 91,16% (Mutamba) e o menor para o Angico vermelho (74,76%), similar à forma que ocorreu para o CUD (Tabela 3). Os três valores de CUD das espécies cultivadas em tubetes pequenos foram superiores aos valores de CUC encontrados.

Tabela 3. Lâmina média aplicada, médias de CUC e CUD das espécies avaliadas em tubetes pequenos.

Espécie	Lâmina média (mm)	CUC (%)	CUD (%)
Mutamba	1,97	91,16	95,32
Angico Vermelho	2,23	74,76	84,43
Peroba Rosa	2,09	82,49	90,07

Em geral, os valores de uniformidade para espécies de tubetes pequenos foram superiores aos encontrados em tubetes grandes. A uniformidade em sistemas de irrigação por capilaridade está diretamente relacionada à uniformidade do desenvolvimento e do material genético das plantas irrigadas, e conseqüentemente com a relação entre o substrato e o sistema radicular, órgão do vegetal que interfere diretamente na uniformidade de aplicação, já que este é capaz de modificar as propriedades estruturais do substrato utilizado.

Outro fator que pode influenciar na uniformidade da irrigação por capilaridade é a densidade de partículas. Fonteno (1993) afirma que a densidade influencia as demais características físicas do substrato, como porosidade total e água facilmente disponível. Como o enchimento dos tubetes foi realizado manualmente, a falta de

uniformidade da força aplicada no preenchimento destes gera diferença na densidade de partículas do substrato e conseqüentemente na uniformidade da irrigação por capilaridade.

Os resultados de uniformidade obtidos com os microaspersores IRS e Rondo foram inferiores aos obtidos em todas as espécies na irrigação por capilaridade. Já os resultados obtidos com o emissor MA-20 foram comparáveis aos obtidos com em tubetes grandes e irrigação por capilaridade, possivelmente pelo fato deste microaspersor ter sido instalado em ambiente protegido.

Uma das vantagens da irrigação por capilaridade é que, por não utilizar emissores, não há redução na uniformidade em função do envelhecimento dos equipamentos ou por falta de manutenção (como observado no viveiro de mudas avaliado em Itutinga -MG), porém, devem ser

observados padrões de qualidade de mudas cultivadas em tubetes, principalmente relacionadas ao sistema radicular, já que os tanques de irrigação por capilaridade podem dificultar a operação de poda radicular.

Em contrapartida, os resultados de uniformidade na irrigação por capilaridade foram inferiores aos obtidos em microaspersores novos, como os apresentados por Sampaio et al. (2001) e para emissores em uso, como demonstrado por Santiago et al. (2004).

CONCLUSÕES

O microaspersor MA-20 apresentou maior uniformidade em relação ao Inverted Rotor Spray e Rondo, nas condições avaliadas pelo experimento.

A uniformidade de distribuição de água de sistemas de microaspersão avaliados no viveiro de mudas florestais de Itutinga - MG é prejudicada pelo entupimento parcial de bocais causados por filamentos de algas que poderiam ser reduzidos com manutenção periódica mais intensa dos emissores.

Os tanques de irrigação por capilaridade mostraram-se alternativa interessante à irrigação de mudas de espécies florestais, apresentando alta uniformidade em espécies cultivadas em tubetes pequenos.

ABSTRACT: Irrigation systems poorly dimensioned allied to inadequate management could affect the satisfactory use of irrigation in nurseries, causing waste of water and energy and, consequently, less species development. Thus, the objectives of this study were to evaluate the uniformity of a microsprinkle irrigation system, already installed in a nursery of forest species, as well as evaluating the uniformity of a capillarity irrigation system of forest seedlings grown in plastic tubes. The microsprinkle irrigation uniformity evaluation was performed in a native forest nursery at Itutinga city, MG, using the emitters models MA-20, Rondo e Inverted Rotor Spray. To determine the irrigation uniformity, were calculated the coefficients CUC (Christiansen Uniformity Coefficient) and DUC (Distribution Uniformity Coefficient) of each emitter, with three replications. The capillary irrigation uniformity evaluation was evaluated in a greenhouse located in the Federal University of Lavras (UFLA), in three species cultivated in 300 cm³ recipient tubes (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze, *Syagrus romanzoffiana* e *Joannesia princeps*) and three species cultivated in 110 cm³ tubes (*Guazuma ulmifolia* Lam., *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan and *Aspidosperma polyneuron*), through the calculation of CUC and DUC for each species, also with three replications. To the microsprinkle systems, the largest values of CUC and DUC were obtained for the MA-20 emitter. In capillarity irrigation, the largest CUC and DUC were obtained at irrigation of the *Guazuma ulmifolia* Lam. plants. In general, the irrigation uniformity in the species cultivated in 110 cm³ tubes was higher than in tubes of 300 cm³.

KEYWORDS: Evaluation of irrigation. Capillarity irrigation. Microsprinkle.

REFERÊNCIAS

- BENÍCIO, F. R.; CARVALHO, C. M.; ELOI, W. M.; GONÇALVES, F. M.; BORGES, F. R. M.. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão na cultura da goiaba em Barbalha - CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 3, n. 2, p. 55-61, 2009.
- BUMGARNER, M. L.; SALIFU, K. F.; JACOBS, D. F. Subirrigation of *Quercus rubra* seedlings: Nursery stock quality, media chemistry, and early field performance. **HortScience**, Alexandria, v.43, n.7, p. 2179-2185, 2008
- CHRISTIANSEN, J. E. **Irrigation by sprinkle**. Berkeley: University of California, 1942. 41p.
- COGGESHALL, M. V.; VAN SAMBEEK, J. W. Development of a subirrigation system with potential for hardwood tree propagation. In: INTERNATIONAL PLANT PROPAGATORS' SOCIETY, 51., 2002, Carlisle. **Proceedings...** Carlisle: [s. n.], 2002. p. 443-448.
- CONCEIÇÃO, M. A. F.; COELHO, R. D. Simulating wind effect on microsprinkler water distribution. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, p.205-209, 2003.
- CRIDDLE, W.D.; DAVIS, S.; PAIR, C.H.; SHOCKLEY, D.G. **Methods for evaluating irrigation systems**. Washington, DC: Soil Conservation Service - USDA, 1956. 24p.

CUNHA, M. D.; CUNHA, M. L.; FREIRE, J. O. Avaliação de desempenho do microaspersor Amanco 63 L h⁻¹ em condições de campo. **Holos**, Natal, v. 26, n. 5, p. 23–27, 2010.

DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: UFLA, 2008. 174 p.

DAVIS, A. S.; JACOBS, D. F.; OVERTON, R. P.; DUMROESE, R. K. Influence of Irrigation Method and Container Type on Northern Red Oak Seedling Growth and Media Electrical Conductivity. **Native Plants Journal**, Madison, v.9, n.1, p.4-13, 2008.

DAVIS, A. S.; PINTO, J. R.; JACOBS, D. F. Early field performance of Acacia koa seedlings grown under subirrigation and overhead irrigation. **Native Plants Journal**, Madison, v.12, n.2, p.94-99, 2011

DUMROESE, R. K.; PINTO, J. R.; JACOBS, D. F.; DAVIS, A. S.; BARON, H. Subirrigation reduces water use, nitrogen loss, and moss growth in a container nursery. **Native Plants Journal**, Madison, v. 7, n. 3, p. 253–261, 2006.

DUMROESE, R. K.; DAVIS, A. S.; JACOBS, D. F. Nursery response of Acacia koa seedlings to container size, irrigation method, and fertilization rate. **Journal of Plant Nutrition** v.34, n.6, p.877–887, 2011.

FONTENO, W. C. Problems & considerations in determining physical properties of horticultural substrates. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 342, p. 197-204, 1993.

GRUBER, Y. B. G. **Otimização da lâmina de irrigação na produção de mudas clonais de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* var. *plathyphylla*)**. 2006. 145 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

ISO - International Organization for Standardization. **ISO 7719/2**. Irrigation equipment - Rotating sprinklers – Part 2: Uniformity of distribution and test methods, Switzerland, 1990. 6p.

LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C. Qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes lâminas de irrigação e dois tipos de substrato. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 31, n. 5, p. 835-843, 2007.

MANTOVANI, E. C. **Avalia: manual do usuário**. Viçosa, MG: DEA/UFV– PNP&D/Café/EMBRAPA, 2002. 100 p.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.

NASCIMENTO, A. K. S.; SOUZA, R. O. R. M.; LIMA, S. C. R. V.; CARVALHO, C. M.; ROCHA, B. M.; LEITE, K. N. Desempenho hidráulico e manejo da irrigação em sistema irrigado por microaspersão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 3, n. 1, p. 39–45, 2009.

NEVES, W. S.; OLIVEIRA, P. M.; PARREIRA, D. F.; GIARETTA, R. D.; COSTA, E. L. Importância do manejo da irrigação sobre a ocorrência de doenças de plantas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 249, p. 110–115, 2010.

PINTO, J. R.; CHANDLER, R.; DUMROESE, R. K. Growth, nitrogen use efficiency, and leachate comparison of subirrigated and overhead irrigated pale purple coneflower seedlings. **HortScience**, Alexandria, v.43, n.3, p. 897–901, 2008.

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

SALVADOR, C. A. **Sistema de irrigação por capilaridade na produção de porta - enxertos de mudas cítricas na fase de sementeira**. 2010. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

SAMPAIO, S. C., KOBAYASHI, M. K. ; CORREA, M. M. BOAS, M. A. V. Uniformidade de aplicação de água por microaspersores operando em posição invertida. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 6, p. 1359-1369, 2001.

SANTIAGO, F. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Avaliação de parâmetros hidráulicos e manejo da irrigação por microaspersão em área de assentamento. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 632-643, 2004.

SANTOS, C. B.; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2000.

SILVA, C. A.; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 4, n. 8, p. 1-17, 2005.