

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

TALITA MIRANDA TEIXEIRA XAVIER

**CRESCIMENTO DE MUDAS CLONAIS DE EUCALIPTO SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS ASSOCIADAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

ALEGRE

2014

TALITA MIRANDA TEIXEIRA XAVIER

**CRESCIMENTO DE MUDAS CLONAIIS DE EUCALIPTO SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS ASSOCIADAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane.

ALEGRE

2014

X3c Xavier, Talita Miranda Teixeira, 1987-
Crescimento de mudas clonais de eucalipto sob diferentes condições microclimáticas associadas à deficiência hídrica / Talita Miranda Teixeira Xavier. – 2014.
104 f. : il.

Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane.

Coorientador: Ricardo Miguel Penchel.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Plantas – crescimento. 2. Ar – temperatura. 3. Eucalipto. 4. Mudas. 5. Déficit de pressão de vapor do ar. I. Pezzopane, José Eduardo Macedo. II. Penchel, Ricardo Miguel. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

TALITA MIRANDA TEIXEIRA XAVIER

**CRESCIMENTO DE MUDAS CLONAIAS DE EUCALIPTO SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS ASSOCIADAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para a obtenção do título de Doutora em Produção Vegetal, na linha de pesquisa Recursos Hídricos e Geoprocessamento em Sistemas Agrícolas.

Aprovada em 26 de fevereiro de 2014

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane
Centro de Ciências Agrárias/UFES
Orientador

Dr. Ricardo Miguel Penchel Filho
FIBRIA
Coorientador

Prof. Dr. Waldir Cintra de Jesus Júnior
Universidade Federal de São Carlos

Profa. Dra. Elzimar de Oliveira Gonçalves
Universidade Federal do Espírito Santo

Dr. José Ricardo Macedo Pezzopane
EMBRAPA Sudeste

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”.

Simone de Beauvoir

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

Dedico esta tese ao meu amado avô,
José Teixeira Xavier (Zito) que, apesar
de ter falecido antes de ver sua neta
doutora, me deixou valiosos
ensinamentos de vida. Para sempre
fica a saudade.

Aos meus avós Waldemar, Nair e Lélia,
exemplos de sabedoria e família.

Aos meus pais que sonharam junto
comigo.

A minha irmã pelo apoio e estímulo.

Aos meus tios pela força e amparo.

AGRADECIMENTOS

Ao longo de quatro anos de doutorado até a defesa da tese, várias coisas aconteceram, várias pessoas conheci, vários colegas me ajudaram, vários desafios e obstáculos eu venci, e sem dúvida tudo que vivi me afetou de uma forma muito significativa. Sendo assim, não poderia deixar de agradecer.

A Deus, por ter me guiado até aqui, por ter me sustentado e me dado força para aguentar as dificuldades e vencer os obstáculos da vida.

Aos meus pais por terem me ensinado os maiores valores da vida e pelo apoio incondicional.

Ao meu esposo, por ter estado ao meu lado em todos os momentos, até mesmo nos mais difíceis mostrando toda sua paciência, compreensão, carinho e cumplicidade.

A toda minha família, pelo apoio e amparo.

Ao professor José Eduardo Macedo Pezzopane, pela oportunidade, dedicação, amizade e, principalmente pela confiança em mim depositada, sempre me incentivando e contribuindo com suas valiosas sugestões, durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu coorientador Ricardo Penchel pela confiança e parceria.

A Universidade Federal do Espírito Santo, por meio do Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal pela oportunidade de crescimento profissional.

A Capes, pela concessão da bolsa.

A empresa Fibria pelo apoio.

A secretária Madalena Capucho pelos serviços prestados, e principalmente pela amizade construída e todo apoio durante todos esses anos.

Ao Departamento de Ciência Florestais e da Madeira por fornecer toda estrutura e apoio necessário para o planejamento e condução da pesquisa.

Aos meus colegas de laboratório João Vitor, Alcides, Sandy, Erilva, Siléia, Daiani, Mariana, Marcilene e Rosi pelo apoio nas diversas fases desse estudo, a vocês meus sinceros agradecimentos.

As amigas Natiélia, Camila e Débora que sempre me ajudaram nas aulas, pesquisas, seminários e pelos momentos de descontração.

Aos professores Marcus Vinicius e Elzimar por terem me apoiado nas várias etapas desse curso, com generosidade.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização e concretização deste trabalho, o meu muito obrigada.

RESUMO GERAL

O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento inicial de clones de eucalipto em condições de diferentes demandas atmosféricas associadas ao estresse hídrico. A avaliação do comportamento de clones de eucalipto em relação às trocas gasosas e as medidas de crescimento se fazem necessárias para tomar decisões que levem a uma maior produção, reduzindo custo e aumentando a eficiência no uso da água, otimizando assim a produção florestal. Os experimentos foram conduzidos em duas etapas, em casas de vegetação climatizadas com controle de temperatura e umidade relativa, localizada no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, em Jerônimo Monteiro. Foram utilizados clones comerciais do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em idade de expedição, transplantados para vasos de 12 litros. O primeiro estudo foi desenvolvido com quatro clones entre 21 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013. O delineamento foi inteiramente casualizado, no esquema fatorial 4x2x3. Os tratamentos consistiram da interação de quatro clones (Clone 61, Clone 75, Clone 84 e Clone 66), duas condições microclimáticas (Alta demanda atmosférica e Baixa demanda atmosférica) e três intervalos de reposição de água à capacidade de campo (2, 4 e 6 dias), com cinco repetições. O segundo estudo foi realizado no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013 e objetivou avaliar o uso de um fotoprotetor foliar à base de carbonato de cálcio no crescimento de dois clones sob estresse hídrico. Foi utilizado um fotoprotetor foliar, composto por 62,5% de carbonato de cálcio na concentração de 5%, aplicado na superfície adaxial da folha. Para indução do estresse hídrico era realizada suspensão da reposição de água até que o solo atingisse 30% da água disponível e, quando esse nível era atingido, realizava-se a reposição de água para que o mesmo retornasse à capacidade de campo, com base em pesagens diárias dos vasos. O experimento foi montado no esquema fatorial 4x2 em delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo quatro ambientes (Temperatura inferior, Temperatura intermediária, Temperatura superior com DPV alto e Temperatura superior com DPV baixo) e dois níveis de fotoprotetor foliar (com e sem), com cinco repetições cada. Nos dois estudos, ao longo de todo período experimental foi realizado o monitoramento das condições microclimáticas dos

ambientes por meio de estações meteorológicas automáticas. No final dos experimentos, foram avaliadas as variáveis de crescimento, altura, diâmetro, área foliar, matéria seca da parte aérea, raízes e total e relação raiz/parte aérea. E no segundo estudo, foi realizada a medição do status hídrico foliar e das trocas gasosas. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os clones avaliados apresentaram distintos padrões de crescimento nas condições de diferentes demandas atmosféricas, principalmente quando estas condições estavam associadas à reduzida disponibilidade hídrica no substrato, sendo que todos os clones foram penalizados com o estresse hídrico. A alta demanda atmosférica atuou como um fator estressante para as mudas de eucalipto em crescimento inicial, no entanto, a aplicação do fotoprotetor foliar favoreceu o crescimento, status hídrico e trocas gasosas das plantas sob estresse hídrico em condições de alta demanda atmosférica.

Palavras-chave: Eucalipto. Temperatura do ar. Déficit de pressão de vapor do ar. Estresse hídrico.

GENERAL ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the initial growth of eucalyptus clones under different atmospheric demands associated to water stress. Evaluation of the behavior of eucalyptus clones in relation to gas exchange, and growth measures, it is necessary to make decisions that lead to increased production, reducing cost and increasing efficiency in water use, thereby optimizing forest production. The experiments were conducted in two stages, in greenhouses conditioned with temperature control and humidity, located in the *Departamento de Ciências Florestais e da Madeira* of the *Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo*, in *Jerônimo Monteiro*. Commercial hybrid clones of *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* age of dispatch, transplanted to pots of 12 liters were used. The first study has been developed with four clones from 21 December 2012 to 04 February 2013. The design was completely randomized in a factorial 4x2x3. Treatments consisted of the interaction of four clones (Clone 61, Clone 75, Clone 84 e Clone 66), two microclimatic conditions (High atmospheric demand; Low atmospheric demand) and three intervals of replacement water to field capacity (2, 4 and 6 days) with five replications. The second study was conducted from 17 June 2013 to 15 August 2013 and aimed to evaluate the use of a sunscreen leaf base of calcium carbonate on the growth of two clones under water stress. A foliar sunscreen composed of 62.5 % calcium carbonate in a concentration of 5 %, applied to the adaxial leaf surface was used. For induction of water stress was performed suspension of replacement of water until the soil reached 30% of water available and when this level was reached was realized the replacement of water so that even if returns to field capacity, based on daily weighing vessel. The experiment was arranged in a 4x2 in a completely randomized design, with four conditions (Lower temperature, Intermediate temperature, Superior temperature with High DPV and Superior temperature with low DPV) and two levels of foliar sunscreen (with and without), with five replications. In both studies, throughout the experimental period monitoring microclimatic conditions of the environments by means of automatic weather stations was performed. At the end of the experiments were evaluated the growth variables, height, diameter, leaf area, dry weight of shoots, roots and total root/shoot ratio shoots. In the second study, the measurement of leaf water status

and gas exchange was performed. Data were subjected to analysis of variance and when significant, the means were compared by Tukey test at 5% probability. The clones showed distinct patterns of growth in different atmospheric conditions demands, especially when these conditions were associated with reduced water availability in the substrate, and all clones were penalized with water stress. The high atmospheric demand acted as a stressor for eucalyptus seedlings in early growth, however the application of sunscreen favored leaf growth, water status and gas exchange of plants under water stress conditions of high atmospheric demand.

Keywords: Eucalyptus. Air temperature. Vapor pressure deficit of air. Water stress.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Parte externa da casa de vegetação climatizada (A) e painel de controle das variáveis climáticas da casa de vegetação (B) localizada no município de Jerônimo Monteiro - ES..... 40
- Figura 2** – Mudanças de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* recém-transplantadas, em casa de vegetação climatizada localizada no município de Jerônimo Monteiro- ES 41
- Figura 3** – Flutuação diária da temperatura média do ar e do déficit de pressão de vapor do ar, em casa de vegetação climatizada no município de Jerônimo Monteiro, ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013..... 47
- Figura 4** – Água disponível no substrato, de acordo com o balanço hídrico climatológico, nos tratamentos com reposição de água perdida por evapotranspiração a cada 2 dias (A), 4 dias (B) e 6 dias (C), no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013, em casa de vegetação climatizada com diferentes demandas atmosféricas, no município de Jerônimo Monteiro, ES..... 48
- Figura 5** – Massa seca total de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 45 dias de experimentação em casa de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30 °C; DPV 1,36 Kpa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C; DPV 0,44 Kpa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013 51
- Figura 6** – Massa seca da parte aérea de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 45 dias de experimentação em casa de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30 °C; DPV 1,36 Kpa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C; DPV 0,44 Kpa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013..... 54
- Figura 7** – Massa seca radicular de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 45 dias de experimentação em casa de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30 °C; DPV 1,36 Kpa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C; DPV 0,44 Kpa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013..... 55
- Figura 8** – Área foliar de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 45 dias de experimentação em casa de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30 °C; DPV 1,36 Kpa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C; DPV 0,44 Kpa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013..... 57
- Figura 9** - Altura de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 45 dias de experimentação em casa de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30 °C; DPV 1,36 Kpa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C;

DPV 0,44 Kpa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013.....	58
Figura 10 – Diâmetro do coleto de quatro clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> aos 45 dias de experimentação em casa de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30 °C; DPV 1,36 Kpa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C; DPV 0,44 Kpa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013.....	60
Figura 11 – Parte externa e painel de controle das variáveis climáticas da casa de vegetação climatizada, do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, em Jerônimo Monteiro ES.....	76
Figura 12 – Mudanças de quatro clones de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> recém-transplantadas, em casa de vegetação climatizada localizada no município de Jerônimo Monteiro- ES.....	77
Figura 13 – Folhas do híbrido <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> pulverizadas com fotoprotetor foliar à base de carbonato de cálcio, em casa de vegetação climatizada localizada no município de Jerônimo Monteiro- ES.....	78
Figura 14 - Curso médio diário da temperatura média do ar (A) e déficit de pressão de vapor (B), em quatro casas de vegetação climatizadas no município de Jerônimo Monteiro, ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.....	82
Figura 15 – Massa seca total de plantas do clone 75 de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.....	84
Figura 16 – Massa seca da parte aérea de plantas do clone 75 de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.....	85
Figura 17 – Massa seca da raiz de plantas do clone 75 de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.....	85
Figura 18 – Área foliar de plantas do clone 75 de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.....	86

- Figura 19** – Altura (A) e diâmetro (B) de plantas do clone 75 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013..... 87
- Figura 20** – Relação raiz/parte aérea de plantas do clone 75 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013..... 87
- Figura 21** – Massa seca total de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013..... 88
- Figura 22** – Massa seca da parte aérea de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013..... 89
- Figura 23** – Massa seca da raiz de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013..... 90
- Figura 24** – Área foliar de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013 90
- Figura 25** – Altura (A) e diâmetro (B) de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013 91
- Figura 26** – Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (B) e transpiração (C) de plantas do clone 75 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 50 dias de experimentação em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15

Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no dia 06 de Agosto de 2013 92

Figura 27 – Fotossíntese líquida de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 50 dias de experimentação em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no dia 06 de Agosto de 2013..... 94

Figura 28 - Condutância estomática e transpiração de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 50 dias de experimentação em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no dia 06 de Agosto de 2013..... 94

Figura 29 – Potencial hídrico foliar de plantas do clone 75 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 50 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15K pa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no dia 06 de Agosto de 2013..... 95

Figura 30 - Potencial hídrico foliar de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 50 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no dia 06 de Agosto de 2013..... 96

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO EUCALIPTO.....	20
2.2 INTERAÇÃO CLIMA X FISILOGIA VEGETAL.....	21
2.3 INTERAÇÃO DE CONDIÇÕES ESTRESSANTES SOB A FISILOGIA DO EUCALIPTO.....	22
2.4 ANÁLISE DE CRESCIMENTO E BIOMASSA NA SELEÇÃO DE MATERIAIS GENÉTICOS DE EUCALIPTO.....	24
2.5 USO DE FOTOPROTETOR FOLIAR.....	27
3 REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO 1 - CRESCIMENTO INICIAL DE CLONES DE EUCALIPTO SOB DIFERENTES DEMANDAS ATMOSFÉRICAS E INTERVALOS DE REPOSIÇÃO DE ÁGUA NO SOLO	34
RESUMO	34
ABSTRACT	36
1 INTRODUÇÃO	38
2 MATERIAL E MÉTODOS	40
2.1 CARACTERÍSTICAS DO LOCAL DE ESTUDO, MATERIAL VEGETAL E SUBSTRATO	40
2.2 ÁGUA DISPONÍVEL E REPOSIÇÃO DE ÁGUA AO SUBSTRATO.....	42
2.3 ÁGUA DISPONÍVEL NO SUBSTRATO	42
2.4 CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA	43
2.5 CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO	44
2.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	44

3 RESULTADOS	46
3.1 MICROCLIMA E ÁGUA NO SOLO	46
3.2 ANÁLISE DO CRESCIMENTO	49
3.2.1 Massa seca total	49
3.2.2 Massa seca da parte aérea.....	53
3.2.3 Massa seca radicular	54
3.2.4. Área foliar	56
3.2.5 Altura e Diâmetro	58
4 DISCUSSÃO	61
5 CONCLUSÕES	66
6 REFERÊNCIAS	67

CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÃO DO USO DE UM FOTOPROTETOR FOLIAR EM PLANTAS DE EUCALIPTO SOB ESTRESSE HÍDRICO EM DIFERENTES CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS	70
---	----

RESUMO	70
---------------------	----

ABSTRACT	72
-----------------------	----

1 INTRODUÇÃO	74
---------------------------	----

2 MATERIAL E MÉTODOS	76
-----------------------------------	----

2.1 CARACTERÍSTICAS DO LOCAL DE ESTUDO, MATERIAL VEGETAL E SUBSTRATO	76
--	----

2.2 APLICAÇÃO DO FOTOPROTETOR FOLIAR.....	78
---	----

2.3 ÁGUA DISPONÍVEL E REPOSIÇÃO DE ÁGUA AO SUBSTRATO.....	78
---	----

2.4 DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AVALIADAS	79
---	----

2.4.1 Características microclimáticas	79
---	----

2.4.2 Características de crescimento	80
--	----

2.4.3 Características fisiológicas	80
2.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	81
3 RESULTADOS	82
3.1 CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA	82
3.2 ANÁLISE DO CRESCIMENTO	83
3.2.1 Clone 75	83
3.2.2 Clone 84	88
3.3 ANÁLISES DE TROCAS GASOSAS	91
3.3.1 Clone 75	91
3.3.2 Clone 84	93
3.4 ANÁLISE DO POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR	95
4 DISCUSSÃO	97
5 CONCLUSÕES	101
6 REFERÊNCIAS	102

1 INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos, o efeito de condições adversas ou influências ambientais desfavoráveis, que agem sobre as plantas e que induzem mudanças nas respostas fisiológicas, vem sendo estudado com maiores detalhes.

Em condições naturais, as plantas estão frequentemente expostas ao estresse ambiental (LARCHER, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013; CHAVES et al., 2002), e mesmo sob condição de estresse temporário, a vitalidade da planta se torna cada vez menor, conforme a duração do estresse. Pois, quando a planta alcança o seu limite de capacidade de ajuste, os distúrbios que antes não se manifestavam aparecem na forma de injúrias irreversíveis (LARCHER, 2006).

No entanto, a resposta ao estresse nas plantas depende das condições ambientais, sendo que essas respostas, sob condições climáticas variáveis, são frequentemente mais intensas. E entre os fatores abióticos estressantes, os climáticos representam uma grande parcela.

Modificações nas condições ambientais implicam em alterações na fisiologia da planta, que está diretamente relacionada com os fatores externos. Por isso, o interesse em compreender como a fisiologia das plantas responde a fatores ambientais vem crescendo atualmente.

Outra complexidade na avaliação dos efeitos do estresse ambiental sobre as diferentes espécies de plantas lenhosas é a variação considerável das respostas entre as clones materiais genéticos de uma mesma espécie (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 1990). E devido à complexidade das respostas ecofisiológicas, existe uma escassez de conhecimentos sobre as taxas de crescimento do eucalipto, bem como sua relação com a variação das condições climáticas, tornando difícil a comparação entre diferentes materiais genéticos (BELL; WILLIAMS, 1997).

Plantios com idade inicial de desenvolvimento estão sujeitos a maior interação com a atmosfera e apresentam maior exposição à radiação solar, portanto, se implantados em época propícia ao déficit hídrico associada a altas temperaturas, o prejuízo poderá ser inevitável.

Sendo assim, compreender os mecanismos de tolerância e as respostas fisiológicas das plantas diante dos estresses ambientais é importante, visando à seleção de materiais genéticos que alcancem altas produtividades em condições consideradas limitantes. Uma vez que constantemente as plantas são impostas a condições estressantes onde são realizados os plantios florestais

Nesse contexto, segundo Chaves et al. (2004), a análise das características de plantas, ainda no estágio juvenil, é capaz de apresentar resultados igualmente confiáveis, reduzindo a extensão desses testes de campo. Sendo que as trocas gasosas por sua vez são parâmetros de significância inquestionável para determinar o efeito das condições ambientais sobre as plantas. Com isso, estudos desenvolvidos dentro de casas de vegetação, principalmente sobre a influência da deficiência hídrica, induzida pela suspensão ou redução da irrigação, são relevantes, já que possibilitam dar uma previsão de como os materiais genéticos podem responder ao estresse hídrico em condições de campo. (GINDABA; ROZANOV; NEGASH, 2004).

No entanto, frequentemente, as plantas estão sujeitas a combinação de alta temperatura e pleno sol (ALVES, 1998), tornando-se uma condição de alta demanda atmosférica do ambiente. Nesse caso, os efeitos de temperaturas altas são potencializados se a condição hídrica do substrato não for suficiente para atender a demanda.

Com isso, fazem-se necessários estudos que possibilitem associar mais de um fator ambiental que ocasione estresse ambiental, visto que na maioria das vezes mais de um fator atua sobre a fisiologia das plantas, quando estas estão sob desvio das condições ótimas ao seu crescimento e desenvolvimento.

Nesse contexto, o estudo tem como objetivo avaliar o crescimento de clones comerciais do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* em ambientes com demandas atmosféricas diferentes associadas a déficit hídrico, com o intuito de verificar a diferença nas respostas de crescimento dos materiais genéticos, a tolerância ou susceptibilidade aos fatores hídricos e térmicos e o efeito do uso de um fotoprotetor foliar.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 IMPORTÂNCIA DA CULTURA DO EUCALIPTO

Planta da família gênero das Mirtáceas, e cultivada em diversos países, o eucalipto ocupa área de floresta plantada maior do que qualquer outra árvore nativa ou exótica no Brasil (HASSE, 2006). Suas características de rápido crescimento, produtividade, grande diversidade de espécies, ampla capacidade de adaptação e a vasta aplicação para diversas finalidades vêm tornando-o um gênero viável economicamente, pois permite uma maior produtividade (MORA; GARCIA, 2000).

No Brasil, os plantios de eucalipto e pinus ocupam uma área de 6,66 milhões de hectares e o *Eucalyptus* representa 76,6% dessa área. Sendo que do total de plantios com *Eucalyptus* no País, 53% encontra-se na região Sudeste e o Estado do Espírito Santo contribui com 203.349 hectares. (ABRAF, 2013)

Segundo a Bracelpa - Associação Brasileira de Celulose e Papel (2011), o Brasil, atualmente, é considerado o 4º maior produtor mundial de celulose e a procura por matéria-prima vem aumentando consideravelmente nos últimos anos. Segundo Teixeira (2012), a maioria dos plantios é realizada com clones, sendo estes caracterizados por propriedades da madeira, adaptadas à sua destinação, alta produtividade, resistência ao déficit hídrico, entre outras características silviculturais.

Devido à rápida rotatividade do ciclo dos eucaliptais para celulose, os plantios de suas espécies encontram-se constantemente em crescimento. Seu rápido crescimento significa também acelerado processo de fotossíntese e captação de carbono.

A importância econômica do eucalipto é muito grande, devido a sua participação no desenvolvimento de grande parte dos setores da economia, nas regiões onde é plantado (BAESSO; RIBEIRO; SILVA, 2010). E por ser uma espécie de rápido crescimento e com uma grande adaptação às condições edafoclimáticas do Brasil, várias espécies de eucalipto têm apresentado elevada produtividade no País. Por isso o eucalipto vem sendo preferido por empresas de reflorestamento, ocupando mais da metade da área destinada à silvicultura (ALVES, 1998).

2.2 INTERAÇÃO CLIMA X FISILOGIA VEGETAL

As árvores podem desempenhar um papel fundamental na mitigação dos impactos causados pelas crescentes concentrações de CO₂ na atmosfera, captando carbono através da fotossíntese e transformando-o em biomassa (GODOY et al., 2009). No entanto, estão constantemente impostas a condições ambientais estressantes que fogem do padrão ótimo para o seu crescimento e desenvolvimento. A compreensão da complexidade das interações entre o ambiente e os processos produtivos das plantas ainda não está completa.

Atualmente, a preocupação com as mudanças climáticas globais vem aumentando, e os efeitos de elevadas concentrações de dióxido de carbono na atmosfera e a elevação da temperatura passaram a ser objeto de estudo da fisiologia vegetal.

Como o CO₂ é um dos principais gases do efeito estufa, acredita-se que haverá uma elevação da temperatura do planeta entre 1 e 6 °C nos próximos 100 anos (GODOY et al., 2009), e eventos de temperaturas extremas também estão previstos para aumentar grandemente (WAGNER, 1996), sendo que, as altas temperaturas são comumente um fator estressante para as plantas C3, restringindo a produtividade (BOYER 1982).

Um dos resultados primários do estresse por alta temperatura é o dano ao transporte de elétrons (TAUB; SEEMANN; COLEMAN, 2000). Estudos realizados por Havaux (1993) e Heckathorn et al. (1998) mostraram que o transporte de elétrons através do fotossistema II (PSII) é susceptível a danos por alta temperatura, sendo que o aumento da temperatura em níveis considerados extremos causa danos à proteína D1 do Fotossistema 2 (ARMOND, SCHREIBER; BJÖRKMAN, 1978).

A assimilação fotossintética de carbono é sensível à temperatura e provavelmente o primeiro alvo do estresse térmico (LARCHER, 2006), pois o aumento da temperatura favorece a fotorrespiração já que a relação O₂/CO₂ é alterada beneficiando a atividade oxigenase da rubisco (MARENCO; LOPES, 2007)

Além de aumentar a fotorrespiração, as temperaturas altas (35-42 °C) podem causar danos diretos ao aparato fotossintético, sendo que tanto o metabolismo do carbono quanto as reações nos tilacóides são prejudicados (WISE

et al, 2004), sendo o PSII o componente mais sensível do sistema fotossintético (BERRY; BJORKMAN, 1980; MAMEDOV; HAYASHI; MURATA, 1993).

As temperaturas extremas também afetam o funcionamento do sistema de evolução do oxigênio (YAMASHITA; BUTLER, 1968), resultando na liberação dos íons de manganês do complexo (NASH; MIYAO. MURATA, 1985). Nesse contexto a limitação da fotossíntese devido à taxa de regeneração da rubisco inclui a limitação das enzimas do ciclo que regeneram a rubisco a partir de triose fosfato, a limitação da taxa de transporte de elétrons e a limitação da produção, exportação e utilização da sacarose (WOODROW, 1994).

Os efeitos do déficit hídrico sobre a rubisco, a fotossíntese e a fotorrespiração incluem o mecanismo pelo qual a rubisco pode ser regulada, o que pode ser essencial para a tolerância e recuperação do estresse e fundamental para integrar a depressão do meio-dia da fotossíntese (GRIFFITHS; PARRY, 2002).

2.3 INTERAÇÃO DE CONDIÇÕES ESTRESSANTES SOB A FISIOLOGIA DO EUCALIPTO

Vários trabalhos discutem o efeito das variáveis ambientais sobre a fisiologia das plantas, porém poucos abordam a interação dos fatores estressantes.

Tatagiba et al. (2007), Vellini et al. (2008), Lopes (2009) e Tonello (2010) verificaram diferentes respostas no comportamento das trocas gasosas entre os materiais genéticos de eucalipto, inferindo que a diferença nas respostas às condições estressantes dependem do material genético estudado.

Em plantio de *E. grandis* com 9 anos de idade no município de Aracruz do Estado do Espírito Santo, Mielke et al. (2000) verificaram que a radiação fotossinteticamente ativa, o déficit de pressão de vapor, o potencial hídrico foliar e o CO₂ atmosférico afetaram a condutância estomática das árvores e que a radiação fotossinteticamente ativa e o déficit de pressão de vapor afetaram significativamente a fotossíntese.

Nesse contexto, um desafio é constantemente imposto aos sistemas fotossintéticos, pois estes devem absorver grande quantidade de energia luminosa e transformá-la em energia química. O desafio se potencializa sob condições de estresse, pois a

energia em excesso pode ocasionar a produção de compostos tóxicos, podendo resultar em danos ao fotossistema II se essa energia não for dissipada (TAIZ; ZEIGER, 2013). Esse fenômeno é denominado fotoinibição e o dano na maquinaria fotossintética causado pelo calor pode ser reparado quando a temperatura é reduzida, se as membranas celulares não foram gravemente afetadas (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 1990).

A elevada concentração de peróxido de hidrogênio gerada em associação com a fotorrespiração salienta a importância dos sistemas antioxidantes para manter a integridade dos processos celulares e também para a sinalização de respostas à seca (GRIFFITHS; PARRY, 2002), uma vez que os níveis de ATP apresentam uma redução ao meio-dia, mostrando como a eficiência da coleta de luz está intimamente ligada a taxa fotossintética e ao metabolismo fotorrespiratório. A fotorrespiração ocorre devido à competição entre carboxilação e oxidação da rubisco, o que reduz a fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013; XU, GERTNER; SCHELLER, 2007).

Nesse contexto, uma reduzida disponibilidade hídrica pode restringir ainda mais o crescimento da planta e, potencialmente, aumentar a fotoinibição em temperaturas extremas (RODEN; BALL, 1996). Existem evidências de que plantas sob estresse hídrico podem apresentar maior fotoinibição do que aquelas que são bem hidratadas, e este efeito acentuado é atribuído a uma redução no teor de CO₂ intercelular em folhas com estômatos parcialmente fechados (LUDLOW; BJORKMAN, 1984; KOZLOWSKI, KRAMER, PALLARDY, 1990) que pode ser potencializado por temperaturas extremas.

As plantas apresentam faixas de temperatura ótima que permite que suas atividades de sequestro de carbono sejam máximas (TAIZ; ZEIGER, 2013), porém pesquisadores do mundo inteiro vêm se preocupando com o aquecimento global afetar negativamente a produtividade vegetal, uma vez que a temperatura será em muitos casos acima da faixa de nível ótimo (IDSO; IDSO, 1994). E como a temperatura tem efeito sobre todas as reações bioquímicas da fotossíntese, suas respostas são complexas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Segundo Taiz e Zeiger (2013), a temperatura foliar de plantas C₃ sobe rapidamente de 4 a 5 °C quando exposta a radiação solar plena, por volta do meio-dia. Nesse horário a planta geralmente é condicionada a reduzir a transpiração, fechando os estômatos parcialmente e, caso a planta se encontre em condição de reduzida

disponibilidade hídrica, um estresse térmico pode ser resultado da alta temperatura, alta irradiância e reduzida disponibilidade hídrica.

Nesse contexto, vários estudos como os de Tatagiba et al. (2007), Tatagiba, Pezzopane e Reis (2008), Mendes et al. (2013) e Tonello e Teixeira Filho (2014) são realizados com o intuito de obter respostas de diferentes clones sob condições estressantes, simulando um potencial impacto das mudanças climáticas, na tentativa de precocemente obter informações sobre os genótipos com capacidade superior de tolerância.

2.4 ANÁLISE DE CRESCIMENTO E BIOMASSA NA SELEÇÃO DE MATERIAIS GENÉTICOS DE EUCALIPTO

A escolha de espécies de eucalipto potencialmente aptas para o plantio no Brasil tem se baseado, primeiramente, em critérios climáticos (BARROS et al., 1990), uma vez que as adversidades climáticas são um dos fatores desafiadores para conservar a alta produtividade alcançada pelas empresas florestais no Brasil. Com isso, a busca por maior produtividade no setor florestal tem exigido pesquisas com o intuito de identificar materiais genéticos adaptados às diferentes condições ambientais (VELLINI et al., 2008).

Pesquisas relatam que alterações na concentração de dióxido de carbono atmosférico e no clima apresentaram efeitos sobre a produção, o consumo e o comércio internacional de produtos madeireiros devido aos efeitos no crescimento das árvores (PEREZ-GARCIA et al., 2002). Em estudo com o *Eucalyptus globulus*, Correia et al. (2003) afirmam que esta é uma espécie de crescimento rápido e a sua elevada produtividade confere-lhe a capacidade de sequestrar rapidamente carbono da atmosfera e armazená-lo nas suas estruturas vegetais. Alves (2007) também aponta clones de eucalipto como alternativa de sequestro de carbono.

No entanto, Baesso, Ribeiro e Silva (2010), em estudo sobre impacto das mudanças climáticas na produtividade do eucalipto na região norte do Espírito Santo e sul da Bahia, com base em projeções que consideram baixas e altas emissões, relatam estimativas de redução da produtividade de eucalipto, apontando para uma possível

queda entre 24 e 40% entre os anos 2071-2100 baseado em projeções que consideram baixas e altas emissões.

Para Botrel et al. (2010), o estudo das características de crescimento é de importância fundamental para a seleção de materiais superiores que visem atender a uma determinada finalidade. Sendo a seleção de clones, com características superiores na tolerância a fatores adversos, um dos principais objetivos dos programas de melhoramento de eucalipto no Brasil (NUNES et al., 2002). Nesse contexto Sudaric, Simic e Vratarić, (2006) enfocam que um número de clones que apresenta alta produtividade é testado anualmente em diferentes ambientes, antes de ser recomendado.

Nesse contexto, o comportamento dos clones de eucalipto em relação às trocas gasosas e as medidas biométricas podem ajudar na tomada de decisões no uso e recomendações de clones para áreas de estresse (LOPES, 2009).

E como na maioria das vezes os plantios são realizados em ambientes climaticamente diferentes, a interação entre genótipo e ambiente deve ser investigada. Com isso, as análises de crescimento e trocas gasosas possibilitam a seleção de materiais genéticos com maiores chances de sucesso, e asseguram um alto grau de confiabilidade na recomendação de clones para um determinado local.

Segundo Nunes et al. (2002), a relevância da interação clones x ambientes indica que o comportamento dos clones difere ao longo dos ambientes, desvendando que os clones têm sensibilidades diferentes frente às variações ambientais. Pesquisas como a de Alves, (2007) relatam diferenças na produção de biomassa entre os materiais genéticos de eucalipto.

Tatagiba, (2006), Lopes, (2009) e Xavier et al. (2013), estudando a produção de biomassa de clones do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, com 250 dias, 16 e 17 meses, e 120 dias respectivamente, verificaram um incremento em biomassa diferente entre os clones, de acordo com as condições climáticas onde as plantas se desenvolviam.

Segundo Boyer (1975), o crescimento diferente em cada localidade se deve aos fatores ambientais, sendo que quando um ou mais fatores excedem certos limites ótimos (por exemplo, temperaturas excessivamente elevadas ou água insuficiente), uma tensão que inibe o crescimento da planta pode desenvolver-se. Assim, grande

parte da energia e dos recursos produzidos é usada para tolerar e sobreviver sob tais condições.

No entanto, existem plantas com capacidade de tolerância e manutenção do crescimento em condições de estresse, assim como o estudo desenvolvido por Pereira et al. (2010), onde os autores relatam que um dos clones estudados, do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, apresentava características promissoras para o plantio em ambientes sujeitos a estiagem prolongada. Segundo dados publicados por Maestri et al. (2004), em média uma tonelada de eucalipto contém 500 kg de carbono estocado. E partindo da informação de Taiz e Zeiger (2013), que uma planta C3 absorve 500 gramas de água para cada grama de biomassa estocada, pressupõe-se que uma tonelada de eucalipto requer 500 toneladas de água para chegar a essa produção de biomassa.

Em estudo realizado por Reis et al. (2006), com plantas de quatro clones de híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* e um de *E. camaldulensis* x *Eucalyptus* spp, com base em plantios comerciais bem-sucedidos, estabelecidos em locais com diferentes níveis de precipitação pluviométrica foi possível também a identificação de clones que apresentam condições de se estabelecerem em regiões com déficit hídrico.

Lopes (2009), avaliando clones do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* em duas localidades, verificou que os clones do local que apresentava maior disponibilidade hídrica no solo obtiveram os maiores valores de biomassa, sendo que o crescimento foi três vezes maior comparado às árvores do local mais seco.

Xavier et al. (2013), avaliando mudas de dois clones do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* em duas épocas experimentais, verificaram pouca diferença estatística na produção de biomassa entre os clones estudados, porém as diferentes demandas atmosféricas das épocas de estudo condicionaram uma diferença expressiva na produção de biomassa.

Portanto, as condições climáticas têm expressiva influência sobre as trocas gasosas e, conseqüentemente, sobre a produção de biomassa de eucalipto. Sendo que os padrões de tolerância e susceptibilidade são distintos em cada material genético e, portanto, são de extrema importância para o sucesso do povoamento, reduzindo perdas e potencializando a produção. Com isso, fazem-se necessários, estudos que

visem à seleção de materiais genéticos tolerantes as condições climáticas futuras, uma vez que as mudanças climáticas alterarão os padrões de temperatura, água e déficit de pressão de vapor d'água, que são importantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Sendo assim, o comportamento dos clones de eucalipto em relação às trocas gasosas e as medidas biométricas são fundamentais na seleção de materiais genéticos superiores, podem ajudar na tomada de decisões, no uso e recomendações de clones e assegurar um alto grau de confiabilidade na recomendação de clones para um determinado local.

2.5 USO DE FOTOPROTETOR FOLIAR

Diante de condições de estresse ambiental, as plantas precisam utilizar estratégias de sobrevivência para minimizar os impactos da alta incidência de raios solares, que devido à redução das trocas gasosas faz com que a energia incidente seja utilizada em pequenas quantidades, e a maior parte ocasiona o aquecimento da superfície foliar. Isso causa redução do crescimento e, sob condições mais extremas, pode levar a paralisação do crescimento e morte.

Os compostos que contêm carbonato de cálcio, bem como outros produtos à base de minerais, que são pulverizados na parte aérea das plantas para agir como protetores solares atuam como uma barreira de partículas refletoras reduzindo os efeitos nocivos da radiação solar, calor e estresse hídrico (AHMED; SHAABAN; AHMED, 2011).

Esses compostos têm sido utilizados para aumentar a produtividade comercial, reduzir os danos causados pelo calor (queimadura solar), refletir a radiação na faixa do infravermelho próximo sem bloquear a radiação fotossinteticamente ativa e reduzir a temperatura das plantas, refletindo o calor e possibilitando que os processos fisiológicos básicos continuem sob alta temperatura, quando esses seriam afetados pelo estresse (PETER, 2008; AHMED et al, 2013)

O mineral carbonato de cálcio (CaCO_3) vem sendo comercializado com formulação que permite ser utilizado na pulverização foliar, com o intuito de formar uma película

protetora nas folhas. Após a aplicação, os microcristais do mineral presente na superfície foliar atuam refletindo comprimentos de onda ultravioleta e infravermelha sem atuar na incidência da radiação Fotossinteticamente ativa (GOUSSAIN, 2012?).

Segundo Nova Source (2012), o produto apresenta tecnologia de reflectância avançada, com base em carbonato de cálcio, um mineral altamente reflexivo, fazendo com que ao ser aplicado haja uma redução dos danos com queimaduras solares e minimize os efeitos de altas temperatura, uma vez que reflete efetivamente a radiação na faixa do infravermelho e ultravioleta sem influenciar na abertura estomática. O mesmo autor ainda afirma que, através da reflexão da radiação infravermelha, produtora de calor, o produto ajuda a manter as plantas mais frias, permitindo uma utilização mais eficiente da água disponível favorecendo a fotossíntese.

O fotoprotetor deve ser diluído em água, sendo que a porcentagem varia conforme a cultura, e sua aplicação forma uma película protetora seca e semiopaca, que funciona como uma barreira de partículas refletoras para a radiação solar ultravioleta e infravermelho e do calor excessivo.

Glenn et al. (1999), em estudo com aplicação caulinita na superfície da folha, verificaram uma redução da temperatura foliar nas plantas que foram pulverizadas, e atribuem essa redução de calor ao aumento da reflexão da radiação infravermelha.

Ahmed, Shaaban e Ahmed (2011) e Ahmed et al. (2013), estudando videiras, utilizaram dois produtos que atuam como fotoprotetor foliar, entre eles o mesmo produto utilizado na presente pesquisa, na tentativa de reduzir os danos à frutificação causados pelo calor e excesso de radiação. Os autores relatam efeito significativo no teor de clorofila, rendimento da cultura, redução de queimaduras e prejuízos observados no tratamento controle.

3 REFERÊNCIAS

- AHMED, F. F. et al. Protecting Red Roomy Grapevines Growing Under Mini a Region Conditions from Sunburn Damage. **Stem Cell**, v. 4, n.2, p. 15-20, 2013.
- AHMED, F. F.; SHAABAN, M.M.; AHMED,M.K. ABD EL-AAL. Protecting Crimson Seedless Grapevines Growing in Hot Climates from Sunburn. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 7, n.1, p. 135-141, 2011.
- ALVES, A. M. C. **Quantificação da produção de biomassa e do teor de carbono fixado por clones de eucalipto, no Pólo Gesseiro do Araripe – PE.** 2007. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal do Pernambuco., 2007.
- ALVES, P. L. C. A. **Comportamento fotossintético de duas espécies de eucalipto sob condições fotoinibitórias:** Alterações fotoquímicas em resposta a alta irradiância e baixa temperatura. 1998. 189 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) - Programa de Pós Graduação em Biologia Vegetal - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas. 1998.
- ARMOND, P. A.; SCHREIBER, U.; BJÖRKMAN, O. Photosynthetic acclimation to temperature in the desert Shrub *Larrea divaricate* II. Light – harvesting efficiency and electron transport. **Plant Physiology**, v. 61, p. 411-415, 1978.
- BAESSO, R. C. E.; RIBEIRO, A.; SILVA, M. P. Impacto das mudanças climáticas na produtividade do eucalipto na região norte do Espírito Santo e sul da Bahia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 2, p. 335-344, abr.-jun., 2010.
- BARROS, N. F. et al. Algumas relações solo-espécie de eucalipto em suas condições naturais. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. de. **Relação solo-eucalipto.** Viçosa: Editora folha de Viçosa, p. 1-24, 1990.
- BERRY, J.; BJORKMAN, O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 31, p. 491-543, 1980.
- BOTREL, M. C. G. et al. Seleção de clones de *Eucalyptus* para biomassa florestal e qualidade da madeira. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 86, p. 237-245, jun. 2010.
- BRACELPA, Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Setor de Celulose e Papel.** Março de 2011. Disponível em:
<<http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/booklet/booklet.pdf> > Acesso em: Maio de 2011.
- CHAVES, J. H. et al Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações Hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, v.28, n.3, p. 333-341, 2004.
- CORREIA, A. P. et al. **Balço de carbono no eucaliptal** – Comparação entre o fluxo turbulento de CO₂ e a estimativa do modelo CO₂ FIX V3.1. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, Instituto Superior Técnico, 2003.

EVANGELISTA, R. C. **Impacto das mudanças climáticas na produtividade de eucalipto em duas regiões do Brasil**. 2006. 48 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola), Programa de Pós Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

GODOY, C. V.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A. Alterações na fotossíntese na transpiração de folhas de milho infetadas por *Phaeosphaeria maydis*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 26, p.209-213, 2001.

GINDABA, J.; ROZANOV, A.; NEGASH, L. Photosynthetic gas exchange, growth and biomass allocation of two *Eucalyptus* and three indigenous tree species of Ethiopia under moisture deficit. **Forest Ecology and Management**, v. 205, p. 127–138, 2005.

GLENN, D. M. et al. Hydrophobic Particle Films: A New Paradigm for Suppression of Arthropod Pests and Plant Diseases. **Journal of economic entomology**, v. 92, n. 4, p. 759-771, 1999.

GOUSSAIN, M. **Praticabilidade e eficiência agrônômica de Nublado (Carbonato de Cálcio) aplicado via foliar em plantas de algodão (*Gossypium hirsutum* L.)**. Disponível em: <<http://assistconsult.com.br/wp-content/uploads/relat%C3%B3rio-T%C3%A9cnico-do-NUBLADO-algod%C3%A3o-safra-11-12.pdf>> Acesso em 17 Jan. 2014. 12 p. (Relatório técnico de praticabilidade e eficiência Agrônômica). [2012?]

GRIFFITHS, H.; PARRY, M.A.J. Plant Responses to Water Stress. **Annals of Botany**, v. 89, p. 801- 802, 2002.

HASSE, G. **Eucalipto: Histórias de um Imigrante Vegetal**. Porto Alegre: JÁ Editores, 2006. 127p.

HAVAUX, M. Characterization of thermal damage to the photosynthetic electron transport system in potato leaves. **Plant Science**, v. 94, p. 19–33, 1993.

IDSO, K.E.; IDSO, S.B. Plant responses to atmospheric CO₂ enrichment in the face of environmental constraints: a review of the past 10 years' research. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 69, p. 153-203, 1994.

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P.J.; PALLARDY, S.G. **The physiological ecology of woody plants**. London: Academic Press, 1990. 657 p.

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

LOPES, T. da S. **Crescimento inicial e ecofisiologia de clones de eucalipto sob diferentes condições climáticas**. 2009. 117 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.

LUDLOW, M. M, BJORKMAN, O. Paraheliotropic leaf movement in *Siratro* as a protective mechanism against drought-induced damage to primary photosynthetic reactions. Damage by excess light and heat. **Planta**, v. 161, p. 505-518, 1984.

MAESTRI, R. et al. Viabilidade de um projeto florestal de eucalyptus grandis, considerando o sequestro de carbono. **Floresta**. v. 34, Ed. 3, p. 347-360, set.-dez. 2004.

MARENCO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo de século XXI. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2006. 212 p. (Série Biodiversidade, 26).

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: UFV, 2007. 469 p.

MENDES, H. S. J. et al. Respostas fisiológicas de genótipos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* à disponibilidade hídrica e adubação potássica. **Cerne**, v. 19, n. 4, p. 603-611, out./dez. 2013

MIELKE, M. S. et al. Leaf gas exchange in a clonal eucalypt plantation as related to soil moisture, leaf water potential and microclimate variables. **Trees**, v. 14, p.263–270, 2000.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A Cultura do Eucalipto no Brasil – Eucalypt Cultivation in Brazil**. Sociedade Brasileira de Silvicultura. São Paulo. 2000.

NASH, D.; MIYAO, M.; MURATA, N. Heat inactivation of oxygen evolution in photosystem I1 from spinach chloroplasts. **Biochemical and Biophysical Acta**, v. 807, p. 127-133, 1985.

NOVA SOURCE. **Purshade**. 2012. Disponível em: <http://www.novasource.com/english/ag-products/Documents/Purshade_General_Brochure.pdf>. Acesso em 19 Jan. 2014. 1 Folder de divulgação

NUNES, G. H de S. et al. Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, v.8, n.1, p. 49-58, 2002.

PEREIRA, M. R. R. et al. Análise de crescimento em clones de eucalipto submetidos a estresse hídrico. **Irriga**, v. 15, n.1, p.98-110, janeiro-março, 2010.

PEREZ-GARCIA, J. et al. Impacts of Climate Change on the Global Forest Sector. *Climatic Change*, New York, v. 54, n. 4, p. 439-461, set. 2002. SANDS, P.J. et al. Parameterisation of 3-PG for plantation grown Eucalyptus globulus. **Forest Ecology and Management**, v.163, n.1-3, p. 273-292, June 2002.

PETER, K. V. Basics of Horticulture. **New India Publishing**. Agency. p. 50 – 60, 2008.

REIS, G. G dos et al. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp submetidos a dois regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v.30, n.6, p.921-931, 2006.

RODEN, J. S.; BALL, M. C. The Effect of Elevated [CO₂] on Growth and Photosynthesis of Two Eucalyptus Species Exposed to High Temperatures and Water Deficits. **Plant Physiology**, v. 111, p. 909-919, 1996.

SIQUEIRA, T.; PADIAL, A. A.; BINI, L. M. Mudanças climáticas e seus efeitos sobre a biodiversidade: um panorama sobre as atividades de pesquisa. **Megadiversidade**, v.5, n.1-2, Dezembro, 2009.

SIQUEIRA, O. J. W. et al. Efeitos potenciais das mudanças climáticas na agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas. In: LIMA, M. A. de; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 32-63, 2001.

SUDARIC, A.; SIMIC, D.; VRATARIC, M. Characterization of genotype by environment interactions in soybean breeding programmes of southeast Europe. **Plant Breeding**, v.125, p.191-194, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Piracicaba: Ed. Artmed, 5. ed., 2013.

TATAGIBA, S. D. et al. Comportamento fisiológico de dois clones de Eucalyptus na época seca e chuvosa. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 149-159, 2007.

TATAGIBA, S. D. **Crescimento inicial, trocas gasosas e status hídrico de clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação**. 2006. 128 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

TATAGIBA, S.D. et al. Comportamento fisiológico de dois clones de Eucalyptus na época seca e chuvosa. **Cerne**, v. 13, n. 2, p. 149-159, abr./jun. 2007.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. dos. Relações hídricas e trocas gasosas na seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com diferenciada disponibilidade de água no solo. **Revista Floresta**, v. 38, n. 2, p. 10-16, 2008.

TAUB, D. R.; SEEMANN, J. R.; COLEMAN, J. S. Growth in elevated CO₂ protects photosynthesis against high-temperature damage. **Plant, Cell and Environment**, v. 23, p. 649–656, 2000.

TEIXEIRA, L. A. F. **Influência da rustificação no comportamento fisiológico de mudas de *Eucalyptus urograndis* submetidas ao déficit hídrico**. 2012. 47f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, 2012.

TONELLO, K.C. **Comportamento ecofisiológico de clones de *Eucalyptus***. 2010. 162f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, 2010.

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. Transpiração e condutância estomática de Eucalyptus sp em resposta à radiação global e diferentes condições hídricas. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 607-623, outubro-dezembro, 2013.

VELLINI, A. L. T. et al. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v.32, n.4, p.651-663, 2008.

XAVIER, T. M. T. et al. Influence of water deficit and season on biomass yield from clonal stands of Eucalyptus. **Cerne**, v. 19, n. 3, p. 473-479, jul./set. 2013.

XU, C.; GERTNER, G. Z.; SCHELLER, R. M. Potential effects of interaction between CO₂ and temperature on forest landscape response to global warming. **Global Change Biology**, v. 13, p. 1469–1483, 2007.

WAGNER, D. Scenarios of extreme temperature events. **Climatic Change**, v. 33, 385–407. 1996.

YAMASHITA, T.; BUTLER, W. L. Inhibition of chloroplasts by UV irradiation and heat-treatment. **Plant Physiology**, v. 43, p. 2037-2040.1968.

CAPÍTULO 1 - CRESCIMENTO INICIAL DE CLONES DE EUCALIPTO SOB DIFERENTES DEMANDAS ATMOSFÉRICAS E INTERVALOS DE REPOSIÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

RESUMO

O estudo objetivou avaliar o crescimento de quatro clones comerciais do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, em ambientes com demandas atmosféricas diferentes associadas ao déficit hídrico moderado, como ferramenta de caracterização de clones tolerantes e susceptíveis. A pesquisa foi realizada em casas de vegetação climatizadas, na área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira no Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Espírito Santo, em Jerônimo Monteiro, entre 21 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013. Mudanças de quatro clones (Clone 61, Clone 75, Clone 84 e Clone 66) do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* foram transplantadas para vasos de 12 litros e, após aclimação as mesmas, foram dispostas em dois ambientes com diferentes condições microclimáticas, sendo um com temperatura e déficit de pressão de vapor elevados, em média 30 °C e 1,36 Kpa (Alta demanda atmosférica) e outro com temperatura e déficit de pressão de vapor baixos, 25 °C e 0,44 Kpa, em média (Baixa demanda atmosférica). A água perdida por evapotranspiração foi adicionada ao substrato de acordo com tratamentos de reposição de água, que consistiam em intervalos de tempo (2, 4 e 6 dias), sendo o acompanhamento do armazenamento de água no solo realizado por meio de balanço hídrico climatológico sequencial. Uma estação meteorológica automática foi instalada em cada ambiente para caracterização microclimática e detalhamento da demanda atmosférica ao longo de toda experimentação. Foram avaliadas altura, diâmetro, área foliar e massa seca da parte aérea, raízes e total, das plantas ao final de 45 dias de experimentação. O delineamento foi inteiramente casualizado, no esquema fatorial 4x2x3. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os clones avaliados apresentaram diferentes padrões de crescimento nas condições de diferentes demandas atmosféricas, principalmente quando essas condições estavam

associadas à reduzida disponibilidade hídrica no substrato, sendo que o estresse hídrico ocasionou redução do crescimento em todos os clones. Na fase inicial de crescimento, o clone 75 foi o material genético que apresentou menor crescimento, o clone 84 mostrou-se como um material genético altamente produtivo em condições de alta demanda atmosférica, no entanto, apresentou grande redução no crescimento quando houve associação com deficiência hídrica e o clone 66 foi o material genético mais produtivo em condições de baixa demanda atmosférica e umidade do substrato próxima à capacidade de campo, sendo que o clone 84 retornou sua superioridade em crescimento quando a deficiência hídrica foi imposta no ambiente de baixa demanda atmosférica.

Palavras-chave: *Eucalyptus*. Microclima. Estresse hídrico. Alocação de biomassa.

CHAPTER 1 - INITIAL GROWTH OF CLONES OF EUCALYPTUS UNDER DIFFERENT DEMANDS ATMOSPHERIC AND RANGES OF REPLACEMENT OF WATER

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the growth of four commercial clones of the hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* in environments with different atmospheric demands associated with moderate water deficit. The survey was conducted in greenhouses acclimatized in the experimental area of the *Departamento de Ciências Florestais e da Madeira* in the *Centro de Ciências Agrárias*, of the *Universidade Federal do Espírito Santo*, in *Jerônimo Monteiro*, between 21 December 2012 to 04 February 2013. Seedlings of four clones (Clone 61, Clone 75, Clone 84 and Clone 66) of the hybrid *E. urophylla* x *E. grandis* were transplanted to pots of 12 liters and acclimatization after they have been arranged in two settings with different microclimatic conditions, with temperature and with high vapor pressure deficit on average 30 °C and 1.36 kPa (high atmospheric demand) and a temperature and low pressure deficit of steam, 25 °C and 0.44 kPa, on average (low atmospheric demand). The water lost by evapotranspiration was added to the substrate according to the replacement of water treatments, consisting of time intervals (2, 4 and 6 days), and the monitoring of water storage in soil held by sequential water balance. In each environment was installed an automatic weather station, for characterization of atmospheric demand throughout experimentation. Height, diameter, leaf area and dry mass of shoots, roots and total dry matter, plant at the end of 45 days of trial were evaluated. The design was completely randomized in a factorial 4x2x3. Data were subjected to analysis of variance and when significant, the means were compared by Tukey test at 5% probability. The clones showed different growth patterns in different atmospheric conditions demands, especially when these conditions were associated with reduced water availability in the substrate, being that water stress caused reduced growth in all clones. In the initial growth phase, clone 75 was the genetic material that showed lower growth, clone 84 is shown to be a highly productive genetic material in conditions of high atmospheric demand, however present a large drop in growth when associated with water deficiency and clone 66 is the most productive

genetic material under conditions of low atmospheric demand and substrate moisture near field capacity, and clone 84 returns its superiority in growth when water stress is imposed at the lower temperature.

Keywords: *Eucalyptus*. Microclimate. Water stress. Biomass allocation.

1 INTRODUÇÃO

Compreender os mecanismos de adaptação das plantas frente aos riscos ambientais é um dos grandes desafios da ciência moderna (MERCHANT et al., 2007). As plantas enfrentam demandas competitivas para absorver CO₂ da atmosfera, enquanto limitam a perda de água, uma vez que a entrada de dióxido de carbono e a perda de vapor d'água ocorrem conjuntamente (TAIZ; ZEIGER, 2013). Esse controle, por sua vez, é realizado pelos estômatos e, portanto, todo fator ambiental que governe a condutância estomática tem importância inquestionável na fisiologia vegetal.

Dados da Associação Brasileira de Produtores de Floresta Plantada, ano base 2012 (ABRAF, 2013), relatam que a área brasileira de plantios de eucalipto e pinus atingiu 6,66 milhões de hectares, um crescimento de 2,2% em relação ao indicador de 2011, sendo que os plantios de *Eucalyptus* representaram 76,6% da área. A área plantada com *Eucalyptus* no País apresentou um aumento de 4,5% frente ao indicador de 2011 e do total 53% estão concentrados na Região Sudeste com o Estado do Espírito Santo responsável por 203.349 hectare.

Os plantios de eucalipto ocupam área de floresta plantada maior do que qualquer outra árvore nativa ou exótica no Brasil (HASSE, 2006). E Por se tratar de um gênero com cerca de 700 espécies, o *Eucalyptus* é cultivado sob diferentes condições ambientais. No entanto esse gênero apresenta variações morfológicas consideráveis, bem como uma complexidade de respostas ecofisiológicas. (BELL; WILLIAMS, 1997, RYAN et al, 2011).

As condições climáticas tem expressiva influência sobre as trocas gasosas e, conseqüentemente, sobre a produção de biomassa de eucalipto. Os padrões de tolerância e susceptibilidade são distintos em cada material genético e, portanto, é de extrema importância para o sucesso do povoamento, reduzindo perdas e potencializando a produção, os estudos que visem à seleção de materiais genéticos tolerantes as condições climáticas futuras, uma vez que as mudanças climáticas deverão alterar os padrões de temperatura, disponibilidade hídrica e déficit de pressão de vapor do ar, que são de extrema importância para o estabelecimento e crescimento das mudas.

Em estudo realizado por Baesso, Ribeiro e Silva (2010) sobre o impacto das mudanças climáticas na produtividade do eucalipto, na região norte do Espírito Santo e sul da Bahia, as estimativas apontam para decréscimos na produtividade de eucalipto, chegando a apresentar redução entre 24 e 40% para o período de 2071-2100. Evangelista (2006), em estudo nas mesmas regiões, para o mesmo período, prevê um aumento de temperatura e decréscimo da precipitação, sendo que as variações futuras provocarão redução na produtividade de no mínimo 39,7%.

Sendo assim, o comportamento dos clones de eucalipto, com análise de crescimento podem ajudar na tomada de decisões, no uso e recomendações de clones para áreas com elevada deficiência hídrica.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento de quatro clones comerciais do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* em ambientes com demandas atmosféricas diferentes associadas ao déficit hídrico, com o intuito de verificar a diferença nas respostas de crescimento dos materiais genéticos, bem como a tolerância ou susceptibilidade aos fatores hídricos e térmicos analisados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERÍSTICAS DO LOCAL DE ESTUDO, MATERIAL VEGETAL E SUBSTRATO

O estudo foi realizado na área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira no Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no município de Jerônimo Monteiro, ES (latitude 20°47'21" S, longitude 41°23'42" W e altitude 120 m). O período experimental foi de 21 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013, totalizando 45 dias de experimentação.

A pesquisa foi desenvolvida em casas de vegetação climatizadas, com controle de temperatura do ar e umidade relativa (Figura 1). Foram gerados dois ambientes com diferentes condições microclimáticas, sendo um com temperatura e déficit de pressão de vapor elevados (Alta demanda atmosférica) e outro com temperatura e déficit de pressão de vapor baixos (Baixa demanda atmosférica).



Figura 1 – Parte externa da casa de vegetação climatizada (A) e painel de controle das variáveis climáticas da casa de vegetação (B) localizada no município de Jerônimo Monteiro - ES.

Foram avaliadas mudas sadias de quatro genótipos comerciais (Clone 61, Clone 75, Clone 84 e Clone 66) do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, produzidas no viveiro da empresa Fibria, localizado no município de Aracruz no Estado do Espírito Santo e selecionadas pelo Programa de Melhoramento da empresa.

No estudo, foram utilizadas mudas na fase de expedição, com 80 dias de idade, com classificação uniforme de altura, diâmetro, número de folhas e ausência de qualquer tipo de injúria. As mudas foram transplantadas em vasos plásticos de 30 cm de altura, 25 cm de diâmetro superior e 22 cm de diâmetro inferior, com 12 litros de substrato. O substrato utilizado era composto por 68% de solo Latossolo vermelho-amarelo, retirado na profundidade de 20 a 50 cm, 16% de esterco bovino curtido e 16% de palha de café. O mesmo foi submetido à análise química (Tabela 1) para certificar-se de que os teores nutricionais estavam dentro dos padrões recomendados por Alvarez et al., (1999).

Tabela 1 – Análise química do substrato utilizado no experimento

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	C	M.O.	CTC (t)	CTC (T)	S.B.	V	m	ISNa
H ₂ O	mg/dm ³			cmol/dm ³				g/kg		cmol/dm ³			%		
7,3	328,0	1380,0	164,5	3,9	2,0	0,0	1,2	10,0	17,3	10,1	11,3	10,1	89,9	0,0	6,4

Os vasos foram dispostos em bancadas de metal de dois metros de comprimento, por um metro e vinte centímetros de largura e um metro de altura (Figura 2). O período de aclimatação das mudas foi de 15 dias sob condições microclimáticas favoráveis e suprimento hídrico adequado para a espécie, e após esse período iniciaram-se os tratamentos com contagem do período de experimentação.



Figura 2 – Mudas de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* recém-transplantadas, em casa de vegetação climatizada localizada no município de Jerônimo Monteiro - ES.

2.2 ÁGUA DISPONÍVEL E REPOSIÇÃO DE ÁGUA AO SUBSTRATO

No início do experimento, os vasos foram saturados e submetidos à drenagem livre, por um período de 24 horas para estabilização da umidade volumétrica na capacidade de campo, quando então foi realizado o transplântio das mudas.

Para determinação da lâmina de água, foram utilizados pontos da curva de retenção de água no solo, 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 0,010 megapascal (Mpa) para a capacidade de campo e 1,5 Mpa para o ponto de murcha permanente, com três repetições. O valor encontrado na capacidade de campo (CC) foi de 28,8% e no ponto de murcha permanente (PMP) 17,72 %.

A densidade do substrato obtida pelo método da proveta, seguindo o roteiro da Embrapa (1997), foi de 0,92 g. cm³.

Os tratamentos de reposição de água consistiam em intervalos de tempo (2, 4 e 6 dias). Nos dias dos respectivos tratamentos, realizava-se a reposição do total da água perdida por evapotranspiração no período. Nesse caso, era adicionada água potável ao substrato para que este retornasse à umidade na capacidade de campo.

2.3 ÁGUA DISPONÍVEL NO SUBSTRATO

O acompanhamento da água disponível no substrato foi realizado por meio do balanço hídrico climatológico (BHC) sequencial diário, seguindo a metodologia proposta por Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002). Para o cálculo, foram utilizados dados de reposição de água, levando em consideração os intervalos de reposição de água em cada tratamento, a evapotranspiração potencial (ETP) e a capacidade de água disponível (CAD) do substrato.

A evapotranspiração potencial foi estimada pelo método de Camargo (1971), citado por Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), permitindo o acompanhamento e detalhamento do total de água disponível no substrato:

$$ETP = 0,01 Q_0 T ND$$

em que:

Q_0 = Irradiância solar global extraterrestre, expressa em mm de evaporação equivalente por dia;

T = Temperatura média do ar (°C);

ND = Número de dias do período.

A lâmina de armazenamento máximo de água no solo, ou seja, a capacidade de água disponível (CAD) foi calculada através da equação proposta por Pereira, Angelocci e Sentelhas, (2002):

$$CAD = 0,01 (CC - PMP) D_s Z$$

em que:

CC = Capacidade de campo, % em peso;

PMP = Ponto de murcha permanente, % em peso;

D_s = Densidade do solo, em g. cm³;

Z = Profundidade efetiva do sistema radicular, em mm.

A profundidade efetiva do sistema radicular adotado foi aquela onde se concentra cerca de 80% das raízes, desse modo, adotou-se o valor de 235 mm para ambos os ambientes, considerando o tamanho do vaso utilizado.

Com base no cálculo, adotou-se o valor da CAD de 24 mm para todos os tratamentos.

2.4 CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA

Para a aquisição de dados microclimáticos, foram instaladas estações meteorológicas automáticas, uma em cada ambiente, na parte central a 2 metros do

piso. Na estação, foram acoplados sensores de temperatura e umidade relativa do ar (modelo cs500, marca Vaisala) instalados em abrigos plásticos do tipo “multi-pratos” para evitar o efeito térmico da exposição direta dos raios solares. Os dados eram coletados e armazenados em *datalogger* (modelo CR-10X da *Campbell Scientific*), com leituras a cada 10 segundos, e os dados médios armazenados a cada 10 minutos.

O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi calculado a partir da estimativa da pressão de saturação de vapor d’água (e_s) e pressão parcial de vapor (e_a) de acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002). O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi obtido pela diferença entre e_s e e_a .

2.5 CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO

No final do experimento, aos 45 dias, foram avaliados: altura, diâmetro, área foliar, massa seca da parte aérea, raízes e total.

A altura total das plantas foi medida com uma régua milimetrada, o diâmetro do coleto com auxílio de um paquímetro digital a 5 cm do substrato e a área foliar foi determinada com medidor de área foliar, modelo LI -3100 da LICOR. As plantas foram particionadas em parte aérea e raiz, e após a lavagem das raízes para retirada de todo substrato presente, as plantas foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 70 °C, por no mínimo 72 horas, para posterior pesagem da massa seca.

2.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi montado no esquema fatorial 4x2x3 em delineamento experimental inteiramente casualizado. Os tratamentos consistiram da interação de quatro clones do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, com duas condições microclimáticas (Alta demanda atmosférica; Baixa demanda atmosférica) e três intervalos de reposição de água à capacidade de campo (2, 4 e 6 dias), com cinco repetições cada.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o *software* SISVAR 5.1 de Furtado (2011).

3 RESULTADOS

3.1 MICROCLIMA E ÁGUA NO SOLO

O uso de casas de vegetação climatizadas possibilitou a definição de dois microclimas contrastantes. O primeiro ambiente apresentou valores elevados de temperatura do ar e déficit de pressão de vapor (Alta demanda atmosférica), enquanto no segundo ambiente, os menores valores de temperatura do ar e DPV (Baixa demanda atmosférica) definiram um ambiente com menor poder evaporante do ar (Tabela 2).

A temperatura média de todo período experimental foi 5 °C mais alta no ambiente de alta demanda atmosférica e 0,92 Kpa a mais de déficit de pressão de vapor de água no ambiente.

O déficit de pressão de vapor, que condiciona a demanda atmosférica apresentou valores médios de 1,36 KPa no ambiente de alta demanda e 0,44 KPa no ambiente de baixa demanda atmosférica.

Analisando o comportamento médio diário da temperatura do ar e do DPV (Figura 3), observa-se que as diferenças microclimáticas entre os ambientes de estudo foram ainda mais evidentes ao longo do período diurno.

Tabela 2 - Temperatura média e déficit de pressão de vapor do ar, em casa de vegetação climatizada no município de Jerônimo Monteiro, ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013

	Microclimas	
	Alta demanda atmosférica	Baixa demanda atmosférica
	Temperatura do ar (°C)	
Temperatura média	29,9	24,9
Temperatura noturna (18:00 - 05:59)	28,1	24,0
Tempertura diurna (06:00 - 17:59)	31,7	25,8
Temperatura máxima	35,6	28,2
Temperatura mínima	25,2	22,5
	Déficit de pressão de vapor do ar (Kpa)	
DPV médio	1,36	0,44
DPV noturno (18:00 - 05:59)	0,90	0,33
DPV diurno (06:00 - 17:59)	1,81	0,55
DPV máximo	2,81	0,86
DPV mínimo	0,35	0,19

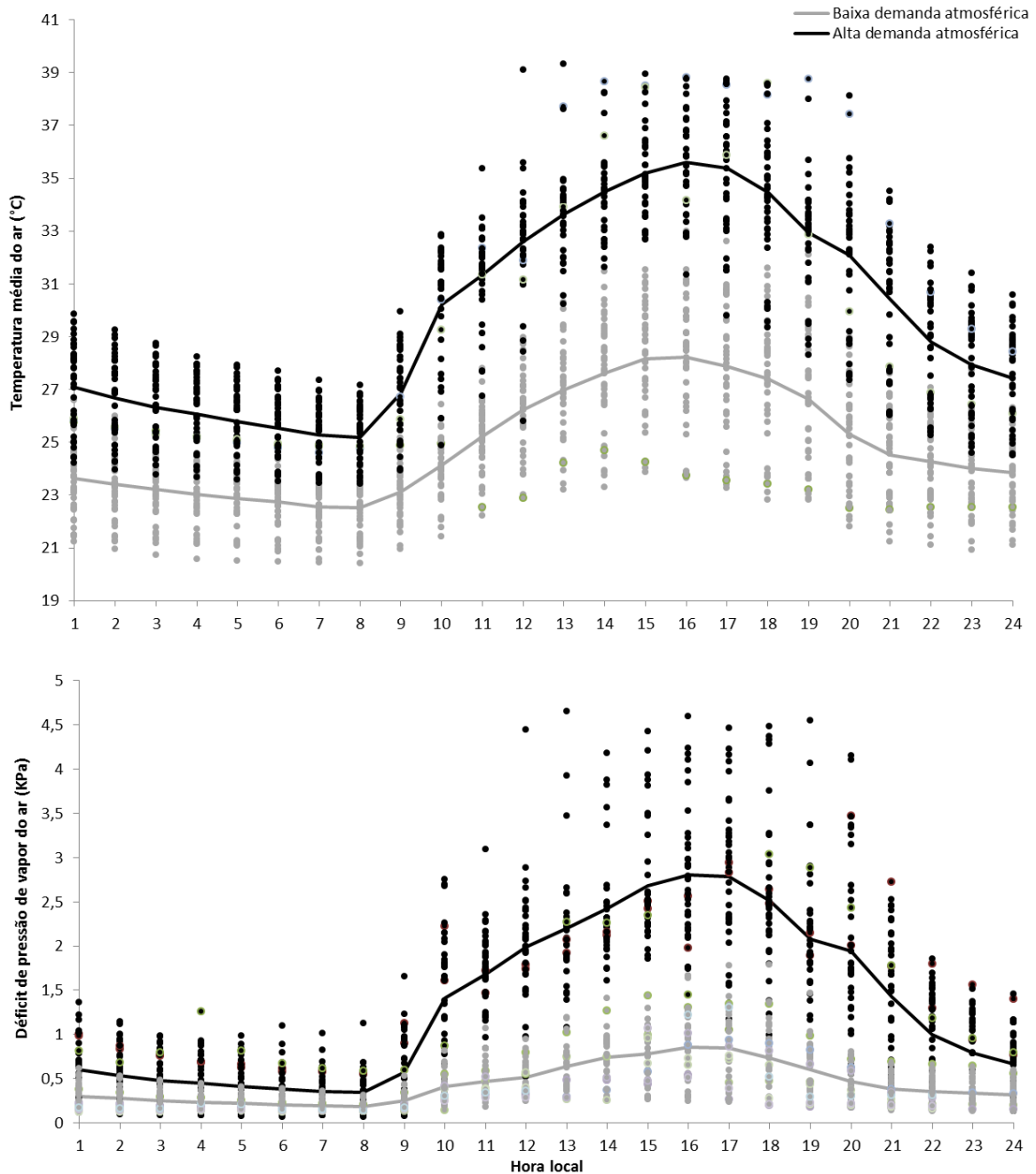


Figura 3 – Flutuação diária da temperatura média do ar e do déficit de pressão de vapor do ar, em casa de vegetação climatizada no município de Jerônimo Monteiro, ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013.

A figura 4 retrata a água disponível no solo em cada um dos tratamentos de reposição hídrica. Foram realizadas quinze reposições no tratamento com reposição de água de 2 em 2 dias (A), sendo que a umidade do substrato no momento da reposição manteve-se em média com 16 mm. No tratamento de reposição, a cada 4 dias (B), nove reposições foram realizadas e a umidade do substrato atingia em média 12 mm. E no tratamento de reposição a cada 6 dias (C), a umidade alcançava

8 mm em média, sendo seis reposições realizadas ao longo do período experimental.

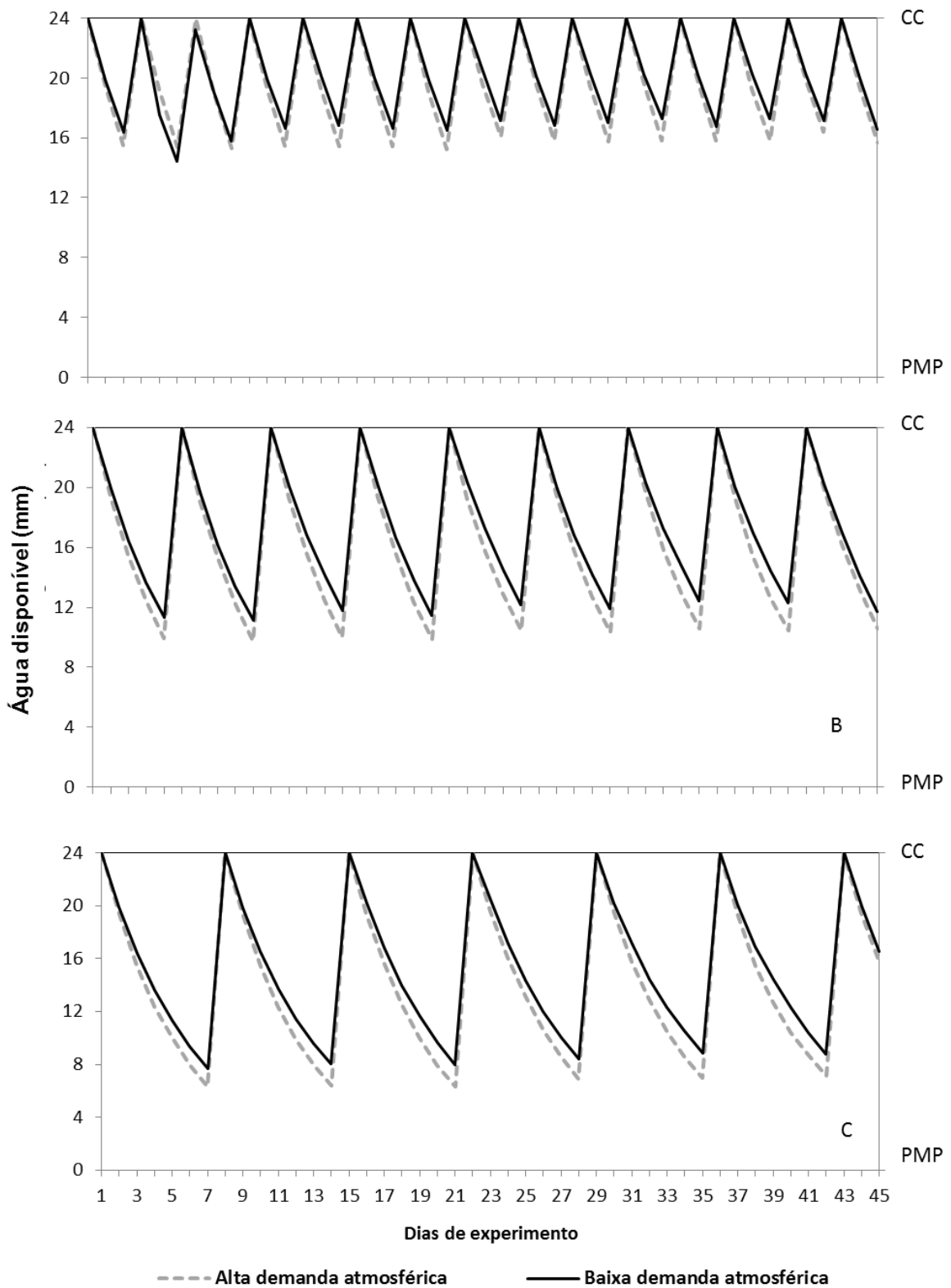


Figura 4 – Água disponível no substrato, de acordo com o balanço hídrico climatológico, nos tratamentos com reposição de água perdida por evapotranspiração a cada 2 dias (A), 4 dias (B) e 6 dias (C), no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013, em casa de vegetação climatizada com diferentes demandas atmosféricas, no município de Jerônimo Monteiro, ES.

Demandas atmosféricas diferentes condicionam taxas evapotranspiratórias distintas. Na tabela 3, está representado o total de água consumida por evapotranspiração, em média por planta. Observa-se que, no ambiente de alta demanda atmosférica, houve uma redução de 26,5 % de água consumida no tratamento cuja reposição era realizada a cada 6 dias, em relação ao tratamento com reposição de 2 em 2 dias. Na mesma condição hídrica a diferença de água consumida foi de 24,4% no ambiente de baixa demanda atmosférica.

Tabela 3 – Total de água consumida por evapotranspiração, por planta, nos tratamentos com reposição de água perdida por evapotranspiração a cada 2 dias (A), 4 dias (B) e 6 dias (C), no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013, em casa de vegetação climatizada com diferentes demandas atmosféricas, no município de Jerônimo Monteiro, ES

Reposição de água	Água consumida (mm)	
	Alta demanda atmosférica	Baixa demanda atmosférica
2 em 2 dias	202,4	171,0
4 em 4 dias	170,5	149,0
6 em 6 dias	148,7	129,2

3.2 ANÁLISE DO CRESCIMENTO

3.2.1 Massa seca total

A variável massa seca total apresentou interação significativa entre os fatores ambiente, clone e intervalo de reposição de água. A figura 5A retrata o desdobramento do fator ambiente. Nessa análise, o clone 61 e o clone 66 apresentam redução da massa seca total, influenciada pelo ambiente de alta demanda atmosférica, apenas quando o intervalo de reposição da disponibilidade hídrica foi de 6 dias. Para esses dois clones, o ambiente não influenciou significativamente quando a reposição de água foi igual ou inferior a 4 dias.

Para o clone 75, a alta demanda atmosférica afetou significativamente a massa seca total nos tratamentos com reposição de água de 2 em 2 dias e de 6 em 6 dias. Esse fato demonstra a susceptibilidade desse clone à temperatura alta, mesmo sob disponibilidade hídrica próxima à capacidade de campo, indicando uma menor eficiência na tolerância a condições de alta demanda atmosférica.

Ainda analisando o desdobramento do fator ambiente, o clone 84 quando se encontrava com disponibilidade hídrica no substrato próxima à capacidade de campo, apresentou crescimento superior no ambiente de alta demanda atmosférica, no entanto, quando o intervalo de reposição de água foi maior, indicando uma redução na disponibilidade hídrica do substrato, esse clone não tolerou temperatura alta.

A análise do desdobramento do fator clone (Figura 5B) retrata que para o ambiente de alta demanda atmosférica, no tratamento com reposição de água a cada 2 dias, o clone 84 apresentou superioridade em relação aos demais, seguido dos clones 61, 66 e 75 sucessivamente. Porém, para esse mesmo ambiente, nos tratamentos com maiores intervalos de reposição de água (4 e 6 dias) todos os clones apresentam massa seca iguais estatisticamente.

No ambiente de baixa demanda atmosférica, ainda no desdobramento do fator clone, no tratamento com menor intervalo de reposição de água (2 dias), o clone superior foi o clone 66, não diferindo do clone 61, sendo os clones 75 e 84 aqueles que apresentaram menor incremento em massa seca total sob essas condições. No tratamento com reposição de água a cada 4 dias todos os quatros clones foram estaticamente iguais entre si. E sob condições de menor disponibilidade hídrica no solo, nesse ambiente de menor demanda atmosférica, o clone que apresentou superioridade foi o clone 84, seguido do clone 75, e iguais entre si e inferior aos demais, os clones 61 e 66.

Na avaliação da influencia do fator intervalo de reposição de água (Figura 5C) no ambiente de alta demanda atmosférica, o clone 61 apresentou redução gradativa da massa seca total conforme o intervalo de reposição de água era maior. O clone 75 e o clone 66 apresentaram redução da biomassa apenas quando a reposição de água acontecia de 6 em 6 dias, ou seja, nesse ambientes, para esses clones, o intervalo de reposição de 4 dias pode ser adotado.

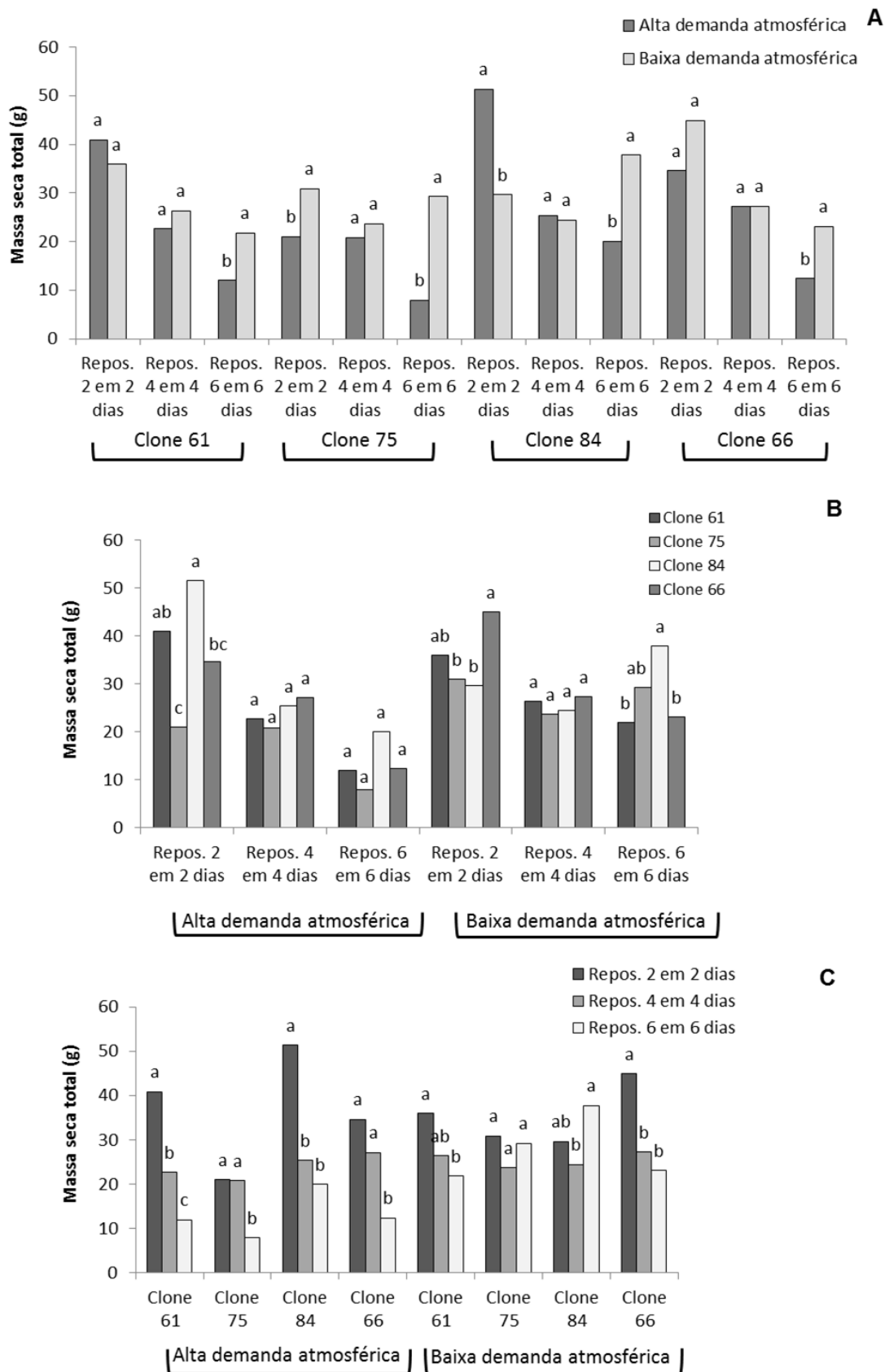


Figura 5 – Massa seca total de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 45 dias de experimentação em casa de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30 °C; DPV 1,36 Kpa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C; DPV 0,44 Kpa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013.

O clone 84, no ambiente de alta demanda atmosférica, foi o material genético que apresentou superioridade na produção de massa seca total quando o intervalo de reposição de água foi a cada 2 dias.

No ambiente de baixa demanda atmosférica, para o clone 61, o intervalo de reposição de água a cada 2 dias foi superior para a produção de massa seca total deste material genético, no entanto não diferiu do intervalo de 4 em dias. Nesse caso, o maior intervalo para reposição hídrica, reduziu significativamente a massa seca. Ou seja, mesmo no ambiente de menor demanda atmosférica, este clone requer maior disponibilidade hídrica para um bom incremento em biomassa.

O clone 75, sob baixa demanda atmosférica, não apresentou diferença estatística significativa entre os intervalos de reposição de água, nesse caso um maior intervalo entre as irrigações, com no máximo 6 dias, sob condições semelhantes a do estudo, são suficientes para o crescimento potencial desse massa genético, na fase de incremento inicial.

O clone 84 apresentou crescimento favorecido no tratamento de maior intervalo de reposição de água (6 dias), sendo superior aos demais tratamentos que mantinham a disponibilidade hídrica no substrato mais elevada. Sobre este clone, infere-se então que o mesmo não é favorecido por maiores teores de água no substrato, quando em condições de temperatura em torno de 25 °C.

Por outro lado, o clone 66 apresentou significativa redução da massa seca total quando o intervalo de reposição hídrica foi superior a 2 dias, indicando uma susceptibilidade desse clone a deficiência hídrica, mesmo sob baixa demanda atmosférica, podendo ser considerado um clone com alta demanda por irrigação.

Sobre o clone 84, pode-se inferir que este é o material genético, entre os estudados, o que apresenta crescimento elevado sob condições de alta demanda atmosférica, quando há disponibilidade hídrica satisfatória no substrato. No entanto, sob as mesmas condições microclimáticas, este clone é significativamente afetado pela deficiência hídrica. O clone 66, por sua vez é um material genético que também apresenta crescimento favorecido em ambiente de baixa demanda atmosférica, sendo nessas condições microclimáticas, o clone mais produtivo quando há alta disponibilidade hídrica.

3.2.2 Massa seca da parte aérea

A análise da massa seca da parte aérea apresentou interação significativa entre os fatores ambiente x clone e ambiente x intervalo de reposição de água.

Com base na análise do desdobramento do fator ambiente dentro do fator clone (Figura 6A), pode-se inferir que os clones 75 e 66 foram mais susceptíveis a alta demanda atmosférica do ambiente com alta demanda atmosférica. E no desdobramento do fator clone dentro dos ambientes (Figura 6A), dos quatro materiais genéticos avaliados o que apresentou significativa redução da massa seca da parte aérea é o clone 75, no ambiente de alta demanda atmosférica.

A análise do desdobramento do fator ambiente dentro do fator intervalo de reposição de água (Figura 6B) retrata que nos intervalos de quatro e seis dias de reposição hídrica inicia-se a interferência significativa da demanda atmosférica, onde as plantas que cresceram em ambiente de baixa demanda atmosférica apresentaram melhores resultados, sendo estes amplificados quanto maior o intervalo para reposição de água ao substrato. Nesse contexto, sobre o desdobramento da reposição de água em cada ambiente, pode-se destacar que no ambiente de alta demanda atmosférica o intervalo de reposição a cada 2 dias proporcionou resultados estatisticamente superiores aos demais intervalos de reposição hídrica. Por outro lado, no ambiente de menor demanda atmosférica (baixa demanda atmosférica) não houve significativa influência do intervalo de reposição de água para a massa seca da parte aérea dos materiais genéticos estudados.

Pode-se então inferir que, no geral, todos os materiais genéticos estudados, havendo redução da disponibilidade hídrica, não conseguem atender a alta demanda atmosférica de ambientes com temperatura alta e umidade relativa baixa, afetando a produção de biomassa aérea.

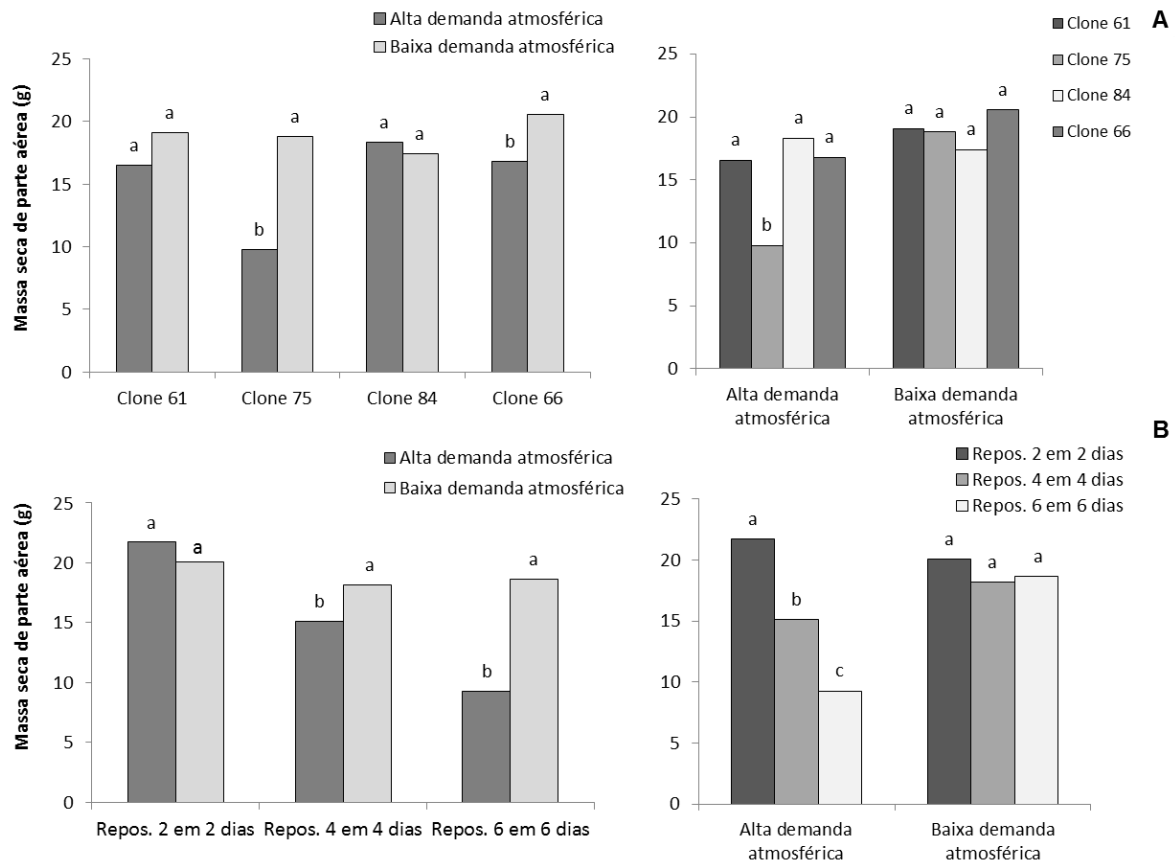


Figura 6 – Massa seca da parte aérea de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 45 dias de experimentação em casa de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30 °C; DPV 1,36 Kpa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C; DPV 0,44 Kpa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013.

3.2.3 Massa seca radicular

A massa seca de raiz apresentou interação tripla significativa, sendo avaliado o desdobramento do fator ambiente na figura 7A. Nessa análise, os clones 61 e 2, no intervalo de reposição de água a cada 2 dias apresentaram menor massa de raiz no ambiente de alta demanda atmosférica, sendo para os demais intervalos de reposição de água, os ambientes iguais entre si.

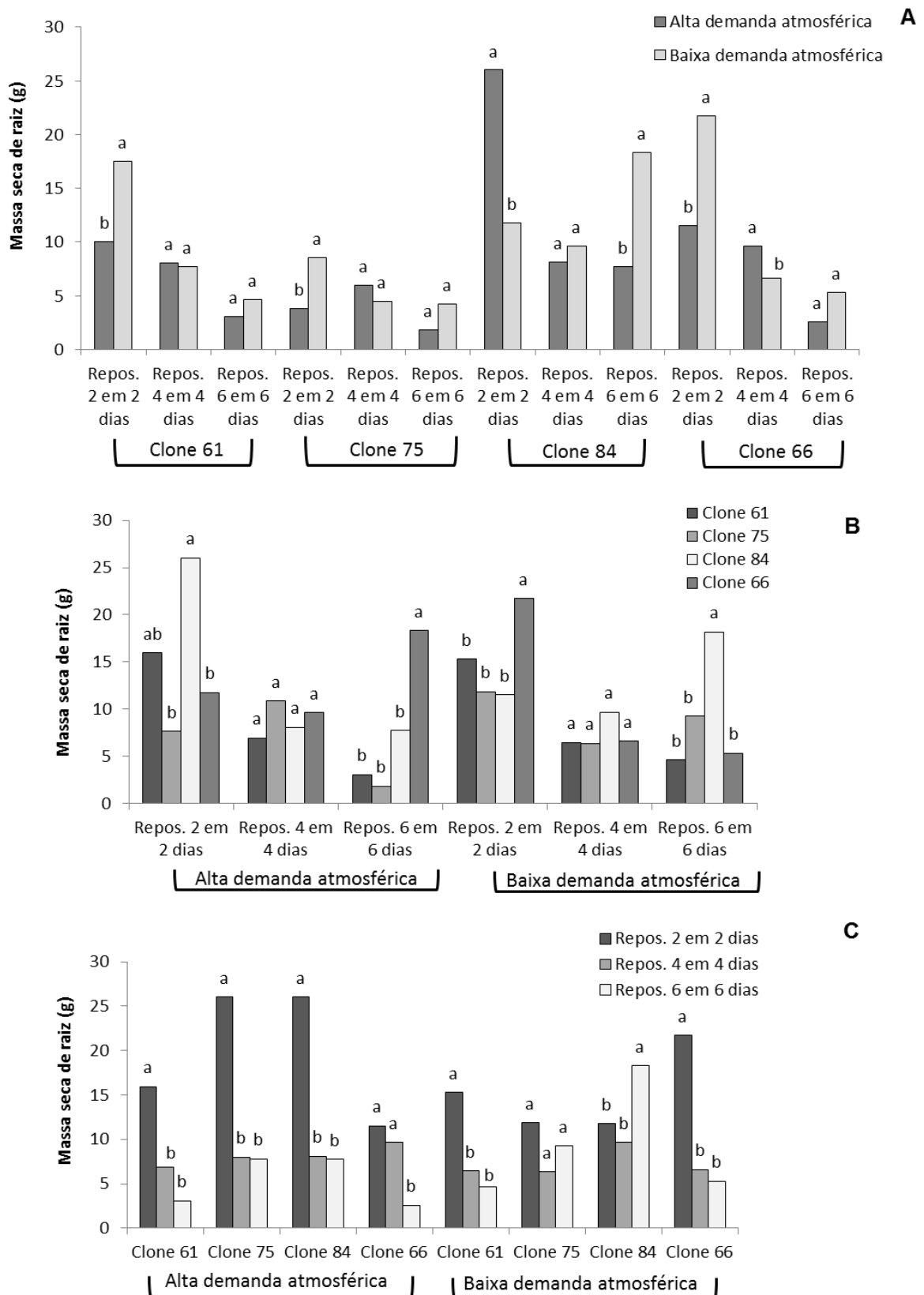


Figura 7 – Massa seca radicular de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 45 dias de experimentação em casa de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30 °C; DPV 1,36 Kpa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C; DPV 0,44 Kpa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013.

O clone 84 apresentou biomassa radicular superior no ambiente de maior demanda atmosférica, no tratamento com reposição de água a cada 2 dias, sendo que no tratamento de menor disponibilidade hídrica (reposição hídrica a cada 6 dias) o ambiente de baixa demanda atmosférica apresentou maior biomassa de raiz. O clone 66, para as mesmas condições, apresentou maior biomassa radicular no ambiente de baixa demanda atmosférica, quando o intervalo de reposição hídrica é menor (2 em 2 dias). No entanto, quando o intervalo de reposição de água é de 4 dias, o ambiente de alta demanda atmosférica foi mais propício a produção de raízes para esse material genético.

Na análise do desdobramento do fator clone, no ambiente de alta demanda atmosférica (Figura 7B) com menor intervalo de reposição de água (2 dias), o clone 84 apresentou superioridade em biomassa radicular, seguido do clone 61 que por sua vez foi estatisticamente superior aos clones 75 e 66. Em condição de menor disponibilidade hídrica no substrato, com intervalo de 6 dias para reposição de água, o clone 66 foi superior aos demais.

No ambiente de baixa demanda atmosférica, o clone 66 foi superior aos demais quando sob condições de maior disponibilidade hídrica no solo (reposição de água a cada 2 dias). Para o intervalo de irrigação de 6 dias, o material genético que apresentou-se superior no incremento dessa variável foi o clone 84.

3.2.4. Área foliar

Para a variável área foliar, houve interação entre os fatores ambiente x clone e ambiente x intervalo de reposição de água. O desdobramento do fator ambiente dentro do fator clone (Figura 8A) retrata a susceptibilidade dos clones 61 e 2 no ambiente de alta demanda atmosférica, sendo que os clones 84 e 66 não foram afetados pela alta demanda atmosférica desse ambiente.

Com base na análise do desdobramento do fator ambiente dentro dos níveis de água disponível (Figura 8B), verifica-se que não houve influencia do ambiente no incremento em área foliar quando o intervalo de reposição foi de 2 dias. Todavia, a alta demanda atmosférica reduziu a expansão das folhas a partir do intervalo de 4 dias para reposição de água. Sendo possível verificar, na análise da área foliar

dentro do ambiente de alta demanda atmosférica, que houve uma gradual redução dessa variável influenciada pelo intervalo de reposição hídrica.

Os clones 61 e 75 apresentaram susceptibilidade à alta demanda atmosférica, sendo que a produção em área foliar foi reduzida em 39% e 53% respectivamente, no ambiente de alta demanda atmosférica. E quando avaliados o efeito dos intervalos de reposição de água, houve influencia da redução da disponibilidade hídrica apenas no ambiente de alta demanda atmosférica, sendo que a reposição de água a cada 4 e 6 dias prejudicaram o incremento em área foliar dos materiais genéticos avaliados, ocasionando uma redução de 44% e 69% respectivamente, quando comparadas ao tratamento de reposição de água a cada dois dias.

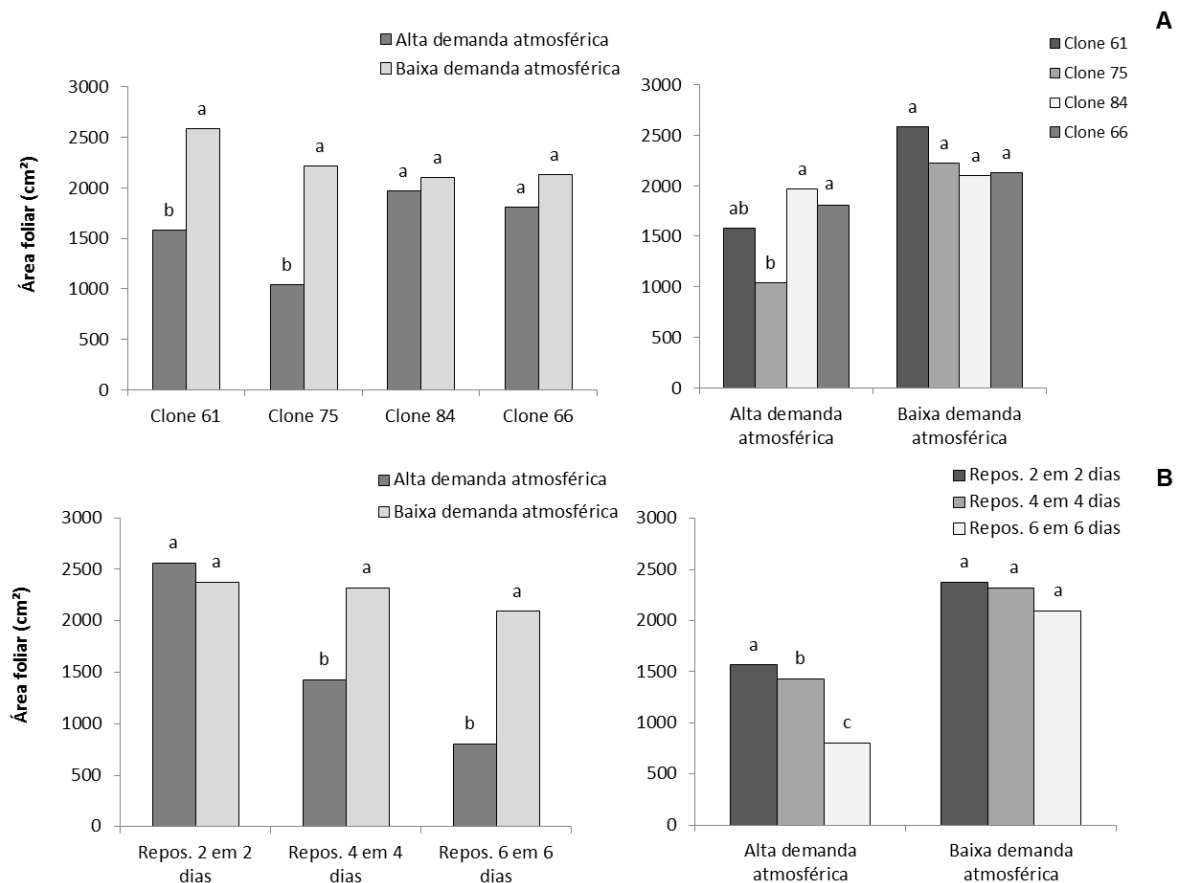


Figura 8 – Área foliar de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 45 dias de experimentação em casa de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30 °C; DPV 1,36 Kpa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C; DPV 0,44 Kpa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013.

3.2.5 Altura e Diâmetro

Os parâmetros altura e diâmetro apresentaram interação estatística significativa entre ambiente x clone e entre ambiente x intervalo de reposição de água.

A variável altura retrata, no desdobramento do fator ambiente (Figura 9A), que o clone 75 apresentou maior crescimento no ambiente de baixa demanda atmosférica. No entanto, o clone 84 foi favorecido em crescimento no ambiente de alta demanda atmosférica.

Dentro do ambiente de alta demanda atmosférica, o clone 84 novamente foi o material genético de maior incremento, seguido do clone 66. Todavia, os clones 61 e 75 não apresentaram crescimento satisfatório sob alta demanda atmosférica. E na análise de crescimento dentro do ambiente de baixa demanda atmosférica, todos os clones foram estatisticamente iguais entre si.

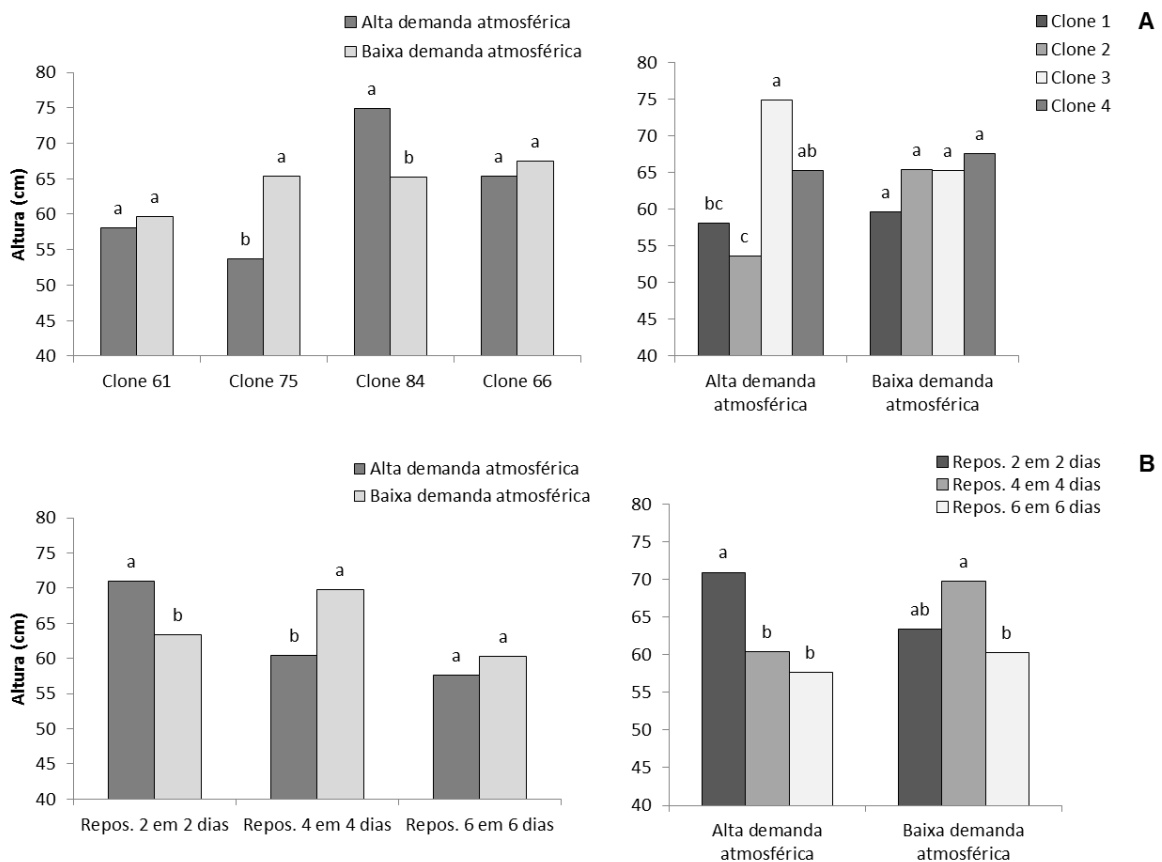


Figura 9 - Altura de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 45 dias de experimentação em casa de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30 °C; DPV 1,36 Kpa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C; DPV 0,44 Kpa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013.

A análise do desdobramento do fator ambiente dentro do fator reposição de água (Figura 9B) demonstra que, dentro do menor intervalo de reposição de água (reposição a cada 2 dias), o ambiente com alta demanda atmosférica foi mais favorável à altura das plantas. Entretanto, o aumento do intervalo de reposição de água para 4 dias prejudicou o crescimento das plantas, fazendo com que o ambiente de menor demanda atmosférica passasse a ser o mais propício. E quando a reposição de água acontecia com maior intervalo (6 em 6 dias) não houve diferença entre os ambientes.

Na análise do desdobramento do fator reposição hídrica dentro dos ambientes (Figura 9B), verifica-se que no ambiente de alta demanda atmosférica a reposição de água com intervalo de 2 dias é a mais indicada para o incremento em altura das plantas. No entanto, no ambiente de baixa demanda atmosférica, o intervalo de 4 dias para reposição hídrica foi superior aos demais. Nesse caso menores intervalos de reposição hídrica são desnecessários, uma vez que a reposição de água a cada 4 dias atende as necessidades da planta em ambiente com temperatura média de 25 °C.

A análise da interação ambiente x clone demonstra que, para a variável diâmetro (Figura 10A), o clone 75 foi o material genético que apresentou redução no ambiente de alta demanda atmosférica, e os demais não apresentaram diferença significativa.

No desdobramento do fator ambiente x intervalo de reposição de água (Figura 10B) para a mesma variável, não houve influência dos ambientes quando a reposição hídrica era feita a cada dois dias. No entanto, quando a reposição era realizada a cada 4 ou 6 dias, o ambiente de baixa demanda atmosférica foi estatisticamente superior. Ou seja, para essa variável é necessário que haja disponibilidade hídrica adequada para que as plantas atendam a alta demanda do ambiente sem reduzir o incremento em diâmetro.

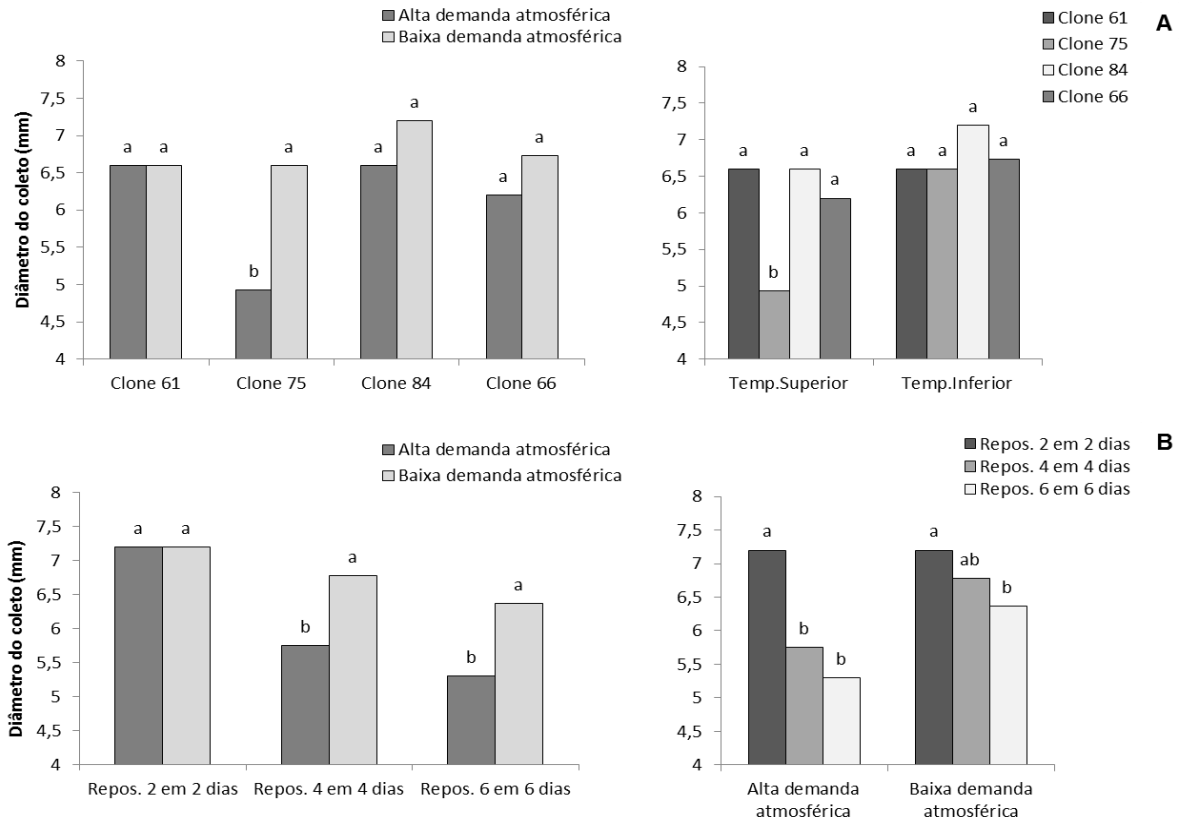


Figura 10 – Diâmetro do coleto de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* aos 45 dias de experimentação em casa de vegetação climatizada com alta demanda atmosférica (Temp. 30 °C; DPV 1,36 Kpa) e baixa demanda atmosférica (Temp. 25 °C; DPV 0,44 Kpa) sob diferentes intervalos de reposição de água no substrato (2, 4 e 6 dias), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 20 de Dezembro de 2012 a 04 de Fevereiro de 2013.

Para a mesma variável, no ambiente de alta demanda atmosférica, o intervalo de reposição de 2 dias foi superior aos demais, e no ambiente de menor demanda atmosférica os intervalos de reposição de 2 e 4 dias foram iguais entre si e superiores ao intervalo de 6 dias. Demonstrando que ao contrário da altura, para um maior incremento em diâmetro é necessário menores intervalos de reposição de água no substrato, mesmo em ambiente com menor demanda atmosférica, como o ambiente estudado.

4 DISCUSSÃO

O aumento da demanda atmosférica, associada a diferentes intervalos de reposição hídrica possibilitou diferenciar os clones estudados, uma vez que os materiais genéticos têm sensibilidades diferentes frente às variações ambientais (NUNES et al., 2002)

No presente estudo, foi possível verificar que a produção de massa seca total dos clones estudados foi afetada tanto pelo demanda atmosférica quanto pelo intervalo de reposição de água ao substrato (Figura 5), sendo possível inferir sobre um padrão de tolerância e susceptibilidade dos materiais genéticos avaliados, assim como a pesquisa desenvolvida por Alves, (2007) que relata diferenças na produção de biomassa entre os materiais genéticos de eucalipto.

Entre os padrões de crescimento observados, pode-se inferir que o clone 61 em condições de alta demanda atmosférica é susceptível a deficiência hídrica, sendo esta susceptibilidade menos acentuada sob baixa demanda atmosférica. O clone 75 apresentou maior crescimento em ambiente de baixa demanda atmosférica, sendo susceptível a altas demandas atmosféricas, todavia, em comparação aos demais clones estudados, foi o que apresentou menor crescimento e, no entanto, a redução da disponibilidade hídrica não o afetou significativamente, quando encontrava-se em ambiente com baixa demanda atmosférica. O clone 84, que no ambiente de alta demanda atmosférica foi o material genético que apresentou superioridade na produção de massa seca total quando o intervalo de reposição de água foi a cada 2 dias, permite inferir que provavelmente, esse clone apresenta uma baixa eficiência no uso da água, com reduzido controle estomático, consumindo grandes quantidades de água em locais de alta demanda atmosférica, sendo então bastante penalizado sob deficiência hídrica, uma vez que a reposição de água de 4 em 4 dias já não atendia a necessidade do mesmo.

McDowell et al. (2011) apontam uma hipótese de falha hidráulica evidenciando que, quando o abastecimento de água do solo é reduzido, associado com alta demanda evaporativa do ar, causa a cavitação de vasos do xilema, interrompendo o fluxo de água pelos tecidos. Os autores enfatizam que essa hipótese é baseada no princípio de que a dessecação completa leva a morte celular. Diante disso, pode-se inferir que

a associação das condições estressantes impostas pela demanda atmosférica alta e baixa disponibilidade hídrica no substrato reduz o fluxo de seiva bruta no xilema, uma vez que a taxa de absorção de água pelas raízes não era suficiente para suprir a demanda evapotranspiratória das plantas.

Os resultados obtidos no presente estudo revelam que todos os clones avaliados apresentaram redução do crescimento com a associação de alta demanda atmosférica e reduzida disponibilidade hídrica no substrato. No entanto, os clones 61 e 66 apresentaram-se como materiais genéticos susceptíveis a deficiência hídrica, mesmo sob baixa demanda atmosférica. Isso acontece uma vez que, como estratégia de tolerância a dessecação, as plantas tendem a fechar os estômatos, reduzindo a perda de água em condições de baixa disponibilidade hídrica. Esse processo pode causar maiores danos quando a condição estressante se prolonga, causando uma série de alterações fisiológicas impulsionadas pela fotoinibição (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Resultados semelhantes foram reportados por Tatagiba, (2006), Lopes, (2009) e Xavier et al., (2013), estudando a produção de biomassa de clones do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*, aos 250 dias, 16 e 17 meses, e 120 dias respectivamente, retratando um incremento em biomassa diferente entre os clones, de acordo com as condições climáticas onde as plantas se desenvolviam e sua interação com a disponibilidade hídrica. Esses resultados enfatizam a relevância de estudos sobre a interação de fatores climáticos com disponibilidade hídrica (MCDOWELL et al. 2008), principalmente no que se refere a identificação de materiais genéticos mais indicados para cada localidade na tentativa de reduzir as perdas em campo.

Em geral, todas as variáveis de crescimento avaliadas neste estudo foram afetadas de forma significativa em decorrência da demanda atmosférica do ambiente e da disponibilidade hídrica. Nessa linha, Larcher (2006) afirma que o incremento da massa seca da planta acontece quando o carbono que não é consumido pela respiração é utilizado para o crescimento. Essa diferença do crescimento das plantas entre os intervalos de reposição de água pode ser atribuída então ao fato de que, o crescimento das plantas é dependente dos carboidratos produzidos na fotossíntese, e se esse processo é interrompido pelo fechamento estomático proveniente da desidratação, as plantas podem ter seu desenvolvimento paralisado (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 1990). Essa linha de pesquisa é aprimorada

na hipótese defendida por McDowell et al. (2011) que retrata a incapacidade de manutenção do metabolismo, devido ao equilíbrio de carboidratos. Os autores explicam que isso acontece quando a quantidade de carbono disponibilizado pelo processo fotossintético é menor do que o requerido pela respiração, tornando-se uma ameaça à sobrevivência durante a seca. E segundo os autores, a morte acontece quando as plantas não têm mais gradientes de energia para impulsionar o metabolismo ou regenerar.

Nesse caso, para que a alta demanda do ambiente não se torne um fator altamente estressante para as plantas, é necessário que haja disponibilidade hídrica para atender a alta demanda por translocação de água do solo para a planta, e posteriormente, para a atmosfera. E no presente estudo foi possível observar que a associação desses dois fatores em condições estressantes para as plantas mudaram os padrões de preferência e tolerância dos materiais genéticos em estudo. O clone 84 retratou-se altamente resistente à alta demanda atmosférica, essa tolerância, no entanto, demonstrou-se apenas quando o intervalo de reposição de água no substrato era de dois em dois dias, uma vez que com reduzida disponibilidade hídrica esse material genético teve seu crescimento severamente reduzido. A mesma inversão de preferência foi pronunciada pelo clone 66, porém, em condição de baixa demanda atmosférica.

A redução no crescimento e na produção de biomassa em mudas de eucalipto influenciada pelo estresse hídrico é verificada em vários estudos, como os de Kameli e Lösel (1996), Costa e Silva et al (2004), Susiluoto e Berninger (2007) e Rad et al., (2011).

Lopes, Guerrini; Saad (2007) verificaram aumento da massa seca da parte aérea e da raiz de plantas de *Eucalyptus grandis* aos 108 dias, quanto maior foi a lâmina de irrigação aplicada. Resultados semelhantes foram observados por Pereira et al. (2006), trabalhando com dois clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* e por Vellini et al. (2008) onde todas as espécies de eucalipto avaliadas apresentaram melhor desenvolvimento das mudas quando submetidas à irrigação diariamente. E Gindaba; Rozanov; Negash (2005), estudando além de outras plantas, duas espécies de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus globulus*), também observaram que as plantas constantemente irrigadas produziram cerca de 4-6 vezes mais biomassa em comparação com as plantas sob deficiência hídrica.

Esses relatos dos efeitos da restrição hídrica na produção de biomassa das plantas são comuns na literatura, porém Ryan (2011) relata que as respostas das plantas às condições de deficiência hídrica tendem a ser complexas e variadas. No entanto, esse efeito pode ser atenuado ou amplificado de acordo com as condições microclimáticas locais, uma vez que uma maior demanda atmosférica condiciona a uma excessiva transpiração, e sendo assim, quanto maior a demanda, maior a exigência hídrica da planta (PEREIRA, ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002).

Gindaba, Rozanov e Negash, (2004) e Rad et al. (2011), em estudo com eucalipto dentro de casa de vegetação, relataram uma redução da eficiência do uso da água em plantas com deficiências hídricas. Sendo assim, materiais genéticos que possuem uma maior eficiência no uso da água são mais indicados para locais com temperaturas mais elevadas.

A área foliar foi afetada tanto pela disponibilidade hídrica quanto pela demanda atmosférica, além de apresentar variabilidade entre os materiais genéticos avaliados (Figura 8). Sendo, o rápido aumento da superfície da folha um fator muito importante para aumentar a eficiência na utilização da radiação incidente (KOZLOWSKI; KRAMER; PALLARDY, 1990), a abscisão foliar pode ser considerada uma estratégia de adaptação das plantas, possibilitando reduzir rapidamente a sua superfície transpiratória, evitando a perda excessiva de água (LARCHER, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013) em condição de reduzida disponibilidade hídrica.

Na mesma linha de pesquisa, Martins (2007), trabalhando com *Eucalyptus grandis*, também, verificou redução da área foliar em plantas sob déficit hídrico. Outros pesquisadores verificaram que a área foliar de mudas de eucalipto produzidas sob manejos hídricos diferenciados apresentaram maiores médias nos tratamentos com maior disponibilidade hídrica, como foi o caso de Silva (1998); Costa e Silva et al (2004), Tatagiba (2006), Pereira et al., (2006) e Xavier et al. (2013). Resultados semelhantes foram encontrados por Ismael (2001); Lopes; Guerrini; Saad (2007), trabalhando com diferentes lâminas de irrigação.

O maior componente do crescimento vegetal é a expansão celular, governada pela pressão de turgescência, sendo o tamanho das plantas um critério utilizado para medir o crescimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2013). Sendo assim, com a variação no tamanho das plantas, entre os diferentes intervalos de reposição hídrica e demanda atmosférica do ambiente, pode-se dizer que esses resultados indicam que

possivelmente a pressão de turgor dessas plantas foi influenciada, apontando para uma redução da turgescência, associada com a murcha das folhas, ocasionando a paralisação do crescimento em altura e diâmetro das plantas, quando as condições hídricas e térmicas não estavam favorecendo-as.

Estudos como o de Alvarenga et al. (1994) encontraram crescimento 65% maior em altura de *E. grandis*, das plantas mantidas na capacidade de campo quando relacionadas àquelas se desenvolvendo sob condições de deficiência hídrica. Pereira et al. (2006) também obtiveram valores maiores de diâmetro das mudas de *Eucalyptus urograndis* nos tratamentos sem estresse hídrico. E Lopes, Guerrini e Saad (2007) verificaram um aumento gradativo do diâmetro do colo de *E. grandis* à medida que a lâmina de água foi maior.

Corroborando os dados do presente estudo, trabalhando com seis clones do híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*, Tatagiba (2006) encontrou resultados de redução da massa seca total, área foliar, diâmetro e altura das plantas sob deficiência hídrica quando relacionadas às plantas irrigadas.

5 CONCLUSÕES

As mudas dos materiais genéticos estudados apresentaram diferentes padrões de crescimento nas condições de diferentes demandas atmosféricas, principalmente quando estas condições estavam associadas à reduzida disponibilidade hídrica no substrato.

O crescimento inicial dos quatro clones de eucalipto foi modificado quando estavam sob reduzida disponibilidade hídrica, independente da demanda atmosférica.

Na fase inicial de desenvolvimento, o clone 84 é um material genético altamente produtivo em condições de alta demanda atmosférica, no entanto é altamente penalizado em condições de deficiência hídrica associada com alta temperatura do ar.

O clone 66 é o material genético mais produtivo em condições de baixa demanda atmosférica.

6 REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R. C. et al. Efeitos do conteúdo de água no solo e da poda de raízes sobre o crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, v.18, n.2, p.107-114, 1994.
- ALVAREZ V., V. H. et al Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.
- ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba: L.R Angelocci, 2002.
- BAESSO, R. C. E.; RIBEIRO, A.; SILVA, M. P. Impacto das mudanças climáticas na produtividade do eucalipto na região norte do Espírito Santo e sul da Bahia. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 2, p. 335-344, abr.-jun., 2010.
- BELL, D. T.; WILLIAMS, J. E. Eucalypt ecophysiology. Capítulo 8. IN: **Eucalypt Ecology: Individuals to ecosystems**. WILLIAMS, J.; WOINARSKI, J. (Org.) Cambridge University Press, 1997.
- COSTA E SILVA, F. et al. Responses to water stress in two *Eucalyptus globulus* clones differing in drought tolerance. **Tree Physiology**, v. 24, p. 1165–1172, 2004.
- COSTELLO, L. R. et al. **Abiotic Disorders of Landscape Plants: A Diagnostic Guide**. University of California Agriculture and Natural Resources. Publication 3420. Oakland, Califórnia. 2003. 242 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EVANGELISTA, R. C. **Impacto das mudanças climáticas na produtividade de eucalipto em duas regiões do Brasil**. 2006. 48 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- FURTADO, F. D. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- GALVEZ, D. A.; LANDHÄUSSER, S. M.; TYREE, M. T. Root carbon reserve dynamics in aspen seedlings: does simulated drought induce reserve limitation? **Tree Physiology**, v. 31, p. 250–257, 2011.
- GINDABA, J.; ROZANOV, A.; NEGASH, L. Photosynthetic gas exchange, growth and biomass allocation of two *Eucalyptus* and three indigenous tree species of Ethiopia under moisture deficit. **Forest Ecology and Management**, v. 205, p. 127–138, 2005.
- GINDABA, J.; ROZANOV, A.; NEGASH, L. Response of seedlings of two *Eucalyptus* and three deciduous tree species from Ethiopia to severe water stress. **Forest Ecology and Management**, v. 201, p. 119–129, 2004.

HASSE, G. **Eucalipto**: Histórias de um Imigrante Vegetal. Porto Alegre: JÁ Editores, 2006. 127p.

ISMAEL, J. J. **Efeitos da fertilização nitrogenada e da umidade do substrato na aclimação e na adaptação no campo de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN)**. 2001. 106f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

KAMELI, A.; LÖSEL, D. M. Growth and sugar accumulation in durum wheat plants under water stress. **New Phytologist**, v. 132, p. 57 – 62, 1996.

KOZLOWSKI, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. **The physiological ecology of woody plants**. London: Academic Press, 1990. 657 p.

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

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

LOPES, T. da S. **Crescimento inicial e ecofisiologia de clones de eucalipto sob diferentes condições climáticas**. 2009. 117 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, 2009.

MARTINS, F. B. **Desenvolvimento e estresse hídrico em mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) e *Eucalyptus saligna* (Smith)**. 2007. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria. 2007.

MCDOWELL, N. et al. Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? **New Phytologist**, v. 178, p. 719–739, 2008.

MCDOWELL, N. G. Mechanisms linking drought, hydraulics, Carbono metabolism, and vegetation mortality. **Plant Physiology**, v. 155, p. 1051–1059, 2011.

MCLAUGHLIN, S. B., WULLSCHLEGER, S. D.; NOSAL, M. Diurnal and seasonal changes in stem increment and water use by yellow poplar trees in response to environmental stress. **Tree Physiology**, v. 23, p. 1125-1136, 2003.

MERCHANT, A. et al. Contrasting physiological responses of six *Eucalyptus* species to water deficit. **Annals of Botany**, v. 100, p. 1507–1515, 2007.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A Cultura do Eucalipto no Brasil**: Eucalypt Cultivation in Brazil. Sociedade Brasileira de Silvicultura. São Paulo. 2000.

NUNES, G. H de.S. et al. Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, v.8, n.1, p. 49-58, 2002.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia**: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: ed. Agropecuária, 2002. p. 247-267.

PEREIRA, M. R. R. et al. Comportamento fisiológico e morfológico de clones de *Eucalyptus urograndis* submetidos a diferentes níveis de água no solo. **Irriga**, outubro-dezembro, v. 11, n. 4, p. 518-531, 2006.

RAD, M.H. et al. Effects of different soil moisture regimes on leaf area index, specific leaf area and water use efficiency in *Eucalyptus* (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) under dry climatic conditions. **Asian Journal of Plant Sciences**, v. 10, n. 5, p, 294 – 300, 2011.

RYAN, M. G. Tree responses to drought. **Tree Physiology**, v. 31, p. 237-239, 2011.

SILVA, M. R. **Caracterizações morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (HILL ex MAIDEN) submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação**. 1998. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

SUDARIC, A.; SIMIC, D.; VRATARIC, M. Characterization of genotype by environment interactions in soybean breeding programmes of southeast Europe. **Plant Breeding**, v.125, p.191-194, 2006.

SUSILUOTO, S.; BERNINGER, F. Interactions between morphological and physiological drought responses in *Eucalyptus microtheca*. **Silva Fennica**, v. 41, n 2, p. 221–233, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Piracicaba: Ed. Artmed, 5. ed., 2013.

VELLINI, A. L. T. et al. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v.32, n.4, p.651-663, 2008.

XAVIER, T. M. T. et al. Influence of water deficit and season on biomass yield from clonal stands of *Eucalyptus*. **Cerne**, v. 19, n. 3, p. 473-479, jul./set. 2013.

CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÃO DO USO DE UM FOTOPROTETOR FOLIAR EM PLANTAS DE EUCALIPTO SOB ESTRESSE HÍDRICO EM DIFERENTES CONDIÇÕES MICROCLIMÁTICAS

RESUMO

O estudo objetivou avaliar o uso de um fotoprotetor foliar à base de carbonato de cálcio sob o crescimento de dois clones comerciais do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* em ambientes com diferentes demandas atmosféricas, associadas com estresse hídrico. A pesquisa foi desenvolvida na área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no município de Jerônimo Monteiro, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013, totalizando 60 dias de experimentação. O estudo foi realizado em casas de vegetação climatizadas, caracterizando quatro ambientes com diferentes condições microclimáticas. Mudanças de dois clones (Clone 75 e Clone 84) do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, aos 50 dias de idade, foram transplantadas para vasos plásticos de 12 litros de substrato. Foi utilizado um fotoprotetor foliar, composto por 62,5% de carbonato de cálcio, aplicado na concentração de 5%, na superfície adaxial da folha. Para indução do estresse hídrico, era realizada suspensão da reposição de água até que o solo atingisse 30% da água disponível e, quando esse nível era atingido, realizava-se a reposição de água para que mesmo retornasse à capacidade de campo, com base em pesagens diárias dos vasos. Ao longo de todo período experimental, foi realizado o monitoramento das condições microclimáticas dos ambientes por meio de estações meteorológicas automáticas. No final do experimento, foram avaliadas as variáveis de crescimento: altura, diâmetro, área foliar, massa seca da parte aérea, raízes e total e relação raiz/parte aérea. Aos 50 dias de experimentação, quando todos os tratamentos encontravam-se sob mesma condição hídrica no substrato, foi realizada a medição do status hídrico foliar e das trocas gasosas. O experimento foi montado no esquema fatorial 4x2 em delineamento experimental inteiramente casualizado, sendo quatro ambientes (Temperatura inferior, Temperatura intermediária, Temperatura superior com DPV alto e Temperatura superior com DPV baixo) e dois

níveis de fotoprotetor foliar (com e sem), com cinco repetições cada, sendo realizada a mesma análise para os dois clones. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para os dois materiais genéticos de eucalipto avaliados, a alta demanda atmosférica atuou como um fator estressante para as mudas de eucalipto em crescimento inicial. A aplicação do fotoprotetor foliar favoreceu o crescimento, status hídrico e trocas gasosas das plantas sob estresse hídrico, em condições de alta demanda atmosférica. E em ambientes com baixa demanda atmosférica a aplicação do fotoprotetor foliar não beneficiou o crescimento das plantas estudadas.

Palavras-chave: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Carbonato de Cálcio. Estresse hídrico. Estresse térmico.

CHAPTER 2 - REVIEW OF THE USE OF A SUNSCREENS LEAF PLANTS EUCALYPTUS UNDER WATER STRESS IN DIFFERENTS CONDITIONS MICROCLIMATIC

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the use of a sunscreen leaf base of calcium carbonate on the growth of two commercial clones of the hybrid *E. urophylla* x *E. grandis* in environments with different atmospheric demands associated with water stress. The research was conducted in the experimental area of the *Departamento de Ciências Florestais e da Madeira* of the *Universidade Federal do Espírito Santo*, in *Jerônimo Monteiro*, in the period from 17 June 2013 to 15 August 2013, totaling 60 days of experimentation. The study was conducted in greenhouses, featuring four environments with different microclimatic conditions. Seedlings of two clones (Clone 75 e Clone 84) of the hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* at 50 days of age were transplanted to plastic pots of 12 liters of substrate. A foliar sunscreen composed of 62.5% calcium carbonate, applied in a concentration of 5%, to the adaxial leaf surface was used. For induction of water stress, the suspension was carried out replacement of water until the soil reached 30% of available water, and when this level was reached, was realized the replacement of water so that the soil returned to field capacity, based in daily weighing vessel. Throughout the experimental period the monitoring of microclimate environments through automated weather stations was conducted. At the end of the experiment the growth variables height, diameter, leaf area, dry weight of shoots, roots and total root/shoot ratio shoots were evaluated. After 50 days of trial when all treatments were under water condition in the same substrate measuring leaf water status and gas exchange was performed. The experiment was arranged in a 4x2 in a completely randomized design, with four conditions (Lower temperature, Intermediate temperature, Superior temperature with High DPV and Superior temperature with low DPV) and two levels of foliar sunscreen (with and without), with five replications, the same analysis was performed for the two clones. Data were subjected to analysis of variance and when significant, the means were compared by Tukey test at 5% probability. For those genetic materials eucalyptus reviews, high atmospheric demand acted as a stressor for eucalyptus seedlings in early growth. The foliar application of sunscreen favored

the growth, water status and gas exchange of plants under water stress conditions of high atmospheric demand. And in environments with low air demand the application of sunscreen does not benefited the growth of the plants studied.

Keywords: *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. Calcium Carbonate. Water stress. Thermal stress.

1 INTRODUÇÃO

As alterações climáticas ocorridas nas últimas décadas têm despertado a atenção de diferentes segmentos da sociedade, especialmente com relação às suas causas e consequências, uma vez que as alterações no ambiente vêm ocasionando graves danos sociais, econômicos e ambientais (JESUS JUNIOR et al., 2008; GHINI; HAMADA, 2008). Tais mudanças nos fatores climáticos poderão proporcionar impactos direta e indiretamente no setor agrícola e florestal em todo mundo. Isso por que, o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera está alterando o balanço energético do sistema (IPCC, 2013), e com isso, diversos efeitos potenciais poderão ser causados nos agroecossistemas.

As grandes preocupações giram em torno da redução da camada de ozônio, aumentando os índices de radiação incidente na superfície, o consequente aumento das temperaturas e a associação de tais fatores com a redução da disponibilidade hídrica, ocasionada pela alteração do índice pluviométrico em várias regiões, como relatados por Evangelista (2006), IPCC, (2013) e Baesso, Ribeiro e Silva (2010).

Nesse contexto, compreender os mecanismos de tolerância e as respostas fisiológicas das plantas diante dos estresses ambientais é importante, visando à seleção de materiais genéticos que alcancem altas produtividades em situações consideradas limitantes, uma vez que constantemente as plantas são impostas a condições estressantes.

Nesse caso, como o Brasil atualmente é considerado o 4º maior produtor mundial de celulose, e a procura por matéria-prima vem aumentando consideravelmente nos últimos anos, a escolha de materiais genéticos de eucalipto aptos para o plantio no Brasil tem se baseado, primeiramente, em critérios climáticos e, embora o clima seja o fator que defina ocorrência das espécies, uma mesma espécie pode ser encontrada em mais de um local com condições climáticas diferentes e com exigências edafoclimáticas bem diferenciadas, inferindo em respostas distintas quanto ao crescimento (BARROS et al., 1990).

Com isso, faz-se necessário buscar alternativas para redução dos danos causados pelo estresse ambiental, principalmente quando mais de um fator está atuando sobre as plantas. Uma das alternativas está sendo a aplicação de fotoprotetor foliar,

por meio da pulverização de compostos à base de minerais que formam uma película protetora na face adaxial da folha, reduzindo os efeitos nocivos da radiação solar, calor e estresse hídrico (AHMED; SHAABAN; AHMED, 2011).

Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar o efeito do uso de um fotoprotetor foliar sob o crescimento de dois clones comerciais do híbrido *E. urophylla* x *E. grandis* em ambientes com diferentes demandas atmosféricas associadas ao estresse hídrico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERÍSTICAS DO LOCAL DE ESTUDO, MATERIAL VEGETAL E SUBSTRATO

A pesquisa foi desenvolvida na área experimental do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira no Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no município de Jerônimo Monteiro, ES (latitude 20°47'21" S, longitude 41°23'42" W e altitude 120 m). O período experimental foi de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013, totalizando 60 dias de experimentação.

A pesquisa foi desenvolvida em casas de vegetação climatizadas, com controle de temperatura do ar e umidade relativa (Figura 11), caracterizando quatro ambientes com diferentes condições microclimáticas, assim denominadas: Temperatura inferior, Temperatura intermediária, Temperatura superior com DPV alto e Temperatura superior com DPV baixo.



Figura 11 – Parte externa e painel de controle das variáveis climáticas da casa de vegetação climatizada, do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, em Jerônimo Monteiro ES.

Foram avaliadas mudas sadias de dois genótipos comerciais (Clone 75 e Clone 84) do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, produzidas no viveiro da Empresa Fibria, localizada no município de Aracruz no Estado do Espírito Santo, e selecionadas pelo Programa de Melhoramento da empresa. Os materiais genéticos foram escolhidos com base nos resultados do estudo realizado anteriormente e relatado no capítulo 1. O intuito foi aprofundar os conhecimentos estudando um clone que se mostrou altamente tolerante a alta demanda atmosférica (6084), mas que tem seu crescimento drasticamente reduzido sob reduzida disponibilidade

hídrica e um clone que comparado aos demais estudados foi o que menos cresceu sob alta demanda atmosférica (6075), no entanto, a redução da disponibilidade hídrica não ocasionou valores de crescimento tão discrepantes aos encontrados na condição potencial, com adequado suprimento hídrico..

As mudas foram obtidas aos 50 dias de idade, com classificação uniforme quanto ao padrão de qualidade e ausência de qualquer tipo de injúria, sendo transplantadas individualmente em vasos plásticos de 30 centímetros de altura, 25 centímetros de diâmetro superior, 22 centímetros de diâmetro inferior, com cerca de 12 litros de substrato. Os vasos foram dispostos em bancadas de metal de dois metros de comprimento, por um metro e vinte centímetros de largura e um metro de altura (Figura 12).



Figura 12 – Mudanças de quatro clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* recém-transplantadas, em casa de vegetação climatizada localizada no município de Jerônimo Monteiro - ES.

O período de aclimação das mudas foi de 15 dias, sob condições microclimáticas favoráveis e suprimento hídrico adequado para a espécie, e após esse período iniciaram-se os tratamentos com contagem do período de experimentação.

O substrato utilizado foi composto por 68% de solo Latossolo vermelho-amarelo, retirado na profundidade de 20 a 50 cm, 16% de esterco bovino curtido e 16% de palha de café. O mesmo foi submetido à análise química (Tabela 1) para certificar-se de que os teores nutricionais estavam dentro dos padrões recomendados por Alvarez et al. (1999).

2.2 APLICAÇÃO DO FOTOPROTETOR FOLIAR

O fotoprotetor foliar composto por 62,5% de carbonato de cálcio, 5% de propileno glicol, 1,5% de sílica cristalina e 30,1% de água foi aplicado na concentração de 5%, diluído em solução aquosa, sendo na mesma adicionado 0,05% de espalhante, permitindo que o produto permanecesse na superfície foliar, impedindo assim o escorrimento (Figura 13).

A aplicação foi realizada na superfície adaxial da folha, utilizando um pulverizador que liberava o líquido em pequenas gotículas formando uma névoa. A reaplicação foi realizada à medida que novas folhas eram produzidas, mantendo um padrão de no mínimo uma aplicação semanal para certificar-se de que todas as folhas estavam com uma pequena lâmina do produto.



Figura 13 – Folhas do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* pulverizadas com fotoprotetor foliar à base de carbonato de cálcio, em casa de vegetação climatizada localizada no município de Jerônimo Monteiro- ES.

2.3 ÁGUA DISPONÍVEL E REPOSIÇÃO DE ÁGUA AO SUBSTRATO

Os vasos foram saturados com água e permaneceram sem aplicação de tratamento até a drenagem total da água gravitacional, quando então foram pesados para estabelecer o peso dos vasos na capacidade de campo. Foram retiradas amostras de solo para determinação da umidade pelo método gravimétrico com o intuito de

certificar que os vasos encontravam-se com umidade na capacidade de campo para então dar início a aplicação dos tratamentos.

Para determinação da lâmina de água, foram utilizados pontos da curva de retenção de água no solo, determinada conforme Embrapa (1997). As amostras deformadas e previamente peneiradas, depois de saturadas por no mínimo 12 horas, foram levadas à câmara de pressão de Richards com placa porosa para estabilização, e posterior determinação da umidade gravimétrica (U), correspondente às tensões de 0,010 Mpa para a capacidade de campo e 1,5 Mpa para o ponto de murcha permanente, com três repetições. Sendo o valor da capacidade de campo (CC) de 28,8% e do ponto de murcha permanente (PMP) 17,72 %.

A densidade do substrato foi obtida pelo método da proveta, seguindo o roteiro da Embrapa (1997), apresentando valor de 0,92 g. cm³.

A indução da deficiência hídrica consistiu em suspender a reposição de água até que o solo atingisse 30% da água disponível, condição onde as plantas apresentavam sinais de reduzida turgescência das folhas sob condições de alta demanda atmosférica. Quando esse nível era atingido, realizava-se a reposição de água para que mesmo retorna-se à capacidade de campo.

O controle foi baseado no monitoramento da quantidade de água contida no solo através da pesagem diária dos vasos, e na reposição da fração perdida por evapotranspiração. Com auxílio de uma balança com precisão de 10 g foi contabilizada a quantidade de água perdida e realizada a reposição.

2.4 DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

2.4.1 Características microclimáticas

Para a aquisição de dados microclimáticos foram instaladas estações meteorológicas automáticas, uma em cada ambiente. Na estação estavam acoplados sensores de temperatura e umidade relativa do ar da Vaisala, modelo cs500, instalados em abrigos plásticos do tipo “multi-pratos” para evitar o efeito térmico da exposição direta dos raios solares. Os dados eram coletados e

armazenados em *datalogger* (modelo CR-10X, *Campbell Scientific*), com leituras a cada 10 segundos, e armazenados a cada 5 minutos.

O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi calculado a partir da estimativa da pressão de saturação de vapor d'água (e_s) e pressão parcial de vapor (e_a) de acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002). O déficit de pressão de vapor do ar (DPV) foi obtido pela diferença entre e_s e e_a .

2.4.2 Características de crescimento

No final do experimento, aos 60 dias, foram avaliados: altura, diâmetro, área foliar, massa seca da parte aérea, raízes e total e relação raiz/parte aérea.

A altura total das plantas foi medida com uma régua milimetrada, o diâmetro do coleto com auxílio de um paquímetro digital a 5 cm do substrato e a área foliar foi determinada com medidor de área foliar, modelo LI -3100 da LICOR. As plantas foram particionadas em parte aérea e raiz, e após a lavagem das raízes para retirada de todo substrato presente, as plantas foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 70 °C, por no mínimo 72 horas, para posterior pesagem da massa seca.

2.4.3 Características fisiológicas

Aos 50 dias de experimentação, foi determinado o potencial hídrico foliar antemanhã das plantas, às 04:00 horas, quando todos os tratamentos estavam sob a mesma condição hídrica no substrato (40% da água disponível). A medição foi realizada em folhas completamente expandidas, localizadas no terço superior da planta, sendo determinado o potencial hídrico das cinco plantas de cada tratamento, com 2 medições por planta. Para determinação foi utilizada uma bomba de pressão, tipo *Scholander*, modelo PMS 1505D (*PMS Instruments Co.*).

Aos 50 dias, também foi realizada uma caracterização das trocas gasosas foliares, com analisador de gases a infravermelho - IRGA (modelo LI-6400, marca LICOR) no

período de 08:00 às 09:30 horas. Foram medidas a fotossíntese líquida (A), a transpiração por unidade de área foliar (E) e a condutância estomática (g_s), na parte mediana de folhas completamente expandidas localizadas no terço superior da planta. Foram realizadas cinco medições em cada tratamento, sendo cada repetição composta por duas folhas da mesma planta.

2.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi montado no esquema fatorial 4x2 em delineamento experimental inteiramente casualizado. Os tratamentos consistiram da interação de quatro ambientes (Temperatura inferior, Temperatura intermediária, Temperatura superior com DPV alto e Temperatura superior com DPV baixo) e dois níveis de fotoprotetor foliar (com e sem), com cinco repetições cada. Sendo realizada a mesma análise para os dois clones.

Os dados de crescimento de plantas, status hídrico e trocas gasosas foram submetidos à análise de variância e, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o *software* SISVAR 5.1 de Furtado (2011).

3 RESULTADOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA

Os ambientes do presente estudo apontam diferenças marcantes de temperatura e déficit de pressão de vapor (Figura 14). Verifica-se no detalhamento dos parâmetros microclimáticos, a diferença entre os quatro ambientes, sendo a diferença do poder evaporante do ar retratada na avaliação do déficit de pressão de vapor (Figura 14B), o que condiciona quatro ambientes com condições de demandas atmosféricas diferentes.

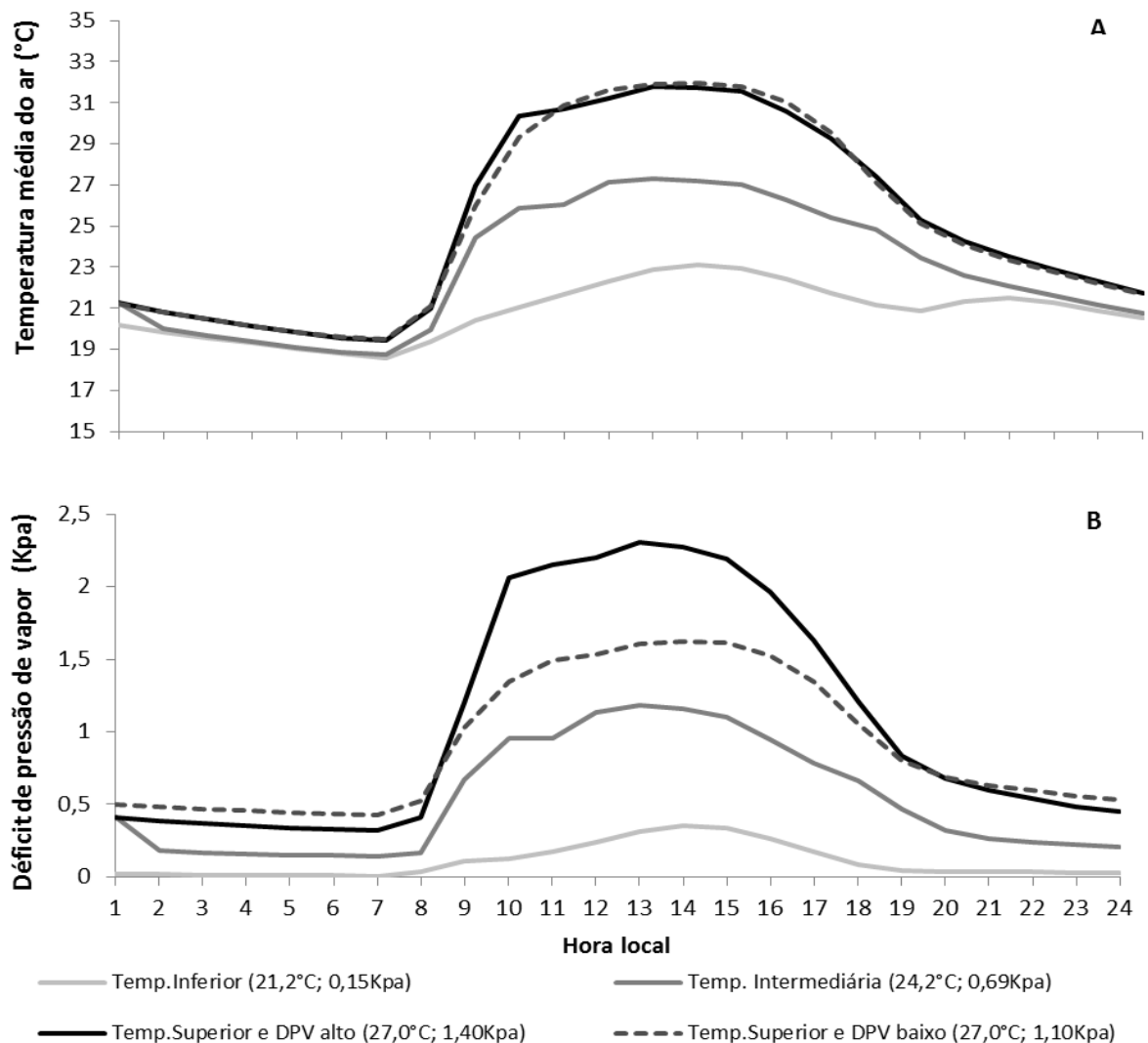


Figura 14 - Curso médio diário da temperatura média do ar (A) e déficit de pressão de vapor (B), em quatro casas de vegetação climatizadas no município de Jerônimo Monteiro, ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.

As temperaturas máximas foram de 23,6; 28,6; 32,4 e 33,3 °C, e as mínimas de 18,3; 18,5; 19,2 e 19,2 °C. O déficit de pressão de vapor do ar máximo foi de 0,4; 1,5; 2,8 e 2,2 Kpa para os ambientes de temperatura inferior, intermediária, superior com DPV alto e superior com DPV baixo, respectivamente.

O detalhamento por período do dia dos valores médios dos parâmetros microclimáticos avaliados está representado na Tabela 4. Nos horários mais quentes (11:00 às 14:59 h), em média, a diferença de temperatura entre o ambiente de demanda atmosférica mais alta (Temperatura superior e DPV alto) e o ambiente de menor demanda (Temperatura inferior) foi de 8,8 °C, e de 1,93 Kpa para o déficit de pressão de vapor do ar.

Tabela 4 - Temperatura média e déficit de pressão de vapor em frações horárias do período diurno e média noturna, de quatro ambientes em casa de vegetação climatizada no município de Jerônimo Monteiro, ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013

Horário	Temperatura média do ar (°C)			
	Temp.Inferior	Temp. Intermediária	Temp.Superior e DPV alto	Temp.Superior e DPV baixo
07:00 - 10:59	20,6	24,1	27,2	26,8
11:00 - 14:59	22,8	27,2	31,6	31,8
15:00 - 18:59	21,5	25,0	28,1	28,2
19:00 - 06:59	20,1	20,4	21,3	21,3
Horário	Déficit de pressão de vapor do ar (Kpa)			
	Temp.Inferior	Temp. Intermediária	Temp.Superior e DPV alto	Temp.Superior e DPV baixo
07:00 - 10:59	0,11	0,69	1,46	1,10
11:00 - 14:59	0,31	1,14	2,24	1,59
15:00 - 18:59	0,14	0,71	1,41	1,18
19:00 - 06:59	0,02	0,24	0,49	0,55

3.2 ANÁLISE DO CRESCIMENTO

3.2.1 Clone 75

Tanto para a massa seca total (Figura 15), quanto para massa seca da parte aérea (Figura 16) e da raiz (Figura 17), não houve interação estatística significativa entre os fatores ambiente e fotoprotetor foliar. A massa seca total apresentou diferença estatística entre os ambientes e, a massa seca da parte aérea e da raiz foram

influenciadas pelo ambiente e pela aplicação do fotoprotetor foliar, sendo então avaliados os efeitos dos fatores isoladamente.

Os dados da análise da massa seca total das plantas do clone 75 (Figura 15) indicam uma susceptibilidade dessa material genético à ambientes de temperaturas altas, uma vez que as plantas desse clone apresentaram uma redução do incremento em biomassa nos ambientes de temperatura superior. O mesmo pode ser observado para massa seca da parte aérea, com o mesmo padrão de redução nos ambientes mais quentes (Figura 16).

No entanto, a parte aérea desse material genético teve seu crescimento favorecido pela aplicação do fotoprotetor foliar, indicando que pode ser adotado como prática silvicultural para favorecer o crescimento das plantas desse clone (Figura 16).

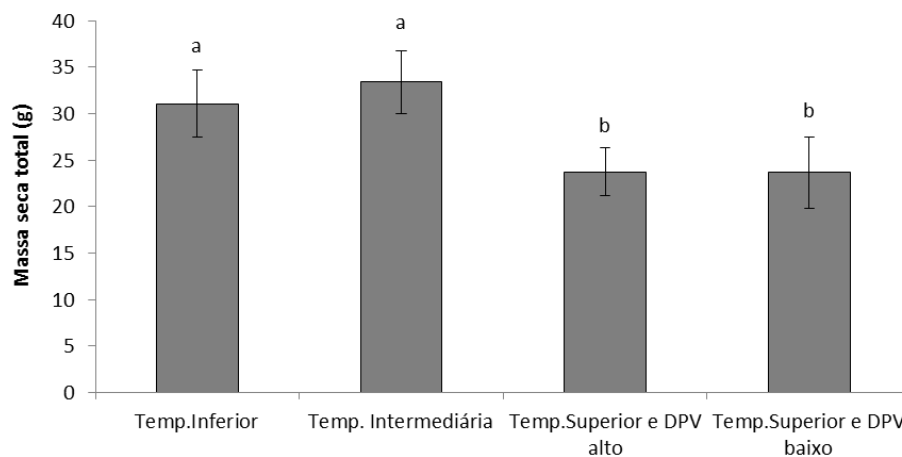


Figura 15 – Massa seca total de plantas do clone 75 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.

A análise dos fatores, para a variável massa seca de raiz (Figura 17) demonstra que o maior crescimento de raízes foi favorecido pelo ambiente de temperatura intermediária, seguida do ambiente com temperatura inferior e por seguinte dos ambientes mais quentes. Sendo que a aplicação do fotoprotetor na parte aérea não proporcionou um maior crescimento radicular, uma vez que o mesmo beneficiou o incremento em parte aérea.

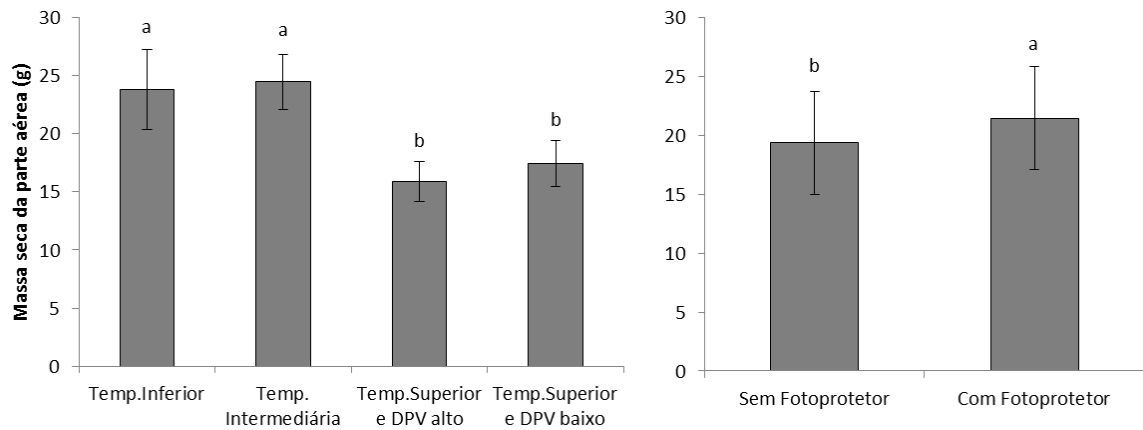


Figura 16 – Massa seca da parte aérea de plantas do clone 75 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.

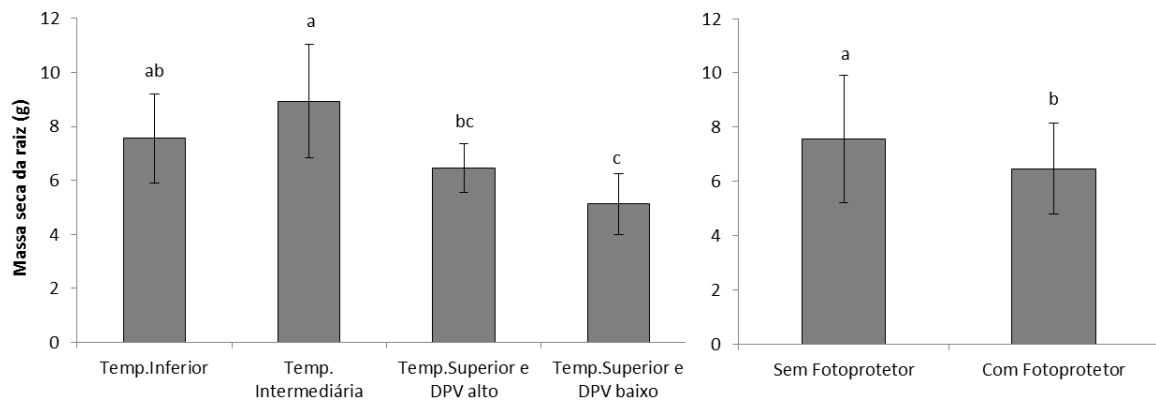


Figura 17 – Massa seca da raiz de plantas do clone 75 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.

A área foliar apresentou influência significativa da interação ambiente x fotoprotetor foliar (Figura 18). A análise do desdobramento do fator fotoprotetor demonstra valores estatisticamente superiores de área foliar quando as plantas recebiam aplicação do produto em todos os ambientes.

Na análise do desdobramento do fator ambiente, nas plantas sem aplicação do fotoprotetor foliar, os ambientes com temperaturas inferior e intermediária foram

estatisticamente iguais entre si e superiores aos ambientes com temperatura superior. Essa semelhança estatística foi encontrada nas plantas que receberam o fotoprotetor, no entanto, o ambiente de temperatura superior com DPV baixo não diferiu do ambiente de temperatura intermediária, indicando o favorecimento da aplicação do produto nas plantas desse ambiente.

As variáveis altura (Figura 19A) e diâmetro (Figura 19B) também foram influenciadas pelos fatores em estudo, no entanto, entre eles não houve interação estatística significativa, sendo então avaliados os efeitos dos fatores isoladamente. Para ambas as variáveis de crescimento, pode-se inferir uma susceptibilidade dessa material genético em ambientes de temperaturas altas e uma influência favorável da aplicação do fotoprotetor foliar.

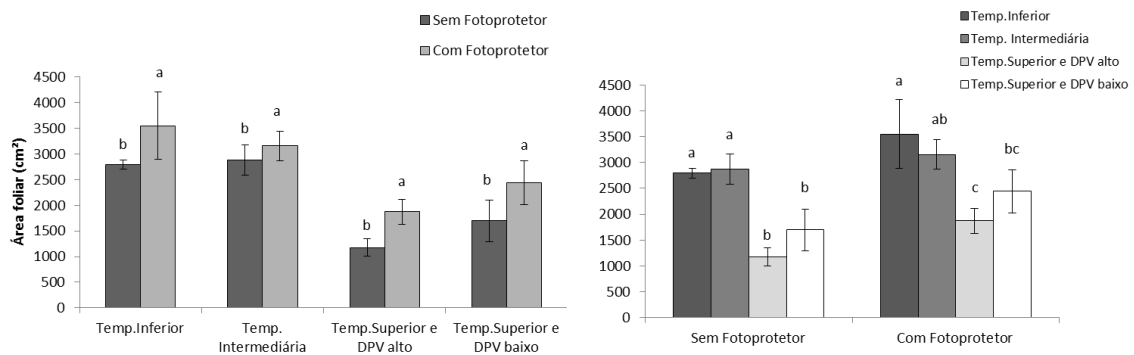


Figura 18 – Área foliar de plantas do clone 75 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0°C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.

A relação raiz/parte aérea do clone 75 (Figura 20) apresentou influencia significativa da aplicação do fotoprotetor foliar, sendo inferior com a aplicação do mesmo, uma vez que favoreceu o crescimento da parte aérea.

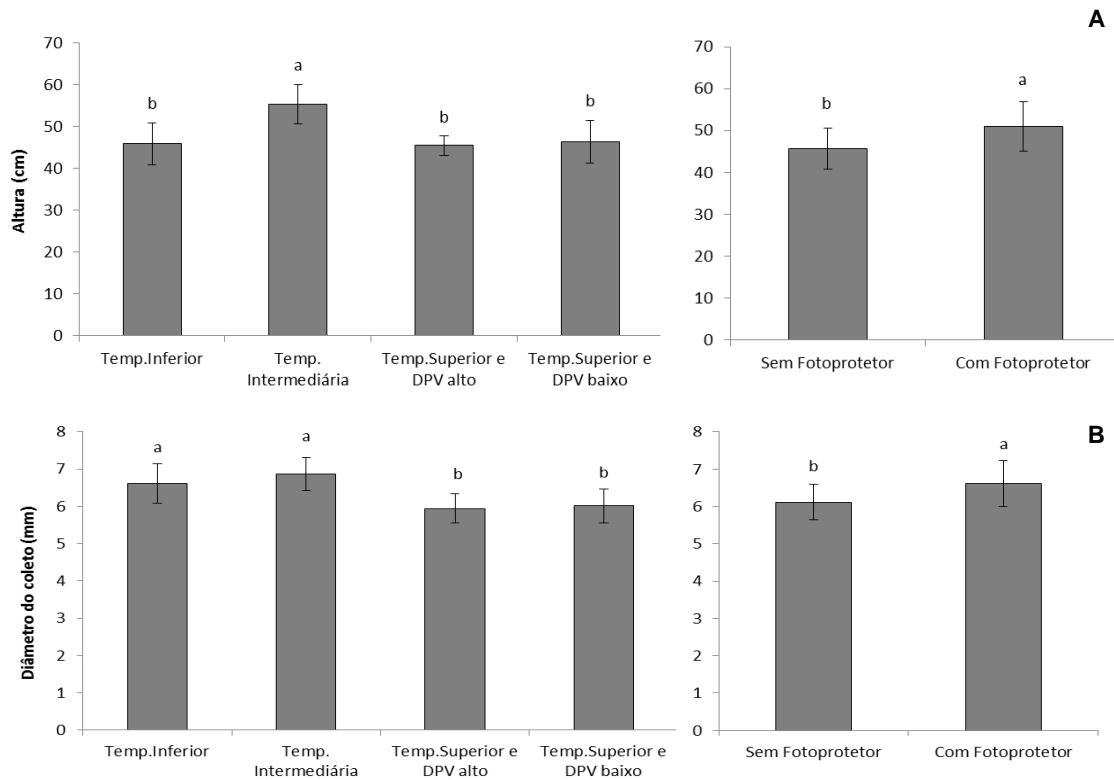


Figura 19 – Altura (A) e diâmetro (B) de plantas do clone 75 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro-ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.

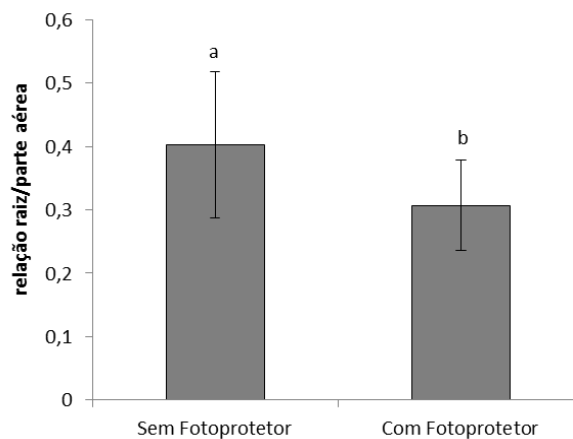


Figura 20 – Relação raiz/parte aérea de plantas do clone 75 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro-ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.

3.2.2 Clone 84

A massa seca total e massa da parte aérea das plantas do clone 84 apresentaram influência estatística significativa na interação ambiente x fotoprotetor foliar.

Avaliando a massa seca total (Figura 21), verifica-se na análise do desdobramento do fator ambiente, nas plantas sem fotoprotetor foliar que, para esse material genético, as condições mais favoráveis ao incremento em massa seca foram os ambientes com temperaturas menores, uma vez que as plantas desse clone foram afetadas negativamente pela alta demanda atmosférica. No entanto, quando aplicado o fotoprotetor foliar nas plantas, o ambiente com temperatura intermediária passou a ser a condição mais favorável. Além de beneficiar o crescimento das plantas no ambiente de demanda atmosférica mais alta, igualando estatisticamente com o ambiente de temperatura inferior.

No desdobramento do fator fotoprotetor foliar dentro de cada ambiente, verifica-se que em ambientes de temperatura inferior a aplicação do produto não beneficiou o crescimento das plantas. Contudo, no ambiente de temperatura intermediária e no local com a demanda atmosférica mais alta, caracterizado com temperatura superior e DPV alto, o fotoprotetor favoreceu o incremento em massa seca total.

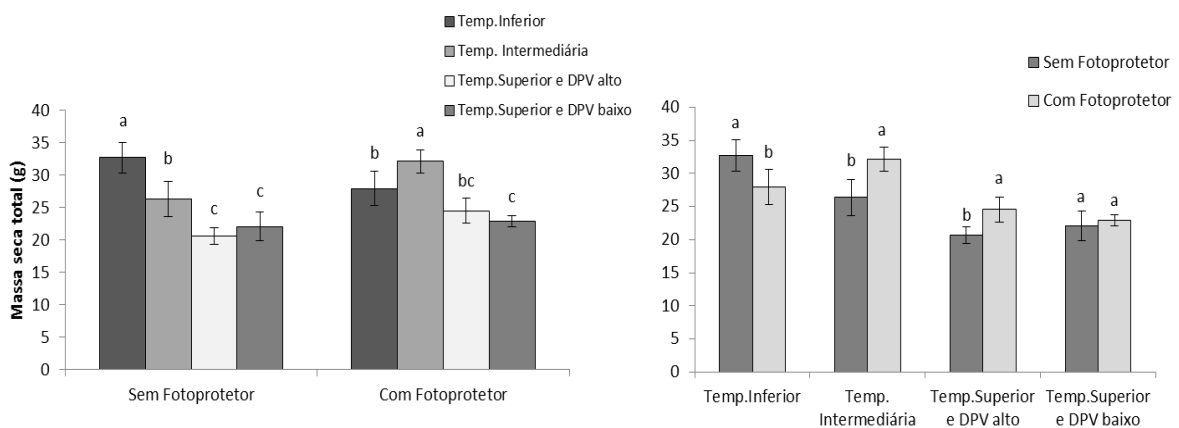


Figura 21 – Massa seca total de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.

A massa seca da parte aérea (Figura 22) de plantas sem aplicação do fotoprotetor teve seu crescimento afetado no ambiente de temperatura superior e DPV alto, contudo, os demais ambientes foram estatisticamente iguais entre si. Quando foi aplicado o fotoprotetor foliar, as plantas desse clone apresentaram maior incremento em massa seca da parte aérea no ambiente de temperatura intermediária, sendo superior aos demais ambientes avaliados.

Analisando o efeito da aplicação do fotoprotetor dentro de cada ambiente, a utilização favoreceu o incremento nos ambientes de temperatura intermediária e no ambiente de alta demanda atmosférica, com temperatura superior e DPV alto.

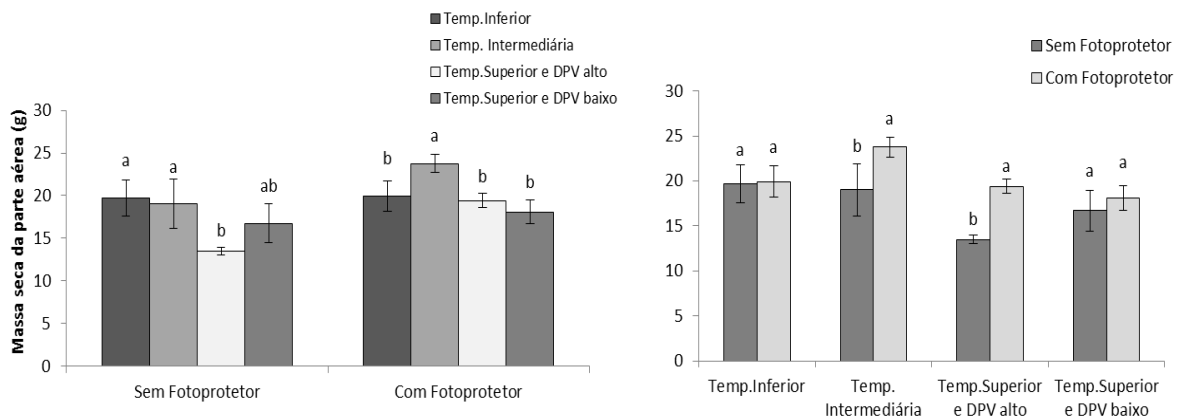


Figura 22 – Massa seca da parte aérea de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro-ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.

A massa seca radicular (Figura 23) não apresentou interação significativa entre os fatores, sendo que o fator ambiente apresentou influência significativa no crescimento dessa variável e, portanto, avaliado isoladamente. Na análise, verifica-se que, nos ambientes com temperatura superior o crescimento radicular foi inferior aos demais ambientes.

A área foliar das plantas do clone 84 (Figura 24) apresentou valores estatisticamente superiores nos ambientes de temperatura inferior e intermediária, sendo que o local de temperatura alta e DPV alto foi o ambiente que mais penalizou o incremento foliar desse material genético. Nesse contexto, a aplicação do fotoprotetor favoreceu a

área foliar (Figura 24), sendo uma estratégia benéfica para o aumento da superfície fotossintetizante.

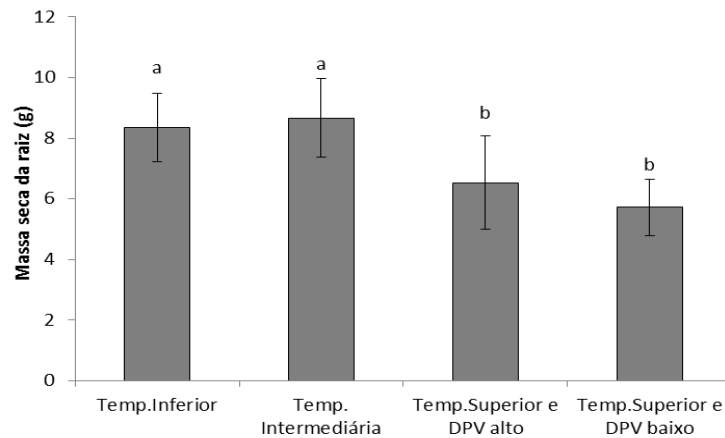


Figura 23 – Massa seca da raiz de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.

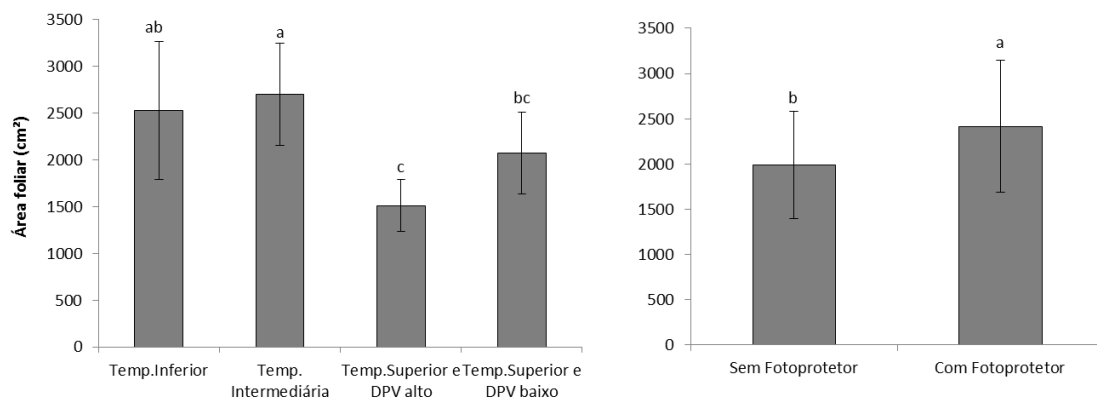


Figura 24 – Área foliar de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.

Sem interação entre os fatores, o efeito do ambiente e do fotoprotetor foliar no incremento em altura e diâmetro das plantas foi avaliado isoladamente. A altura das plantas desse material genético (Figura 25A) foi menor no ambiente de temperatura inferior e favorecida com a aplicação do fotoprotetor foliar.

O diâmetro das plantas (Figura 25B) foi superior nos ambientes de temperatura inferior e intermediária, sendo que os menores valores de diâmetro foram retratados no ambiente de temperatura superior e DPV alto. Para esta variável, a aplicação do fotoprotetor também foi significativa, favorecendo o incremento e podendo ser uma estratégia adotada para favorecer o crescimento das plantas desse clone.

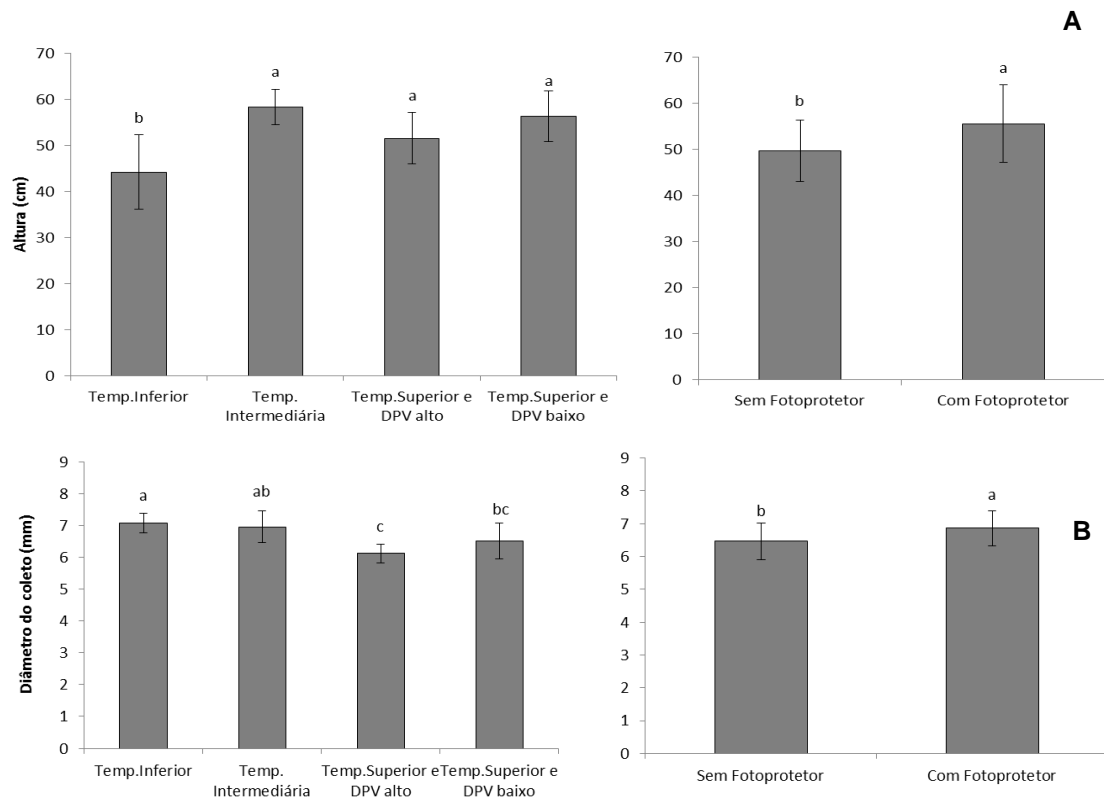


Figura 25 – Altura (A) e diâmetro (B) de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 60 dias de em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no período de 17 de Junho de 2013 a 15 de Agosto de 2013.

3.3 ANÁLISES DE TROCAS GASOSAS

3.3.1 Clone 75

Tanto a fotossíntese líquida, quanto a condutância estomática e a transpiração foliar das plantas do clone 75 apresentaram interação estatística significativa entre os fatores fotoprotetor foliar e ambiente (Figura 26).

A fotossíntese das plantas desse material genético (Figura 26A) que não receberam a aplicação do fotoprotetor foi afetada nos ambientes de alta demanda atmosférica, sendo que o ambiente com temperatura superior e DPV alto foi o local que mais afetou a taxa fotossintética das plantas, indicando um estresse ambiental.

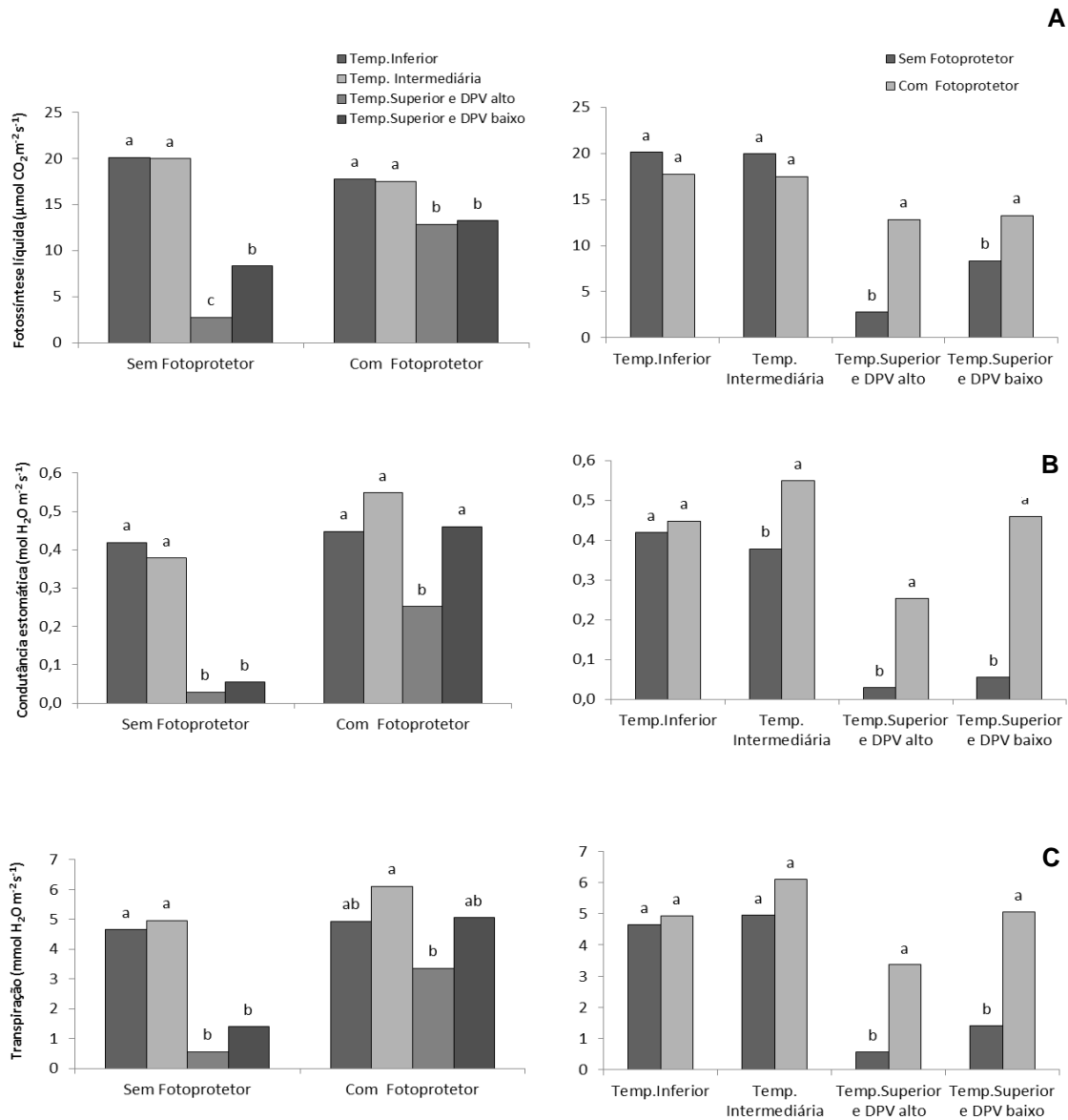


Figura 26 – Fotossíntese líquida (A), condutância estomática (B) e transpiração (C) de plantas do clone 75 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 50 dias de experimentação em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no dia 06 de Agosto de 2013.

Esse fato também é observado nas plantas que receberam o fotoprotetor foliar, uma vez que menores valores foram encontrados nos ambientes de alta demanda

atmosférica, porém com menor magnitude. A aplicação do fotoprotetor foliar favoreceu expressivamente a taxa fotossintética das plantas dos locais de temperatura alta, sendo que no ambiente de demanda atmosférica mais alta, condicionando um ambiente estressante, a aplicação do produto foi responsável por um aumento de $10 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ na fotossíntese líquida desse clone.

O mesmo padrão foi observado para a condutância estomática (Figura 26B) e transpiração (Figura 26C), onde os ambientes de alta demanda atmosférica reduziram as trocas gasosas das plantas e o fotoprotetor nessa condição de estresse foi fundamental para reduzir os dados causados pelo estresse.

Os dados de trocas gasosas corroboram a afirmação de que a aplicação de fotoprotetor foliar beneficia as plantas de *E. urophylla* x *E. grandis* que estão sob alta demanda atmosférica associada a redução da disponibilidade hídrica no substrato.

3.3.2 Clone 84

A fotossíntese das plantas do clone 84 (Figura 27) apresentou interação significativa entre os ambientes e a aplicação do fotoprotetor foliar. As plantas que não foram pulverizadas com o fotoprotetor apresentaram taxa fotossintética superior em ambiente de temperatura intermediária, seguido do ambiente de temperatura inferior. E os ambientes de alta demanda atmosférica condicionaram a uma baixa taxa fotossintética quando comparados aos demais ambientes. O mesmo pode ser observado nas plantas com aplicação do fotoprotetor com exceção da igualdade entre si dos ambientes de baixa demanda atmosférica, sendo estes superiores aos demais.

Para as variáveis, condutância estomática e transpiração (Figura 28) desse material genético, houve influencia estatística significativa apenas dos ambientes com demandas atmosféricas diferentes, sendo este fator avaliado isoladamente. Em ambas as variáveis, o ambiente de temperatura superior e DPV alto, que condicionava o ambiente de maior demanda atmosférica, apresentaram valores inferiores aos demais ambientes que foram iguais entre si.

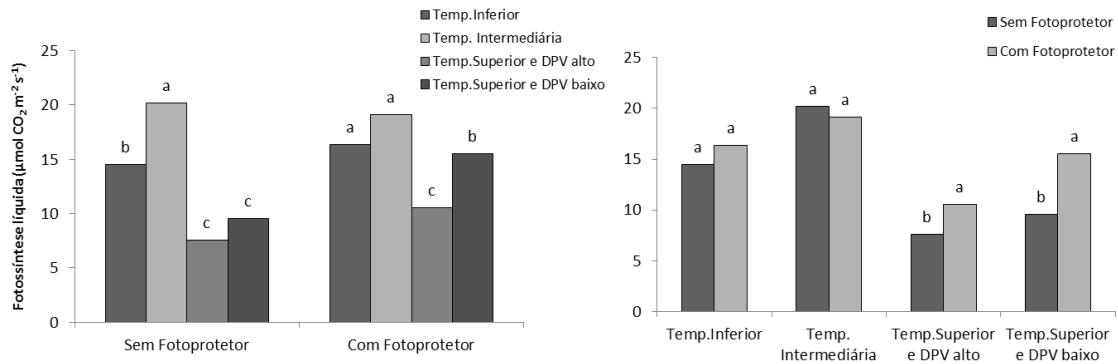


Figura 27 – Fotossíntese líquida de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 50 dias de experimentação em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no dia 06 de Agosto de 2013.

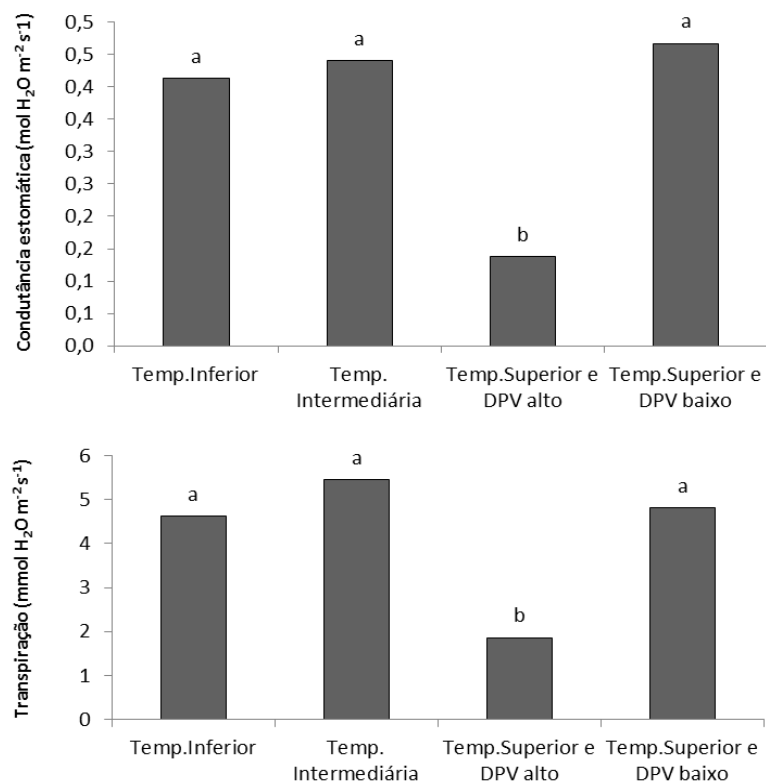


Figura 28 - Condutância estomática e transpiração de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 50 dias de experimentação em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro- ES, no dia 06 de Agosto de 2013.

3.4 ANÁLISE DO POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR

O potencial hídrico foliar das plantas do clone 75 (Figura 29) apresentou interação significativa entre os fatores aplicação de fotoprotetor foliar e ambientes com demandas atmosféricas diferentes. Tanto as plantas que não receberam o fotoprotetor quanto as plantas que receberam, apresentaram potencial hídrico foliar menor nos ambientes de alta demanda atmosférica. No ambiente de demanda atmosférica mais alta (Temperatura superior e DPV alto), a aplicação do fotoprotetor favoreceu o potencial das plantas fazendo com que apresentasse valores menos negativos aos encontrados nas plantas sem aplicação do produto. Nos demais ambientes a aplicação não apresentou diferença estatística.

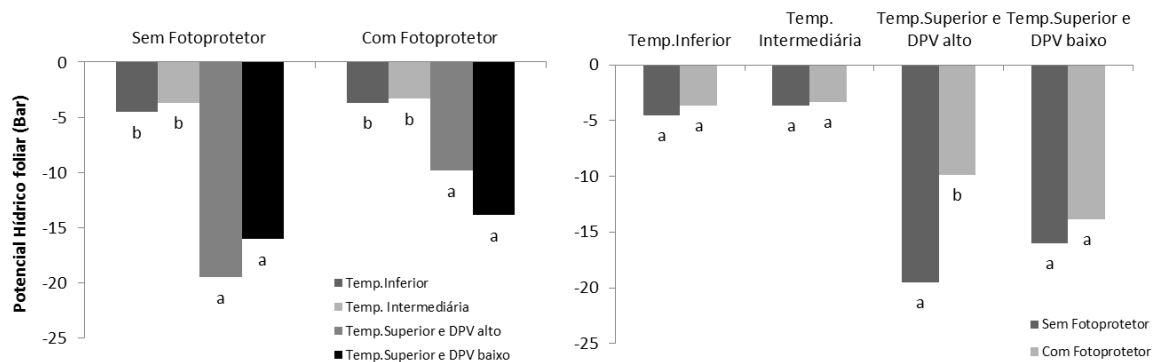


Figura 29 – Potencial hídrico foliar de plantas do clone 75 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 50 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro-ES, no dia 06 de Agosto de 2013.

O potencial hídrico foliar das plantas do clone 84 (Figura 30) apresentou diferença estatística apenas entre os ambientes. Sendo que valores inferiores foram observados no ambiente de demanda atmosférica mais elevada, e os demais foram iguais entre si.

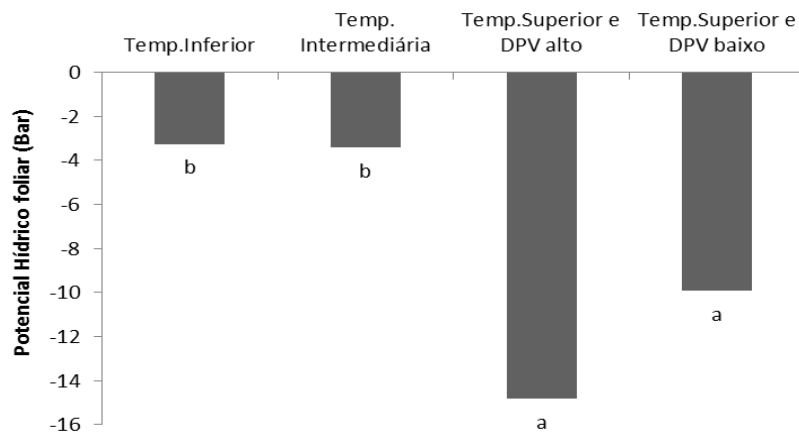


Figura 30 - Potencial hídrico foliar de plantas do clone 84 de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico, aos 50 dias de experimentação, em ambientes Temperatura Inferior (21,2 °C; 0,15 Kpa), Temperatura Intermediária (24,2 °C; 0,69 Kpa), Temperatura Superior e DPV alto (27,0 °C; 1,40 Kpa) e Temperatura Superior e DPV baixo (27,0 °C; 1,10 Kpa), em Jerônimo Monteiro - ES, no dia 06 de Agosto de 2013.

4 DISCUSSÃO

A cíclica redução da disponibilidade hídrica do substrato para o nível de 30% da capacidade de campo, com posterior retomada da umidade do solo, afetou diferentemente o crescimento das plantas nos diferentes microclimas. Houve expressiva diferença nas respostas de crescimento influenciadas pela demanda atmosférica.

Para os dois materiais genéticos de *E. urophylla* x *E. grandis* estudados, os ambientes com alta demanda atmosférica atuaram como um fator estressante para as plantas, uma vez que a massa seca total, da parte aérea e das raízes foram significativamente reduzidas quando estavam sob temperatura elevada e alto déficit de pressão de vapor do ar. O mesmo pode ser observado para a área foliar, altura e diâmetro.

A resposta das plantas de eucalipto às condições de deficiência hídrica é estudada por vários pesquisadores, como Gindaba, Rozanov e Negash (2005); Tonello, (2010); Li (1998); Gonçalves e Passos (2000); Li et al. (2000); e Ngugi et al. (2003), sendo o potencial hídrico um dos fatores mais importantes que governam a condutância estomática e, portanto, a disponibilidade hídrica afeta diretamente as trocas gasosas (TONELLO; TEIXEIRA FILHO, 2012), uma vez que a regulação da abertura estomática, para evitar a queda dos potenciais hídricos em níveis críticos, afeta o fluxo de gases pelos estômatos (O'GRADY et al., 2008).

Estudos como os de Tatagiba et al. (2007), Lima et al. (2003), Tatagiba, Pezzopane e Reis (2008), Gindaba, Rozanov e Negash (2005), Vellini et al. (2008) e Tonello (2010) apresentam redução das trocas gasosas sob condições de deficiências hídrica. Com isso a produção de fotoassimilados é influenciada e, conseqüentemente, a produtividade potencial da espécie será afetada.

Isso acontece por que o reduzido teor de água nos tecidos foliares, ocasionado pela alta demanda evaporativa do ambiente ou devido à limitada disponibilidade hídrica do substrato, afeta os processos fisiológicos das plantas e, conseqüentemente, o crescimento (KRIEG, 1993). Há então uma tendência de aumento da taxa transpiratória quando o gradiente de potencial hídrico entre a folha e o ar atmosférico aumenta. Sendo que esse gradiente, além de ser alterado com as

flutuações da temperatura também pode aumentar quando houver deficiência hídrica no solo (HOPKINS, 1995).

Nesse contexto, algumas pesquisas verificaram que, o aumento do déficit de pressão de vapor, que condiciona o aumento do poder evaporante do ar, quando a planta está sob deficiência hídrica, restringe o fluxo de vapor d'água do interior da câmara subestomática para a atmosfera, causando redução na transpiração (GUCCI et al., 1996; THOMAS; EAMUS; SHANAHAN, 2000). Assim como foi observado por Tatagiba et al. (2007), corroborando os dados obtidos na presente pesquisa para os dois clones estudados, que apresentaram taxas inferiores de fotossíntese líquida, condutância estomática, transpiração e potencial hídrico foliar, nos locais de alta demanda atmosférica associada com a redução da disponibilidade hídrica no substrato.

As plantas sob deficiência hídrica tendem a diminuir a condutância estomática com o intuito de maximizar a eficiência do uso de água (LAMBERS; CHAPIN; PONS, 1998), contudo, ao mesmo tempo em que a redução da abertura estomática diminui a perda de vapor d'água pela transpiração, este mecanismo também reduz a entrada de CO₂, ocasionando um decréscimo na taxa fotossintética e, como consequência, um retardo no crescimento (NAUTIYAL et al., 1994; TAIZ; ZEIGER, 2013). Essas informações corroboram os resultados do presente estudo que apontam para uma redução de crescimento ocasionada pela redução das trocas gasosas, que por sua vez foram influenciadas pela reduzida disponibilidade hídrica quando associada com o alto poder evaporante do ar, dos ambientes de temperatura superior.

A energia que é captada pelas plantas pode ser utilizada para aquecer o ar, aquecer o solo, na evapotranspiração e nos processos biológicos (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2002). Contudo, em situações de deficiência hídrica a evapotranspiração é restringida, uma vez que o estresse ocasiona o fechamento dos estômatos, na tentativa de evitar a perda de água (LAMBERS; CHAPIN; PONS, 1998; MARENCO; LOPES, 2007; TAIZ; ZEIGER, 2013), e com isso a maior parte da energia do sistema é utilizada para aquecimento. Esse fato é ocasionado uma vez que altas temperaturas aumentam a demanda evaporativa do ar, o que tende a intensificar a transpiração e, de acordo com Larcher (2006) e Carlesso (1995), ocorre a intensificação da transpiração com o aumento do DPV e da temperatura do ar, visto que a taxa transpiratória das plantas se eleva quando o gradiente de

pressão de vapor entre a folha e a atmosfera aumenta (Tonello, 2010), como observado por Tonello e Teixeira Filho (2007). Nesse caso, se houver deficiência hídrica no solo, a planta não consegue absorver água com a mesma intensidade em que está perdendo via transpiração, ocasionando o fechamento dos estômatos.

Ludlow e Bjorkman (1984) afirmaram que o estresse hídrico pode predispor o aparato fotossintético à fotoinibição, uma vez que a atividade fotoquímica é um importante mecanismo de dissipação de energia (MARENCO; LOPES, 2007), o que pode ser potencializado por temperaturas extremas. Nesse caso, altas temperaturas podem reduzir a taxa de fotossíntese líquida; aumentar a taxa respiratória; (NORBY; LUO, 2004); promover a desnaturação de proteínas (AGRIOS, 2005); aumentar a fotorrespiração, uma vez que a relação O_2/CO_2 é alterada favorecendo a atividade oxigenase da rubisco (MARENCO; LOPES, 2007); causar danos à proteína D1 do Fotossistema 2 (ARMOND et al., 1978); e aumentar os danos e as taxas de fotoinibição.

Os fotoprotetores foliares surgem então como alternativa para algumas culturas, com o intuito de evitar o aquecimento excessivo ocasionado pela reduzida utilização pelas plantas da energia incidente, evitando conseqüentemente o aumento da temperatura foliar e reduzindo a fotoinibição. Esses produtos atuam reduzindo os efeitos nocivos da radiação solar, calor e estresse hídrico, uma vez que refletem a radiação na faixa do infravermelho (AHMED; SHAABAN; AHMED, 2011). Para os dois materiais genéticos estudados, a aplicação do produto à base de carbonato de cálcio beneficiou o crescimento das plantas que estavam sob alta demanda atmosférica, atenuando os efeitos estressantes do ambiente.

A fotossíntese líquida das plantas que estavam sob alta demanda atmosférica foi favorecida pela aplicação do fotoprotetor foliar. No ambiente de condição atmosférica mais estressante (Temperatura superior e DPV alto), a aplicação do produto favoreceu também o potencial hídrico foliar das plantas do clone 75. Nesse caso, o produto pode ser indicado para pulverização nas mudas transplantadas em locais com temperaturas elevadas (média de 31 °C), uma vez que o mesmo favoreceu além das trocas gasosas e do potencial hídrico, a produção de biomassa, bem como beneficiou a produção em área foliar e o crescimento em altura e diâmetro. Influência positiva, uma vez que as plantas com aplicação de fotoprotetor estão menos aquecidas, já que o produto tem a função de impedir que a radiação na

fração do infravermelho atinja a superfície foliar e, portanto, menos susceptíveis a fotoinibição crônica.

Contudo, após um evento de estresse abiótico severo, a recuperação das plantas pode demandar vários dias, sendo que essa retomada irá depender da severidade e duração desse estresse e do potencial de recuperação da capacidade fotossintética de cada planta (KOZLOWSKI; PALLARDY, 1996; MARENCO; LOPES, 2007; TAIZ; ZEIGER, 2013).

5 CONCLUSÕES

A alta demanda atmosférica atuou como um fator estressante para as mudas de eucalipto em crescimento inicial.

A aplicação do fotoprotetor foliar à base de carbonato cálcio favoreceu o crescimento, status hídrico e trocas gasosas das plantas de dois materiais genéticos do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob estresse hídrico em condições de alta demanda atmosférica.

A aplicação do fotoprotetor foliar não beneficiou o crescimento das plantas estudadas em ambientes com baixa demanda atmosférica.

6 REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. San Diego: Elsevier, 2005. 922 p.
- AHMED, F. F. et al. Protecting Crimson Seedless Grapevines Growing in Hot Climates from Sunburn. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 7, n.1, p. 135-141, 2011.
- ARMOND, P. A.; SCHREIBER, U.; BJÖRKMAN, O. Photosynthetic acclimation to temperature in the desert Shrub *Larrea divaricata* II. Light – harvesting efficiency and electron transport. **Plant Physiology**, v. 61, p. 411-415, 1978.
- BAESSO, R. C. E.; RIBEIRO, A.; SILVA, M. P. Impacto das mudanças climáticas na produtividade do eucalipto na região norte do Espírito Santo e sul da Bahia. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 2, p. 335-344, abr.-jun., 2010.
- BARROS, N. F. et al. Algumas relações solo-espécie de eucalipto em suas condições naturais. In: BARROS, N. F.; NOVAIS. (Org). **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. p. 1-24.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EVANGELISTA, R. C. **Impacto das mudanças climáticas na produtividade de eucalipto em duas regiões do Brasil**. 2006. 48 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- FURTADO, F. D. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- GHINI, R.; HAMADA, E. **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008. 332p.
- GINDBABA, J.; ROZANOV, A.; NEGASH, L. Photosynthetic gas exchange, growth and biomass allocation of two *Eucalyptus* and three indigenous tree species of Ethiopia under moisture deficit. **Forest Ecology and Management**, v. 205, p. 127–138, 2005.
- GONÇALVES, M. R.; PASSOS, C. A. M. Crescimento de cinco espécies de eucalipto submetidas a déficit hídrico em dois níveis de fósforo. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, p.145-161, 2000.
- GUCCI, R. et al. The effect of drought and vapour pressure deficit on gas exchange of young kiwi fruit (*Actinidia deliciosa* var. *deliciosa*) vines. **Annals of Botany**, v. 77, p. 605-613, 1996.
- IPCC, 2013: Summary for Policymakers. 29p. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Disponível em:

<http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf >. Acesso em: 16 Fev. 2014.

JESUS JUNIOR, W. C. et al. Worldwide geographical distribution of black sigatoka for banana: predictions based on climate change models. **Scientia Agrícola**, v.65, p. 40-53, 2008.

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

LAMBERS, H.; CHAPIN, F. S.; PONS, T. L. **Plant Physiological Ecology**, Springer-Verlag. 1998. 540p.

LI, C. Some aspects of leaf water relations in four provenances of *Eucalyptus microtheca* seedlings. **Forest Ecology and Management**, v. 111, n. 2-3, p. 303-308, 1998.

LI, C. et al. Drought responses of *Eucalyptus microtheca* provenances depend on seasonality of rainfall in their place of origin. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 27, n. 3, p. 231-238, 2000.

LUDLOW, M. M.; BJORKMAN, O. Paraheliotropic leaf movement in Siratro as a protective mechanism against drought-induced damage to primary photosynthetic reactions. Damage by excess light and heat. **Planta**, v. 161, p. 505-518, 1984.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa, Editora UFV, 2007. 469 p.

NAUTIYAL, S. et al. Plant responses to water stress: changes in growth dry matter production, stomatal frequency and leaf anatomy. **Biologia Plantarum**, v. 36, p. 91-97. 1994.

NGUGI, M. R. et al. Leaf water relations of *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus argophloia* in response to water deficit. **Tree Physiology**, v. 23, p. 335-343, 2003.

O'GRADY, A. P.; WORLEDGEB, D.; BATTAGLIAB, M. Constraints on transpiration of *Eucalyptus globulus* in southern Tasmania, Australia. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.148, p. 453-465, 2008.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: ed. Agropecuária, 2002. p. 247-267.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Piracicaba: Ed. Artmed, 5. ed., 2013.

TATAGIBA, S. D. et al. Comportamento fisiológico de dois clones de *Eucalyptus* na época seca e chuvosa. **Cerne**, v. 13, p. 149-159, 2007.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. dos. Relações hídricas e trocas gasosas na seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com diferenciada disponibilidade de água no solo. **Floresta**, v. 38, p.387-400, 2008

THOMAS, D. S.; EAMUS, D.; SHANAHAN, S. Influence of season, drought and xylem ABA on stomatal responses to leaf-to-air vapour pressure difference of trees of the Australian wet-dry tropics. **Australian Journal of Botany**, v. 48, p. 143-151. 2000.

TONELLO, K. C. **Comportamento ecofisiológico de clones de *Eucalyptus***. 2010. 162f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas, 2010.

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. Ecofisiologia de três espécies arbóreas nativas da mata Atlântica do Brasil em diferentes regimes de água. **Irriga**, v.17, p. 85-101, 2012.

VELLINI, A. L. T. et al. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v.32, p.651-663, 2008.