

DESEMPENHO DE CLONES DE EUCALIPTO EM RESPOSTA A DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SUBSTRATO

Sandro Dan Tatagiba¹, José Eduardo Macedo Pezzopane², Edvaldo Fialho dos Reis³,
Ricardo Miguel Penchel⁴

RESUMO

A água é fundamental no metabolismo das plantas, sendo que uma pequena redução em sua disponibilidade pode afetar o crescimento, desenvolvimento e a produtividade da cultura. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho de seis clones de eucalipto (1, 2, 3, 4, 5 e 6), crescendo em vasos plásticos, de modo a subsidiar a seleção precoce desses materiais genéticos para estabelecimento em áreas com disponibilidade diferenciada de água no solo. As plantas dos seis clones foram submetidas a três diferentes níveis de manejos hídricos: sem déficit, com a manutenção da umidade próxima à capacidade de campo ao longo de todo o período experimental; déficit com a suspensão da irrigação aos 150 dias de experimentação, durante 45 dias e posterior retomada da irrigação por mais 55 dias; e déficit com a suspensão da irrigação aos 150 dias de experimentação, prolongando até o final do experimento. Foram avaliadas as características de crescimento, a saber: diâmetro do coleto; altura das plantas; área foliar; relação raiz/parte aérea; matéria seca de: folhas, haste e ramos, raízes e total; e as taxas fotossintéticas. O déficit hídrico promoveu redução do crescimento e das taxas fotossintéticas dos seis clones de eucalipto avaliados. A retomada da irrigação contribuiu para a recuperação do crescimento e da fotossíntese dos clones, em relação aos mantidos em déficit hídrico até o final do experimento. O clone 3 apresentou o menor crescimento e a menor taxa fotossintética nos manejos hídricos adotados, principalmente sob deficiência hídrica, sendo o menos tolerante ao déficit hídrico.

Palavras chave: irrigação, silvicultura, fotossíntese, crescimento.

ABSTRACT

PERFORMANCE OF SIX CLONES OF EUCALYPTUS IN RESPONSE TO SUBSTRATE WATER AVAILABILITY

Water is a critical for plant metabolism. A small decline in water availability can affect plant growth, development and yield. The objective of this study was to evaluate the performance of the six eucalyptus clones (1, 2, 3, 4, 5 and 6), grown in plastic pots, for early selection of genetic material for planting in areas with different ground water availability. Plants of the six clones were grown without water deficit by maintaining moisture near the field capacity throughout the experimental period; water deficit was induced by irrigation suspension for 150 days or for 45 days and resumption of irrigation by more than 55 days; or suspending irrigation for 150 days, and then extended until the end of the experiment. Following growth parameters were evaluated: stem diameter; plant height; leaf areas; root/shoot ratio; total and fractionated dry matter content of leaves, stem, branches, roots, and photosynthesis rate. The water deficit reduced growth, yield, and photosynthesis rate of all the clones. The growth and photosynthesis rate recovered upon irrigation resumption, in relation to maintenance of water deficit until the end of the experiment. The clone 3 had lowest growth and photosynthesis rate in all the water management systems, more so under water deficiency, and was found to be least tolerant to water deficit

Key-words: Irrigation, forestry, photosynthesis, growth.

Recebido para publicação em 09/10/2008. Aprovado em 20/03/2009

¹ Eng. Agrônomo, Mestre em UFES. Centro de Ciências Agrárias (CCA-UFES), Alegre-ES. CEP: 29500-000. Email: sandrodantatagiba@yahoo.com.br

² Eng. Florestal, professor Adjunto. UFES. Centro de Ciências Agrárias (CCA-UFES), Alegre-ES. CEP: 29500-000. Email: jemp@cca.ufes.br

³ Eng. Agrícola, professor Adjunto. UFES. Centro de Ciências Agrárias (CCA-UFES), Alegre-ES. CEP: 29500-000. Email: edreis@cca.ufes.br

⁴ Eng. Agrônomo, pesquisador da Aracruz Celulose S/A, Aracruz, ES. Email: rp@aracruz.com.br

INTRODUÇÃO

A água é responsável pela forma e estrutura dos órgãos e essencial para o crescimento e desenvolvimento das culturas (LARCHER, 2004), sejam elas anuais ou perenes (CARLESSO & SANTOS, 1999; CABRAL 2004; FIGUERÔA ET AL., 2004).

A redução da água disponível à planta influencia negativamente seu crescimento e desenvolvimento (CARLESSO & SANTOS, 1999; CHAVES, 2001; PEREIRA ET AL., 2006; MARTINS, 2007). Dessa forma, a produtividade agrícola e florestal é influenciada pela disponibilidade de água no substrato. Levit (1980) salienta a importância de analisar as repostas e seus mecanismos de defesa ao déficit hídrico no solo.

Segundo Kozlowski e Pallardy (1996) o crescimento e a produtividade florestal são dependentes da interceptação da radiação solar e da alocação dos compostos de carbono, formados durante o processo fotossintético nos diferentes órgãos vegetais. As plantas podem desenvolver mecanismos de adaptação à seca quando submetidas a deficiências hídricas. Essas adaptações podem ser morfológicas, fisiológicas e até anatômicas (LARCHER, 2004). A identificação desses mecanismos pode explicar as causas da resistência à seca de clones de eucalipto auxiliando nos programas de melhoramento florestal.

Diversos parâmetros morfológicos das plantas têm sido relacionados com a adaptação das diferentes espécies vegetais à disponibilidade hídrica do ambiente (LARCHER, 2004; TAIZ & ZEIGER, 2004). O incremento no peso da matéria seca com relação à área foliar pode, muitas vezes, estar relacionada às mudanças anatômicas internas das folhas, como a redução do tamanho das células, a maior densidade do sistema vascular e a maior quantidade de parênquima paliçádico em relação ao parênquima lacunoso (NOBEL, 1991).

Por outro lado, o déficit hídrico também afeta o desenvolvimento do sistema radicular. A razão da matéria seca de raízes para a parte aérea parece

ser governada por um balanço funcional entre absorção de água pelas raízes e fotossíntese pela parte aérea (TAIZ & ZEIGER, 2004). Segundo estes autores, a parte aérea continuará crescendo até que a absorção de água pelas raízes se tornará limitante, inversamente, as raízes crescerão até que a demanda por fotossintatos da parte aérea iguale-se ao suprimento. Este balanço funcional é alterado se o suprimento hídrico decrescer, promovendo a redução de área foliar, altura e diâmetro das plantas, resultando em menor acúmulo de matéria seca vegetal (GONÇALVES & PASSOS, 2000; SILVA ET AL., 2001; CHAVES, 2001; PEREIRA ET AL., 2006; MARTINS, 2007).

Chaves (2001), estudando o comportamento de cinco clones de eucalipto submetidos a ciclos sucessivos de déficit hídrico no solo, verificou que a produção de matéria seca total dos clones submetidos ao déficit hídrico foi reduzida em relação às plantas irrigadas. As maiores reduções foram verificadas no tratamento severo, onde a irrigação era suspensa até que o solo atingisse o potencial hídrico de -1,50 MPa.

Silva et al. (2001) observaram que os maiores valores de altura e diâmetro do caule de *Eucalyptus citriodora* e *E. grandis* foram encontrados quando o conteúdo de água no solo foi de 26%, em relação aos 23 e 20% de umidade no experimento de estudo. Portanto, podem existir diferenças no comportamento de resistência à seca em procedências e espécies de eucalipto, percebido nas características fisiológicas e morfológicas das plantas ao longo de seu crescimento e desenvolvimento. Estudos realizados por Gonçalves & Passos (2000), Chaves (2001) e Martins (2007), têm comparado materiais genéticos bastante distintos, como espécies diferentes ou procedências diferentes de uma mesma espécie.

Em vista do exposto, este trabalho teve como objetivo estudar o comportamento de seis clones de eucalipto submetidos a diferentes manejos hídricos, em condições controladas, pela análise das características de crescimento e das taxas de fotossíntese, de modo a viabilizar a seleção

precoce desses clones para plantio em ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental do Núcleo de Estudos e Difusão de Tecnologia em Florestas, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável (NEDTEC) do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), localizado no município de Jerônimo Monteiro, ES, situado na latitude 20°47'25"S e longitude 41°23'48"W, a altitude de 120m, no período de 02 de fevereiro a 12 outubro de 2005 (Figura 1).

Foram utilizadas mudas de seis clones comerciais de eucalipto produzidas pela Aracruz Celulose S/A, em que as mudas foram produzidas pelo método estaquia em tubetes de plásticos de aproximadamente 54 ml. Aos 90 dias de idade, as mudas foram selecionadas quanto à uniformidade e foram transplantadas para vasos com capacidade de 100 dm³. O substrato utilizado foi constituído com solo extraído de camadas na profundidade de aproximadamente 40 a 80 cm de um Latossolo Vermelho-Amarelo (55%), areia lavada (30%) e composto de casca bioestabilizada de eucalipto (15%). Foi realizada análise granulométrica do substrato, obtendo-se a classificação textural como franco arenoso.



Figura 1. Aspecto geral do experimento.

No plantio, não foi necessário fazer a adubação e correção da acidez do solo, verificada pela

análise química. Durante o período experimental foram realizadas quatro adubações de cobertura conforme recomendações de Silveira et al. (2001), sendo a primeira realizada a partir dos 45 dias após o transplante. As demais adubações seguiram o mesmo período de tempo após a última realizada. Estas adubações foram realizadas de modo a fornecer 1,20 mg de nitrogênio e 1,25 mg de potássio para cada vaso na primeira coberta, e 1,80 mg de nitrogênio e 2,0 mg de potássio para cada vaso nas demais coberturas, aplicados na forma de uréia e cloreto de potássio.

O monitoramento do teor de umidade do substrato nos vasos sem déficit hídrico foi realizado por sensores acoplados a datalogger, modelo CS616 da *Campbell Scientific*, e método termogravimétrico (EMBRAPA, 1997), a partir da coleta de amostras a 30 cm de profundidade. A calibração dos sensores foi realizada por meio de leituras simultâneas do teor de umidade do substrato, tomando-se o método termogravimétrico como padrão. Já nos vasos sob déficit hídrico, o monitoramento da umidade do substrato foi realizado pelo método termogravimétrico, devido à imprecisão dos sensores a teores de umidade inferiores a 18%.

As mudas cresceram nos vasos mantidos com teor de umidade próximo à capacidade de campo definida como a máxima retenção de água no substrato depois que o excesso tenha sido drenado (BERNARDO et al., 2005), por um período de 150 dias, quando, então, foram iniciados os manejos hídricos diferenciados até o final do experimento, que durou cerca de 250 dias. Neste período, todos os vasos foram vedados com lona preta plástica e fita adesiva, a fim de se evitar a entrada de água por precipitação, possibilitando a indução dos déficits hídricos. Os manejos hídricos aplicados foram: sem déficit - com a manutenção da umidade próximo à capacidade de campo ao longo de todo o período experimental; déficit 1 - com a suspensão da irrigação aos 150 dias de experimentação, durante 45 dias e posterior retomada da irrigação por mais 55 dias; déficit 2 - com a suspensão

da irrigação aos 150 dias de experimentação, prolongando até o final do experimento (100 dias de déficit hídrico).

A irrigação dos vasos foi realizada a partir da instalação de um sistema de irrigação por gotejamento, utilizando-se dois gotejadores autocompensantes por vaso, da marca Rain Bird, com vazão de $4,5 \text{ L h}^{-1}$ para cada gotejador, com uma pressão de serviço de Pa. No início do experimento os vasos foram submetidos à saturação por água durante 3 dias consecutivos, durante 6 horas por dia, e logo depois à drenagem livre, por um período de 24 horas, até o total cessamento e estabilização da umidade volumétrica na capacidade de campo, quando foi feito o transplatio das mudas.

A curva de retenção de água do substrato, por

secamento, foi determinada conforme Embrapa (1997), a partir de amostras deformadas, previamente peneiradas, que depois de saturadas por no mínimo 12 horas, foram levadas à câmara de pressão de Richards com placa porosa para estabilização, adotando-se um tempo não inferior a três dias e posterior determinação da umidade gravimétrica (U), correspondente às tensões de: 0,006; 0,010; 0,033; 0,08; 0,10; 0,30; 0,8 e 1,5 MPa, com três repetições. A umidade volumétrica (θ) para cada uma das tensões foi obtida pelo produto da umidade gravimétrica pela densidade do solo ($\theta = U \cdot D_s$). Os valores médios de umidade volumétrica na curva de retenção do substrato foram ajustados utilizando-se o modelo matemático proposto por Vangenuchten (1980), conforme pode ser observado na figura 2.

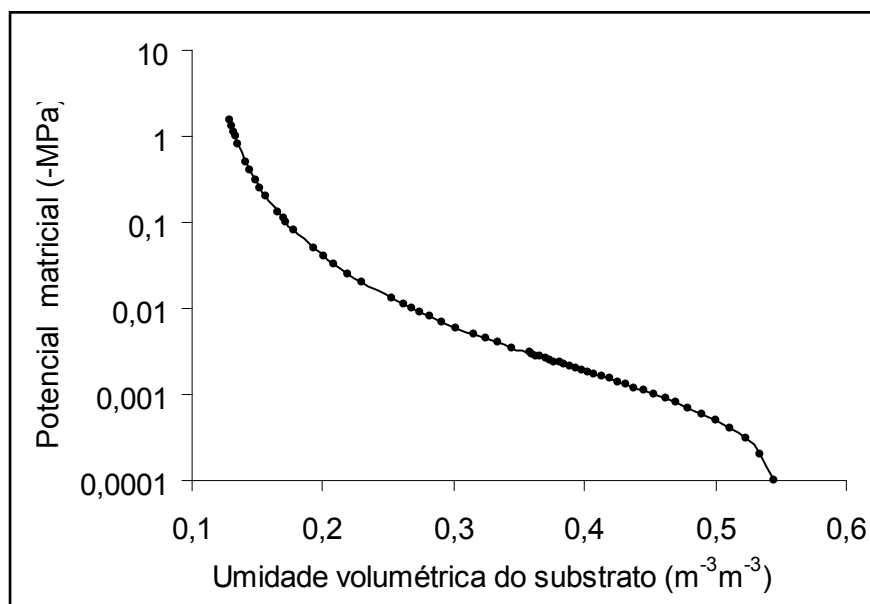


Figura 2. Curva de retenção de água no substrato

O experimento foi montado num esquema fatorial 3×6 , sendo o fator manejo hídrico em três níveis (sem déficit, déficit 1 e déficit 2) e o fator clone em seis (1; 2; 3; 4; 5 e 6), num delineamento inteiramente casualizado, com três repetições para as características de crescimento e quatro para fotossíntese.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, e quando significativas, as

médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando software SAEG.

No final do experimento, aos 250 dias, foram utilizadas três plantas representativas da média geral de cada um dos clones para a realização das características de crescimento, avaliando-se: diâmetro no nível do coleto, altura total, área foliar, relação raiz/parte aérea, matéria seca de: folhas, haste e ramos, raízes e total. Na mesma época, foi

medido na superfície de quatro folhas totalmente expandidas, posicionadas na parte externa do terço superior da copa de uma única planta, a fotossíntese líquida através de um analisador de gases a infravermelho modelo LCA-4 da ADC, recebendo radiação solar incidente do sol. As leituras foram realizadas no horário das 10:00 horas, devido ao fato das plantas apresentarem maior eficiência na fixação de carbono pela manhã, acentuando as respostas das mesmas nos manejos hídricos.

A área foliar foi determinada empregando um integrador modelo LI-3100. O diâmetro do coleto foi determinado a 5,0 cm do substrato com auxílio de paquímetro digital e a altura das plantas com uma régua milimetrada. Para obtenção da matéria seca, as plantas foram colocadas em estufa, com circulação forçada de ar em temperatura de 75°C, até atingir peso constante.

A água disponível (AD) encontrada foi de 17,3%, calculada observando-se os valores de umidade volumétrica na curva de retenção do substrato para a capacidade de campo (CC) em 30,2% determinada na tensão de 0,006 MPa e para o ponto de murcha permanente (PMP) em 12,9% na tensão de 1,5 MPa, utilizando-se a seguinte expressão: $AD = CC - PMP$ (CENTURION & ANDREOLI, 2000).

A lâmina de irrigação (L) para os vasos sem déficit hídrico, ou seja, umidade do solo mantida próxima à capacidade de campo (SOUSA ET AL., 2003), foi calculada pela equação 1:

$$L = [(CC - U_a)/10] \times Ds \times Z \quad (1)$$

sendo

L = Lâmina de irrigação em mm;

CC = umidade na capacidade de campo, % em peso;

U_a = umidade atual do solo, % em peso estabelecido em 27,2% para reinício das irrigações;

Ds = densidade do solo, em $g.cm^{-3}$; e

Z = profundidade do sistema radicular, em cm.

Para transformar a lâmina de irrigação (L) em volume (L/vaso), multiplicou-se L pela área do vaso (0,139 m²). A densidade do solo (Ds) foi realizada pelo método da proveta, conforme EMBRAPA (1997), obtendo-se valor de 1,18 $g.cm^{-3}$.

As lâminas de irrigação aplicadas foram estabelecidas no tempo, de acordo com crescimento da planta e pelo acompanhamento do desenvolvimento do sistema radicular, utilizando-se as profundidades de 30 cm, 55 cm e 72 cm (Z), para o cálculo. A primeira e a segunda lâmina de irrigação foram aplicadas durante um período de 80 dias, respectivamente, enquanto a terceira, foi aplicada por 90 dias, ou seja, prevalecendo-se até o final do experimento.

A irrigação total necessária (ITN), em mm, foi calculada pela equação 2 (BERNARDO ET AL., 2005):

$$ITN = L/Ea \quad (2)$$

sendo

L = Lâmina de irrigação, em mm; e

Ea = eficiência de aplicação da irrigação, a qual foi utilizada 90%.

O tempo (T) de irrigação, em horas, foi determinado pela seguinte equação 3:

$$T = ITN / n \times q \quad (BERNARDO ET AL., 2005) \quad (3)$$

Sendo

ITN = irrigação total necessária, em mm;

N = número de gotejadores por vaso e

Q = vazão do gotejador, litros/hora.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final do experimento, o acúmulo de matéria seca total de todos os clones foi reduzido pelo déficit hídrico em relação às plantas mantidas em substrato com umidade próximo a capacidade de

campo (Figura 3). Nota-se que, entre os manejos hídricos para cada clone, o acúmulo de matéria seca total diferenciaram estatisticamente entre si. Os clones 1, 2, 5 e 6 apresentaram diferença estatística entre os três níveis de manejos hídricos, mostrando o efeito de cada manejo hídrico adotado sobre o acúmulo de matéria seca total.

No clone 3, não foi verificada diferença entre os manejos sem déficit e déficit 1, permitindo sugerir

que a retomada de irrigação foi suficiente para o clone recuperar seu crescimento em acúmulo de matéria seca, equivalente as plantas mantidas irrigadas durante todo o período experimental. Já no clone 4, observa-se que não houve diferença entre os manejos do déficit 1 e déficit 2, possibilitando concluir que a retomada de irrigação não foi suficiente para que o clone recuperasse seu crescimento.

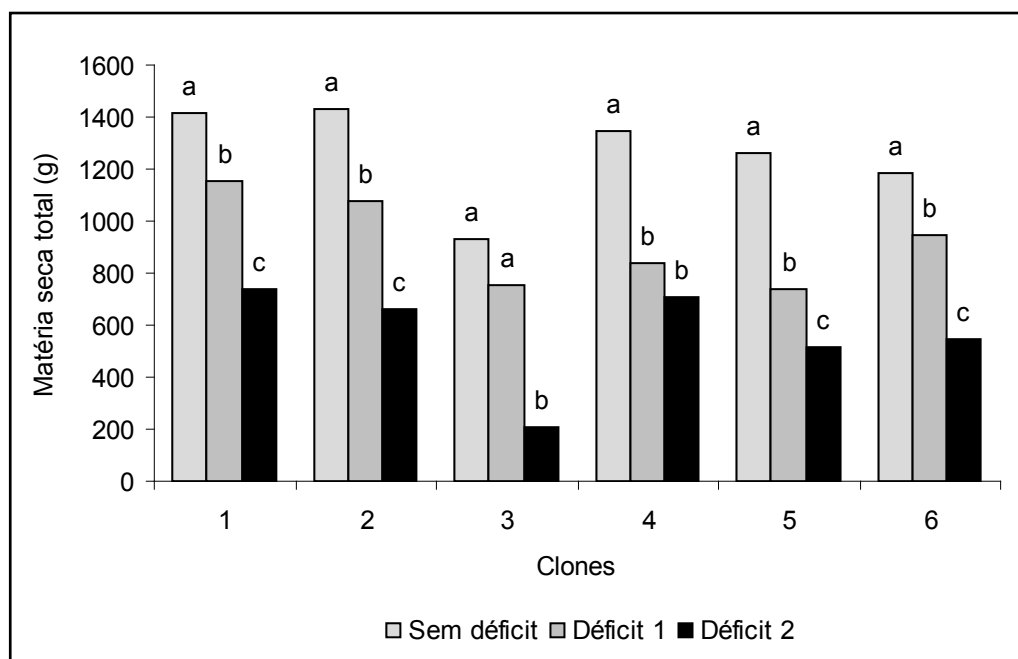


Figura 3. Matéria seca total de plantas de seis clones de eucalipto, crescendo em vasos sob diferentes manejos hídricos, no final do experimento. ²

As maiores reduções para matéria seca total foram observadas nas plantas do manejo hídrico déficit 2, em níveis de 47, 53, 77, 47, 59 e 54% para os clones 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente, quando comparadas com as mantidas sem déficit. Os resultados permitem deduzir que houve uma retomada de crescimento, em virtude do retorno da irrigação no manejo de déficit 1, pois as reduções no acúmulo de matéria seca total neste manejo foram de 18, 24, 19, 37, 41 e 20% para os clones 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente, em relação às plantas sem déficit.

Na maioria dos casos, o estresse provocado pelo déficit hídrico, medeia a relação de sobrevivência entre plantas, que pode ser medida pela

produtividade, crescimento, ou o processo primário de assimilação do CO₂, que estão relacionadas com o crescimento geral das plantas.

Na Figura 4, verifica-se a distribuição da matéria seca nas folhas, haste, ramos e raiz das plantas nos diferentes manejos hídricos. Nota-se que o déficit hídrico 2 promoveu a redução destas três características avaliadas para os seis clones. A haste e os ramos foram à característica que mais contribuíram para o acúmulo de matéria seca total dos clones nos manejos hídricos no final do experimento, principalmente no manejo sem déficit, representando 41% da matéria seca total para o clone 1 e 44% para o clone 2.

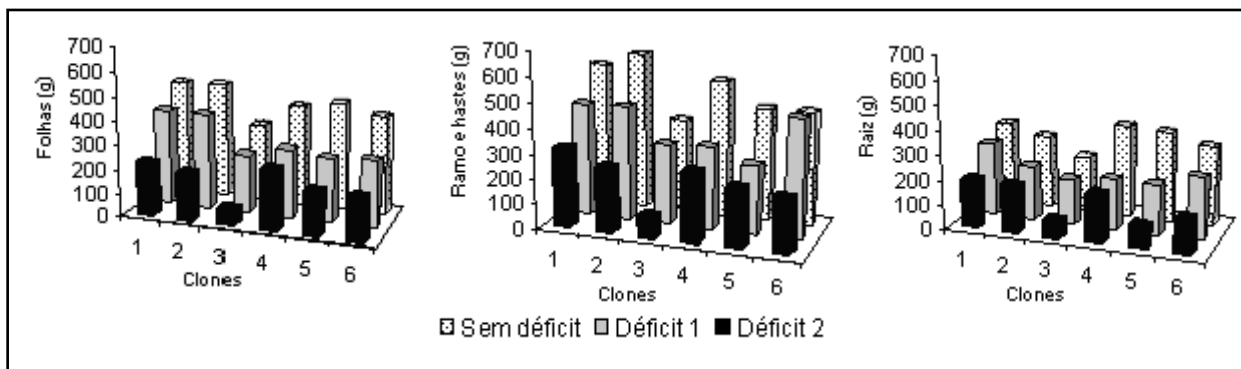


Figura 4. Matéria seca das folhas, ramo e hastes e raiz de plantas de seis clones de eucalipto, crescendo em vasos sob diferentes manejos hídricos, no final do experimento.

A maior redução na matéria seca das folhas, encontrada entre os manejos sem déficit e déficit 2, foi observada para o clone 3, com 78% e a menor para o clone 4, com 39%, devido, principalmente, a abscisão foliar acarretada pelo déficit hídrico. Em relação ao acúmulo de matéria seca das raízes, as maiores reduções ocorreram para os clones 5 e 3 com 74 e 67% e a menor para o clone 2 com 34%. A retomada de irrigação acarretou acréscimos na matéria seca dos diferentes componentes avaliados em relação aos mantidos sob deficiência hídrica até o final do experimento.

A maior redução na matéria seca das folhas, encontrada entre os manejos sem déficit e déficit 2, foi observada para o clone 3, com 78% e a menor para o clone 4, com 39%, devido, principalmente, a abscisão foliar acarretada pelo déficit hídrico. Em relação ao acúmulo de matéria seca das raízes, as maiores reduções ocorreram para os clones 5 e 3 com 74 e 67% e a menor para o clone 2 com 34%.

A retomada de irrigação acarretou acréscimos na matéria seca dos diferentes componentes avaliados em relação aos mantidos sob deficiência hídrica até o final do experimento.

Estudando os efeitos dos três manejos hídricos sobre o comportamento da fotossíntese de cada clone, observou-se que, com a retomada da irrigação por 55 dias, após o período de déficit hídrico, foi suficiente para que todos os clones recuperassem sua capacidade fotossintética, não mais existindo diferenças entre as plantas do nível de manejo hídrico sem déficit (Quadro 1). Essa recuperação da fotossíntese após a retomada da irrigação no manejo de déficit 1 contribuiu para incrementos no acúmulo de matéria seca total da grande maioria dos clones. Observa-se ainda que, o déficit hídrico 2 promoveu queda nas taxas fotossintéticas de cada clone. Em condições de seca, a fotossíntese normalmente diminui, o que provavelmente se deve ao fechamento parcial dos estômatos.

Quadro 1. Fotossíntese líquida (A) de plantas de seis clones de eucalipto, crescendo em vasos sob diferentes manejos hídricos.

Clones	-----Fotossíntese líquida ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)-----		
	Sem déficit	Déficit 1	Déficit 2
1	12,02 a	10,95 a	5,82 b
2	10,22 a	9,98 a	6,15 b
3	9,66 a	8,56 a	1,19 b
4	10,93 a	9,74 a	7,18 b
5	9,54 a	7,80 a	4,51 b
6	9,62 a	7,42 ab	5,39 b
CV(%) = 16.51			

3

3 *Médias seguidas de mesma letra nas linhas para cada clone, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

Stoneman et al. (1994), verificaram que cinco dias após a retomada da irrigação, plantas de *Eucalyptus marginata* recuperaram sua capacidade fotossintética, não existindo diferenças entre plantas irrigadas e sob déficit.

As plantas dos seis clones de eucalipto estudadas apresentaram diferentes adaptações morfológicas na relação raiz/parte aérea nos diferentes manejos hídricos (Figura 5). Os clones 1, 4 e 6 não apresentaram diferenças estatísticas na relação raiz/parte aérea entre os manejos hídricos. Já os clones 2 e 3 apresentaram diferenças estatísticas na relação raiz/parte aérea entre o manejo hídrico déficit 2 em comparação aos manejos sem déficit e déficit 1.

É importante observar que, apesar de ter apresentado maiores valores na relação raiz/parte aérea sob o manejo déficit 2, o clone 3 teve seu crescimento na matéria seca total reduzido, principalmente, em relação a matéria seca da raiz, quando comparado aos outros clones, não sendo recomendado para plantios em área com limitada disponibilidade de água no solo. O clone

5 apresentou reduzida relação raiz/parte aérea no manejo déficit 2, quando comparado ao manejo sem déficit e déficit 1, sugerindo ineficiente estratégia para o estabelecimento em solos sob deficiência hídrica. Segundo Façanha (1983) a relação raiz/parte aérea varia entre espécies de eucalipto quando submetidos ao déficit hídrico. O mesmo autor encontrou aumentos na relação raiz/parte aérea em mudas de *E. camaldulensis* e reduções no *E. grandis* e *E. cloeziana*, sob deficiência hídrica.

A área foliar das plantas foi drasticamente afetada pelo déficit hídrico, com redução variando de 52% para o clone 4 a 84% para o clone 3, nas plantas sem déficit em relação às mantidas sob o déficit 2 (Figura 6). A redução da área foliar nas plantas sob estresse hídrico prolongado se deu tanto pela abscisão foliar quanto pela redução do tamanho das folhas. Em determinadas plantas o estresse hídrico não limitou apenas o seu tamanho, mas também o número de folhas, pois houve uma diminuição do número e a taxa de crescimento dos ramos.

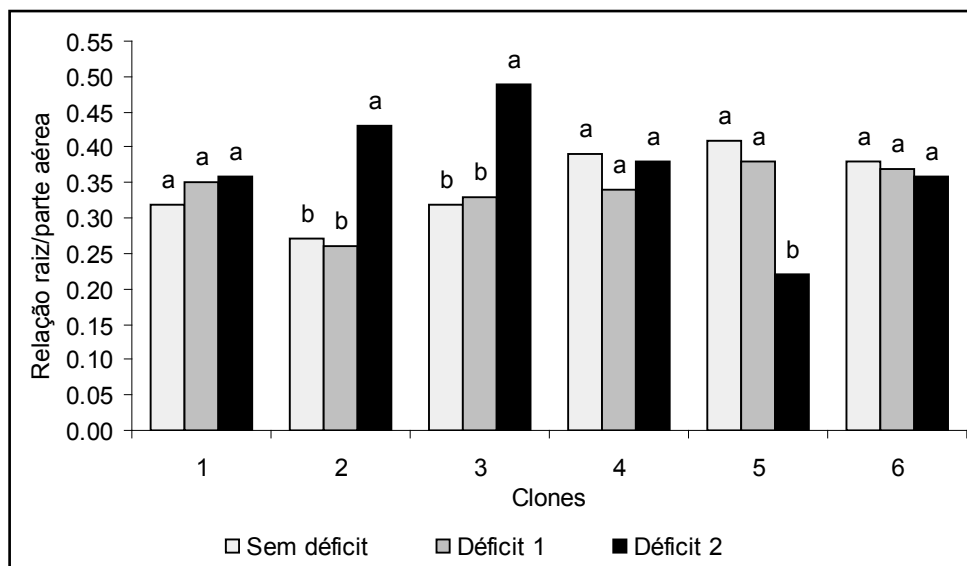


Figura 5. Relação raiz/parte aérea de plantas de seis clones de eucalipto, crescendo em vasos sob diferentes manejos hídricos, no final do experimento.⁴

⁴ Coeficiente de variação = 16,34.

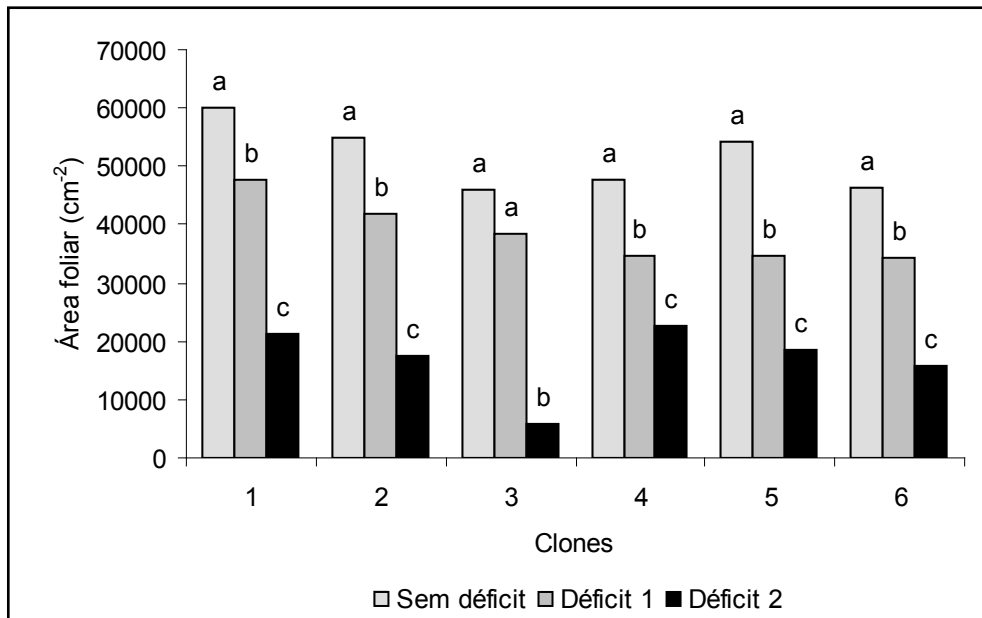


Figura 6. Área foliar de plantas de seis clones de eucalipto, crescendo em vasos sob diferentes manejos hídricos, no final do experimento.⁵

Nota-se na figura 6, que a área foliar em todos os clones no manejo hídrico déficit 1 apresentaram diferenças estatísticas em relação aos mantidos no manejo déficit 2. A retomada da irrigação contribuiu para crescimentos significativos na área foliar dos clones no manejo déficit 1.

A altura das plantas também apresentou redução com o déficit hídrico no substrato quando comparado com o manejo sem déficit (Figura 7), sendo que, os clones submetidos ao déficit hídrico 2, foram os mais afetados, com redução em altura variando de 26% para o clone 4 a 46% para o clone 3. Observa-se

também que, para os clones 1 e 2, altura das plantas apresentou diferença estatística entre os três níveis de manejos hídricos adotados, enquanto que os clones 3, 5 e 6 não apresentaram diferenças estatísticas entre os manejos sem déficit e déficit 1. Portanto, verificou-se a recuperação do crescimento em altura após a retomada da irrigação semelhante às plantas mantidas com umidade próxima à capacidade de campo. Por sua vez, o clone 4 não apresentou diferença entre o manejo déficit 1 e 2, o que indica que a retomada da irrigação no manejo de déficit 1, não foi suficiente para este clone recuperar seu crescimento em altura.

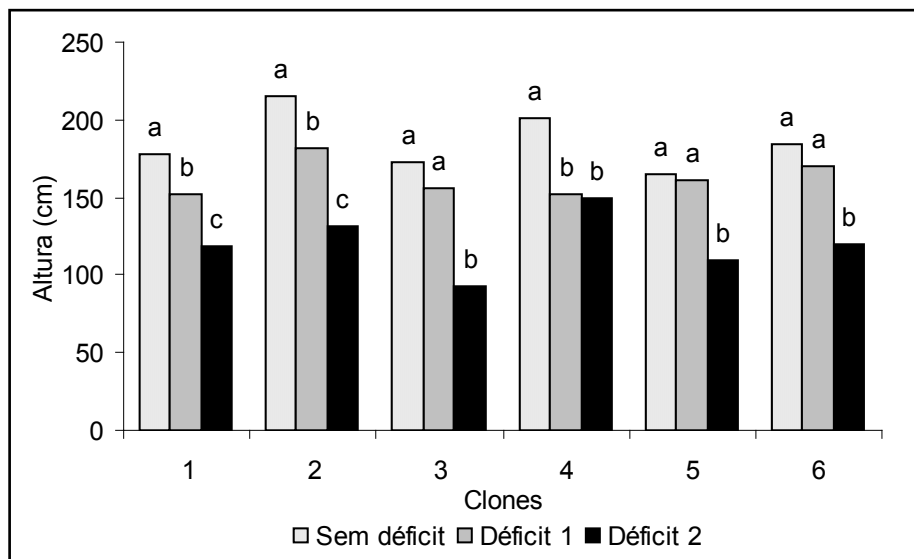


Figura 7. Altura de seis clones de eucalipto, crescendo em vasos sob diferentes manejos hídricos, no final do experimento.⁶

⁵ Coeficiente de variação = 14,39.

⁶ Coeficiente de variação = 10,77.

O déficit hídrico até o final do experimento promoveu para a redução do diâmetro do coleto nos seis clones estudados. A redução variou de 21% para o clone 4 a 46% para o clone 3 (Figura 8). O clone 4 submetido ao déficit 1, após a retomada da irrigação com 45 dias de déficit, não

recuperou de forma significativa o crescimento em diâmetro, já que a diferença entre o tratamento déficit 1 e 2 não existiu. Nota-se ainda que, para o diâmetro em todos os clones, exceto o 4, que os níveis de manejo sem déficit e déficit 1 não se diferenciaram.

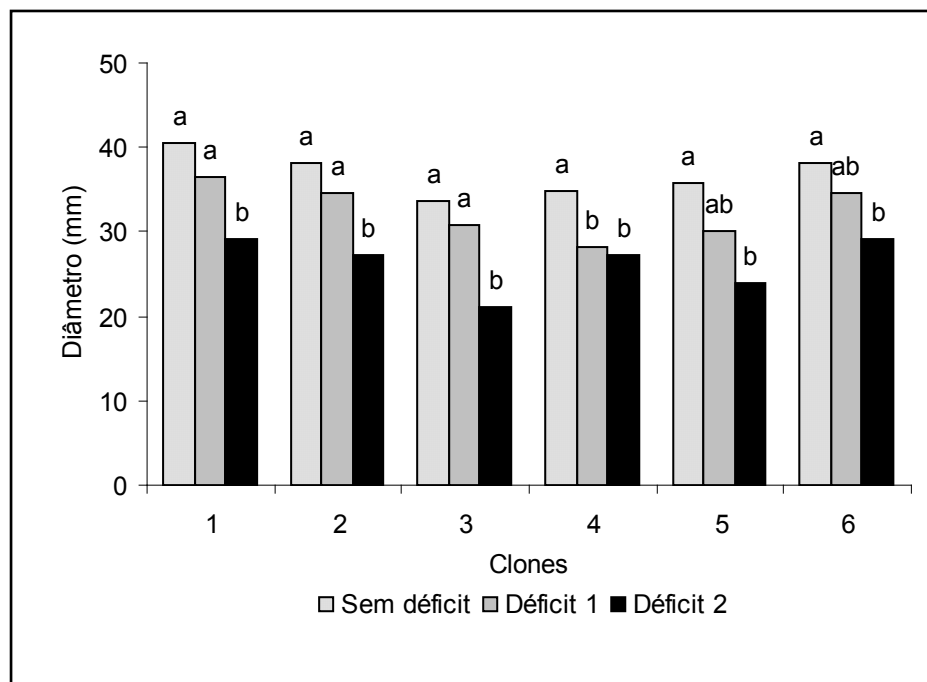


Figura 8. Diâmetro do coleto de seis clones e eucalipto, crescendo em vasos sob diferentes manejos hídricos, no final do experimento.⁷

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, concluímos que:

- Durante o manejo déficit 2, a deficiência hídrica restringiu o crescimento e a fotossíntese líquida dos clones estudados. A retomada da irrigação no manejo déficit 1, contribuiu para a recuperação do crescimento e da fotossíntese dos clones.
- O clone 3 apresentou o menor crescimento e a menor taxa fotossintética nos manejos hídricos adotados, principalmente sob deficiência hídrica, sendo o menos tolerante ao déficit hídrico, indicando obter estratégia ineficiente na adaptação à limitada disponibilidade hídrica no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: UFV, 2005. 611 p.
- CABRAL E.L.; BARBOSA D.C.A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Tabeluia aurea* (Manso) Benth. & Hook. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico, **Acta Botânica Brasílica**, v. 18, n.2, p. 241-251, 2004.
- CARLESSO, R.; SANTOS R.F. Disponibilidade de águas as plantas de milho em solos de diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.27-33, 1999.
- CENTURION, J. F.; ANDREOLI, I. Regime hídrico

de alguns solos de Jaboticabal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 701-709, 2000.

CHAVES, J.H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. Viçosa: UFV, 2001. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997.212p.

FAÇANHA, J.G.V. **Aspectos fisiológicos do crescimento de *Eucalyptus* spp. Submetidos a deficiência hídrica**. Viçosa: UFV, 1983. 47f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1983.

FIGUERÔA, J.M; BARBOSA, D.C.A; SIMABUKURO, E.A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos, **Acta Botânica Brasilica**, v. 18, n.3, p. 573-580, 2004.

GONÇALVES, M.R.; PASSOS, C.A.M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidos a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.10, n.2, p. 145-161, 2000.

KOSLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. **Physiology of woody plants**, 2.ed. San Diego, 1996, 411p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2004, 531p.

LEVIT, J. **Responses of plants to environmental stresses**. II. Water, radiation, salt and the other stress. New York: Academic Press, 1980, 606p.

MARTINS, F.B. **Desenvolvimento e estresse hídrico em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) e *Eucalyptus saligna* (Smith)**. Santa Maria: RS, 2007.57f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola)

– Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

NOBEL, P.S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. San Diego: Academic press, 1991. 635p.

PEREIRA, M.R.R; KLAR, A. E; SILVA;M.R; SOUZA, R.A; FONSECA, N.R. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes níveis de água no solo. **Irriga**, Botucatu, v.11, n.4, p.518-531, 2006.

SILVA, W.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A.A.; SOUZA, A.P. Taxa fotossintética líquida de *Eucalyptus citriodora* Hook e *E. grandis* W.Hill em respostas a níveis de água no solo e associação com *Brachiaria brizantha* Staf. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.23, n.5, p.1205-1209, 2001.

SILVEIRA, R.L.V.A; HIGASHI, E.N.; SGARBI, F, et al. Seja o doutor do seu eucalipto. **Arquivo do agrônomo**. São Paulo. Potafos, n.12, p.1-32, 2001.

SOUZA, M. B. A.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, L. O.; BUFON, V. N.; BONOMO, R. Avaliação de irrigação em propriedades de café conilon no norte do Espírito Santo. In: **Irrigação do cafeeiro**: informações técnicas e coletâneas de trabalhos. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais-UFV; DEA, 2003. 260 p.

STONEMAN, G.L.; TURNER, N.C.; DELL, B. Leaf growth, photosynthesis and tissue water relations of greenhouse-grown *Eucalyptus marginata* seedlings in response to water deficits. **Tree Physiology**, Victoria, v.14,n.6, p.633-646, 1994.

TAIZ, L., ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artemed, 2004. 719p.

VANGENUCHTEN, M. T. A closed-form for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 41, p. 892-898, 1980.