

**DISPONIBILIDADE HÍDRICA E DOSES DE POLÍMERO HIDRORRETENTOR NA PRODUÇÃO DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO**

Sandro Dan Tatagiba¹, Aderbal Gomes da Silva², Ricardo Miguel Penchel Filho³, Edvaldo Fialho dos Reis⁴ & Klédison Alan Ramos⁵

1 - Engenheiro agrônomo e licenciado em Ciências Biológicas, professor adjunto do IFPA, Campus Itaituba-PA, sandrodantatagiba@yahoo.com.br

2 - Engenheiro florestal, professor adjunto da Universidade Federal de São João del-Rei, aderbalsilva@yahoo.com.br

3 - Engenheiro agrônomo, pesquisador sênior da Fibria Celulosa S.A., ES, rp@fibria.com.br

4 - Engenheiro agrícola, professor associado da Universidade Federal do Espírito Santo, edreis@cca.ufes.br

5 - Engenheiro agrônomo, mestre em Ciências Florestais, Universidade Federal do Espírito Santo, consultoria@genesiconsult.com.br

Palavras-chave:

crescimento
Eucalyptus
hidrogel
lâminas de irrigação

RESUMO

A utilização de polímeros hidrorretentores incorporados ao substrato tem se mostrado uma alternativa de manejo para o estabelecimento inicial de mudas em viveiro comercial. Assim, procurou-se investigar neste trabalho o uso de diferentes dosagens do polímero hidrorretentor, incorporado ao substrato, usando diferentes lâminas de irrigação para produção de mudas clonais de eucalipto. O experimento foi montado em esquema fatorial 4 x 3, sendo o fator dose do polímero em quatro níveis (0,0; 0,3; 0,6 e 1,0 kg m⁻³) e o fator lâmina de irrigação em três níveis (L₀, LR₃₀ e LR₅₀), num delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Foram utilizadas três lâminas de irrigação, definidas como: L₀ - lâmina operacional; LR₃₀ - lâmina com 30% de redução da L₀; e LR₅₀ - lâmina com 50% de redução da L₀. Avaliaram-se o enraizamento das estacas, a sobrevivência, a altura, o diâmetro de coleto e o potencial hídrico foliar das mudas. De acordo com os resultados obtidos, observou-se que o polímero afetou negativamente o enraizamento das estacas e a sobrevivência das plantas, à medida que diminuía a lâmina de água no substrato. O uso da LR₃₀, sem a utilização do polímero hidrorretentor (dose de 0,0 kg m⁻³), foi o manejo que favoreceu o estabelecimento das mudas, contribuindo para o crescimento em altura e diâmetro do coleto, além do enraizamento inicial e a sobrevivência das plantas.

Keywords:

growth
Eucalyptus
hydrogel
irrigation blades

WATER AVAILABILITY AND DOSES HYDRO-RETENTIVE POLYMER IN THE PRODUCTION OF CLONAL EUCALYPTUS SEEDLINGS**ABSTRACT**

The use of hydro-retentive polymers incorporated in the substrate has shown to be an alternative management for the initial establishment of commercial nursery seedlings. In this work, we investigated the use of different dosages of the hydro-retentive polymer, incorporated to the substrate, using different irrigation slides for the production of clonal eucalyptus seedlings. The experiment was set up in a 4x3 factorial scheme, with the dose factor of the polymer at four levels (0.0, 0.3, 0.6 and 1.0 kg m⁻³) and the three-level irrigation blade factor (L₀, LR₃₀ and LR₅₀) in a completely randomized design with five replicates. Three irrigation blades were used, defined as: operational blade; LR₃₀ - blade with 30% reduction of L₀ and LR₅₀ - blade with 50% reduction of L₀. Stake rooting, survival, height, collection diameter, and leaf water potential of the seedlings were evaluated. According to the results obtained, it was observed that the polymer negatively affected the rooting of the cuttings and the survival of the plants, as the leaf of water in the substrate decreased. The use of the LR₃₀, without the use of the hydro-retentive polymer (dose of 0.0 kg m⁻³), was the management that favored the establishment of the seedlings, thus contributing to the growth in height and diameter of the collection, besides the initial rooting and the survival of plants.

INTRODUÇÃO

Pertencente à família *Myrtaceae*, o gênero *Eucalyptus* destaca-se por seu valor econômico na produção de madeira para diversos fins, como a produção de papel e celulose, suprimento ao setor moveleiro, matéria-prima na produção de aço, obtenção de carvão, além de propriedades medicinais (CARVALHO, 2000). Devido a essa importante atividade agroindustrial e ao apoio de instituições privadas e governamentais de pesquisa, o Brasil ocupa posição de liderança mundial quando o assunto é silvicultura. O rendimento médio de uma floresta de eucalipto no Brasil varia de 35 a 50 metros cúbicos por hectare ao ano, e dependendo da região pode-se obter valores ainda maiores (CHAVES, 2012). O país apresenta a maior área de florestas plantadas com eucalipto do mundo, com o cultivo de aproximadamente 5.100.000 hectares (ABRAF, 2013). Na maioria dos estados brasileiros, ou em estados considerados como novas fronteiras da silvicultura, o cultivo do eucalipto está em franca expansão, com crescimento médio de 7,1% ao ano (ABRAF, 2013).

Assim, a necessidade de produção de mudas clonais de eucalipto tem crescido rapidamente, e, paralelo a esse crescimento, surge a demanda de tecnologias que envolvem redução dos custos de produção no viveiro. Novas tecnologias têm surgido na tentativa de obter mudas com elevado padrão de qualidade. Segundo Tatagiba *et al.* (2015), os parâmetros morfológicos de crescimento são os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade de mudas. Para a produção de mudas em viveiros comerciais, tornam-se importantes práticas de manejo que garantem boas condições de desenvolvimento do sistema radicular e arquitetura foliar das plantas, evitando distúrbios que afetem diretamente o crescimento inicial e a sobrevivência (KLIPPEL *et al.*, 2014; XAVIER, *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2015).

A prática da irrigação é um manejo imprescindível na produção de mudas em viveiros comerciais. Embora existam técnicas avançadas para a produção de mudas em viveiros, há a necessidade de buscar informações sobre a utilização de polímeros agrícolas hidrorretentores, como técnica de manejo que garanta o condicionamento de água

no substrato.

O polímero hidrorretentor é um produto sintético à base de poliacrilamida, com grande capacidade de retenção e armazenamento de água, e quando incorporado ao solo aumenta a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas (BERNARDI *et al.*, 2012). O emprego de polímeros hidrorretentores surgiu como uma alternativa para minimizar problemas vinculados à deficiência hídrica pós-plantio (DRANSKI *et al.*, 2013), e vem contribuindo para o estabelecimento das mudas no campo, como na cultura do café (*Coffea arabica* L.) (MARQUES *et al.*, 2013), amoreira (*Morus* sp) (MOREIRA *et al.*, 2010) e do próprio eucalipto (*Corymbia citriodora*) (BERNARDI *et al.*, 2012).

Em seu estudo, Bernardi *et al.* (2012) verificaram maior crescimento da parte aérea em mudas de eucalipto que foram produzidas utilizando o polímero hidrorredentor, enquanto Lopes *et al.* (2010) observaram que o uso do polímero permitiu maior sobrevivência das plantas *Eucalyptus urograndis* e os sintomas de falta de água foram retardados. Contrariando esses resultados, Sousa *et al.* (2013) relataram em seu estudo que a utilização do polímero influenciou negativamente a qualidade de mudas de *Anadenanthera peregrina*, reduzindo o crescimento das mudas à medida que foram acrescentadas dosagens do polímero.

Portanto, as hipóteses a serem consideradas neste estudo são as seguintes: I) o uso do polímero hidrorretentor incorporado ao substrato poderá contribuir para o crescimento e o estabelecimento das mudas clonais de eucalipto em viveiro; e II) o aumento da dosagem do polímero poderá afetar o crescimento das plantas. Para resolver essas questões, este estudo foi realizado com o objetivo de investigar o uso de diferentes doses do polímero hidrorretentor, incorporado ao substrato, em diferentes lâminas de irrigação na produção de mudas clonais de eucalipto em viveiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no viveiro florestal da empresa Fibria Celulose S.A., localizado no município de Aracruz, estado do Espírito Santo, situado na latitude de 19° 48'S e longitude de 40° 17'O, a 60 m de altitude. De acordo com a

classificação climática proposta por Köppen, a região apresenta clima tipo Am, caracterizado por clima tropical chuvoso (Tropical Litorâneo), com chuvas de verão, inverno seco e pouco acentuado, precipitação média anual de 1.200 mm³, temperaturas elevadas durante o ano, com média anual de 28°C.

Foram utilizadas mudas do clone híbrido de cruzamento entre *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, que foram cultivadas em minijardim clonal protegido por cobertura de filme de polietileno transparente. As miniestacas apicais do clone foram selecionadas quanto à uniformidade, com cerca de 4 a 8 cm de comprimento, contendo de 1 a 3 pares de folhas recortadas transversalmente ao meio, e inseridas em tubetes de polietileno rígido de formato cilíndrico, com dimensões de 12 cm de comprimento e 2,6 cm de diâmetro na parte interna superior, com fundo aberto, de aproximadamente 1 cm, contendo 4 frisos internos longitudinais, apresentando capacidade volumétrica de aproximadamente 53 cm³. Durante todo o período experimental, as mudas ficaram suspensas em bancadas com aproximadamente 1 m de altura, as quais foram inseridas em bandejas plásticas, com dimensões de 69 cm de comprimento e 42 cm de largura, contendo 228 células.

O substrato utilizado foi constituído de 30% de fibra de coco, 35% de vermiculita média, 35% de casca de arroz carbonizada, acrescidos de 2,0 kg m⁻³ de fertilizante de liberação lenta (10-03-09) e 2,0 kg m⁻³ de superfosfato simples (18% de P₂O₅).

As adubações de cobertura foram realizadas quinzenalmente, diluindo-se em 20 L de água, uma mistura 10 g de nitrato de cálcio; 1,25 g de monofosfato de amônio (MAP); 4,5 g de cloreto

de potássio branco; 4,5 g de cloreto de cálcio; 4,0 g de sulfato de magnésio; 0,75 g de ácido bórico; 0,04 g de sulfato de zinco; 0,7 g de sulfato de manganês; 0,05 g de sulfato de cobre; 0,01 g de molibdato de sódio; e 2,3 g de Fe-EDDHMA. A solução nutritiva foi aplicada com auxílio de um regador de capacidade para 10 L.

O polímero comercial correspondeu a uma mistura de copolímero de Acrilamida e Acrilato de Potássio (Hydroplan-EB) usado para absorver e reter grandes quantidades de água e nutrientes. O polímero hidrorretentor apresenta as seguintes características físicas: aparência de pó branco, com tamanho da partícula menor que 1 mm, possuindo característica iônica e aniônica, conteúdo de umidade de 10%, densidade aproximada do volume de 0,8, pH entre 5 e 9, insolúvel em água e 100% do ingrediente ativo em conteúdo sólido.

Foram utilizadas três doses do polímero hidrorretentor, 0,3, 0,6 e 1,0 kg m⁻³, definidas com base nas recomendações do fabricante, além da dose 0,00 kg m⁻³ (ausência do polímero hidrorretentor). As concentrações das doses foram obtidas colocando o polímero na forma primitiva (i.e., pó) em água, realizada por mistura e agitação em tanque, por aproximadamente 30 minutos, para total hidratação do produto. Em seguida, foi realizada mistura do substrato ao gel hidratado, adicionando-o ao tanque misturador.

Foram utilizadas três lâminas de irrigação em cada uma das fases de produção das mudas, conforme recomendação técnica adotada pela Fibria Celulose S.A., definidas como: L₀ - lâmina operacional; LR₃₀ - lâmina com 30% de redução da L₀; e LR₅₀ - lâmina com 50% de redução da L₀ (Tabela 1).

Tabela 1. Irrigação adotada durante as quatro fases do processo de produção de mudas.

Fases de produção das mudas	Tempo (dias)	Idade das mudas (dias)	Vazão do aspersor (L h)	L ₀ (mm ⁻³ dia ⁻¹)	LR ₃₀ (mm ⁻³ dia ⁻¹)	LR ₅₀ (mm ⁻³ dia ⁻¹)
Enraizamento	20	0 a 20	7	4,50 [£]	3,15 [£]	2,25 [£]
				2,50 [¥]	1,75 [¥]	1,25 [¥]
Aclimação	20	21 a 40	120	5,50 [£]	3,85 [£]	2,75 [¥]
				3,00 [¥]	2,15 [¥]	1,50 [¥]
Crescimento	20	41 a 60	270	6,50 [£]	4,55 [£]	3,25 [£]
				4,50 [¥]	3,15 [¥]	2,25 [¥]
Rustificação	30	61 a 90	320	8,00 [£]	5,60 [£]	4,0 [£]
				5,50 [¥]	3,85 [¥]	2,75 [¥]

(£) Média em dias ensolarados; (¥) Média em dias nublados.

As lâminas de irrigação foram obtidas pela aplicação de água via sistema de microaspersão e realizada com base na metodologia descrita por Christiansen (1942), apresentada por Bernardo, Soares e Montovani (2006), consistindo em coletar o volume de água através de pluviômetros colocados em uma malha de pontos ao redor dos microaspersores. A área em torno dos microaspersores foi dividida em subáreas quadradas, de dimensões iguais e os pluviômetros foram instalados no centro de cada subárea a 20 cm do microaspersor, sendo apoiados em suportes metálicos distribuídos entre as mudas. As medições volumétricas foram realizadas em dois dias consecutivos para cada fase de produção das mudas num período de 8 horas de irrigação. Assim, pôde-se determinar a média dos volumes em cada pluviômetro e, juntamente com a área ocupada por eles, calcular a lâmina de irrigação.

O experimento foi iniciado após obtenção das miniestacas dos minijardins clonais, inseridas nos tubetes de polietileno contendo a mistura do substrato com as doses do polímero hidrorretentor. Durante os 90 dias de experimentação, tempo do processo de produção e formação das mudas clonais, as plantas passaram por diferentes fases, a saber: enraizamento – período de 20 dias em que as plantas permaneceram em casa de vegetação, protegida da chuva, sob sombreamento de 50% e nebulização controlada via microaspersão; aclimação – período de 20 dias em que as plantas permaneceram em área sombreada de 70%, desprotegida da chuva, irrigadas por microaspersão; crescimento – período de 20 dias em que as plantas permaneceram em área desprotegida, a pleno sol, desprovida de qualquer sombreamento e irrigadas por microaspersão; e rustificação – período de aproximadamente 30 dias em que as plantas permaneceram em área desprotegida, a pleno sol, desprovida de qualquer sombreamento, irrigadas por microaspersão, estando prontas para serem expeditas para o plantio.

Aos 20 dias após o processo de estaqueamento, foi avaliado o percentual de enraizamento das mudas através da inspeção visual da raiz na base da estaca e estimado na forma de proporção, dividindo-se o número de estacas enraizadas pelo total de estacas da parcela. Ao final do experimento, aos 90 dias, foi avaliado o percentual de sobrevivência, a altura, o diâmetro no nível do coleto e o potencial hídrico foliar das plantas. O percentual de mudas vivas (sobrevivência) foi avaliado através da inspeção visual da parte aérea das mudas e estimado na forma de proporção, dividindo-se o número de plantas

sobreviventes pelo total de plantas da parcela. Para obtenção da altura, foi utilizada régua milimetrada e o diâmetro do coleto foi determinado com auxílio de paquímetro digital (Starrett), modelo 727, a 1 cm do substrato.

Para determinação do potencial hídrico foliar, utilizou-se uma bomba de pressão PMS 1003 (PMS Instruments Co.), segundo Scholander *et al.* (1965), em folhas totalmente expandidas, localizada na parte externa do terço superior das plantas. Avaliou-se, em um único horário durante o dia, entre as 8 e 9 horas (antes da primeira irrigação).

As variáveis microclimáticas foram obtidas através da estação meteorológica automática (*datalogger*) instalada no pátio do viveiro florestal da empresa Fibria Celulose S.A. Na estação estavam acoplados sensores de temperatura e umidade relativa do ar modelo HMP35C (Campbell Scientific), e um pluviômetro modelo, TE 5255MM (Texas Eletronics).

A caracterização da umidade no substrato em cada tratamento foi realizada aos 30, 60 e 90 dias após iniciado o experimento, por meio do sensor WET-2 (Delta-T Devices Ltda., Reino Unido), tomando-se cinco amostradas por repetição. A calibração dos sensores foi realizada por meio de leituras simultâneas do teor de umidade no substrato, tomando-se o método termogravimétrico como padrão (EMBRAPA, 1997).

O experimento foi montado em esquema fatorial 4 x 3, sendo o fator dose do polímero hidrorretentor em quatro níveis (0,0; 0,3; 0,6 e 1,0 kg m⁻³) e o fator lâmina de irrigação em três níveis (L₀, LR₃₀ e LR₅₀), num delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. A parcela para as avaliações de enraizamento, sobrevivência, altura e diâmetro no nível do coleto foi constituída de 20 mudas por repetição para cada tratamento, totalizando 100 mudas por tratamento. A parcela para o potencial hídrico foliar foi constituída de cinco folhas, uma de cada planta, por repetição para cada tratamento, totalizando 25 folhas por tratamento. Os dados experimentais foram submetidos aos testes de normalidade, homocedasticidade e à análise de variância, e, quando significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0.05$) utilizando o *software* Sisvar[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação pluviométrica durante o período experimental para obtenção das mudas clonais

de eucalipto foi de 2,63 mm, registrando aos 30, 60 e 90 dias após o início do experimento, 0,51, 0,80 e 1,32 mm, respectivamente (Figura 1a). A umidade relativa média do ar manteve-se acima de 79%, sendo registradas médias de 80, 84 e 81% aos 30, 60 e 90 dias, respectivamente (Figura 1b). As temperaturas máxima, média e mínima do ar durante o período experimental estão mostradas na Figura 1c. Durante todo o período de desenvolvimento das mudas, as temperaturas médias mantiveram-se acima de 20°C. A amplitude térmica do centro de distribuição de origem do gênero *Eucalyptus* apresenta faixa de temperatura mínima nos meses mais frios em torno de 2 a 10°C e de temperatura máxima nos meses mais quentes de 29°C (MESKIMEN; FRANCIS, 2006). Segundo Martins *et al.* (2007), a temperatura basal inferior para o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* é de 10°C e a basal superior é de 36°C (DYE *et al.*, 2004), condições essas encontradas durante todo o período de experimentação.

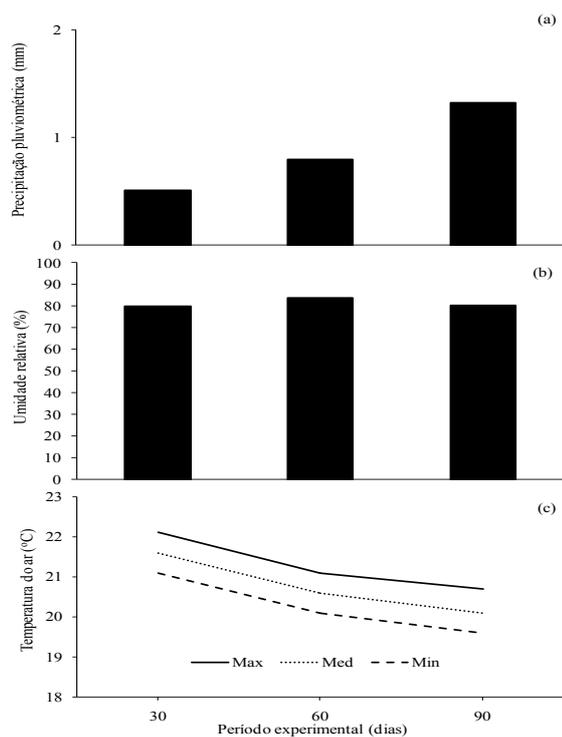


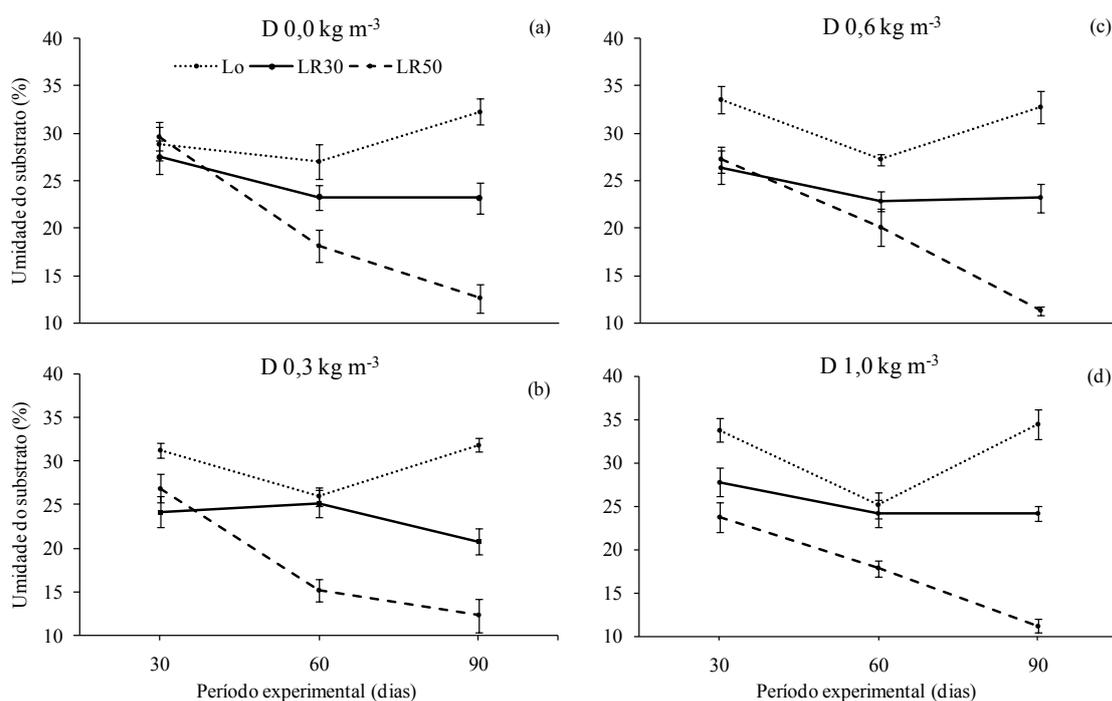
Figura 1. Precipitação pluviométrica média (a), umidade relativa média do ar (b) e temperatura do ar máxima (Max), média (Med) e mínima (Min) (c) durante o período experimental em Aracruz, ES

A umidade do substrato em cada dose do polímero hidrorretentor e lâmina de irrigação

aplicada foi monitorada durante o período experimental, a fim de determinar a condição hídrica prevalente (Figura 2).

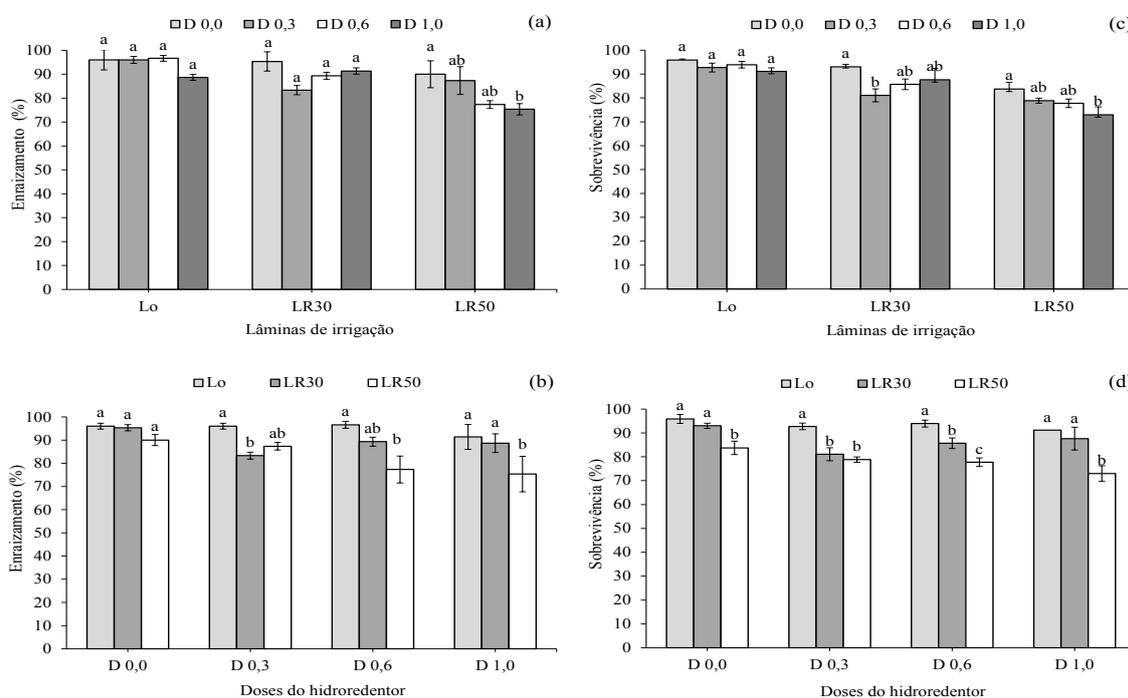
Observa-se, de modo geral, que a umidade do substrato na L_0 foi superior a LR_{30} e LR_{50} , independente da dose do polímero utilizada, registrando aos 90 dias, valores médios de 32,3; 31,9; 32,8 e 34,4% para 0,0; 0,3; 0,6 e 1,0 $kg\ m^{-3}$, respectivamente. Para LR_{30} foram encontrados valores intermediários de umidade no substrato, situados entre os valores obtidos para a L_0 e LR_{50} , registrando valores médios de 23,2; 20,8; 23,2 e 24,1% para as doses de 0,0; 0,3; 0,6 e 1,0 $kg\ m^{-3}$, respectivamente. Aos 90 dias de experimentação, foram registrados os menores valores de umidade no substrato para LR_{50} , com 12,6; 12,3; 11,3 e 11,2% nas doses de 0,0; 0,3; 0,6 e 1,0 $kg\ m^{-3}$, respectivamente. Nota-se, assim, que o aumento das doses do polímero hidrorretentor junto ao substrato não afetou a retenção de umidade no substrato. De acordo com a classificação de umidade do substrato proposta por Penchel Filho (2006), os valores obtidos na L_0 e LR_{30} enquadram-se como semissaturado (21-40% de umidade), disponibilizando excedente hídrico para as plantas. Segundo esse mesmo autor, o intervalo de umidade no substrato entre 16 e 20% é considerado o ideal para obtenção de mudas clonais de eucalipto, enquanto a faixa entre 10 e 15% representa deficiência moderada de água.

O enraizamento das estacas, aos 20 dias de experimentação, não apresentou diferença significativa no estudo do desdobramento das doses do polímero hidrorretentor dentro da L_0 e LR_{30} (Figura 3a). Na LR_{50} as doses do polímero hidrorretentor apresentaram diferenças significativas para o enraizamento, registrando nas doses 0,0, 0,3 e 0,6 $kg\ m^{-3}$ valores significativamente semelhantes, enquanto o enraizamento na dose de 1,0 $kg\ m^{-3}$ foi significativamente inferior à dose 0,0 $kg\ m^{-3}$ (Figura 3a). Esses resultados evidenciam que o acréscimo do polímero hidrorretentor ao substrato não contribuiu para aumento do enraizamento das estacas.



Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Figura 2. Umidade do substrato nas doses de 0,0 (a), 0,3 (b), 0,6 (c) e 1,0 kg m⁻³ do polímero hidrorretentor (d) em cada lâmina de irrigação aplicada



Barras em cada ponto representam o erro padrão da média. Teste de Tukey ($P \leq 0.05$).

Figura 3. Percentual de enraizamento (a, b) e sobrevivência (c, d) das mudas clonais de eucalipto; desdobramento da dose do polímero hidrorretentor dentro das lâminas de irrigação (a, c); e desdobramento das lâminas de irrigação dentro das doses do polímero hidrorretentor (b, d)

Avaliando o enraizamento no desdobramento das lâminas de irrigação dentro da dose sem polímero hidrorretentor ($0,0 \text{ kg m}^{-3}$), observa-se que não houve diferença significativa no enraizamento das estacas, permitindo concluir que, sem a utilização do polímero, pode-se reduzir a lâmina de irrigação e obter um bom enraizamento nessa fase do processo de produção das mudas (Figura 3b). Nas doses do polímero hidrorretentor de $0,3$, $0,6$ e $1,0 \text{ kg m}^{-3}$, independente das diferenças significativas encontradas entre as lâminas de irrigação, a utilização do polímero hidrorretentor junto ao substrato não trouxe benefícios, uma vez que não permitiu ganhos significativos de enraizamento, além de aumentar o custo de produção (Figura 3b). Em estudo semelhante, realizado por Vervloet Filho (2011), foi observado que diferentes dosagens do produto hidrorretentor não afetaram o enraizamento das estacas de eucalipto.

A sobrevivência das mudas no final do período experimental (90 dias) não apresentou diferenças significativas no desdobramento das doses do polímero hidrorredentor dentro da L_0 , evidenciando que o acréscimo do polímero junto ao substrato não contribuiu para a sobrevivência das mudas (Figura 3c). Apesar da diferença significativa encontrada no percentual de sobrevivência nas doses do polímero hidrorretentor dentro de LR_{30} e LR_{50} , verificou-se que a aplicação do polímero ao substrato não promoveu aumento na sobrevivência das mudas (Figura 3c). Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Sousa *et al.* (2013), que, estudando a incorporação do polímero hidrorretentor ao substrato na produção de mudas de *Anadenanthera peregrina*, observaram maior sobrevivência das plantas no tratamento sem a utilização do polímero (82,86%), enquanto a menor média (35,24%) foi verificada em mudas produzidas com a dose de 8 kg m^{-3} . Contrapondo os resultados obtidos, Buzetto, Bizon e Seixas (2002) relataram que o hidrogel foi capaz de promover maior sobrevivência e crescimento de *Eucalyptus urophylla*.

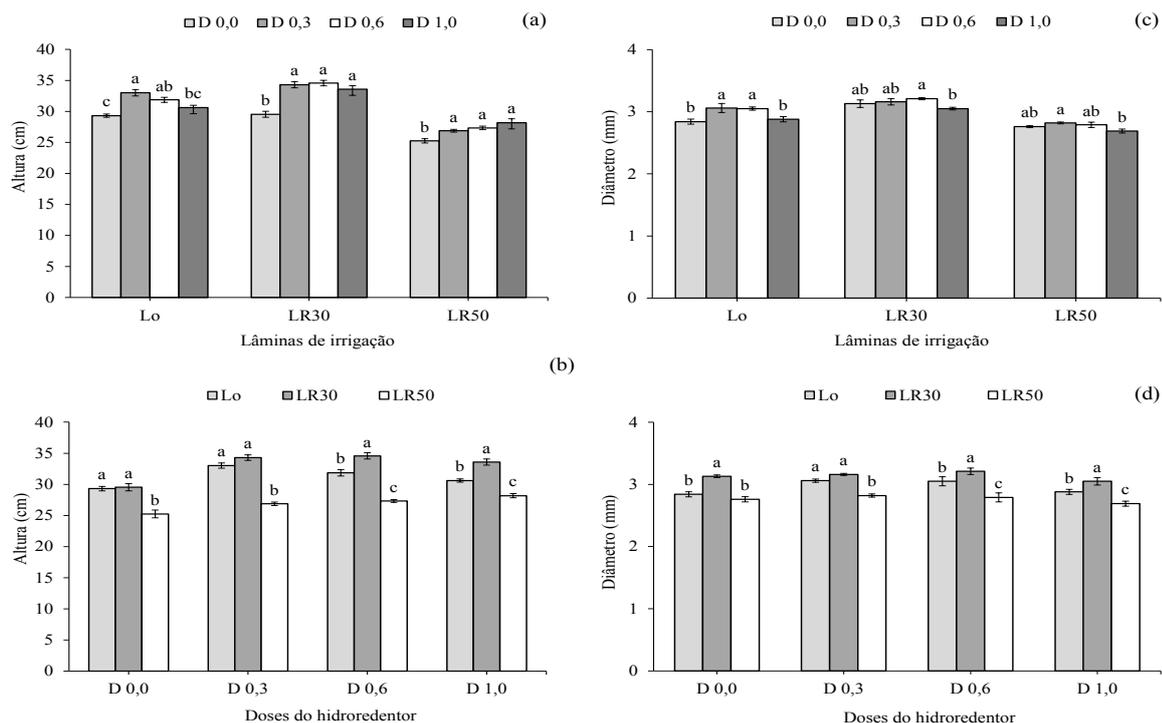
Observa-se na Figura 3d, para a sobrevivência, que houve diferença significativa no desdobramento das lâminas de irrigação dentro das doses do polímero hidrorredentor (Figura 3d).

Nesse desdobramento, é importante notar que, na dose de $0,0 \text{ Kg m}^{-3}$, foram encontrados valores significativamente superiores de sobrevivência em L_0 e LR_{30} , quando comparadas com LR_{50} , indicando que se pode reduzir a lâmina de irrigação em 30%, diminuindo o consumo hídrico do viveiro, não adicionar o polímero ao substrato e obter uma taxa de sobrevivência significativamente semelhante à encontrada na L_0 .

Nas doses de $0,3$ e $0,6 \text{ kg m}^{-3}$ foram encontrados valores significativamente superiores de sobrevivência em L_0 , quando comparada com LR_{30} e LR_{50} (Figura 3d), evidenciando que é necessária maior disponibilidade hídrica ao substrato para obter maior sobrevivência das mudas quando o polímero é adicionado ao substrato. Resultados semelhantes foram obtidos por Lopes *et al.* (2005), que, estudando os efeitos da lâmina de irrigação na produção de mudas de eucalipto, observaram que quanto mais reduzida a lâmina de irrigação, menor foi a sobrevivência das mudas.

A altura das mudas apresentou diferenças significativas no desdobramento das doses do polímero hidrorretentor dentro das lâminas de irrigação (Figura 4a). Para a L_0 foram encontrados valores significativamente superiores de altura nas doses de $0,3$ e $0,6 \text{ kg m}^{-3}$, evidenciando que a adição de polímero hidrorretentor contribuiu para o crescimento. É importante notar que, na LR_{30} e LR_{50} , as doses de $0,3$, $0,6$ e $1,0 \text{ kg m}^{-3}$ apresentaram valores de altura significativamente semelhantes entre si, porém significativamente superiores ao encontrado na dose sem polímero hidrorretentor ($0,0 \text{ kg m}^{-3}$) (Figura 4a).

Esse resultado indica que o crescimento em altura das mudas foi favorecido pelo uso do polímero, independentemente da dose usada. Bernardi *et al.* (2012) também observaram em mudas de *Corymbia citriodora* maior crescimento em altura nos tratamentos com utilização do polímero hidrorretentor junto ao substrato. Contrariamente, Sousa *et al.* (2013) não encontraram efeito significativo de diferentes dosagens do polímero incorporado ao substrato em mudas de *Anadenanthera peregrina*, indicando que seu uso não afetou o crescimento em altura.



Barras em cada ponto representam o erro padrão da média. Teste de Tukey ($P \leq 0.05$).

Figura 4. Altura (a, b) e diâmetro do coleto (c, d) das mudas clonais de eucalipto; desdobramento da dose do polímero hidrorredentor dentro das lâminas de irrigação (a, c) e desdobramento das lâminas de irrigação dentro das doses do polímero hidrorredentor (b, d)

Diferenças significativas foram encontradas para a altura no desdobramento das lâminas de irrigação dentro das doses do polímero hidrorredentor (Figura 4b). Observa-se, para as quatro doses do polímero, que a redução em 50% da lâmina operacional (LR_{50}) diminuiu significativamente o crescimento em altura quando comparada com a L_0 e LR_{30} . Na dose de 0,6 e 1,0 $kg\ m^{-3}$, a LR_{30} apresentou médias de altura significativamente superior a L_0 , enquanto nas doses de 0,0 e 0,3 $kg\ m^{-3}$ a LR_{30} e L_0 apresentaram valores significativamente semelhantes (Figura 4b). De modo geral, a redução da lâmina de irrigação em 30% da L_0 , mostrou-se mais eficiente no crescimento em altura das mudas. Em trabalho semelhante, realizado por Vervloet Filho (2011), testando o uso do polímero hidrorredentor em mudas de eucalipto, verificou-se maior crescimento em altura na lâmina reduzida em 20% (6,4 mm) da L_0 (8,0 mm). Segundo Gomes, Couto e Leite (2002), a altura apresenta boa contribuição à qualidade final das mudas para

expedição, destacando esse parâmetro na facilidade de coleta e por evitar a destruição das plantas.

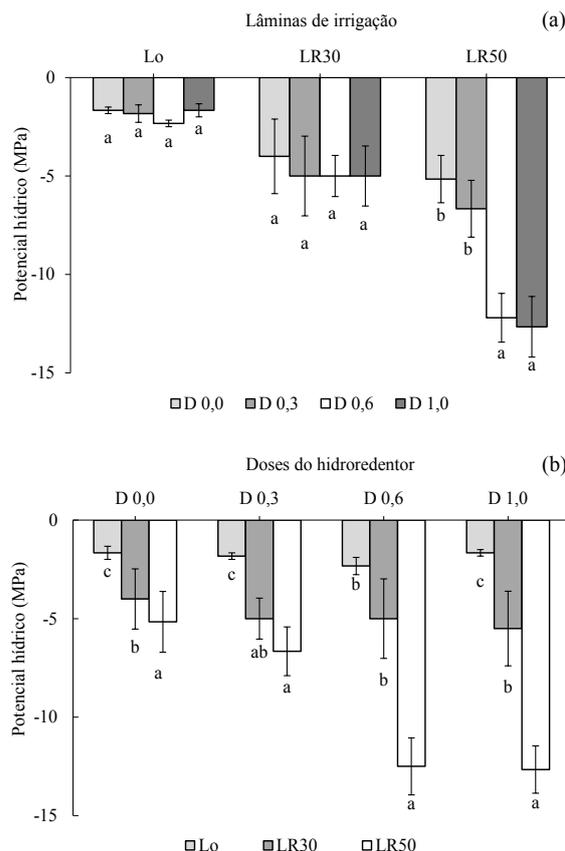
Para o diâmetro do coleto foram observadas diferenças significativas no desdobramento das doses do polímero hidrorredentor dentro das lâminas de irrigação (Figura 4c). Na L_0 foram encontrados valores significativamente superiores do diâmetro do coleto nas doses de 0,3 e 0,6 $kg\ m^{-3}$, quando comparados com as demais doses do polímero, indicando que nessa lâmina de irrigação a incorporação do polímero contribuiu para o incremento em diâmetro. Resultados semelhantes foram encontrados por Bernardi *et al.* (2012), que verificaram maior incremento em diâmetro (23,12%) para mudas de *Corymbia citriodora* produzidas com 6 g do polímero por litro de substrato, quando comparadas com mudas produzidas sem a adição do produto. Sousa *et al.* (2013), por sua vez, estudando dosagens do polímero incorporado ao substrato na produção de mudas de angico-vermelho, não encontraram diferenças

significativas do crescimento em diâmetro. Na LR₃₀ e LR₅₀, valores significativamente superiores de diâmetro foram encontrados nas doses sem a incorporação do polímero ao substrato (0,0 kg m⁻³), e com a incorporação do polímero ao substrato nas doses de 0,3 e 0,6 kg m⁻³, as quais não diferiram significativamente entre si (Figura 4c).

No desdobramento das lâminas de irrigação dentro das doses do polímero hidrorretentor foram encontradas diferenças significativas para o diâmetro do coleto (Figura 4d). Nota-se que a LR₃₀ apresentou valores de diâmetro significativamente superiores aos encontrados nas demais lâminas de irrigação nas doses de 0,0, 0,6 e 1,0 kg m⁻³, exceto para a dose de 0,3 kg m⁻³, em que os valores foram significativamente semelhantes a L₀ (Figura 4d). Esse fato permite concluir que a redução de 30% da L₀ contribuiu significativamente para o crescimento em diâmetro das mudas.

O maior interesse dos viveiristas é a antecipação da expedição das mudas para o campo. Para isso, utilizam a variável altura em primeiro lugar e, em seguida, o diâmetro do coleto como ordem de prioridade na tomada de decisão, para completar a avaliação da qualidade das mudas (BERNARDI *et al.*, 2012).

O potencial hídrico foliar não apresentou diferenças significativas no desdobramento das doses do polímero hidrorretentor dentro da L₀ e LR₃₀, evidenciando que as adições do polímero junto ao substrato dentro dessas lâminas de irrigação não contribuíram para maior hidratação das plantas (Figura 5a). O potencial hídrico foliar fornece informações que permitem identificar o estado hídrico em que se encontram as plantas (LARCHER, 2004) e explica os fluxos de água no sistema solo-planta-atmosfera (BERGONCI *et al.*, 2000). Na LR₅₀ foram encontradas diferenças significativas entre as doses do polímero para o potencial hídrico foliar, com valores significativamente inferiores nas doses de 0,6 e 1,0 kg m⁻³, quando comparadas com 0,0 e 0,3 kg m⁻³ (Figura 5a), indicando que o aumento na concentração das doses do polímero originou menores teores de água nas folhas das plantas, proporcionando mudas menos hidratadas.



Barras em cada ponto representam o erro padrão da média. Teste de Tukey ($P \leq 0.05$).

Figura 5. Potencial hídrico foliar das mudas clonais de eucalipto; desdobramento da dose do polímero hidrorretentor dentro das lâminas de irrigação (a); e desdobramento das lâminas de irrigação dentro das doses do polímero hidrorretentor (b)

No desdobramento das lâminas de irrigação dentro das doses do polímero hidrorretentor (Figura 5b), observa-se que a L₀ apresentou valores significativamente inferiores para o potencial hídrico foliar quando comparado com as demais lâminas de irrigação, sugerindo que as mudas encontravam-se mais hidratadas. Com a redução da lâmina de irrigação de 30 (LR₃₀) e 50% (LR₅₀), valores significativamente mais negativos de potencial hídrico foliar foram registrados, confirmando que as mudas encontravam-se com menor conteúdo hídrico em suas folhas. Em geral, todos os processos vitais da planta são afetados pelo decréscimo do potencial hídrico, podendo

comprometer o crescimento, uma vez que a primeira resposta é a redução do turgor (TAIZ; ZEIGER, 2013).

CONCLUSÕES

- O enraizamento e a sobrevivência das plantas foram negativamente afetadas à medida que se aumentava a dosagem do polímero e se diminuía a lâmina de água aplicada.
- O uso da LR₃₀, sem a utilização do polímero hidrorretentor (dose de 0,0 Kg m⁻³), foi o manejo que favoreceu o estabelecimento das mudas, contribuindo para o crescimento em altura e diâmetro do coleto, além do enraizamento inicial e a sobrevivência das plantas destinadas à expedição. Aliado a isso, favoreceu a redução de custos operacionais do viveiro, pelo menor consumo de água de irrigação e o não uso do polímero hidrorretentor.
- A umidade do substrato e o potencial hídrico foliar estiveram relacionados com a disponibilidade de água fornecida pela lâmina de irrigação, independentemente da dose do polímero utilizada na produção das mudas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. Anuário estatístico da ABRAF 2013, ano base 2012.

BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; SANTOS, O.S. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.8, p.1531-1540, 2000.

BERNARDI, M.R.; SPEROTTO JUNIOR, M.; DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, Lavras: v.18, n.1, p.67-74, 2012.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625p.

BUZETTO, F.A.; BIZON, J.M.C.; SEIXAS, F. Avaliação de polímeros adsorventes à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio, 2002. IPEF (Circular Técnica, 195).

CARVALHO, A.M. **Valorização da Madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. 2000. 129f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Madeiras) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CHAVES, L. Os 12 países que mais produzem celulose no mundo. Botucatu: Painel Florestal, 2012. Disponível em: <<http://www.painelflorestal.com.br/noticias/celulose-epapel/os-12-maiores-produtores-de-celulose-domundo>>. Acesso em 25 julho de 2018.

DYE, P.J.; JACOBS, S.; DREW, D. Verification of 3-PG growth and water-use predictions in twelve *Eucalyptus* plantation stands in Zululand, South Africa. **Forest Ecology and Management**, v.193, p.197-218, 2004.

DRANSKI, J.A.L.; PINTO JUNIOR, A.S.; CAMPAGNOLO, M.A.; MALAVASI, U.C.; MALAVASI, M.M. Sobrevivência e crescimento do pinhão-mansão em função do método de aplicação e formulações de hidrogel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.537-542, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

GOMES, J.M.; COUTO, L.; LEITE, H.G. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.6, p.655-664, nov./dez. 2002.

KLIPPEL, V.H.; PEZZOPANE, J.E.M.; PEZZOPANE, J.R.M.; TOLEDO, J.V. Impacto

da deficiência hídrica no crescimento inicial de eucalipto. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v.23, n.1, p.48-59, 2014.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Editora Rima, 2000.

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: v.68, p.97-106, 2005.

LOPES, J.L.W.; SILVA, M.R.; SAAD, J.C.C.; ANGÉLICO, T.S. Uso de hidrogel na sobrevivência de mudas de *Eucalyptus urograndis* produzidas com diferentes substratos e manejos hídricos. **Ciência Florestal**, v.20, n.2, p.217-224, 2010.

MESKIMEN, G.; FRANCIS, J.K. *Eucalyptus grandis* Hill (ex. Maiden) Rose gum *Eucalyptus*. Disponível em: <http://www.na.fs.fed.us/Spfo/pubs/silvics_manual/volume_2/eucalyptus/grandis.htm> Acesso 26 de set.2006.

MARTINS, F.B. SILVA, J.C.; STRECK, N.A. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono em duas espécies de eucalipto na fase de muda. **Revista Árvore**, v.31, p.373-381, 2007.

MARQUES, P.A.A.; CRIPA, M.A.M.; MARTINEZ, E.H. Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. **Ciência Rural**, v.43, n.1, p.1-7, 2013.

MOREIRA, R.A.; RAMOS, J.D.; CRUZ, M.C.M.; VILLAR, L.; HAFLE, O.M. Efeito de doses de polímero hidroabsorvente no enraizamento de estacas de amoreira. **Revista Agrarian**, v.3, n.8, p.133-139, 2010.

FILHO PENCHEL, R.M. Recomendação técnica-experimental do padrão de qualidade de mudas

clonais expedidas de eucalipto. Relatório Técnico, Documento ARCEL/CPT-P2005-05-2006, 21 de novembro de 2006, Tecnologia/ Fibria Celulose S.A., Aracruz, 2006. 5p.

SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D. Sap pressure in vascular plants. **Science**, v.148, p.339-346, 1965.

SILVA, C.R.A.; RIBEIRO, A.; OLIVEIRA, A.S.; KLIPPEL, V.H.; BARBOSA, R.L.P. Desenvolvimento biométrico de clones de eucalipto sob diferentes lâminas de irrigação na fase de crescimento. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.35, n.34, p.381-390, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 954p.

SOUSA, T.O.; AZEVEDO, G.B.; SOUSA, J.R.L.; MEWS, C.L., SOUZA, A.M. Incorporação de polímero hidroretentor no substrato de produção de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) SPEG. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.16, p.1270-1278, 2013.

TATAGIBA, S.D.; XAVIER, T.M.T.; TORRES, H.; PEZZOPANE, J.E.M.; CECÍLIO, R.A.; ZANETTI, S.S. Determinação da máxima capacidade de retenção de água no substrato para produção de mudas de eucalipto em viveiro. **Floresta**, v.45, n.4, p.745-754, 2015.

VERVLOET FILHO, R.H. **Utilização de hifrorretentor em substrato semi-saturado na produção de mudas de eucalipto**. Jerônimo Monteiro, ES: UFES, 2011. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

XAVIER, T.M.T.; PEZZOPANE, J.E.M.; PENCHEL R.M.; CALDEIRA M.V.W.; REIS, F.R. Influence of water deficit and season on biomass yield from clonal stands of *Eucalyptus*. **Cerne**, v.19, n.3, p.473-479, 2013.