

Desenvolvimento biométrico de mudas de eucalipto sob diferentes lâminas de irrigação na fase de crescimento

Carla Raphaela Araújo Silva¹, Aristides Ribeiro^{1*}, Aline Santana de Oliveira¹, Valéria Hollunder Klippel¹, Robert Louis Pazzeto Barbosa¹

¹Universidade Federal de Viçosa, Avenida Purdue, s/nº, Campus Universitário, CEP 36570-000, Viçosa, MG, Brasil

*Autor correspondente:
ribeiro@ufv.br

Termos para indexação:

Manejo hídrico
Qualidade de mudas
Eucalyptus urophylla x *Eucalyptus grandis*

Index terms:

Water management
Quality of seedlings
Eucalyptus urophylla x *Eucalyptus grandis*

Histórico do artigo:

Recebido em 10/04/2015
Aprovado em 02/12/2015
Publicado em 31/12/2015

doi: 10.4336/2015.pfb.35.84.897

Resumo - Este estudo teve como objetivo a avaliação do desenvolvimento de mudas de eucalipto sob distintas lâminas de irrigação na etapa de crescimento. Híbridos dos clones *Eucalyptus urograndis* (clone A) e *Eucalyptus uroglobulos* (clone B) foram submetidos às lâminas brutas diárias de 5, 9, 11, 14 e 15 mm. Foram mensuradas altura, diâmetro do colo, biomassa fresca, biomassa seca das mudas e calculado o índice de qualidade de Dickson (IQD). Do início ao fim do experimento as variações observadas foram, respectivamente para o clone A e B: altura de 17,75 a 30,27 cm e de 12,03 a 26,70 cm; diâmetro do colo de 2,17 a 4,38 mm e de 1,88 a 3,13 mm; biomassa fresca de 2,60 a 7,86 g muda⁻¹ e 1,66 a 8,04 g muda⁻¹; biomassa seca de 0,89 a 2,45 g muda⁻¹ e 0,42 a 1,97 g muda⁻¹; e IQD de 0,06 a 0,238 e 0,04 a 0,189. Para ambos os clones, a lâmina bruta diária de 11 mm é a que deve adotada para a fase de crescimento, por proporcionar o desenvolvimento de mudas de melhor qualidade de acordo com o IQD, além da possibilidade de se otimizar o uso da água em viveiros comerciais.

Biometric development of eucalyptus seedlings under different irrigation depths in growth stage

Abstract - This study aimed to assess the development of eucalyptus seedlings under different irrigation depths levels in growth stage. *Eucalyptus urograndis* (clone A) and *Eucalyptus uroglobulus* (clone B) hybrids were subjected to irrigation gross depths of 5, 9, 11, 14 and 15 mm. We measured height, stem diameter, fresh weight, dry weight of seedlings and we calculated Dickson quality index (DQI). From beginning to end of the experiment for clone A and B, respectively, seedlings height ranged from 17.75 to 30.27 cm and 12.03 to 26.70 cm; stem diameter from 2.17 to 4.38 mm and from 1.88 to 3.13 mm; fresh weight from 2.60 to 7.86 g seedling⁻¹ and from 1.66 to 8.04 g⁻¹ seedling; dry biomass from 0.89 to 2.45 g seedling⁻¹ and from 0.42 to 1.97 g seedling⁻¹; and DQI from 0.06 to 0.238 and from 0.04 to 0.189. For both clones the irrigation gross depths of 11 mm is recommended to be adopted for growth phase, as it facilitates development of better-quality seedlings according to DQI, and it is also possible to optimize water use in commercial nurseries.

Introdução

O eucalipto é uma espécie amplamente cultivada em todo o mundo, sendo que o Brasil apresenta uma área de plantio de 5,1 milhões de hectares e em constante expansão (Anuário Estatístico da ABRAF, 2013). Diante desse cenário, é crescente a demanda por mudas das

espécies que visam atender ao reflorestamento, sendo foco das empresas florestais a busca constante pela qualidade das mudas.

A produção de mudas desta espécie, por estaquia, compreende as fases de enraizamento, aclimação à sombra, crescimento e rustificação a céu aberto (Xavier et al., 2013), sendo que em cada uma há exigências

microclimáticas e hídricas diferenciadas. A fase de crescimento tem por objetivo o desenvolvimento da parte aérea das plantas (Silva et al., 2004) e essa é uma das etapas em que ocorre o maior consumo hídrico dentre todas as outras fases de produção. Segundo informações obtidas em viveiros de produtores de mudas de eucalipto, a lâmina de irrigação aplicada nesse estágio varia de 4 a 16 mm dia⁻¹, dependendo das condições climáticas.

Apesar da alta tecnologia e investimentos do setor florestal, é possível observar que, mesmo nas grandes empresas, ainda não há padronização quanto à quantidade de água aplicada às mudas em suas diferentes etapas de desenvolvimento, principalmente nas fases após o enraizamento. A lâmina hídrica ideal a ser aplicada deve variar em função das condições meteorológicas no local de produção. De modo geral, são realizadas irrigações com alta frequência e em quantidade superior à necessidade hídrica das plantas, provocando desperdício de água. Além disso, o excesso hídrico pode causar perdas de mudas por doenças, em virtude do excesso de umidade no substrato, causando encarquilhamento e clorose das folhas e geotropismo negativo das raízes (Alfenas et al., 2009). Outro fator importante a ser considerado é que o excesso de água pode causar a lixiviação dos nutrientes presentes no substrato, influenciando negativamente no desenvolvimento das mudas (Rego et al., 2005) além de proporcionar um microclima favorável ao desenvolvimento de doenças (Lopes et al., 2005). Em contrapartida, a escassez desse recurso afeta drasticamente o metabolismo das plantas, induzindo o fechamento dos estômatos, a fim de evitar a perda de água por transpiração, o que acarreta a redução da atividade fotossintética e uma série de outros processos nos vegetais (Taiz & Zeiger, 2013). Martins et al. (2008) cita que no eucalipto os sintomas de deficiência hídrica são mais visíveis e drásticos na fase de muda.

A qualidade de mudas de eucalipto produzidas sob diferentes tratamentos hídricos foi avaliada por Lopes et al. (2007) nas estações de inverno e primavera, sendo que as lâminas diárias de 12 e 14 mm foram as que mais contribuíram para o desenvolvimento das mudas aos 108 dias após a semeadura. Rodrigues et al. (2011) avaliaram a necessidade hídrica de mudas de eucalipto e concluíram que a aplicação de 257% da evapotranspiração de referência foi suficiente para o bom desenvolvimento das plantas.

A avaliação da qualidade de mudas de eucalipto sob diferentes lâminas de irrigação pode servir como

ferramenta para a tomada de decisão do manejo de irrigação em viveiros florestais. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação do desenvolvimento biométrico de mudas de eucalipto sob distintas lâminas de irrigação na etapa de maior demanda evapotranspirativa e consumo hídrico.

Material e métodos

Caracterização do sistema de produção das mudas

O experimento foi conduzido no período de 16/12/2012 a 02/03/2013 no Viveiro de Pesquisas do Departamento de Engenharia Florestal, pertencente à Universidade Federal de Viçosa, situado em Viçosa, MG.

Para a obtenção das mudas de eucalipto, foram utilizadas estacas dos híbridos *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, com aproximadamente 10 cm de comprimento e dois pares de folhas. O material foi produzido em minijardim semi-hidropônico de canaletão de areia, instalado no próprio local do experimento, com lâmina de irrigação diária de 5 mm.

Os recipientes utilizados na produção das mudas de eucalipto foram tubetes de polipropileno, com capacidade volumétrica de 55 cm³ e altura de 12,5 cm, sendo estes preenchidos com uma mistura de substrato comercial à base de casca de pinus e vermiculita expandida. A nutrição mineral utilizada no substrato foi composta de 8,00 kg m⁻³ de superfosfato simples e 1,55 Kg m⁻³ de Osmocote® de formulação NPK 19-6-10.

A produção das mudas durante as fases de enraizamento e aclimação à sombra foi realizada em estufa adaptada; a estrutura era coberta com filme plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD), com espessura de 150 µm e sombreamento móvel (tela de sombreamento com malha de 60%) para atender à fase de aclimação. As laterais da estrutura possuíam dobradiças metálicas que permitiam sua abertura quando ocorria mudança da fase de produção.

Durante a fase de enraizamento, com duração de 30 dias, as miniestacas permaneceram em casa de vegetação climatizada, onde a irrigação era realizada por nebulização, com estrutura formada por 100 nebulizadores com vazão unitária de 7,5 L h⁻¹, acionada quando a temperatura do ambiente estivesse acima de 30 °C ou a umidade relativa do ar abaixo de 80%. Para isso, a estrutura foi equipada com um sensor de temperatura e umidade relativa do ar conectado a um

controlador digital responsável pelo acionamento da bomba de irrigação e do sistema de ventilação mecânica.

Após enraizadas, as mudas foram transferidas para o ambiente de aclimação à sombra por 10 dias, sendo a irrigação realizada durante 5 min por 9 microaspersores com vazão unitária de 120 L h⁻¹ e 64 bicos nebulizadores com vazão unitária de 7,5 L h⁻¹, acionada às 8, 12, 14 e 16 h. No primeiro dia da fase de aclimação à sombra foi realizada adubação de cobertura com fosfato monoamônio (MAP) para promover o crescimento da parte aérea, na proporção de 150 g do adubo para 10 L de água, sendo aplicados por meio de uma seringa 5 mL da solução em cada tubete.

Após a aclimação, as mudas foram transferidas para área coberta com filme plástico de polietileno de baixa densidade, porém com as laterais sem plástico para promover a livre circulação de ar sobre as mudas, onde permaneceram por 30 dias. Esta fase, denominada crescimento, recebeu os tratamentos de irrigação.

Tratamentos e delineamento experimental

Foram selecionadas 135 mudas de cada um dos híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, clone A e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, clone B, que foram submetidas durante 30 dias, na fase considerada como de crescimento a 5 tratamentos de diferentes lâminas brutas diárias de irrigação, sendo T1: 5 mm, T2: 9 mm, T3: 11 mm, T4: 14 mm e T5: 15 mm. Cada tratamento ocupou uma área de 3,75 m², sendo o sistema de irrigação constituído por 6 microaspersores modelo Agrojet MA-50, com vazão de 53,6 L h⁻¹ e pressão de 20 mca. Cada tratamento foi controlado por meio de válvulas solenóides e temporizadores, acionado duas vezes ao dia, às 10 e 15 h. Para atingir as lâminas, o sistema de irrigação ficou ligado por 2; 3,6; 4,4; 5,6 e 6 min, correspondentes aos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente.

A escolha das lâminas foi realizada com base no trabalho de Oliveira (2012), no qual foi observado que a lâmina hídrica média necessária para o desenvolvimento de mudas de eucalipto durante a fase de crescimento foi igual a 11 mm ao dia. A partir disso, foram definidas duas lâminas superiores e duas inferiores ao valor da lâmina hídrica necessária, sendo esses valores obtidos após a realização da avaliação de homogeneidade das lâminas em cada tratamento.

O experimento foi instalado em esquema de parcela subdividida, no qual as diferentes lâminas constituíram

as parcelas e os dois clones as subparcelas. Nas subparcelas, os clones foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado.

As mudas foram mantidas na fase de crescimento no período de 02/02/2013 a 02/03/2013.

- Monitoramento das variáveis meteorológicas

O monitoramento das variáveis meteorológicas foi realizado por meio de sensores instalados em uma estação meteorológica localizada próximo ao ambiente utilizado para a produção das mudas (Tabela 1). Os dados foram coletados em intervalos de 1 s e a média calculada a cada min, sendo armazenados em um datalogger, modelo CR10X, Campbell Scientific Instruments, EUA.

Tabela 1. Especificações dos instrumentos meteorológicos utilizados para medição das variáveis ambientais.

| Variável medida | Especificações dos instrumentos meteorológicos |
|-----------------------|--|
| Temperatura e umidade | Termohigrômetro (modelo HPMP45AC, Vaisala, Helsinki, Finland) |
| Radiação solar | Piranômetro (modelo CM3, Kipp & Zonen, Röntgenweg, The Netherlands) |
| Velocidade do vento | Anemômetro de conchas (modelo TE525, Campbell Scientific Instruments, Utah, USA) |

Após a coleta dos dados de temperatura e umidade, foi realizado o cálculo do déficit de pressão de saturação de vapor d'água no ar, conforme equação proposta por Tetens (1930).

- Monitoramento do crescimento das mudas

O acúmulo de biomassa das mudas de eucalipto no decorrer do processo de produção foi determinado através do método destrutivo, no qual, a partir da data de estaqueamento, com periodicidade de 7 dias, procedeu-se a medição da biomassa fresca da parte aérea (folhas e caule) e do sistema radicular de 3 estacas de cada clone, retiradas aleatoriamente, sendo a média considerada como o valor da unidade experimental. Em seguida, foram submetidas à secagem em estufa a 65 °C, por 48 h, até massa constante, para a obtenção da biomassa seca total. O acompanhamento do desenvolvimento das mudas a partir do estaqueamento foi realizado de maneira a garantir que as características apresentadas por essas estivessem de acordo com aquelas encontradas no manejo convencional dos viveiros. A finalização da fase de crescimento, obtida de acordo com o manejo convencional, foi caracterizada pela alteração da coloração das folhas e um leve endurecimento do caule. Os dados avaliados nesse experimento se referem apenas

àqueles mensurados durante a fase de crescimento das mudas.

Simultaneamente à determinação das biomassas fresca e seca, foram realizadas medidas biométricas das mudas de eucalipto, sendo registrada a altura da parte aérea (cm) e o diâmetro do colo (mm), também com periodicidade de 7 dias e amostragem aleatória de 3 estacas de cada clone por tratamento. De posse destas informações, foi calculado o índice de qualidade de Dickson (IQD) (Dickson et al., 1960).

Durante a fase de crescimento, a cada avaliação, as três mudas retiradas por clone eram repostas por outras mudas, a fim de manter a mesma densidade inicial de plantas, sendo estas marcadas para evitar a coleta nas avaliações seguintes.

- Análise estatística dos dados

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância - ANOVA e Teste de Médias - Tukey ($p < 0,05$), através do programa *Statistica*® 7.0, onde foram testados os efeitos das diferentes lâminas sobre os dois materiais genéticos.

Resultados e discussão

Os dados das variáveis meteorológicas monitoradas diariamente durante a fase de aplicação dos tratamentos indicam que houve variação na radiação solar média diária, de 2,47 MJ m⁻² a 22,52 MJ m⁻²; no déficit de pressão de vapor, de 0,21 kPa a 0,81 kPa; e na velocidade do vento, de 0 m s⁻¹ a 0,73 m s⁻¹ (Figura 1). Ao longo da etapa de avaliação, a precipitação ocorreu durante nove dias, com concentração no início e no final do experimento, embora a chuva não tenha exercido influência direta nos tratamentos, uma vez que os canteiros eram protegidos por estrutura plástica.

A menor disponibilidade de radiação solar e menor déficit de pressão de vapor foram observados próximos aos dias de ocorrência de precipitação, o que contribuiu para uma menor demanda evapotranspirativa e consequente consumo hídrico.

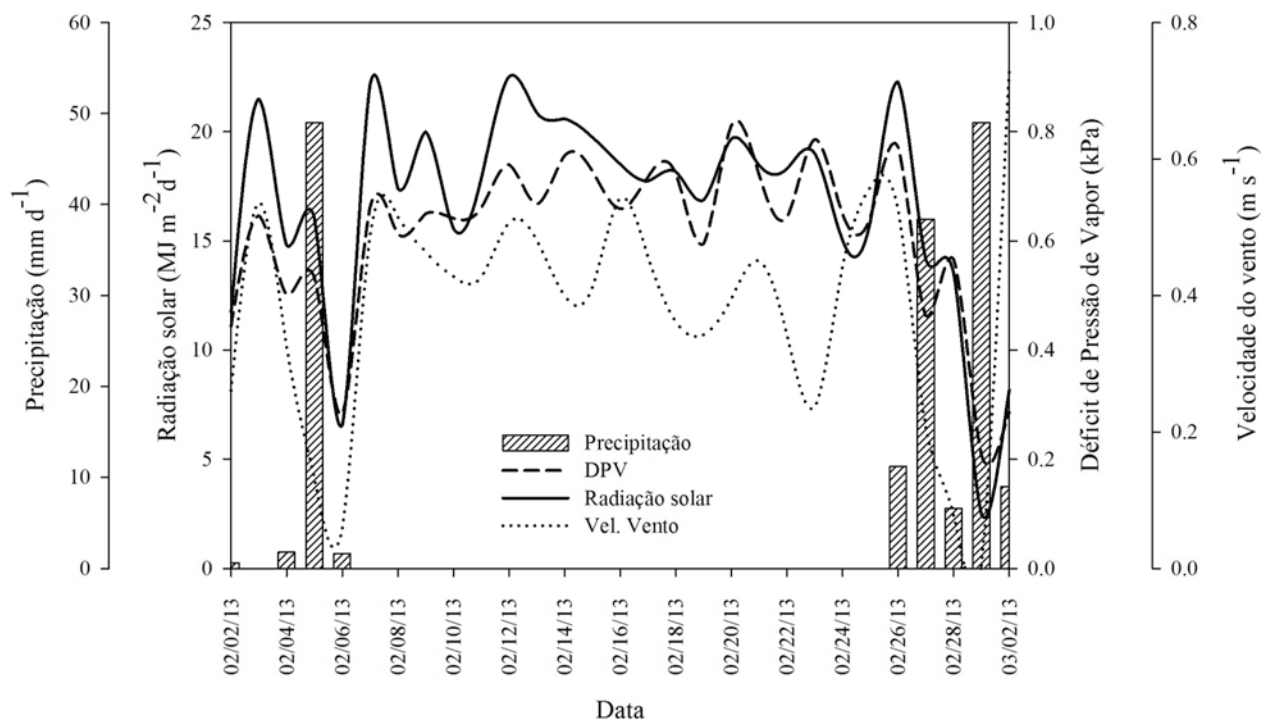
A análise estatística, em função da média das variáveis biométricas e das biomassas fresca e seca medidas ao longo do período de monitoramento nos diversos tratamentos e em ambos os materiais genéticos,

é apresentada na Tabela 2. A primeira avaliação das variáveis monitoradas ocorreu no dia 09/02/2013, o que correspondeu à imposição dos diferentes tratamentos às mudas de eucalipto durante 7 dias, e a última avaliação ocorreu após 30 dias de tratamento.

Na primeira avaliação das mudas do clone A, o menor valor de altura foi observado sob a lâmina de 5 mm e o maior sob a lâmina de 9 mm, entretanto, estatisticamente apenas as mudas submetidas às lâminas brutas diárias de 5 e 15 mm se diferenciaram. As mudas do clone B apresentaram menor altura sob a lâmina de 11 mm e maior sob a lâmina de 9 mm, diferindo daquelas sob lâminas de 11 mm e das de 9 mm e 14 mm. Considerando todo o período de avaliação, o maior valor da altura nas mudas para os clones A e B ocorreu para a lâmina de 11 mm, sendo iguais a 30,3 cm e 26,7 cm, respectivamente, porém, o clone B apresentou maior amplitude no crescimento em altura, equivalente a 14,7 cm, desde a primeira avaliação. Apesar disso, após 30 dias de aplicação dos tratamentos, diferenças estatísticas foram observadas nas mudas apenas entre as lâminas de 9 mm e 11 mm e 15 mm para o clone A e 5 mm e 9 mm e 11 mm para o clone B. Comparando os clones, diferenças estatísticas entre os materiais genéticos foram observadas apenas nas lâminas de 5 mm e 15 mm.

É possível observar que, ao final do ciclo, as duas menores lâminas aplicadas (5 mm e 9 mm) promoveram menor desenvolvimento em altura de ambos os híbridos, sendo que para *E. uroglobulus* o valor da altura das mudas estavam aquém do que é exigido comercialmente. Mafia et al. (2005) avaliaram a idade ótima para plantio de dois clones de eucalipto sem restrição de irrigação e observaram que aos 70 dias a altura das mudas eram de aproximadamente 20 cm.

Para ambos os clones, sob a lâmina bruta de 11 mm dia⁻¹ foi possível produzir mudas com altura entre 25 e 30 cm, considerado como indicador para plantio comercial, conforme destacado por Xavier et al. (2013). Segundo Gomes et al. (2002), a qualidade das mudas pode ser estimada com base na altura, por ser um parâmetro que apresenta boa contribuição relativa além de sua medição ser muito fácil e não ser um método destrutivo.



O diâmetro do colo em plantas do clone A variou de 2,17 mm sob a lâmina de 5 mm no início do tratamento a 4,38 mm na lâmina de 14 mm no final da fase de crescimento. Para o clone B, a variação foi de 1,88 mm sob a lâmina de 5 mm a 3,13 mm na lâmina de 15 mm, da primeira à última avaliação, não apesar de não apresentarem diferenças estatísticas no desenvolvimento do diâmetro das mudas sob os diversos tratamentos. Entretanto, para o clone A na última avaliação, a lâmina de 14 mm se diferenciou estatisticamente das lâminas de 5 mm e 15 mm. Diferenças entre os materiais genéticos foram observadas para as lâminas de 9 mm, 11 mm e 14 mm. A lâmina bruta de irrigação de 11 mm ao dia foi a que proporcionou melhor desenvolvimento do diâmetro do colo das mudas do clone A, com menor gasto hídrico.

Freitas et al. (2006) obtiveram diâmetro de aproximadamente 1,2 cm aos 70 dias após o estaqueamento de miniestacas de 4 cm de híbridos de *E. saligna* e *E. grandis* cultivadas sob diferentes substratos e sem restrição de irrigação. Lopes et al. (2007) avaliaram o diâmetro de mudas de eucalipto aos 108 dias após a semeadura sob diferentes lâminas de irrigação e obtiveram valores que variaram entre 1,9 mm e 2,7 mm para as lâminas de 6 mm e 14 mm ao

dia, respectivamente, dependendo do tipo de substrato utilizado. Alfenas et al. (2009) afirmam que mudas de boa qualidade para plantio devem apresentar diâmetro do colo igual ou superior a 4 mm. Sendo assim, segundo esse critério, foi possível atingir a qualidade das mudas na fase de crescimento do clone A sob as lâminas brutas diárias de 11 mm e 14 mm. De acordo com Souza et al. (2006), o diâmetro do colo é de fundamental importância na avaliação do potencial da muda para sobrevivência e crescimento após o plantio.

A biomassa fresca do clone A aumentou de 20% a 56% do início ao fim das avaliações, para as lâminas de 5 mm e 14 mm, respectivamente. No clone B o aumento variou de 40% a 73%, nas lâminas de 5 mm e 15 mm, respectivamente. Considerando a biomassa seca, maiores valores foram observados na lâmina de 14 mm para o clone A e na lâmina de 11 mm para o clone B, porém, estatisticamente, as lâminas de 11 mm, 14 mm e 15 mm foram semelhantes no material genético A e as de 11 mm e 15 mm no material B. A lâmina de 11 mm ao dia permitiu um melhor acúmulo de biomassa fresca e seca ao final do período experimental, para os dois materiais genéticos, semelhante ao observado para os parâmetros altura e diâmetro do colo.

Tabela 2. Análise estatística das variáveis biométricas e de biomassa fresca e seca nos diferentes tratamentos em ambos os clones

| Altura (cm) | | | | | | | | |
|-------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Lâmina (mm) | 09/02/13 | | 16/02/13 | | 23/02/13 | | 02/03/13 | |
| | A | B | A | B | A | B | A | B |
| 5 | 17,75 Ab | 13,77 Bab | 24,07 Aa | 16,47 Bb | 20,80 Ab | 18,33 Aab | 23,60 Aab | 16,77 Bb |
| 9 | 23,00 Aab | 16,33 Ba | 22,43 Aa | 16,27 Bb | 23,87 Aab | 14,87 Bb | 22,23 Ab | 18,37 Ab |
| 11 | 20,73 Aab | 12,03 Bb | 22,60 Aa | 16,80 Bab | 25,87 Aab | 19,8 Bab | 30,27 Aa | 26,70 Aa |
| 14 | 20,43 Aab | 15,93 Ba | 22,10 Aa | 19,70 Bab | 26,37 Aab | 21,63 Ba | 27,40 Aab | 23,50 Aab |
| 15 | 20,27 Aa | 14,00 Bab | 24,97 Aa | 22,80 Ba | 28,90 Aa | 19,17 Bab | 29,13 Aa | 24,73 Bab |

| Diâmetro do colo (mm) | | | | | | | | |
|-----------------------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|
| Lâmina | 09/02/13 | | 16/02/13 | | 23/02/13 | | 02/03/13 | |
| | A | B | A | B | A | B | A | B |
| 5 | 2,17 Ab | 1,88 Ab | 2,27 Ab | 1,88 Bb | 2,55 Aab | 2,57 Aab | 3,05 Ac | 3,05 Aa |
| 9 | 2,70 Aab | 2,38 Aab | 2,48 Ab | 1,68 Bb | 2,48 Ab | 2,42 Ab | 3,48 Abc | 2,73 Ba |
| 11 | 2,95 Aa | 2,53 Ba | 2,78 Aab | 2,80 Aa | 2,85 Aab | 3,03 Aa | 4,20 Aab | 2,98 Ba |
| 14 | 2,62 Aab | 2,40 Aab | 2,27 Ab | 2,93 Ba | 2,90 Aab | 2,93 Aab | 4,38 Aa | 2,88 Ba |
| 15 | 2,48 Bab | 1,90 Bb | 3,15 Aa | 2,70 Ba | 3,10 Aa | 2,52 Bab | 2,87 Ac | 3,13 Aa |

| Biomassa fresca (g) | | | | | | | | |
|---------------------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|
| Lâmina | 09/02/13 | | 16/02/13 | | 23/02/13 | | 02/03/13 | |
| | A | B | A | B | A | B | A | B |
| 5 | 2,60 Ab | 1,66 Bb | 3,08 Ac | 1,86 Bb | 2,04 Ac | 3,04 Ab | 3,26 Ac | 2,77 Ad |
| 9 | 4,24 Aa | 2,28 Bab | 4,96 Aab | 2,12 Bb | 3,88 Ab | 2,98 Ab | 5,29 Ab | 4,43 Ac |
| 11 | 3,89 Aa | 2,72 Ba | 5,24 Aab | 3,74 Ba | 5,53 Aa | 4,20 Bab | 7,86 Aa | 7,83 Aa |
| 14 | 3,45 Ab | 2,27 Bab | 4,70 Ab | 4,28 Aa | 6,56 Aa | 4,81 Ba | 7,86 Aa | 6,18 Bb |
| 15 | 4,06 Aa | 2,18 Bab | 6,11 Aa | 4,81 Ba | 6,68 Aa | 4,73 Ba | 7,26 Aa | 8,04 Aa |

| Biomassa seca (g) | | | | | | | | |
|-------------------|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Lâmina | 09/02/13 | | 16/02/13 | | 23/02/13 | | 02/03/13 | |
| | A | B | A | B | A | B | A | B |
| 5 | 0,89 Aa | 0,65 Bb | 0,93 Ac | 0,56 Bb | 0,66 Ad | 0,67 Ab | 1,03 Ac | 0,77 Ac |
| 9 | 1,16 Aa | 0,63 Bb | 1,49 Ab | 0,54 Bb | 1,25 Ac | 0,72 Bab | 1,64 Ab | 1,06 Bbc |
| 11 | 0,90 Aa | 0,42 Bb | 1,38 Abc | 0,95 Bab | 1,74 Ab | 1,12 Bab | 2,44 Aa | 1,97 Ba |
| 14 | 0,99 Aa | 0,99 Aa | 1,42 Ab | 1,22 Aa | 2,21 Aa | 1,16 Ba | 2,45 Aa | 1,47 Bb |
| 15 | 1,17 Aa | 0,56 Bb | 1,96 Aa | 1,21 Ba | 2,06 Aab | 1,08 Bab | 2,31 Aa | 1,90 Ba |

Legenda: Lâmina – lâmina bruta de irrigação diária, em mm dia⁻¹. A - *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e B - *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*. Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância entre os clones. Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância entre as lâminas.

Sob a lâmina de 14 mm, no trabalho realizado por Lopes et al. (2007), a biomassa seca das mudas de *E. grandis* foi de aproximadamente 1,7 g muda⁻¹ aos 108 dias após a sementeira. Comparando com os resultados

obtidos nesse trabalho, pode-se inferir que, apesar de pertencerem ao mesmo gênero, o acúmulo de biomassa das mudas não depende apenas da quantidade de água fornecida às plantas, mas também da espécie cultivada e do tipo de propagação.

Ao considerar a partição da biomassa fresca na parte aérea e raízes em ambos os clones, é possível verificar que no início dos tratamentos o clone A apresentava maior biomassa da parte aérea para todas as lâminas em comparação ao clone B. Entretanto, na última avaliação, com exceção da lâmina de 14 mm, todos os tratamentos proporcionaram biomassa da parte aérea semelhante para os dois materiais genéticos (Figura 2). A biomassa das raízes em ambos os clones apresentaram valores próximos na primeira avaliação, mas ao final do experimento os valores não diferiram, semelhante ao observado para a biomassa da parte aérea.

Quanto à variação da partição da biomassa fresca em função dos diferentes tratamentos, no início da avaliação, apenas a biomassa da parte aérea sob a lâmina de 5 mm foi inferior e estatisticamente diferente das demais para o clone A. Ao final, as lâminas de 11 mm, 14 mm e 15 mm proporcionaram maiores biomassas da parte aérea e raízes. Para o clone B, a lâmina de 15 mm permitiu maior acúmulo de biomassa fresca da parte aérea e a de 11 mm maior biomassa das raízes ao final do período de avaliação.

A razão entre a biomassa das raízes e da parte aérea para o clone A foi superior sob as lâminas de 11 mm e 14 mm. Para o clone B a maior razão foi observada na lâmina de 5 mm. Em resposta ao déficit hídrico ocorre aumento da razão do crescimento das raízes em relação à parte aérea (Taiz & Zeiger, 2013). Estes autores explicam que, nessas situações, essa razão é governada por um balanço funcional entre a absorção de água pelas raízes e a fotossíntese pela parte aérea. A parte aérea tenderá a crescer até que a absorção de água pelas raízes se torne limitante ao crescimento; inversamente, as raízes tenderão a crescer até que sua demanda por fotoassimilados oriundos da parte aérea exceda o fornecimento. Quando a água para a parte aérea é limitante, a expansão foliar é reduzida antes que a atividade fotossintética seja afetada. A inibição da expansão foliar reduz o consumo de carbono e energia e uma maior proporção de assimilados da planta pode ser alocada para o sistema subterrâneo, onde podem sustentar a continuidade do crescimento das raízes.

Segundo Mafía et al. (2005), o desequilíbrio elevado entre as raízes e a parte aérea é decorrente da baixa qualidade do sistema radicular, sendo que a menor

relação entre a biomassa das raízes e da parte aérea, aliada à baixa qualidade da arquitetura do sistema radicular, poderá comprometer a estabilidade das árvores, tornando-as mais suscetíveis ao tombamento pelo vento.

É importante frisar que as medidas das variáveis biométricas e de biomassa não devem ser analisadas separadamente, mas sim com a robustez e com o equilíbrio da distribuição da biomassa possibilitando avaliar a qualidade da muda antes do seu plantio. Sendo assim, na Figura 3 é apresentada a variação do índice de qualidade de Dickson (IQD), calculado para os diferentes tratamentos e materiais genéticos.

Para o material genético A, no início da submissão aos tratamentos, apenas as mudas mantidas sob a lâmina de 5 mm se diferenciaram das lâminas brutas diárias de 11 e 15 mm. Ao final do período de avaliação, as lâminas brutas diárias de 11 e 14 mm proporcionaram mudas com melhor qualidade, com IQD = 0,24 para ambas as lâminas. O material genético B apresentou maior IQD para a lâmina de 15 mm ao final do período de avaliação, sendo estatisticamente igual à lâmina bruta diária de 11 mm. Na maioria dos períodos de avaliação o desenvolvimento dos materiais genéticos foi diferente entre si. Silva et al. (2012) encontraram valores de IQD para mudas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, aos 90 dias, de 0,120 a 0,190, dependendo do tipo de substrato utilizado. Steffen et al. (2011) avaliaram mudas de *E. grandis* aos 100 dias após a germinação das sementes e obtiveram IQD de 0,12 a 0,21, sob diferentes proporções de vermicomposto no substrato.

Conforme pode ser observado na Figura 3, ao final do período de avaliação a qualidade das mudas do clone B foi estatisticamente igual para as lâminas de 5, 9 e 14 mm. Apesar da estrutura de produção das mudas ser coberta na parte superior, um possível aumento da quantidade de água recebida pelas plantas por meio da precipitação nos tratamentos de 5 e 9 mm pode ter ocorrido, uma vez que a partir do dia 26/02 foi verificada presença de chuva, que se estendeu até o fim do experimento (Figura 1). Além disso, as plantas submetidas às menores lâminas de irrigação podem ter desenvolvido algumas adaptações à deficiência hídrica, como o rápido fechamento estomático, de maneira a diminuir a transpiração e aumentar a eficiência do uso da água.

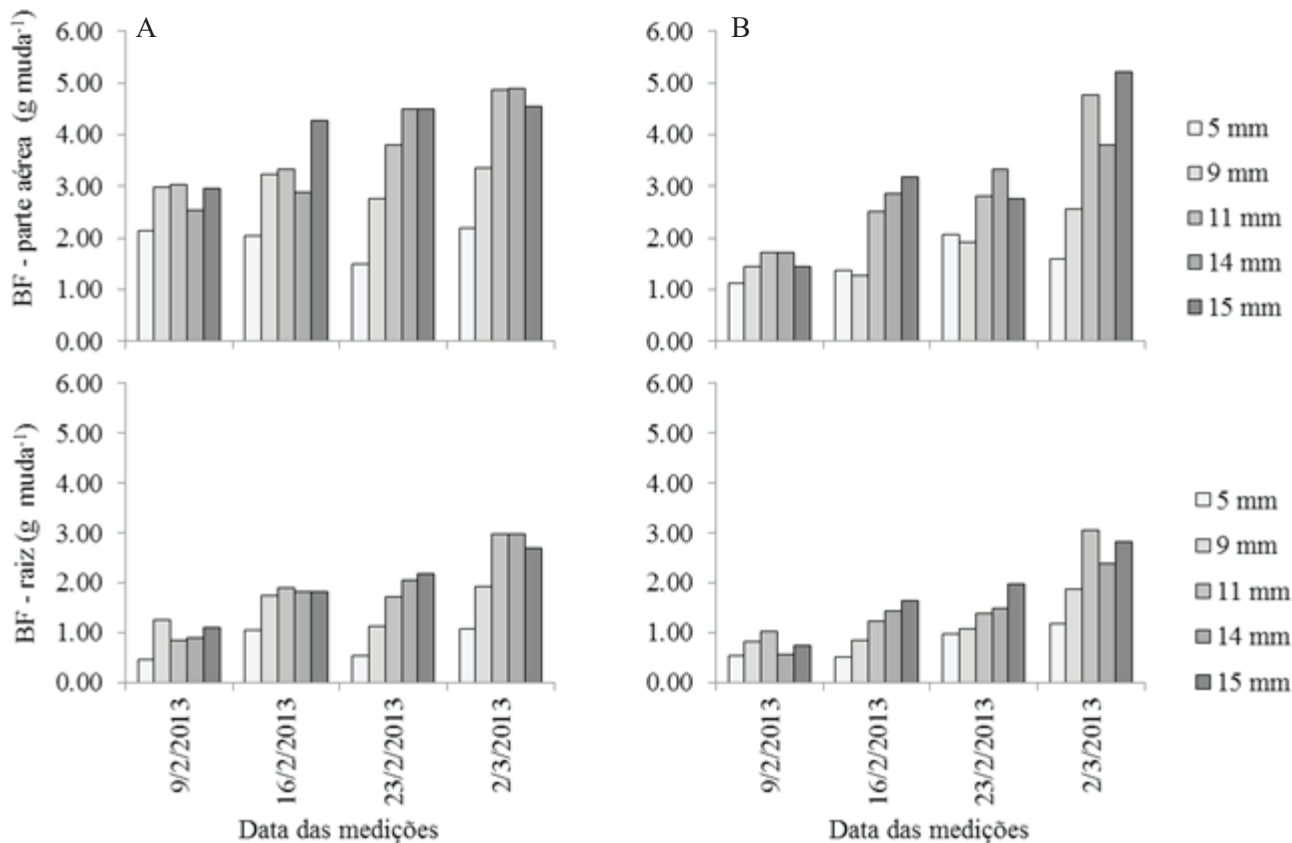


Figura 2. Partição da biomassa fresca (BF) da parte aérea e raízes em *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (A) e *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* (B), sob diferentes lâminas de irrigação. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância entre as lâminas. Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância entre os clones.

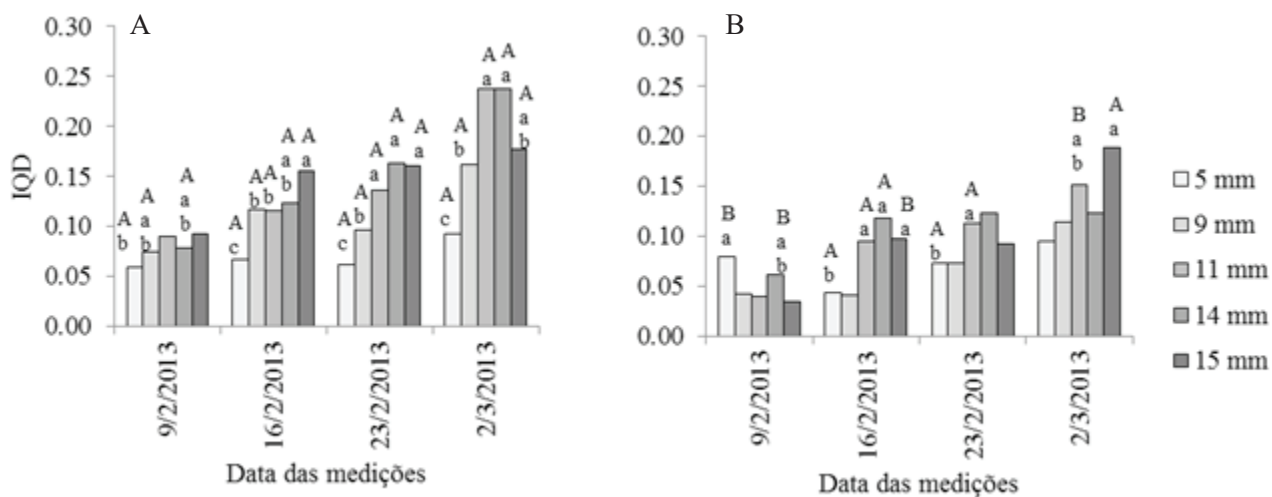


Figura 3. Variação do índice de qualidade de Dickson (IQD) em *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (A) e *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus* (B), sob diferentes lâminas de irrigação. Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância entre as lâminas. Médias seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância entre os clones.

Considerando todos os critérios avaliados sobre a qualidade de mudas para plantio, as lâminas brutas menores que 5 mm e 9 mm, aplicadas diariamente, não garantiram mudas de qualidade, sendo a lâmina de 11 mm a que melhor atendeu a esses critérios, para ambos os clones. Foi possível observar que as lâminas brutas diárias de 11 mm e 14 mm para o clone A e 11 mm e 15 mm para o clone B foram estatisticamente iguais, sendo assim, é observado uma economia hídrica de pelo menos 3 mm ao dia ao se utilizar a lâmina bruta de 11 mm nos dois materiais genéticos, o que pode propiciar uma grande redução do consumo de água nos viveiros comerciais.

Deve-se salientar que aos 70 dias as mudas ainda não estão aptas ao plantio, por ainda estarem tenras, sem o endurecimento adequado para o plantio em campo, devendo ainda passarem pela fase de rustificação. Entretanto, a avaliação do IQD nesta idade pode auxiliar na avaliação do equilíbrio da distribuição da biomassa sob os diferentes tratamentos, apresentando-se como uma propícia medida morfológica integrada.

Conclusões

Dentre os regimes hídricos testados, para os clones A (*E. urophylla* x *E. grandis*) e B (*E. urophylla* x *E. globulus*), a lâmina bruta de 11 mm ao dia deve ser adotada no manejo da irrigação das mudas na fase de crescimento, pois permite o desenvolvimento de mudas de boa qualidade e não difere das lâminas superiores aplicadas, promovendo assim a racionalização do uso da água nos viveiros.

Além disso, é possível observar que as mudas do clone A apresentaram características superiores, isto é, maiores alturas, diâmetros do colo e biomassas, comparadas ao clone B, quando mantidas sob o mesmo tratamento hídrico.

Referências

- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2009. 500 p.
- ANUÁRIO Estatístico da ABRAF 2013: ano base 2012. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13-BR.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2014.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960. DOI: 10.5558/tfc36010-1.
- FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; FIGUEIREDO, F. A. M. M. A. Mudanças de eucalipto produzidas a partir de miniestacas e diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 4, p. 519-528, 2006. DOI: 10.1590/S0100-67622006000400004.
- GOMES, J. M.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002. DOI: 10.1590/S0100-67622002000600002.
- 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. DOI: 10.1590/S0100-67622007000500007.
- LOPES, J. L. W.; GUERRINI, I. A.; SAAD, J. C. C.; SILVA, M. R. Efeitos da irrigação na sobrevivência, transpiração e no teor relativo de água na folha em mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes substratos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 68, p. 97-106, 2005.
- MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; SIQUEIRA, L.; FERREIRA, E. M.; LEITE, H. G.; CAVALLAZZI, J. R. P. Critério técnico para determinação da idade ótima de mudas de eucalipto para plantio. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 947-953, 2005. DOI: 10.1590/S0100-67622005000600014.
- MARTINS, F. B.; STRECK, N. A.; SILVA, J. C.; MORAIS, W. W.; SUSIN, F.; NAVROSKI, M. C.; VIVIAN, M. A. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre a transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 1297-1306, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000300037.
- OLIVEIRA, A. S. **Otimização do uso da água na produção de mudas clonais de *Eucalyptus***. 2012. 97 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- REGO, J. L.; OLIVEIRA, E. L. L.; CHAVES, A. F.; ARAÚJO, A. P. B.; BEZERRA, F. M. L.; SANTOS, A. B.; MOTA, S. Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 155-159, 2005.
- RODRIGUES, S. B. S.; MANTOVANI, E. C.; OLIVEIRA, R. A.; PAIVA, H. N.; ALVES, M. E. B. Necessidades hídricas de mudas de eucalipto na região Centro-Oeste de Minas Gerais. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 2, p. 212-223, 2011. DOI: 10.15809/irriga.2011v16n2p212.
- SILVA, M. R.; KLAR, A.; PASSOS, J. R. Efeitos do manejo hídrico e da aplicação de potássio nas características morfofisiológicas de mudas de *Eucalyptus grandis* W (Hill ex. Maiden). **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 1, p. 31-40, 2004.
- SILVA, R. B. G.; SIMÕES, D.; SILVA, M. R. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 3, p. 297-302, 2012. DOI: 10.1590/S1415-43662012000300010.
- SOUZA, C. A. M.; OLIVEIRA, R. B.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J. S. S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 16, n. 3, p. 243-249, 2006.

STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; SCHIEDECK, G. Utilização de vermicomposto como substrato na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Corymbia citriodora*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 31, n. 66, p. 75-82, 2011. DOI: 10.4336/2011.pfb.31.66.75.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TETENS, V. O. Über einige meteorologische Begriffe, **Zeitschrift Geophysic**, Wurzburg, v. 6, p. 297-309, 1930.

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: princípios e técnicas**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2013. 279 p.