



CRESCIMENTO DE EUCALIPTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS

TATAGIBA, Sandro Dan¹; PEZZOPANNE², José Eduardo Macedo;
PINHEIRO³, André Alves; VINCO⁴, Jonas Souza

RESUMO – (CRESCIMENTO DE EUCALIPTO EM DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS)
O objetivo deste trabalho foi investigar o crescimento de mudas de eucalipto em condições de diferentes déficits de pressão de vapor do ar, associadas ou não a restrição hídrica no substrato. O experimento foi montado em esquema fatorial 3 x 2, sendo o fator déficit de pressão de vapor do ar (DPV) em três níveis (Baixo, intermediário e alto) e o fator disponibilidade hídrica em dois níveis (50 e 100% da água disponível no substrato), num delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições. Foi verificado que as plantas crescendo e condições de intermediário DPV (0,87 kPa) apresentaram maior desempenho em matéria seca total, da parte aérea e raiz, além de incrementos em área foliar, altura e diâmetro do coleto. Condições de baixo (0,09 kPa) e alto DPV (1,63 kPa) atuaram como fator estressante para o crescimento das plantas. A restrição hídrica diminui o desempenho das plantas sob intermediário e alto DPV.

Palavras-chave: déficit de pressão de vapor do ar, *Eucalyptus*, restrição hídrica.

ABSTRACT – (*EUCALYPTUS* GROWING IN DIFFERENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS)
The objective of this study was to investigate the growth of *Eucalyptus* seedlings under conditions of different vapor pressure deficits air or combined with fluid restriction in the substrate. The experiment was a 3 x 2 factorial design, with the deficit factor vapor pressure of the air (VPD) at three levels (Low, intermediate and high) and the water availability factor at two levels (50 and 100% of available water the substrate) in a completely randomized design with six replications. It was found that plants growing conditions and intermediate VPD (0.87 kPa) showed higher performance in total dry matter of shoot and roots, as well as increases in leaf area, height and stem diameter. Conditions of low (0.09 kPa) and high VPD (1.63 kPa) acted as a stress factor for plant growth. Fluid restriction decreases the performance of plants under intermediate and high VPD.

Keywords: vapor pressure deficit of the air, *Eucalyptus*, fluid restriction.

¹ Eng. Agrônomo, Pós-Doutorando do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), sandrodantagiba@yahoo.com.br

² Eng. Florestal, Prof. Dr. do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira; Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), pezzopane2007@yahoo.com.br

³ Graduando em Agronomia, bolsista de iniciação científica - PIBIC, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), aalvespinheiro7@gmail.com

⁴ Graduando em Engenharia Florestal, bolsista de iniciação científica - PIBIC, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), jonasvinco@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com maior área de florestas plantadas de eucalipto, com o cultivo de aproximadamente 5.100.000 hectares (ABRAF, 2012). 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, 2012). A expansão da área plantada com o gênero *Eucalyptus* é resultado de um conjunto de fatores que vem favorecendo o plantio em larga escala, entre os mais relevantes, podemos destacar, o rápido crescimento em ciclo de curta rotação, a alta produtividade e a expansão e direcionamento de novos investimentos por parte de empresas de segmentos que utilizam a madeira como matéria-prima em processos industriais. Apesar do alto volume, os plantios estão sendo realizados com grande frequência em áreas sujeitas a estresses hídricos, aumentando, assim, a necessidade de estratégia na obtenção de material genético com maior tolerância às condições adversas de crescimento (ABRAF, 2012).

A compreensão das relações entre as espécies e os fatores climáticos que afetam o estabelecimento das plantas tem

beneficiado grande parte do sucesso da silvicultura brasileira. Nas plantas, a fotossíntese e a partição de assimilados são constantemente afetadas pela disponibilidade de água, luz e nutrientes. A carência de um ou outro fator desses recursos constitui num fator de estresse ambiental e, conseqüentemente, em redução de produtividade (KOZLOWSKI; PALLARDY, 1996).

Quando o déficit hídrico apresenta evolução suficientemente lenta para permitir mudanças nos processos de desenvolvimento, o estresse hídrico tem vários efeitos sobre o crescimento. Segundo Larcher (2004), a deficiência hídrica reduz a turgescência das células e, com a progressiva desidratação do protoplasma, aumenta a concentração do conteúdo celular. Em geral, todos os processos vitais são afetados pelo decréscimo do potencial hídrico, comprometendo o crescimento da planta, uma vez que a primeira resposta ao déficit hídrico é a diminuição do turgor e, conseqüentemente, redução do crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2013). Segundo Taiz e Zeiger (2013), a resposta ao estresse hídrico limita o tamanho e o número de folhas, levando a redução no consumo de carbono e energia por esse órgão da planta, ocorrendo grande alocação de

fotoassimilados para o sistema radicular. Observa-se, também, redução da expansão foliar, altura e diâmetro das plantas, resultando em perda da biomassa vegetal (KLIPPEL et al., 2014, SILVA et al., 2015; TATAGIBA et al., 2015).

A disponibilidade de água afeta o crescimento das plantas por controlar a abertura estomática e, conseqüentemente afeta a produção de biomassa seca. O decréscimo do teor de água no solo diminui o potencial hídrico na folha, onde suas células não se encontram mais túrgidas, contribuindo para diminuição da condutância estomática, e promovendo o fechamento parcial ou total dos estômatos. Esse fechamento bloqueia o influxo de CO₂ para as folhas, afetando o acúmulo de fotoassimilados, podendo levar a paralisação de crescimento das plantas e perda de produtividade.

Paralelo aos efeitos causados pelo estresse hídrico, o déficit de pressão de vapor do ar (DPV) é um dos principais fatores climáticos que tem influenciado a fotossíntese das plantas. Na maioria das espécies, o aumento no DPV ao redor da folha ou da planta tem resultado no fechamento do estômato (GUEL; AUSSÉNAC, 1987), tanto em condições controladas em casas de vegetação, quanto em condições naturais de campo (SHIRKE; PATHRE, 2004). A modulação

da condutância estomática pelo DPV é particularmente importante para que as plantas possam evitar uma perda excessiva de água em condições de alta demanda evaporativa da atmosfera (MIELKE, 1997). Quanto maior o DPV, maior a tendência da planta perder água (MARRICHI, 2009). Portanto, o DPV é uma variável climática que impulsiona a transpiração e altos valores ao longo do dia causam o fechamento estomático, diminuindo a assimilação de CO₂, levando a redução no crescimento das plantas (ALMEIDA, 2003). De acordo com resultados obtidos por Ngugi et al. (2004) o DPV foi é um dos principais fatores climáticos responsáveis pela diminuição das trocas gasosas em *Eucalyptus cloeziana*. Quando o DPV aumentou de 0,8 para 1,5 kPa, a fotossíntese diminuiu 50% em todos os níveis de luminosidade (ZHANG et al., 1996). Catovsky et al. (2002), demonstraram que mesmo pequenas mudanças de DPV podem ocasionar grandes mudanças na fotossíntese das plantas.

Assim, torna-se necessário, conhecer cada vez mais os efeitos dos fatores climáticos sobre cada espécie, uma vez que as condições ambientais favoráveis ao crescimento são específicas, não podendo ser generalizadas. Para isso, observações de pesquisa dirigida são

fundamentais para o entendimento do crescimento de clones de eucalipto em respostas às alterações no ambiente. Portanto, o presente trabalho tem o objetivo de investigar o crescimento de mudas clonais do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em condições de diferentes déficits de pressão de vapor do ar, associadas ou não a restrição hídrica no substrato.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casas de vegetação climatizadas pertencente à área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, vinculado ao 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 120 m de altitude.

Foram utilizadas mudas de clones híbridos *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, produzidas no viveiro da empresa Suzano Papel e Celulose S.A, multiplicadas em tubetes plásticos de 54 mL pelo método de estaquia. Aos 90 dias após o estaqueamento, as mudas passaram por uma seleção quanto à uniformidade e foram transplantadas para vasos plásticos com dimensões de 37 cm de diâmetro

superior e 27 cm de diâmetro inferior, com 30 cm de altura e capacidade de aproximadamente 22 dm³ de substrato. Os vasos apresentavam furos circulares de 1 cm de diâmetro na parte inferior, permitindo aeração das raízes e escoamento do excesso de água. Durante todo o período experimental as mudas ficaram suspensas em bancadas com aproximadamente 1 m de altura, com dimensões de 2 m de comprimento e 1,20 m de largura.

Após o transplante para os vasos, as mudas cresceram com teor de umidade do substrato próximo à capacidade de campo (CC) (BERNARDO et al., 2006) por 20 dias, quando, então, foram iniciados os tratamentos diferenciados de disponibilidade hídrica no substrato de 50% e 100% da AD, sob diferentes condições de temperatura e umidade relativa do ar, obtidas no interior das casas de vegetação climatizadas, as quais, deram origem a três ambientes, cada um, com déficit de pressão de vapor do ar diferentes (Tabela 1), permanecendo por 53 dias.

O substrato utilizado para o enchimento dos vasos foi constituído de solo extraído à profundidade de 40 a 80 cm de um Latossolo Vermelho-Amarelo (70%), areia lavada (20%) e composto de casca bioestabilizada de eucalipto (10%). Foi realizada análise granulométrica do

substrato (EMBRAPA, 2007), obtendo-se a classificação textural como franco argilo-arenoso, apresentando textura média (Tabela 2).

A necessidade da aplicação de corretivos e adubos químicos foi feita com base na análise química do substrato. No plantio não foi necessário fazer adubação e correção da acidez do solo. Cada vaso

recebeu 50 mL de solução contendo, em mg L⁻¹, 192 KCl; 104,42 K₂SO₄; 150,35 MgSO₄.7H₂O; 61 uréia; 100 NH₄NO₃; 0,27 NH₄MO₇O₂₄.4H₂O; 1,61 H₃BO₃; 6,67 ZnSO₄.7H₂O; 1,74 CuSO₄.5H₂O; 4,10 MnCl₂.4H₂O; 4,08 FeSO₄.7H₂O e 5 EDTA bisódico. A solução nutritiva foi aplicada após o transplante e depois em intervalos de quinze dias, até o fim do experimento.

Tabela 1. Temperatura, umidade relativa e déficit de pressão do vapor do ar no período de 25 de abril a 16 de junho de 2014, em três casas de vegetação climatizadas no município de Jerônimo Monteiro – ES

Temperatura do ar (°C)	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Máxima	25,0	33,0	36,0
Média	22,0	26,0	28,0
Mínima	20,0	22,0	21,5
<hr/>			
Umidade relativa do ar (UR%)			
Máxima	100	83	85
Média	97	76	64
Mínima	86	54	34
<hr/>			
Déficit de pressão de vapor do ar (kPa)			
Máxima	0,39	1,81	3,68
Média	0,09	0,87	1,63
Mínima	0,02	0,44	0,39

Para determinação da lâmina de água, amostras do substrato deformadas e previamente peneiradas, foram saturadas por 12 horas (EMBRAPA, 1997) e levadas à câmara de pressão de Richards com placa porosa para estabilização, adotando-se um tempo de três dias e posterior determinação da umidade gravimétrica (U), correspondente às tensões de 0,010 MPa para capacidade de campo e 1,5 MPa para o ponto de murcha permanente. 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, resultantes de três repetições para densidade do solo, umidade gravimétrica na capacidade campo e no ponto de murcha permanente para o cálculo dos níveis de água, foram 1,17 g cm⁻³; 21,0 e 11,0%, respectivamente.

Tabela 2. Análise granulométrica das proporções existentes de cada fração no substrato

Areia grossa (2-0,2 mm)	Areia fina (0,2-0,05mm)	Areia Total	Argila (<0,002 mm)	Silte (0,05-0,002 mm)
(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)	(g/kg)
650,00	150,21	399,79	300,00	50,00

A água disponível (AD) encontrada foi de 11,7%, calculada observando-se os valores de umidade volumétrica obtida para a capacidade de campo (CC) em 24,57% determinada na tensão de 0,010 MPa e para o ponto de murcha permanente (PMP) em 12,87% na tensão de 1,5 MPa, utilizando-se a seguinte expressão: $AD = CC - PMP$ (CENTURION; ANDREOLI, 2000). Os valores médios de umidade volumétrica e da tensão utilizados foram ajustados pelo modelo matemático proposto por Vangenuchten (1980), através do *software* Soil Retention Curves (SWRC), versão 2.0.

Para o estabelecimento da disponibilidade hídrica, foram utilizados dois níveis de água, definidos a partir da água total disponível, com valores de 50 e 100% (EMBRAPA, 1997). O controle da irrigação foi realizado pelo método gravimétrico (pesagem diária dos vasos), adicionando-se água até que a massa do vaso atingisse o valor prévio determinado em cada nível, considerando-se a massa do solo e de água, conforme metodologia descrita por Freire et al. (1980).

Para obtenção das variáveis climáticas, foi instalada uma estação meteorológica automática no interior de cada casa de vegetação climatizada. Nas estações estavam acoplados sensores de temperatura e umidade relativa do ar modelo CS500 (Vaisala, Estados Unidos da América). Os dados foram coletados e armazenados por um "datalogger", modelo CR10x (Campbell Scientific, Estados Unidos da América). O tempo de leitura foi de dez segundos, e os dados médios foram armazenados a cada 15 minutos. O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi calculado pela diferença entre a pressão de saturação de vapor d' água (es) e a pressão parcial de vapor (ea) (PEREIRA et al., 2002), equação 1:

$$DPV = es - ea \quad (1)$$

A pressão de saturação de vapor (es) foi calculada aplicando-se a equação 2, de Tetens:

$$es = 0,6108 \cdot 10^{7,5 \cdot Tar / 237,3 + Tar} \quad (2)$$

Em que Tar é a temperatura do ar, em °C, e es expressa em kPa.

A pressão parcial de vapor (e_a), por sua vez, foi calculada pela equação 3:

$$e_a = \frac{UR\% \cdot e_s}{100} \quad (3)$$

Em que UR é a umidade relativa atual do ar, em %.

Ao final dos 53 dias de experimentação foram utilizadas quatro plantas de cada clone para avaliação das características de crescimento, determinando-se: matéria seca total, da parte aérea e raiz; área foliar, diâmetro no nível do coleto e altura total. A área foliar foi determinada através do medidor, modelo LI -3100 (LI-COR, Reino Unido). O diâmetro do coleto foi determinado com auxílio de paquímetro digital a 5 cm do substrato, e a altura das plantas, através de régua milimetrada. Para obtenção da matéria seca, as plantas foram particionadas em parte aérea (folhas, ramos e haste) e raiz, e colocadas em sacos de papel em estufa de circulação forçada de ar em temperatura de 75° C, até atingir peso constante.

O experimento foi montado em esquema fatorial 3x2, sendo o fator déficit pressão de vapor do ar em três níveis (Baixo, intermediário e alto) e o fator disponibilidade hídrico em dois níveis (50 e 100% da AD) num delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições. A parcela para as avaliações foi

constituída de uma planta por vaso. Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 0.05$) utilizando o *software* SISVAR®, versão 5.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do curso diário, o comportamento médio da temperatura e da umidade relativa do ar apresentou diferenças marcantes entre os três ambientes obtidos no interior das casas de vegetação climatizadas. O ambiente 1 apresentou os menores valores de temperatura e altos valores de umidade relativa do ar ao longo do curso diário quando comparado com os demais ambientes, registrando médias 22°C e de 97%, respectivamente, caracterizando-se por um ambiente com baixos valores de DPV (média de 0,09 kPa). Valores de temperatura e umidade relativa do ar média de 26°C e 76%, respectivamente, encontrados entre os ambientes 1 e 3, condicionaram ao ambiente 2 um DPV intermediário, registrando média de 0,87 kPa durante o período experimental. O ambiente 3, por sua vez, apresentou elevadas temperaturas e baixas umidades relativa do ar, registrando médias de 28°C e 64%, respectivamente, quando

comparado com os ambientes 1 e 2, resultando em altos valores de DPV, com média de 1,63 kPa.

Os déficits de pressão de vapor do ar obtidos em cada ambiente, associados às diferentes disponibilidades hídricas no substrato condicionaram diferenciadas respostas nas características de crescimento das plantas, sendo possível inferir sobre um padrão de tolerância e susceptibilidade do clone estudado.

Na Figura 1 é apresentado o acúmulo de matéria seca total, da parte aérea e da raiz no final do experimento do clone de eucalipto. No estudo dos níveis do fator DPV dentro do nível de 100% da AD, a matéria seca total apresentou diferenças significativas (Figura 1a), registrando médias significativamente superiores nas plantas crescendo no ambiente de intermediário DPV na ordem de 50 e 18% quando comparada com as plantas crescendo nos ambientes de baixo e alto DPV, respectivamente, evidenciando que tanto a redução quanto o aumento do DPV na condição de adequada disponibilidade de água no substrato, afetaram a produção da matéria seca total das plantas. De acordo com Otto et al. (2013) à medida que aumenta os valores de DPV em áreas de solos úmidos a condutância estomática é reduzida linearmente. Lima et al. (2003) também observaram queda linear da

condutância estomática em função do aumento do DPV em *Eucalyptus*. Menor abertura estomática pode ter ocorrido nas folhas das plantas crescendo sob alto DPV, limitando o influxo de CO₂ para o interior das folhas e promovendo reduções na fotossíntese, levando a uma menor produção de matéria seca total. A 100% da AD, as baixas temperaturas e principalmente a alta umidade relativa do ar encontrada no ambiente com baixo DPV, podem ter afetado o acúmulo de matéria seca total das plantas (Figura 1a), uma vez que a demanda evaporativa da atmosfera apresentava-se tão baixa, tornando o ambiente excessivamente saturado de água, reduzindo o gradiente de fluxo de água entre o solo e a atmosfera, necessário ao estabelecimento do crescimento vegetal.

No estudo dos níveis de DPV dentro de 50% da AD, a matéria seca total das plantas não apresentou diferenças significativas (Figura 1a). Johnson e Ferrel (1983) observaram que a resposta dos estômatos ao DPV é reduzida em solos secos, comparados a solos úmidos.

A matéria seca da parte aérea das plantas apresentou diferenças significativas nos níveis de DPV dentro de cada um dos níveis de água estabelecidos (Figura 1b). Observa-se que independentemente da disponibilidade hídrica presente no

substrato, valores significativamente superiores de matéria seca da parte aérea foram encontrados nas plantas crescendo em condições de intermediário DPV quando comparadas com baixo e alto DPV.

Estes resultados indicam que o ambiente com intermediário DPV favoreceu a produção de matéria seca da parte aérea. Aumentos na matéria seca da parte aérea no nível de 100% da AD em 51 e 16% foram observados nas plantas mantidas no ambiente de intermediário DPV em relação às plantas mantidas em baixo e alto DPV, respectivamente. De maneira semelhante, porém no nível de 50% da AD, aumentos significativos de 17 e 27% foram verificados nas plantas mantidas em condições de intermediário DPV em comparação as plantas em ambientes de baixo e alto DPV, respectivamente. De acordo com Xavier (2014) o alto DPV (1,36 Kpa) pode atuar como fator estressante em clones do híbrido *E. grandis* X *E. urophylla* levando a redução na matéria seca das plantas. Krieg (1993) enfatiza que o alto DPV pode reduzir o teor de água nos tecidos foliares, diminuir a incorporação do CO₂ em compostos de carbono e limitar o crescimento das plantas. Na Figura 1c, observa-se que a matéria seca da raiz foi significativamente afetada pelos diferentes níveis de DPV dentro do nível de 100% da

AD. Em condição de adequada disponibilidade hídrica no substrato (100% da AD), as plantas crescendo no ambiente de intermediário DPV apresentaram aumentos significativos de 39 e 25% na matéria seca da raiz em relação às plantas crescendo em ambientes de baixo e alto DPV, respectivamente. Já sob restrição hídrica (50% da AD), as plantas crescendo no ambiente de baixo e intermediário DPV não apresentaram diferenças significativas, no entanto, registraram médias significativamente superiores as encontradas em condições de alto DPV, evidenciando que o alto DPV pode limitar a produção de raiz nas plantas.

Nota-se nas Figuras 1(f-g) que as médias da matéria seca total, da parte aérea e da raiz apresentaram comportamento significativamente semelhante no estudo dos níveis de água disponível dentro de cada nível de DPV. Foi verificado para essas três características dentro do nível de intermediário e alto DPV, que o adequado suprimento hídrico (100% da AD) favoreceu a produção das plantas quando comparadas com as plantas sob restrição hídrica (50% AD). As plantas sob deficiência hídrica tendem a diminuir a abertura estomática a fim de evitar a perda de água para o ambiente, contudo, causam ao mesmo tempo, redução da entrada de CO₂, ocasionando decréscimo na taxa

fotossintética, diminuindo o crescimento (TAIZ; ZEIGER, 2013). Otto et al., (2013) encontraram em quatro clones queda de aproximadamente $0,16 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na condutância estomática para cada 1 kPa de

aumento no DPV. Em condições de baixo DPV não foram verificadas diferenças significativas entre às médias da matéria seca entre os níveis de disponibilidade hídrica no substrato (Figuras 1, d-f).

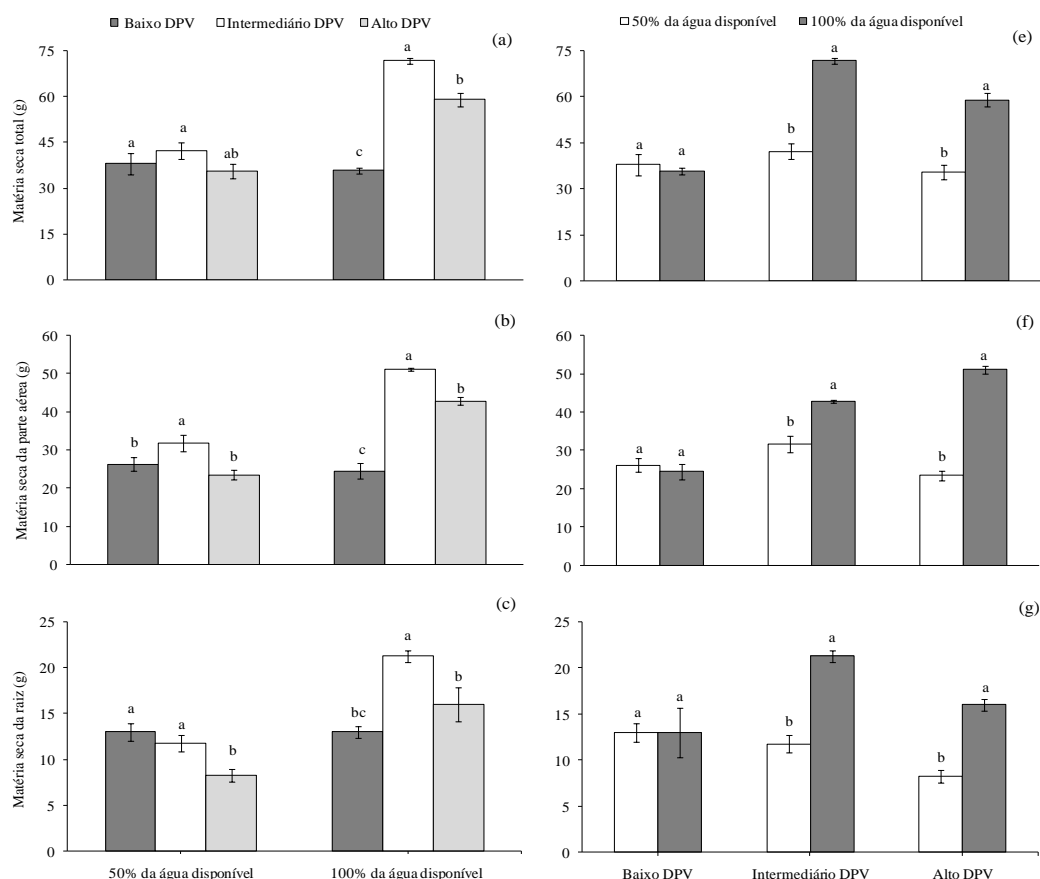


Figura 1. Matéria seca total (a), da parte aérea (b) e da raiz (c) de clones de eucalipto crescendo em diferentes déficits de pressão de vapor (DPV) e água disponíveis no substrato. Médias seguidas de letras diferentes dentro de cada nível do fator água disponível (a, b e c) e de DPV (d, e e f) diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Os resultados referentes ao acúmulo de matéria seca total observada no presente estudo indicam tratar-se de uma característica para comparar o crescimento das plantas em específicas condições ambientais. Estudos realizados por Xavier (2014) e Santos (2014),

comparando o crescimento de plantas em ambientes bastante distintos, têm indicado existir grandes diferenças no comportamento à seca e ao DPV percebida nas características morfológicas de crescimento. De modo geral, os resultados de matéria seca total evidenciam a

necessidade de se conhecer o comportamento das plantas frente ao DPV, e verificar se são efetivamente consistentes e replicáveis em condições de campo.

Para área foliar foi verificado diferenças significativas entre os diferentes níveis de DPV dentro de cada nível de água disponível (Figura 2a). Nota-se que independentemente da disponibilidade hídrica encontrada, aumentos significativos de área foliar foi encontrado nas plantas crescendo no ambiente de intermediário

DPV, quando comparado com as plantas crescendo no ambiente de baixo e alto DPV. O incremento em área foliar é um fator significativo no crescimento vegetal, uma vez que a folha é o órgão responsável pela fotossíntese. Quanto maior a área foliar, maior será a interceptação da radiação solar pela planta, e, portanto, maior a capacidade de realizar fotossíntese, o que consequentemente irá favorecer o incremento em matéria seca (LARCHER, 2004).

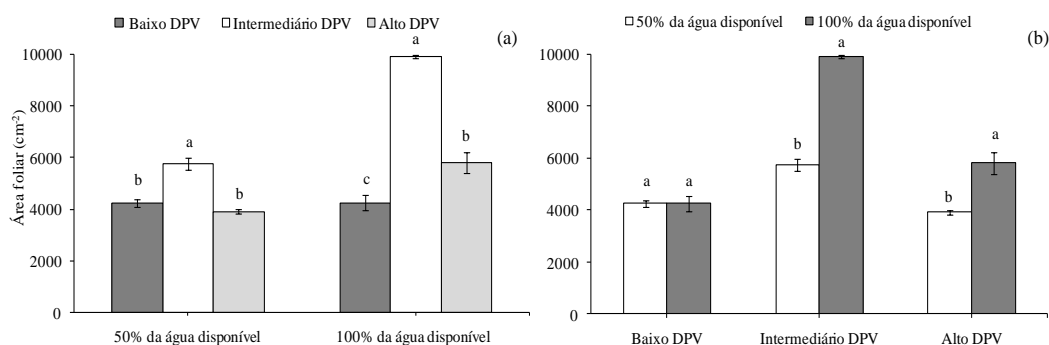


Figura 2. Área foliar de clones de eucalipto crescendo em diferentes déficits de pressão de vapor (DPV) e água disponíveis no substrato. Médias seguidas de letras diferentes dentro de cada nível do fator água disponíveis (a) e de DPV (b) diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras em cada ponto representam o erro padrão da média. Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

No estudo dos níveis de água disponível dentro do nível de baixo DPV não foram verificadas diferenças significativas entre às médias da área foliar (Figuras 2b). Entretanto, sob condições de intermediário e alto DPV as plantas sob restrição hídrica apresentaram reduções significativas na área foliar. Blum (1997) ressalta que a diminuição da atividade

fotossintética e da produtividade de plantas submetidas a deficiência hídrica tem grande correlação com a redução da área foliar. Xavier (2014) estudando o efeito do DPV em clones de eucalipto ressalta que a área foliar pode ser afetada tanto pela disponibilidade hídrica quanto por altos valores de DPV, variando seus padrões de

resposta com a variabilidade entre diferentes materiais genéticos.

A altura e o diâmetro do coleto das plantas apresentaram resultados com tendência significativamente semelhante às médias obtidas para a área foliar (Figura 3). Observa-se para essas duas características no nível de 100% da AD, que as plantas crescendo no ambiente de intermediário DPV apresentaram crescimento significativamente superior em relação às plantas crescendo nos ambientes de baixo e

alto DPV, respectivamente (Figuras 3a e 3b). De forma semelhante, porém no nível de 50% da AD, o crescimento em altura e diâmetro das plantas foi significativamente superior nas condições de intermediário DPV quando comparadas com as mantidas nas demais condições ambientais. Estes resultados corroboram os obtidos por Xavier (2014) que encontraram no ambiente com alto DPV (1,36 Kpa) maior crescimento em altura e diâmetro.

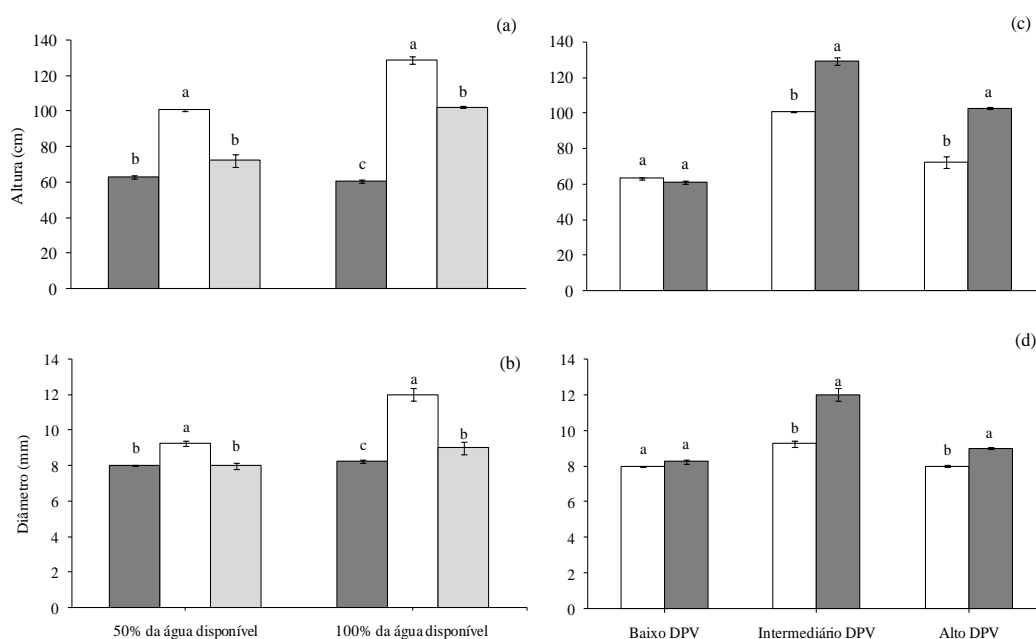


Figura 3. Altura (a e c) e diâmetro do coleto (b e d) de clones de eucalipto crescendo em diferentes déficits de pressão de vapor (DPV) e água disponíveis no substrato. Médias seguidas de letras diferentes dentro de cada nível do fator água disponíveis (a e b) e de DPV (c e d) diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

No estudo dos níveis de água disponível dentro do nível de baixo DPV não foram verificadas diferenças significativas entre às médias da altura e diâmetro do coleto (Figuras 3c e 3d).

Entretanto, sob condições de intermediário e alto DPV as plantas sob restrição hídrica apresentaram reduções significativas na área foliar. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Klippel et al.

(2014) que verificaram redução no diâmetro das mudas de eucalipto em condições de restrição hídrica no substrato.

4. CONCLUSÃO

As condições de baixo e alto DPV atuaram como um fator estressante sobre o crescimento das mudas de eucalipto, independentemente da disponibilidade de água encontrada no substrato. As plantas crescendo em intermediário DPV apresentaram melhor desempenho em produção de matéria seca total, da parte aérea e raiz, além de aumentos em área foliar, altura e diâmetro do coleto. A restrição hídrica em condições intermediário e alto DPV afetaram negativamente o crescimento das plantas.

5. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. **Application of a process-based model for predicting and explaining growth in Eucalyptus plantations**. Thesis (PhD). 2003. 232 f. The Australian National University. 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – ABRAF. Anuário estatístico da ABRAF 2012: ano base 2011. Brasília, 2012. 150p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625p.
- BLUM, A. **Crop responses to drought and the interpretation of adaption**. In: BELLHASSEN, E (Ed.). Drought tolerance in higher plants: genetical, physiological, and molecular biology analysis. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997, p. 57-70.
- CATOVSKY, S.; HOLBROOK, N. M., BAZZAZ, F. A. Coupling whole-tree transpiration and canopy photosynthesis in coniferous and broad-leaved tree species. **Canadian Journal of Forest Research**, v.32, p.295-309, 2002.
- CENTURION, J. F.; ANDREOLI, I. Regime hídrico de alguns solos de Jaboticabal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24. p.701-709, 2000.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FREIRE, J. C.; RIBEIRO, M. V. A.; BAHIA, V. G.; LOPES, S. A.; AQUINO, L. H. Respostas do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 4, p. 5-8, 1980.
- GUEHL, J.; AUSSÉNAC, G. Photosynthesis decrease and stomatal control of gas exchange in *Abies alba* Will. In response to vapour pressure difference. **Plant Physiology**, v. 83, p. 316-322, 1987.
- JOHNSON, J. D.; FERRELL, W. K. Stomatal response to vapour pressure deficit and the effect of plant water stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 6, p. 451-456, 1983.
- 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 Floresta, v. 23, p. 48-59, 2014.

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

KRIEG, D. R. Stress tolerance mechanisms in above ground organs. In: **Proceedings of the Workshop on Adaptation of Plants to Soil Stress**. Nebraska: Intdormil; 1993, p. 65 - 79.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3 ed. São Carlos: Rima, 2006. 550p.

LIMA, W. P.; JARVIS, P.; RHIZOPOULOU, S. Stomatal responses of *Eucalyptus* species to elevated CO₂ concentration and drought stress. **Scientia Agricola**, v. 60, p. 231-238, 2003.

MARRICHI, A. H. C. **Caracterização da capacidade fotossintética e da condutância estomática em sete clones comerciais de Eucalyptus e seus padrões de resposta ao déficit de pressão de vapor**. 2009. 104f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. 2009.

MIELKE, M.S. **Regulação fisiológica e ambiental das trocas gasosas num plantio clonal de híbridos de Eucalyptus grandis Hill ex-Maiden**. Viçosa: UFV, 1997. 92f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

NGUGI, M. R.; HUNT, D. D.; DOLEY, D.; RYAN, P.; DART, P. Selection of species and provenances for low-rainfall areas: physiological responses of *Eucalyptus cloeziana* an *Eucalyptus argophloia* to seasonal conditions in subtropical Queensland. **Forest Ecology and Management**, v. 193, p. 141-156, 2004.

OTTO, M. S. G.; VERGANI, A. R.; GONÇALVES, N. A.; VRECHI, A.; SILVA, R. S.; STAPE, J. S. Fotossíntese, condutância estomática e produtividade de clones de *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. **Revista Árvore**, v. 36, p. 431-439, 2013.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: ed. Agropecuária, 2002. 478 p.

SANTOS, S. O. **Crescimento inicial de Joannesia princeps Vell. Sob diferentes condições microclimáticas associadas à deficiência hídrica**. 2014. 38f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo. 2014.

SHIRKE, P. A.; PATHE, U. V. Influence of leaf-to-air vapour pressure deficit (VPD) on the biochemistry and physiology of photosynthesis in *Prosopis juliflora*. **Journal os Experimental Botany**, v. 55, p. 2111-2120, 2004.

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, p. 381-390, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 954 p. 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**, Paraná, v. 45, n. 4, p. 745-754, 2015.

VANGENUCHTEN, M. T. A closed-form for predicting the hydraulic conductivity of

unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, v. 41, p. 892-898, 1980.

XAVIER, T. M. T. **Crescimento de mudas clonais de eucalipto sob diferentes condições microclimáticas associadas à deficiência hídrica**. 2014. 104f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo. 2014.

ZHANG, S. P.; HU, H.; XU, K.; LI, Z. R.; YANG, Y. P. Flexible and reversible responses to different irradiance levels during photosynthetic acclimation of *Cypripedium guttatum*. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, p. 611-620, 2007.