

RAFAEL LIMA DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DO MICROCLIMA NAS TROCAS GASOSAS E NA PRODUÇÃO DE
ESTACAS EM JARDIM CLONAL DE *Eucalyptus* spp. E *Corymbia* spp.**

Botucatu

2019

RAFAEL LIMA DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DO MICROCLIMA NAS TROCAS GASOSAS E NA PRODUÇÃO DE
ESTACAS EM JARDIM CLONAL DE *Eucalyptus* spp. E *Corymbia* spp.**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas da UNESP -
Câmpus de Botucatu, para obtenção do
título de Mestre em Ciência Florestal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Magali Ribeiro da
Silva

Coorientador: Prof. Dr. João Domingos
Rodrigues

Botucatu

2019

S237i	Santos, Rafael Lima dos Influência do microclima nas trocas gasosas e na produção de estacas em jardim clonal de <i>Eucalyptus</i> spp. e <i>Corymbia</i> spp. / Rafael Lima dos Santos. -- Botucatu, 2019 75 p. : il., tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu Orientadora: Magali Ribeiro da Silva Coorientadora: João Domingos Rodrigues 1. Ecofisiologia. 2. Variáveis Fisiológicas. 3. Variáveis Climatológicas. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

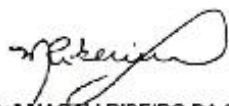
Título: "INFLUÊNCIA DO MICROCLIMA NAS TROCAS GASOSAS E NA PRODUÇÃO DE ESTACAS EM JARDIM CLONAL DE *Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp."

AUTOR: RAFAEL LIMA DOS SANTOS

ORIENTADORA: MAGALI RIBEIRO DA SILVA

COORIENTADOR: JOÃO DOMINGOS RODRIGUES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:



Prof.ª Dr.ª MAGALI RIBEIRO DA SILVA
Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP



Prof.ª Dr.ª ELIZABETH ORSINI ONO
Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP



Prof.ª Dr.ª LUCIANA DUQUE SILVA
Ciências Florestais / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

Botucatu, 12 de Junho de 2019.

Aos meus avós maternos Altamíro e Graça.
Meus avós paternos Manuel (*in memoriam*) e
Celina. Aos meus pais Leonan e Deth, e
meus irmãos Leonardo, Lucas e Raquel,
dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder saúde e forças para conduzir esta pesquisa.

Aos meus avós maternos Altamiro e Graça por todo amor, apoio e orações.

Aos meus avós paternos Manuel (*in memorian*) e Celina por todo amor, apoio e orações.

Aos meus pais Leonan e Deth pelo apoio, carinho, amor incondicional e por acreditar sempre no meu potencial.

Aos meus irmãos Leonardo, Lucas e Raquel pelo apoio, amor e nossos laços.

À Prof^a. Dr^a. Magali Ribeiro da Silva pela orientação, ensinamentos, incentivos e pelo suporte em vários momentos da minha vida.

Ao Prof. Dr. João Domingos (Mingo) por todo ensinamento e incentivos, sobretudo nas minhas dúvidas sobre o futuro e pela orientação na parte fisiológica da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Iraê Guerrini por sua amizade, ensinamentos, incentivos e por mostrar sempre um caminho nos momentos em que precisei, ajudando sempre a ter calma e tranquilidade ao tomar algumas decisões.

Ao Prof. Dr. Raimundo Passos por sua amizade, momentos divertidos, ensinamentos e por sua contribuição estatística com a pesquisa.

À Prof^a. Dr^a. Elizabeth Orika Ono por suas contribuições à esta pesquisa tanto na qualificação quanto na defesa.

À Prof^a. Dr^a. Luciana Duque Silva por suas contribuições à esta pesquisa na defesa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À esta Universidade, em especial ao Departamento de Ciência Florestal e ao Conselho do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, no qual fiz parte como representante discente.

À GINEGAR POLYSACK BRASIL pelo apoio com a doação dos filmes agrícolas para a execução da pesquisa, intermediado na pessoa de Gilberto Rostirolla Batista de Sousa – Setor de Pesquisa e Desenvolvimento.

A todos os docentes, técnicos, coordenadores e conselheiros, pelo suporte, aprendizado e convívio super divertido durante a pesquisa.

À Thaís Tavares pela amizade sincera e verdadeira, pelos momentos que passamos juntos, chorando e rindo, ouvindo reclamações um do outro e com aquela amizade sincera e única, do nosso jeito.

Ao Richardson Barbosa (Jeni) por toda a amizade e parceria firmada. Foram anos de muita aprendizagem, diversão, apoio e, principalmente, produtividade pessoal e profissional.

Ao Lucas Viégas (Makarrão) por sua amizade e pelos excelentes e divertidos momentos que juntos presenciamos. Creio que aprendemos muito e crescemos juntos através de visões totalmente alinhadas.

À Gabriela Duarte por sua amizade e principalmente sua colaboração com esta pesquisa. Tenho certeza de que este trabalho só foi possível ser conduzido em sua totalidade graças a sua ajuda.

Ao Anderson Ravanny, meu grande amigo, que segurou minha mão e mesmo sem me conhecer ainda, atravessou uma turbulência muito grande que enfrentei em minha chegada à Botucatu. Obrigado por tudo, você me proporcionou os melhores momentos de diversão e alegria desde que cheguei à Botucatu.

Aos técnicos do Viveiro – Claudinho, Dinho, Chiquinho, Seu João e Seu Nelson.

Ao Grupo de Estudos e Pesquisa em Produção de Mudas – GEPProm.

Aos grandes amigos que formei nesta universidade: Delcy, Celso, Jaqueline, Aline, Felipe, Alessandra, Marina, Túlio, Kim, Fabrício, Geane, Delano, Camila, Mônica, Olavo, Messias, Rafael, Livia, Cris e Anny.

Ao grupo de amigos da Irriga (Osvaldir, João, Ícaro e Mara) que foram responsáveis por altas aventuras, brincadeiras e muitas alegrias.

A República Alagoas – Marcos, Mateus, Hugo, Vicente, Joáz, Nei, Alex, Dan, Davi, Lucas, Valdeir, Heitor, Darlin e Gerardo. Somos uma família e sou grato por ter convivido com vocês e desfrutado de momentos inesquecíveis.

A todos que fizeram parte, diretamente e indiretamente, da minha formação, meu muito obrigado.

RESUMO

Os avanços no setor florestal foram impulsionados, especialmente, pelos plantios com espécies do gênero *Eucalyptus*, tornando os viveiros florestais a base deste processo produtivo. Com o aumento da demanda por madeira se faz necessário obter cepas altamente produtivas sem aumentar a área do jardim clonal. O objetivo deste trabalho foi analisar como as estruturas de jardim clonal e as estações do ano afetam as atividades fisiológicas e a produtividade de estacas de cepas de clones de *Eucalyptus* spp. e de *Corymbia citriodora* F. V. Muell x *Corymbia torelliana* Hook. O experimento foi instalado em 2017 no jardim clonal do viveiro do Departamento de Ciência Florestal da FCA/UNESP, em Botucatu, São Paulo, em parcelas subdivididas 4x4x2, sendo quatro estruturas de jardim clonal: Pé direito alto; Minitúnel difusor; Minitúnel azul e Descoberto, quatro clones (três clones de *Eucalyptus* spp. e um clone de *Corymbia citriodora* F. V. Muell x *Corymbia torelliana* Hook) e duas estações do ano (inverno e primavera). As mudas com aproximadamente 25 cm de altura e 3 mm de diâmetro de colo foram plantadas em canaletão de fibrocimento com 4,5 m de comprimento por 0,9 m de largura, em espaçamento de 0,15 x 0,15 m. Após 15 dias do plantio, as mudas foram cortadas, deixando todas com altura de 8 cm, com objetivo de estimular a brotação das gemas laterais. O sistema de irrigação utilizado foi gotejamento com bocais e vazão de 1,6 L h⁻¹. Os manejos hídricos e nutricionais foram adaptados a cada época do ano, dependendo das condições climáticas (lâmina de irrigação média de 4,7 mm no inverno e 5,3 mm na primavera). Foram avaliadas: produtividade mensal (número de estacas/cepa/estrutura, nas duas estações); variáveis climatológicas (temperatura, umidade relativa e radiação solar); Variáveis fisiológicas: trocas gasosas (taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática, concentração interna de CO₂, taxa de transpiração, eficiência do uso da água e eficiência de carboxilação e fluorescência da clorofila a (eficiência quântica potencial do FSII, eficiência quântica das antenas, coeficiente de extinção fotoquímico, coeficiente de extinção não fotoquímico e taxa aparente de transporte de elétrons). Na análise estatística foram ajustados modelos lineares generalizados mistos com distribuição Poisson para a variável produtividade e fisiológicas, todas com função de ligação logarítmica, considerando medidas repetidas no tempo pelo método de Equações de Estimação Generalizadas. Foi utilizado o Programa estatístico SAS e para comparações entre tratamentos foi utilizado o teste Tukey-Kramer. A qualidade dos ajustes foi feita

através da análise dos resíduos de Pearson padronizados. Cada ambiente forma um microclima, apresentando características climáticas peculiares e que, dependendo da estação do ano e da estrutura, houve diferença na produtividade das cepas. Os clones plantados sob o minitúnel difusor produzem mais estacas/cepas nas duas estações do ano, quando comparados com as demais estruturas.

Palavras-chave: ecofisiologia; variáveis climatológicas; variáveis fisiológicas.

ABSTRACT

Advances in the forestry sector were driven especially by plantations with species of the genus *Eucalyptus*, making nurseries the basis of this productive process. With increasing demand for wood it is necessary to obtain highly productive strains without expanding the area of the clonal garden. The objective of this work was to evaluate how the clonal garden structures and the seasons affect the physiological activities and productivity of cuttings of *Eucalyptus* spp clones. and *Corymbia citriodora* F. V. Muell x *Corymbia torelliana* Hook. The experiment was installed in 2017 in the nursery clonal garden of the Forest Science Department of FCA / UNESP, in Botucatu, São Paulo, in 4x4x2 subdivided parcels, with four different clonal garden structures: high right foot; diffuser mini-tunnel; blue mini-tunnel and uncovered, four clones (three clones of *Eucalyptus* spp. and one clone of *Corymbia citriodora* F. V. Muell x *Corymbia torelliana* Hook) and two seasons of the year (winter and spring). The seedlings with approximately 25cm of height and 3mm of lap diameter were planted in a fiber cement cantilever with 4.5m in length by 0.9m of width, in 0.15 x 0.15m spacing. After 15 days of planting the seedlings were all cut at 8cm height, to stimulate the sprouting of the lateral buds. The irrigation system used was dripping with nozzles with 1.6 L h⁻¹ flow. Water and nutritional management were adapted to each season according to environmental conditions (mean irrigation depth of 4.7mm in winter and 5.3mm in spring). The following were evaluated: monthly productivity (number of cuttings / strain / structure, in the two seasons); climatic variables (temperature, relative humidity and solar radiation); Physiological variables: gas exchange (rate of CO₂ assimilation, stomatal conductance, internal CO₂ concentration, transpiration rate, water use efficiency and carboxylation efficiency) and fluorescence (potential quantum efficiency of FSII, quantum efficiency of the antennas, photochemical extinction coefficient, non-photochemical extinction coefficient and apparent rate of electron transport). In the statistical analysis, mixed generalized linear models with Poisson distribution for the productivity and physiological variables, all with logarithmic linkage function, considering measures repeated in time by the Generalized Estimation Equation method. The SAS statistical program was used and the Tukey-Kramer test was used for comparisons between treatments. The quality of the adjustments was made through the analysis of standardized Pearson residues. Each environment forms a microclimate, presenting peculiar climatic characteristics and that, depending on the

season and the structure, there was a difference in the yield of the strains. The clones planted under the diffuser mini-tunnel produced more stakes / strains in the two seasons compared to the other structures.

Keywords: ecophysiology; climatic variables; physiological variables.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura	1 -	Mudas recém plantadas de <i>Eucalyptus</i> spp. e <i>Corymbia citriodora</i> F. V. Muell x <i>Corymbia torelliodora</i> Hook. nos canteiros do jardim clonal.....	31
Figura	2 -	Disposição das estruturas do jardim clonal.....	32
Figura	3 -	Mudas do clone Toreliodora (a); clone AEC144 (b); clone IPB 13 (c) e clone IPB 02 (d).....	33
Figura	4 -	Croqui do experimento com os tratamentos.....	33
Figura	5 -	Poda das cepas (a) para retirada de estacas com padrão comercial (b) de 8cm de comprimento.....	35
Figura	6 -	Procedimento de avaliação de trocas gasosas em um clone de <i>Eucalyptus</i> spp. com o IRGA.....	36
Figura	7 -	Cepa de <i>Eucalyptus</i> spp. com sua folha envolta em papel alumínio para realização da avaliação de fluorescência com o IRGA.....	37
Quadro	1 -	Informações gerais sobre os clones utilizados no experimento.....	32
Quadro	2 -	Fertilizantes usados para o preparo da solução nutritiva.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Solução nutritiva aplicada nas mudas no jardim clonal nas estações de inverno e primavera.....	35
Tabela 2 -	Teste de absorbância e transmitância dos filmes agrícolas azul e difusor utilizado nos ambientes do estudo.....	40
Tabela 3 -	Variáveis climáticas analisadas nos meses que compõem o inverno do ano de 2018, registrados nas quatro estruturas de cobertura de jardim clonal.....	41
Tabela 4 -	Variáveis climáticas analisadas nos meses que compõem a primavera do ano de 2018, registrados nas quatro estruturas de cobertura de jardim clonal.....	43
Tabela 5 -	Produtividade média mensal (nº de estacas/cepa) do clone AEC144 nas quatro estruturas de cobertura de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	45
Tabela 6 -	Produtividade média mensal (nº de estacas/cepa) do clone IPB 02 nas quatro estruturas de cobertura de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	45
Tabela 7 -	Produtividade média mensal (nº de estacas/cepa) do clone IPB 13 nas quatro estruturas de cobertura de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	46
Tabela 8 -	Produtividade média mensal (nº de estacas/cepa) do clone Toreliodora nas quatro estruturas de cobertura de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	47
Tabela 9 -	Produtividade média mensal (nº de estacas/cepa) dos quatro clones, na estrutura PDA de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	48
Tabela 10 -	Produtividade média mensal (nº de estacas/cepa) dos quatro clones, na estrutura MTD de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	49
Tabela 11 -	Produtividade média mensal (nº de estacas/cepa) dos quatro clones, na estrutura MTA de jardim clonal, nas	

	estações inverno e primavera do ano de 2018.....	49
Tabela 12 -	Produtividade média mensal (n° de estacas/cepa) dos quatro clones, na estrutura DESCOBERTA de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	50
Tabela 13 -	Médias de taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) dos clones em estudo.....	51
Tabela 14 -	Médias de taxa de condutância estomática (g_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) dos clones em estudo, quando submetidos às estruturas de cobertura de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	52
Tabela 15 -	Médias de concentração interna de CO_2 (C_i), ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$) das quatro estruturas de cobertura de jardim clonal.....	53
Tabela 16 -	Médias da taxa de transpiração (E) ($\text{mmol de vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) dos quatro clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	53
Tabela 17 -	Médias de eficiência do uso da água (EUA), [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] dos clones em estudo, quando submetidos às estruturas de cobertura de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	54
Tabela 18 -	Médias da taxa de transpiração (E) ($\text{mmol de vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) dos quatro clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	55
Tabela 19 -	Médias da taxa de transpiração (E) ($\text{mmol de vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) das quatro estruturas.....	56
Tabela 20 -	Médias de eficiência do uso da água (EUA), [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] dos clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	57
Tabela 21 -	Médias de eficiência do uso da água (EUA), ($\mu\text{molCO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) dos clones em estudo, nas quatro estruturas de cobertura do jardim clonal.....	57
Tabela 22 -	Médias de eficiência de carboxilação (A/C_i) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})$], dos clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	58
Tabela 23 -	Médias de eficiência de carboxilação (A/C_i), dos clones em estudo, nas quatro estruturas de cobertura do jardim clonal.....	58

Tabela 24 -	Médias de radiação fotossinteticamente ativa interceptada (PAR_i) (μmol de fótons $\text{m}^{-1} \text{s}^{-1}$), dos clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	59
Tabela 25 -	Médias de radiação fotossinteticamente ativa interceptada (PAR_i) (μmol de fótons $\text{m}^{-1} \text{s}^{-1}$), dos clones em estudo, nas quatro estruturas de cobertura do jardim clonal.....	60
Tabela 26 -	Médias da eficiência quântica potencial do FSII (F_v/F_m), dos clones em estudo, nas estações do ano.....	61
Tabela 27 -	Médias da eficiência quântica das antenas (F_v'/F_m') dos quatro clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	62
Tabela 28 -	Médias de coeficiente de extinção fotoquímico (qP), dos clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	62
Tabela 29 -	Médias de coeficiente de extinção não-fotoquímico (NPQ), dos clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.....	63
Tabela 30 -	Médias da taxa aparente de transporte de elétrons (ETR), dos clones em estudo, nas estruturas de jardim clonal e estações do ano de 2018.....	64
Tabela 31 -	Médias da taxa aparente de transporte de elétrons (ETR), dos clones em estudo, nas estruturas de jardim clonal e estações do ano de 2018.....	64

Sumário

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	23
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1	LOCAL E ÉPOCA.....	31
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	31
3.3	AVALIAÇÕES.....	35
3.3.1	VARIÁVEIS CLIMÁTICAS.....	35
3.3.2	PRODUTIVIDADE DAS CEPAS.....	35
3.3.3	VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS.....	36
3.3.3.1	TROCAS GASOSAS.....	36
3.3.3.2	FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA A.....	36
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1	VARIÁVEIS CLIMÁTICAS.....	39
4.2	PRODUTIVIDADE DE CEPAS.....	43
4.3	VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS.....	50
4.3.1	TROCAS GASOSAS.....	50
4.3.2	FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA.....	59
5	CONCLUSÕES.....	65
	REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

O viveiro de produção de mudas florestais é o setor base dentro do processo produtivo, sendo responsável pelo abastecimento de mudas para implantação de povoamentos florestais, recuperação de áreas degradadas, arborização urbana, entre outras finalidades (WALKER et al., 2011).

Segundo Silva et al. (2008), nas últimas décadas, os viveiros florestais passaram por um grande avanço tecnológico, resultado do considerável esforço científico. Um destes avanços foi a evolução do jardim clonal em campo para o jardim clonal em viveiro, onde conseguiu-se redução significativa de área para coleta de estacas, partindo de um espaçamento de 3 x 3m em campo para 0,1 x 0,1m em sistema semihidropônico em viveiro (SOUZA et al., 2014).

Neste sistema semihidropônico, a técnica da miniestaquia foi aprimorada, como um sistema de produção onde um conjunto de minicepas são plantadas em canteiros suspensos (canaletões), com sistema de fertirrigação por gotejamento e sob teto translúcido fixo (WALKER et al., 2011), com maior frequência de coleta, redução do tamanho da estaca e aumento da produtividade (HIGASHI et al., 2000).

Outro avanço tecnológico foi a cobertura das estruturas dos viveiros florestais com filmes agrícolas com a finalidade de controlar as condições climáticas oferecidas às plantas. Os filmes agrícolas são usados para coberturas de casa de vegetação, fundamentais para a fase de enraizamento de estacas e também na cobertura de jardins clonais, porém nestes locais ainda há controvérsias quanto ao seu uso. Isto porque a cobertura pode ocasionar modificações nas condições microclimáticas do ambiente afetando, positiva ou negativamente, a produtividade das plantas e a qualidade das estacas.

A modificação na cobertura de estruturas onde as plantas estão sendo produzidas pode ocasionar alguns impactos nos processos biológicos das plantas, como danos no DNA, peroxidação lipídica, foto oxidação de pigmentos e inibição da fotossíntese (BJÖRN, 2002; JORDAN, 2002).

Entender como o ambiente influencia as variáveis fisiológicas, como o controle estomático, tem sido foco central de estudos de fisiologia vegetal por causa da relação entre abertura estomática e aquisição de carbono pela planta (ADDINGTON et al., 2004), sobretudo porque identificar essas modificações microclimáticas como a

temperatura, a quantidade de luz, CO₂, nutrientes e o suprimento de água podem contribuir na compreensão sobre o crescimento das plantas (OTTO et al., 2013).

A cobertura dos jardins com filmes agrícolas atua diretamente no balanço de energia e nas condições ambientais (HERNANDES et al., 2004), conseqüentemente, em algumas das principais atividades fotossintéticas e, portanto, na produção das plantas.

A exposição aos raios UV, especialmente os comprimentos de onda mais curtos na região UV-B (280 e 315nm), tem o potencial de resultar em vários efeitos deletérios nas plantas, incluindo ruptura da integridade e função de macromoléculas biológicas (DNA, proteínas e lipídios), dano oxidativo, inibição parcial da fotossíntese e, finalmente, redução no crescimento e produtividade (JORDAN, 2002; BALLARÉ et al., 2011).

Além do uso de filmes agrícolas, os tipos de estrutura de cobertura dos jardins clonais também vêm ganhando espaço no setor florestal. Atualmente são três tipos de jardins clonais presentes nos viveiros florestais: canteiros (canaletões) a pleno sol, canteiros sob estufas agrícolas com pé direito alto e canteiros sob estufas do tipo minitúnel. O filme agrícola mais usado é o difusor, porém o azul vem sendo utilizado em alguns viveiros, sobretudo em regiões mais quentes, mas faltam subsídios científicos para assegurar a eficiência dos sistemas.

O objetivo deste trabalho foi analisar como as estruturas de jardim clonal e as estações do ano afetam as atividades fisiológicas e a produção de estacas em clones de *Eucalyptus* spp. e de *Corymbia citriodora* F. V. Muell x *Corymbia torelliana* Hook.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A área total de árvores plantadas no Brasil chegou a 7,84 milhões de hectares em 2016, crescimento de 0,5% em relação ao ano de 2015, e apenas os plantios de eucalipto ocupam 5,7 milhões de hectares da área. O setor brasileiro de florestas plantadas é destaque mundial por apresentar maior produtividade (volume de madeira produzido por área ao ano) e a menor rotação (período entre o plantio e a colheita das árvores) do mundo (IBÁ, 2017).

Este crescimento em área plantada, aliada com a alta produtividade e menor rotação precisa manter-se sempre acima da média, uma vez que a tendência no atual cenário florestal é aumentar suas áreas de plantios, devido à forte demanda de exportação dos produtos de origem florestal, bem como a utilização dos mesmos no mercado interno. Para que o Brasil aumente sua área de florestas plantadas e permaneça em destaque neste cenário, torna-se fundamental buscar soluções que venham aumentar a produtividade das cepas em uma mesma área de jardim clonal.

Uma das alternativas é a clonagem de espécies florestais, tratada como uma ferramenta utilizada após o melhoramento genético, desenvolvida para multiplicar indivíduos portadores de caracteres desejáveis (WALKER et al., 2011). A propagação vegetativa por estacas consiste em destacar da planta original um ramo, uma folha ou raiz e colocá-los em um meio adequado para que se forme um sistema radicular e/ou desenvolva a parte aérea (PAIVA; GOMES, 2011). Na década de 80 a clonagem permitiu a formação de plantios homogêneos, resistentes a doenças e de alta produtividade (ALFENAS et al., 2004).

Para que as estacas possam vir a tornar-se uma nova planta, um estímulo fisiológico deve ser realizado, a fim de auxiliar na formação do sistema radicular e este estímulo deve-se às auxinas presentes nas plantas. A auxina é a substância que estimula as células do periciclo a se dividirem gradualmente, formando o ápice radicular, onde a raiz cresce através do córtex e da epiderme. O aumento da concentração de auxina exógena, aplicada em estacas, provoca efeito estimulador de raízes até um valor máximo, a partir do qual, qualquer acréscimo de auxinas tem efeito inibitório (VASCONCELOS, 2012).

As técnicas utilizadas pelo melhoramento genético visa encontrar indivíduos com boa qualidade, resistentes e com adaptabilidade à região de plantio, uma vez que a forte demanda por mudas, torna-se cada vez mais seletivo a busca por estas

características nas plantas. Segundo Walker et al. (2011), a demanda por mudas de qualidade e a redução de custos de produção instigou a realização de pesquisas para desenvolver novas tecnologias. De acordo com Assis et al. (2011), a implantação de jardins clonais, além de reduzir custos e facilitar o manejo, mostra o grande progresso que ocorreu na produção de mudas comerciais e de boa qualidade, com economia de tempo e espaço.

Devido ao seu valor econômico, o gênero *Eucalyptus* têm-se configurado um modelo para estudo de inúmeros processos fisiológicos em plantas arbóreas (CUNHA et al., 2009). Entender como as atividades fisiológicas das plantas matrizes funcionam contribui significativamente para a adoção dessas tecnologias, como algumas características internas da planta, o conteúdo de água, balanço hormonal, teor de reservas e nutrientes por ocasião da coleta de material de propagação (FACHINELLO et al., 2005). O grau de sucesso obtido na propagação vegetativa é influenciado por diversos fatores, como a espécie/clone, estação do ano, condições fisiológicas da planta matriz, variações nas condições climáticas, radiação solar, posição do propágulo na planta matriz, tamanho, tipo e hora de coleta do propágulo, meio de enraizamento, substâncias de crescimento pelos produtos químicos aplicados, entre outros (WENDLING, 2004).

Outros fatores também contribuem para o aumento dessa produtividade, sendo elas, características morfológicas e fisiológicas da fonte (órgãos fotossintetizantes) e do dreno (órgãos consumidores dos metabólitos fotossintetizados) (BRANDÃO FILHO et al., 2003). A relação entre fotossíntese e produtividade pode apresentar resultados diferentes entre espécies ou clones, uma vez que a maior produtividade pode estar relacionada à maior área foliar, potencial fotossintético e à eficiência do uso da luz (INOUE; RIBEIRO, 1988; RYAN et al., 2010). Assim, a produtividade de cepas de eucalipto em jardim clonal é afetada por diversos fatores internos e externos, pois os processos fotossintéticos realizados pela planta são afetados pela radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar, condição hídrica, nutrição, entre outros.

a) Fotossíntese

A atividade fotossintética é responsável pela transformação de energia luminosa em energia química, utilizando água (H_2O) e gás carbônico (CO_2) na produção de carboidratos ($C_2H_{12}O_6$) com liberação de oxigênio (O_2) (GRUBER, 2006). Ainda, a troca gasosa, processo ocorrente na fotossíntese, envolve processos

biofísicos (abertura estomática), bioquímicos (sequestro do CO_2) e fotoquímicos (absorção de irradiância, fluorescência da clorofila a e quebra de moléculas de água em $4\text{H}^+ + \text{O}_2$) (PRADO; CASALI, 2006). A fluorescência da clorofila a consiste na absorção de energia por um elétron, passando do estado fundamental para o estado excitado. Com esta avaliação podemos obter a eficiência quântica potencial do fotossistema II (FSII), que se dá pela relação entre a fluorescência variável (F_v) e a fluorescência máxima (F_m).

Segundo Gruber (2006), a fotossíntese líquida é definida como a diferença entre fotossíntese total e o que é consumido durante a respiração (processo de combustão lenta dos carboidratos produzidos pela fotossíntese). A respiração ocorre, principalmente nas folhas, através das trocas gasosas. O bom funcionamento dos estômatos e a área foliar das plantas também influenciarão a produtividade vegetal, pois irá controlar a absorção de CO_2 e determinar a interceptação de luz.

Nas plantas C3, o aumento da intensidade luminosa não aumenta a absorção de CO_2 (A), pois seu aparelho fotossintético satura com um terço da radiação solar (LOPES; LIMA, 2015; FERREIRA, 2016). Quantidades de luz superiores a esta razão podem proporcionar condições de estresse e refletir negativamente sobre a produtividade (LARCHER, 2000). Rodrigues (2018) afirma que a variação de qualquer fator ambiental a partir da condição ideal, não provoca necessariamente estresse em plantas, devido à plasticidade e capacidade de aclimação dos vegetais.

Segundo Marengo et al. (2014), as plantas C3 ainda apresentam o fenômeno da fotorrespiração, processo que ocorre devido a enzima ribulose-1,5-difosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco) também ter a capacidade de utilizar oxigênio como substrato. Segundo Marengo e Lopes (2009), a fotorrespiração ocorre unicamente na presença de luz, cuja intensidade depende da temperatura e da concentração de O_2 nos cloroplastos. Em termos de produtividade, de acordo com Carneiro et al. (2015), a fotorrespiração é um processo que reduz a fixação de CO_2 e o crescimento das plantas. A fotorrespiração ocorre como consequência da oxigenação da ribulose-1,5-bifosfato (RuBP) catalisada pela ribulose-1,5-bifosfato gerando uma molécula de 3-fosfoglicerato e outra de 2-fosfoglicolato.

Em suma, o processo fotorrespiratório é importante para remover o excesso de energia (ATP e NADPH) produzido sob altos níveis de radiação ou não utilizados sob situação de estresse hídrico. Na fotorrespiração são consumidos 7 ATPs e 4 NADPH, para cada molécula fixada. Dessa forma, a fotorrespiração teria como função dissipar

o excesso de ATP e NADPH₂ produzidos na etapa luminosa da fotossíntese, protegendo a planta da fotoinibição e permitindo uma rápida recuperação após o período de estresse. Por esta razão que a competição entre CO₂ e O₂ pela Rubisco explica a forte inibição da fotossíntese das plantas C3, em condições de baixo nível de CO₂ e o incremento da fotossíntese em baixos níveis de O₂.

A intensidade da fotorrespiração está relacionada à disponibilidade de oxigênio nos cloroplastos. Estima-se que a redução da relação CO₂/O₂ nos cloroplastos seja responsável por um terço do aumento na fotorrespiração em altas temperaturas (MARENCO et al., 2014).

O nitrogênio também tem sido considerado um dos principais nutrientes que limita o crescimento e a produtividade dos vegetais (CRUZ et al., 2007). A capacidade fotossintética das plantas, de modo geral, é fortemente dependente da disponibilidade de nitrogênio (KERBAUY, 2013). Normalmente, o nitrogênio é absorvido pelas plantas na forma de íons nitrato (NO₃⁻) ou amônio (NH₄⁺) desde a solução do solo (LOPES; LIMA, 2015). O aumento na disponibilidade de nitrogênio, normalmente, traz como consequência efeitos positivos sobre a taxa de assimilação de carbono, já que esse nutriente faz parte dos principais componentes do sistema fotossintético, tais como clorofilas, Ribulose 1,5 bisfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco) e Fósforo Enol Piruvato Carboxilase (PEPcase) (CORREIA et al., 2005).

Segundo Santos (2009), a relação C/N constatada nos tecidos das estacas vem sendo utilizada para definir a capacidade do material em enraizar e, quanto maior o valor da relação, maior o enraizamento. De acordo com Fachinello et al. (1995) reservas mais abundantes de carboidratos correlacionam-se com maiores porcentagens de enraizamento. Isso se deve pelo fato da formação celular requerer fonte de carbono para a biossíntese de ácidos nucleicos e proteínas, levando à necessidade de energia e carbono para formação de raízes. Para Hess (1969) estacas de fácil enraizamento têm grande quantidade de amido, sendo o inverso para espécies de difícil enraizamento.

b) Radiação solar

A luz desempenha importante papel no desenvolvimento vegetal, podendo controlar processos associados ao acúmulo de matéria seca, desenvolvimento do caule, altura e área foliar (ALVARENGA et al., 2003). A luz solar é um fator ambiental que pode causar danos ao aparelho fotossintético, sobretudo ao fotossistema II, levando à fotoinibição e perda de desempenho das plantas e, em última análise,

suprime a assimilação de CO₂ (A), o crescimento e a produtividade (FERREIRA, 2016).

A atenuação da radiação solar é um dos fatores mais importantes para a produção de mudas, por atuar diretamente no balanço de energia e, conseqüentemente, nas condições ambientais (HERNANDES et al., 2004).

Alguns estudos têm evidenciado a plasticidade fisiológica de espécies vegetais em relação à radiação fotossinteticamente ativa disponível por meio de avaliações de crescimento inicial em relação a diferentes níveis de sombreamento (ALMEIDA et al., 2005).

Para espécies subtropicais de *Eucalyptus* e em ambientes de inverno, em que os dias são ainda mais curtos que nas regiões tropicais, o fotoperíodo pode exercer influência no enraizamento (ALFENAS et al., 2004).

O fotoperíodo se baseia no número de horas de luz e escuro dentro de um ciclo de 24h, podendo influenciar o crescimento e o desenvolvimento das plantas (DAVID; ROSSI, 2010).

A radiação vermelha e a azul são as mais eficientes para otimizar várias respostas fisiológicas desejáveis nas plantas (BRAGA et al., 2009).

Matsuda et al. (2004) concluíram que plantas de cafeeiro cultivadas sob luz vermelha, em combinação com a azul, mostraram maior taxa fotossintética e maior ativação no metabolismo do nitrogênio nas folhas, em comparação àquelas cultivadas somente sob luz vermelha.

Segundo Henrique et al. (2011) ainda não está bem esclarecida a razão das alterações que ocorrem na alocação de fitomassa entre os órgãos da planta, em resposta a alterações espectrais. No entanto, de acordo com Mathews (2010), a maioria dos relatos aponta o fitocromo, um pigmento proteico, que absorve luz mais fortemente na região do vermelho e vermelho-distante e, em menor intensidade, a luz azul.

c) Demanda hídrica

A quantificação da necessidade hídrica no processo de produção de mudas dentro dos viveiros é de extrema importância para racionalizar a utilização da água (DELGADO, 2012). O potencial de água da folha, indica o seu estado hídrico, cujos gradientes explicam os fluxos da água no sistema solo-planta-atmosfera, afirmam Bergonci et al. (2000) de modo que, variações no potencial hídrico da folha podem afetar a assimilação de carbono da planta (HSIAO, 1973). Em situação de baixa

disponibilidade de água no solo, onde as plantas perdem água a uma taxa superior à capacidade de absorção e transporte, há a redução do potencial hídrico da folha; com isso, os estômatos se fecham parcialmente e há a redução da fotossíntese, diminuindo assim, a produtividade.

Segundo Mori (2014), o consumo de água na produção de mudas em viveiro, com produção anual de 12 milhões de mudas, utiliza em média 600 m³ dia⁻¹. Nos minijardins clonais, o volume drenado (excesso) nos canaletes é cerca de 40% do total aplicado (SANTOS; CARLESSO, 1998).

Segundo Gruber (2006) a demanda hídrica das plantas depende de fatores como clima, ambiente produtivo (protegido ou pleno sol), estágio de desenvolvimento, sistema de irrigação, substrato utilizado e de características intrínsecas das plantas.

Sobre o excedente hídrico, Gruber (2006) afirma:

(...) “além de não participar das atividades metabólicas do vegetal, propicia, entre outros: encharcamento de solos, que dificulta a aeração do sistema radicular e dificulta a atividade de micro-organismos, possibilitando o surgimento de doenças; lixiviação de nutrientes; salinização de solos e desperdícios dos recursos naturais.” (GRUBER, 2006, p. 51).

Para Gruber (2016), a deficiência hídrica pode causar diversos problemas nas plantas, entre elas:

(...) “inibição do alongamento celular, o que torna a planta baixa; redução de massa de matéria seca da parte aérea e radicular, em decorrência da redução do número e da espessura das folhas, da área foliar, da altura e do diâmetro do colo; o fechamento dos estômatos para diminuir a perda de água do interior da planta, ocorrendo queda das atividades enzimáticas envolvidas na fotossíntese; diminuição da transpiração e consequente queda na assimilação de CO₂; diminuição da absorção de íons e, por fim, diminuição da síntese de açúcares e, consequentemente, da respiração e produção de energia.” (GRUBER, 2006, p. 51).

d) Nutrição

A nutrição e o enraizamento estão intimamente relacionados, tendo como base que o estado nutricional da estaca determinará a quantidade de carboidratos, hormônios vegetais e outros compostos metabólicos fundamentais para o enraizamento. Os nutrientes possuem funções essenciais e específicas no metabolismo vegetal; desta forma, a nutrição é considerada fator chave ao enraizamento adventício (CUNHA et al., 2010).

Em média, uma cepa bem nutrida em plena produtividade produz em média 10 estacas por mês, resultando em 120 estacas por ano. Dessa forma, surge um importante questionamento: como suprir a demanda florestal por mudas sem aumentar a área do viveiro? É essencial buscar alternativas para aumentar a produção mensal de estacas de cada cepa em uma mesma área do jardim clonal.

Segundo o Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004, que regulamenta a Lei nº 10.711/2003, viveiro é uma área convenientemente demarcada e tecnicamente adequada para a produção e manutenção de mudas (BRASIL, 2004). O viveiro de produção de mudas florestais é a base dentro do processo produtivo, sendo responsável pelo abastecimento de mudas para implantação de povoamentos florestais, recuperação de áreas degradadas e outras finalidades (WALKER et al., 2011).

O viveiro florestal é formado por diversas estruturas na qual compõem cada fase de crescimento das mudas até seu destino definitivo. Quando se trata de viveiros com produção de mudas em escala comercial, a partir do método de propagação vegetativa, sobretudo pelo método de estaqueamento, algumas estruturas precisam ser levadas mais em consideração como o jardim clonal, casa de vegetação, casa de sombra e pátio de rustificação. O sistema de jardim clonal vem se desenvolvendo, principalmente, para espécies florestais, especialmente na silvicultura clonal do eucalipto (WENDLING; SOUZA JUNIOR, 2000; CUNHA et al., 2005; CARVALHO NETO, 2010).

Todas essas estruturas são necessárias e importantes para cada fase de crescimento das mudas, contudo, o jardim clonal pode ser considerado primordial para que ocorra o mínimo possível de problemas em sua produção até seu plantio definitivo em campo, pois, no jardim clonal é possível obter o controle nutricional, fitossanitário e erradicação de plantas indesejáveis (ALFENAS et al., 2004).

Segundo Máfia et al. (2005) existem vários tipos de jardins clonais. O estabelecimento de cepas em canaletões de amianto ou concreto com leito de areia e fertirrigação por gotejamento é o mais empregado. Contudo, segundo Rocha (2008) muitos viveiros produzem mudas em canaletões fabricados com concreto, que proporciona maior aproveitamento de área e possuem maior durabilidade, quando comparados com o amianto.

Cada planta nos canteiros do jardim clonal é chamada de planta-matriz ou cepa, e o substrato utilizado nestes canteiros podem ser areia ou cascalho, por

apresentarem características físicas e químicas adequadas para esta finalidade. É necessário que as cepas estejam sem deficiência nutricional e toxicidade, com suas atividades fotossintéticas ativas e com as exigências hídricas supridas, pois, qualquer doença nas plantas-matriz refletirá nas estacas, causando problemas de crescimento nas demais fases de produção, por esta razão o cuidado ao extremo com todos esses fatores no viveiro.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e época

A pesquisa foi realizada de setembro de 2017 a dezembro de 2018, no jardim clonal do viveiro de produção de mudas (Figura 1) do Departamento de Ciência Florestal da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA), da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), na cidade de Botucatu, Estado de São Paulo, Brasil. Botucatu localiza-se nas coordenadas geográficas 22° 51' Latitude Sul e 48° 26' de Longitude Oeste com altitude média de 786 metros. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa – clima temperado quente (mesotérmico) úmido e a temperatura média do mês mais quente são superiores a 22° C. A precipitação pluviométrica anual média é de 1428,40mm (CUNHA; MARTINS, 2009).

Figura 1 - Mudanças recém plantadas de *Eucalyptus* spp. e *Corymbia citriodora* F. V. Muell x *Corymbia torelliana* Hook. nos canteiros do jardim clonal.



3.2 Delineamento experimental

O experimento foi montado em blocos casualizados com parcelas subdivididas no tempo (4x4x2), sendo quatro estruturas de jardim clonal (fator principal), quatro clones (com subparcelas dentro de cada parcela) e duas estações do ano de 2018 (inverno e primavera). As estruturas testadas foram: estufa agrícola com pé direito

Os clones (Figura 4) foram escolhidos devido sua ampla utilização no setor florestal e por apresentarem diferentes desempenhos quanto à produtividade de cepas e enraizamento de estacas (Quadro 1).

Quadro 1 - Informações gerais sobre os clones utilizados no experimento.

Clone	AEC 144	IPB02 (H15)	IPB13 (H1069)	Toreliodora (AEC0043)
Empresa	ArcelorMittal	ArboGen	ArboGen	Aperam
Espécie	Híbrido natural de <i>E. urophylla</i>	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	Híbrido de <i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	Híbrido espontâneo <i>C. citriodora</i> x <i>C. toreliana</i>
Características silviculturais	Rápido fechamento da copa, alta capacidade de rebrota, alta rusticidade.	Rápido fechamento da copa, início da floresta homogêneo.	Médio fechamento da copa, homogêneo.	Crescimento rápido, copa pouco densa, homogêneo
Volume Médio ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}$)	45	40	42	33
Densidade básica (Kg m^{-3})	515	510	490	636
Rendimento em celulose (%)	51	53	52	52

Figura 4 - Mudas do clone Toreliodora (a); clone AEC 144 (b); clone IPB 13 (c) e clone IPB 02 (d).



As mudas com aproximadamente 25cm de altura e 3mm de diâmetro de colo foram plantadas no espaçamento de 0,15 x 0,15m. Após 15 dias do plantio as mudas foram cortadas com tesoura de poda deixando todas com altura de 8 cm. Este corte teve por objetivo estimular a brotação das gemas laterais.

Nos três primeiros meses (outubro, novembro e dezembro) as estacas foram cortadas, mas por não estarem no padrão comercial quanto à altura, turgidez e quantidade de folhas, não foram quantificados.

Os manejos hídrico e nutricional foram adaptados a cada época do ano, dependendo das condições climáticas. A lâmina de irrigação média foi de 4,7mm no inverno e 5,3mm no verão. O manejo de adubação baseou-se nos estudos de Higashi et al. (1998); Higashi et al. (2000); Paula et al. (2000) e Silveira et al. (2000) para condição de jardim clonal de *Eucalyptus spp* e a solução nutritiva e os fertilizantes utilizados estão descritos na tabela 1 e Quadro 2.

Tabela 1 - Solução nutritiva aplicada nas mudas no jardim clonal nas estações de inverno e primavera.

Nutriente	Concentração (mg L ⁻¹)	
	Inverno	Primavera
N	194,2	134,8
P	27,3	27,3
K	160,0	160,0
Ca	160,0	160,0
Mg	41,8	41,8
S	57,2	57,2

Quadro 2 - Fertilizantes usados para o preparo da solução nutritiva.

Fertilizante	Fórmula
Nitrato de Ca	Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O
Cloreto de K	KCl
Nitrato de K	KNO ₃
MAP	NH ₄ H ₂ PO ₄
Sulfato de Magnésio	MgSO ₄ .7H ₂ O
Ferro 13%	FeNa ₃ H ₂ O
Ácido Bórico	H ₃ BO ₃
Sulfato de Cobre	CuSO ₄ .5H ₂ O
Sulfato de Zinco	ZnSO ₄ .7H ₂ O
Sulfato de Manganês	MnSO ₄ .H ₂ O
Molibdato de Sódio	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O

3.3 Avaliações

3.3.1 Variáveis climáticas

Para a coleta dos dados das variáveis climáticas (julho a dezembro) como temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar nas estruturas PDA, MTD e MTA do jardim clonal foram usados um conjunto Vaisala (termohigrômetro HMP50 + abrigo multiplaca *RM Young* modelo 41002) conectado a um *Micrologger CR23X*, em cada estrutura, registrando os dados diariamente a cada uma hora. Na estrutura descoberta (DESC) foram coletados os dados de temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar pela Estação Meteorológica Lageado, da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu – SP, pelo sensor de temperatura PT100 RTD, IEC 751 1/3 Classe B e sensor de umidade relativa do ar *Rotronic Hygrem®* IN1, ambos do modelo HC2S3 e marca *Campbell Scientific, INC.* Os dados de radiação solar da estrutura descoberta foram coletados pelo modelo CMP3 com espectro de medida de 310 a 2800nm, da marca *Kipp & Zonen*.

3.3.2 Produtividade das cepas

A produtividade foi avaliada por meio da contagem do número de estacas que cada cepa produziu por mês (a partir do mês de junho). Esta avaliação foi realizada duas vezes ao mês, com o corte das estacas (Figura 5a) que possuíam padrão comercial de 8cm de comprimento e presença de gema apical (Figura 5b). Para isso, foi utilizada tesoura de poda, esterilizada com hipoclorito a uma concentração de 1,5%, após a poda de cada cepa.

Figura 3 - Poda das cepas (a) para retirada de estacas de eucalipto com padrão comercial (b) de 8cm de comprimento.

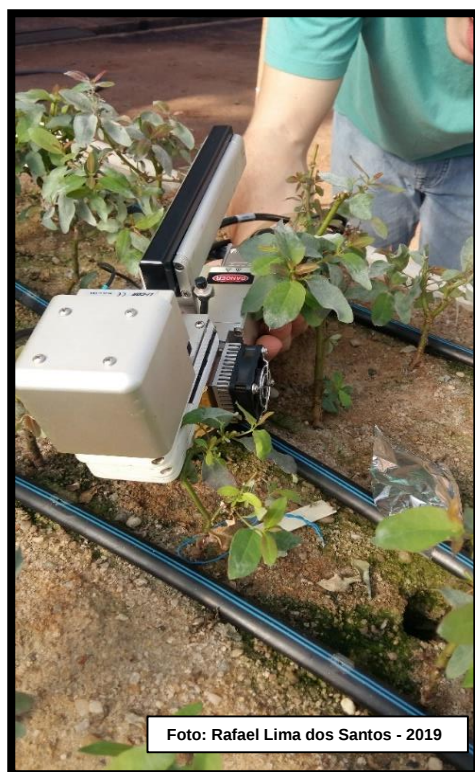


3.3.3 Variáveis fisiológicas

3.3.3.1 Trocas gasosas

A avaliação de trocas gasosas ocorreu mensalmente (julho à dezembro) com o equipamento *Infra-red Gas Analyzer* (IRGA, modelo LI-6400, LI-COR no intervalo das 8h30min às 11h30min, em dia com poucas nuvens, obtendo os valores de: taxa de assimilação de CO₂ (*A*) dada em $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, condutância estomática (*gs*) em $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; concentração interna de CO₂ (*Ci*) expressa em $\mu\text{molCO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$; taxa de transpiração (*E*) em $\text{mmol de vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; eficiência do uso da água (*EUA*) dada em $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}]$ e eficiência de carboxilação (*A/Ci*), $[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})]$. As avaliações ocorreram em uma planta por estrutura, por clone de cada repetição, totalizando 3 plantas por estrutura (Figura 6).

Figura 4 - Procedimento de avaliação de trocas gasosas em um clone de *Eucalyptus* spp. com o IRGA.



3.3.3.2 Fluorescência da clorofila a

Foram realizadas duas avaliações de fluorescência, uma no inverno (julho) e outra na primavera (dezembro) com auxílio de fluorômetro conectado ao *Infra-red Gas Analyzer* (IRGA, modelo LI – 6400, LI-COR). As medições ocorreram das 8h30min às 11h30min da manhã, em dia com poucas nuvens, obtendo-se dados das variáveis: eficiência quântica potencial do FSII (*Fv/Fm*), eficiência quântica das antenas

(F_v'/F_m'), coeficiente de extinção fotoquímico (qP), coeficiente de extinção não-fotoquímico (NPQ) e taxa aparente de transporte de elétrons (ETR).

Para a realização desta avaliação foi necessário cobrir a folha da planta com papel alumínio (Figura 7), trinta minutos antes do início das avaliações, para que a folha da planta não estivesse realizando seus processos fotossintéticos no momento da avaliação. As avaliações ocorreram em uma planta por estrutura por clone de cada repetição, totalizando 3 plantas por estrutura.

Figura 5 - Cepa de *Eucalyptus* spp. com sua folha envolta em papel alumínio para realização da avaliação de fluorescência com o IRGA.



Foto: Rafael Lima dos Santos - 2019

3.4 Análise estatística

Para a análise estatística da produtividade (número de estacas/cepas), tendo como fatores estação do ano, clone e estrutura, foi ajustado um modelo linear generalizado misto com distribuição Poisson e função de ligação logarítmica, considerando uma estrutura de medidas repetidas no tempo pelo método de Equações de Estimação Generalizadas (NELDER; WEDDERBURN, 1972; DIGGLE et al., 2002; GBUR et al., 2012). Inicialmente foi testada a interação tripla e dupla entre os fatores considerados e, se necessário, os fatores principais. Foi utilizado o procedimento *genmod* (Programa estatístico SAS – *Free Statistical Statistical Software*, SAS University Edition) e para comparações entre tratamentos foi utilizado

o teste Tukey-Kramer (WESTFALL et al., 1999). A qualidade dos ajustes do modelo linear generalizado ajustado foi feita por meio da análise e resíduos de Pearson padronizados.

Para a análise estatística das variáveis fisiológicas (A ; g_s ; C_i ; E ; EUA ; A/C_i ; F_v/F_m ; F_v'/F_m' ; qP ; NPQ ; ETR) ajustou-se modelos lineares generalizados mistos com a distribuição Poisson e função de ligação logarítmica, considerando uma estrutura de medidas repetidas no tempo pelo método de Equações de Estimação Generalizadas (NELDER; WEDDERBURN, 1972; DIGGLE et al., 2002; GBUR, et al., 2012). Inicialmente foi testada a interação tripla e dupla entre os fatores considerados e, se necessário, os fatores principais. Em todas as análises dos parâmetros fisiológicos foi utilizado o procedimento *genmod* (do Programa estatístico SAS – *Free Statistical Statistical Software, SAS University Edition*) e para comparações entre tratamentos foi utilizado o teste Tukey-Kramer (WESTFALL et al., 1999). As qualidades dos ajustes de todos os modelos lineares generalizados ajustados foram feitas por meio da análise de resíduos de Pearson padronizados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis climáticas

Os dados de absorbância e transmitância dos filmes agrícolas na faixa do espectro visível (400 – 730nm), mostram que o filme agrícola azul tem maior absorbância da luz que o difusor, contudo o difusor consegue absorver até o comprimento de onda 370nm. O filme agrícola difusor apresentou absorbância crescente. Já no filme azul houve crescimento até o comprimento de onda de 580nm e a partir de 490nm (Tabela 2).

Tabela 2 - Teste de absorbância e transmitância dos filmes agrícolas azul e difusor utilizado nos ambientes do estudo.

Comp. Onda	Absorbância		Transmitância	
	Azul	Difusor	Azul	Difusor
700nm	573	362	26,9	43,5
670nm	618	373	24,3	42,4
640nm	692	385	20,9	41,4
610nm	703	399	20,0	40,0
580nm	720	411	19,3	38,9
550nm	703	427	19,9	37,5
520nm	698	443	20,2	36,1
490nm	735	459	18,8	34,6
460nm	776	482	17,0	32,9
430nm	823	507	15,2	31,2
400nm	970	567	10,7	27,0
370nm	0	922	0,6	10,5
340nm	0	0	0,2	9,1
320nm	0	0	0	7,4

A transmitância do filme agrícola difusor é maior do filme agrícola azul e apresenta transmitância em todos os comprimentos de onda. Já o filme azul não há transmitância no comprimento 320nm e pequena nos comprimentos de 340 e 370nm.

As variáveis climáticas contribuem de forma significativa para entender os processos fisiológicos e, portanto, a produtividade vegetal. Condições climáticas favoráveis à produção podem proporcionar às plantas a realização das atividades como um todo, tornando um indicativo de crescimento ou distúrbio.

Os microclimas formados pelos minitúneis, ocasionaram diferenças climáticas registradas nos meses de julho, agosto e setembro, meses estes que compõem o inverno do ano de 2018 na região do estudo (Tabela 3).

Tabela 3 - Variáveis climáticas analisadas nos meses que compõem o inverno do ano de 2018, registrados nas quatro estruturas de cobertura de jardim clonal.

Mês: Julho				
Variáveis	Estruturas de cobertura de jardim clonal			
Climáticas	PDA	MTD	MTA	DESC
T°C máxima	34,3	46,3	46,6	28,5
T°C média	21,1	22,8	22,0	19,7
T°C mínima	8,8	5,8	5,0	8,0
UR% máxima	100	100	100	96
UR% média	56	89	86	52
UR% mínima	20	27	32	24
PAR (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	2,819	3,494	4,110	6,547
Mês: Agosto				
Variáveis	Estruturas de cobertura de jardim clonal			
Climáticas	PDA	MTD	MTA	DESC
T°C máxima	34,9	47,3	47,5	30,0
T°C média	17,3	21,0	20,2	17,1
T°C mínima	1,3	6,0	5,6	8,4
UR% máxima	100	100	100	97
UR% média	73	92	91	70
UR% mínima	19	25	26	22
PAR (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	2,527	3,252	4,185	7,170
Mês: Setembro				
Variáveis	Estruturas de cobertura de jardim clonal			
Climáticas	PDA	MTD	MTA	DESC
T°C máxima	41,6	51,5	52,9	32,9
T°C média	20,9	24,4	23,5	19,5
T°C mínima	3,0	8,3	7,5	9,8
UR% máxima	98	100	100	97
UR% média	71	92	91	69
UR% mínima	17	34	32	24
PAR (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	3,189	3,925	4,553	8,060

PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto; T°C – Temperatura em graus Celsius; UR% - Umidade relativa do ar em porcentagem; PAR – Radiação fotossinteticamente ativa.

Durante o inverno, o ambiente sem cobertura (DESC) apresentou médias de temperaturas e umidade relativa do ar inferiores ao ambiente das demais estruturas. As temperaturas médias registradas na estrutura minitúnel difusor (MTD) foram maiores aproximadamente 1°C quando comparados com as temperaturas médias registradas na estrutura minitúnel azul (MTA), em todos os meses do inverno de 2018.

As temperaturas máximas foram superiores nos minitúneis. No minitúnel com filme azul a temperatura foi até 1,4°C maior que a do minitúnel com filme difusor. As menores temperaturas mínimas foram registradas na estrutura PDA nos meses de

agosto e setembro (1,3 e 3,0°C, respectivamente). Já no mês de junho, as menores temperaturas foram registradas nas estruturas com minitúnel.

Tanto altas quanto baixas temperaturas podem influenciar na produtividade vegetal (XAVIER et al., 2013). O aumento da temperatura, até certo ponto, aumenta a divisão celular e, conseqüentemente, auxilia a formação de raízes e a produção de estacas (HARTMANN et al., 1997). As temperaturas consideradas moderadamente altas (35 a 42°C) podem causar danos diretos ao aparato fotossintético por provocar mudanças na membrana do tilacóide e alterar as propriedades físico-químicas (WISE et al., 2004). Por outro lado, temperaturas baixas diminuem a produção de estacas e o desenvolvimento radicular (XAVIER et al., 2013). Considerando os meses de inverno, as temperaturas máximas nos minitúneis, independente do filme agrícola, foram maiores ao indicado por Wise et al. (2004) como prejudiciais à planta.

Quanto à UR% máxima, apenas o ambiente sem cobertura não atingiu os 100% de umidade em todos os meses, já o PDA não atingiu apenas no mês de setembro (98%). Os dados de UR% mínima mostram que apenas no mês de setembro a estrutura MTA não apresenta a UR% superior ao MTD. Em média, a estrutura MTD proporcionou maior UR% quando comparados às demais estruturas.

Os valores de Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR) foram maiores no jardim clonal descoberto seguidos pelos MTA, MTD e PDA, em todos os meses do inverno. O valor da PAR no canteiro descoberto variou de 6,5 a 8,0 MJ m⁻² dia⁻¹. Segundo Awad e Castro (1989), a radiação líquida recebida na superfície da Terra é 10,2 MJ m⁻² dia⁻¹ e atinge seu máximo no verão e seu mínimo no inverno e durante o dia, a intensidade máxima de radiação solar ocorre próximo ao meio-dia. Comparando os minitúneis, a maior diferença na radiação PAR entre eles ocorreu no mês de agosto (4,185 MJ m⁻² dia⁻¹ e 3,252 MJ m⁻² dia⁻¹, respectivamente MTA e MTD).

Para o crescimento das plantas a luz é fundamental, uma vez que constitui fonte de energia na fotossíntese (PAIVA; GOMES, 2011) e indispensável para a síntese de carboidratos e auxinas (XAVIER et al., 2013). A planta sem luz é estiolada, pois a protoclorofila necessita de luz para transformar-se em clorofila (LOPES; LIMA, 2015).

Assim como nos meses de inverno, as variáveis climatológicas na primavera as variáveis climatológicas apresentaram o mesmo comportamento (Tabela 4). As menores temperaturas médias e máximas, em toda primavera do ano de 2018 foram registradas nos canteiros sem cobertura (DESC). As maiores variações na

temperatura máxima ocorreram entre as estruturas DESC e MTA, variando de 18°C a 22°C. Segundo Lopes e Stripiari (1998), a temperatura de ambientes protegidos pode atingir até 15°C acima do ambiente externo. Entre os minitúneis, as temperaturas máximas foram superiores no MTA, porém, as temperaturas médias foram maiores no MTD (variação de 0,4 e 0,7°C).

Tabela 4 - Variáveis climáticas analisadas nos meses que compõem a primavera do ano de 2018, registrados nas quatro estruturas de cobertura de jardim clonal.

Mês: Outubro				
Variáveis	Estruturas de cobertura de jardim clonal			
Climáticas	PDA	MTD	MTA	DESC
T°C máxima	37,2	49,9	49,7	31,5
T°C média	21,8	26,0	25,3	20,6
T°C mínima	6,6	11,8	11,1	12,5
UR% máxima	100	100	100	97
UR% média	77	93	91	76
UR% mínima	28	31	32	36
PAR (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	8,517	4,020	4,670	9,456
Mês: Novembro				
Variáveis	Estruturas de cobertura de jardim clonal			
Climáticas	PDA	MTD	MTA	DESC
T°C máxima	38,8	51,9	53,6	31,9
T°C média	23,2	26,6	26,1	21,3
T°C mínima	8,5	13,7	12,6	14,4
UR% máxima	100	100	100	97
UR% média	75	92	92	74
UR% mínima	29	44	40	37
PAR (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	7,538	4,026	3,109	8,919
Mês: Dezembro				
Variáveis	Estruturas de cobertura de jardim clonal			
Climáticas	PDA	MTD	MTA	DESC
T°C máxima	40,4	54,6	55,6	33,7
T°C média	26,1	28,9	28,5	25,5
T°C mínima	14,6	12,8	11,6	12,9
UR% máxima	99	100	100	96
UR% média	69	92	90	67
UR% mínima	24	37	40	29
PAR (MJ m ⁻² dia ⁻¹)	5,565	4,683	4,443	9,278

PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto; T°C – Temperatura em graus Celsius; UR% - Umidade relativa do ar em porcentagem; PAR – Radiação fotossinteticamente ativa.

Em todos os meses da primavera de 2018, apenas a estrutura sem cobertura não chegou a registrar umidade relativa do ar de 100%, e na estrutura PDA, apenas no mês de dezembro. A estrutura PDA também registrou as menores umidades em

todos os meses da primavera (outubro, novembro e dezembro) quando comparados às demais estruturas. A UR média foi superior no minitúnel difusor.

Diferentemente do que ocorreu no inverno, na primavera a radiação fotossinteticamente ativa foi maior na estrutura descoberta seguida da PDA. Entre os minitúneis, o MTD apresentou maior PAR, exceto no mês de outubro.

A radiação solar incidente no interior de ambientes protegidos é sempre menor que a incidida sobre uma superfície ao ar livre (VÁSQUEZ et al., 2005) devido aos processos físicos de reflexão e absorção promovidos pelo material plástico de cobertura (FERRARI, 2013).

4.2 Produtividade de cepas

Na avaliação da produtividade (número de estacas que cada cepa produziu mensalmente) houve interação tripla entre os fatores estudados. Assim, optou-se por fixar o fator clone e analisar a interação dupla. A primeira análise foi da influência das estruturas do jardim clonal e da estação do ano para cada clone separadamente.

Considerando o clone AEC144, com exceção do MTA não houve diferença na produtividade nas estações do ano, sendo que a maior produtividade, nesta estrutura, foi obtida durante o inverno. Tanto no inverno quanto na primavera, a produtividade do clone AEC144 foi maior no MTD (16 e 17 estacas/cepa/mês, respectivamente). A menor produtividade foi dos clones na estrutura DESC no inverno e na primavera (7 e 8 estacas/cepa/mês, respectivamente), porém na primavera os clones sob a estrutura PDA foram semelhantes aos clones da estrutura DESC (Tabela 5).

Tabela 5 - Produtividade média mensal (nº de estacas/cepa) do clone AEC144 nas quatro estruturas de cobertura de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Estrutura	Estação			
	Inverno		Primavera	
PDA	9 ^(*) (0,39)	Ba	8 (0,38)	Ca
MTD	16 (0,59)	Aa	17 (0,70)	Aa
MTA	14 (0,59)	Aa	11 (0,44)	Bb
DESC	7 (0,43)	Ba	8 (0,46)	Ca

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto. ^(*) médias sem casas decimais utilizando-se a Regra de Arredondamento na Numeração Decimal segundo Norma ABNT NBR 5891, (ABNT, 1977).

Para o clone IPB 02 a maior produtividade ocorreu na primavera, exceto para os clones sob a estrutura MTA. No inverno a maior produtividade foi obtida pelas cepas plantadas no MTA (12 estacas/cepa/mês) e na primavera sob o MTD (15 estacas/cepa/mês) (Tabela 6).

Tabela 6 - Produtividade média mensal (nº de estacas/cepa) do clone IPB 02 nas quatro estruturas de cobertura de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Estrutura	Estação			
	Inverno		Primavera	
PDA	7(*) (0,38)	Bb	9 (0,47)	Ba
MTD	11 (0,56)	Ab	15 (0,66)	Aa
MTA	12 (0,53)	Aa	10 (0,47)	Ba
DESC	7 (0,44)	Bb	7 (0,52)	Ca

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto. ^(*) médias sem casas decimais utilizando-se a Regra de Arredondamento na Numeração Decimal segundo Norma ABNT NBR 5891, (ABNT, 1977).

Para o clone IPB 13 (Tabela 7) a maior produtividade foi obtida na primavera, exceto na estrutura MTA. Em ambas as estações, a maiores produtividades foram

obtidas pelas cepas sob as estruturas com mini túnel (MTA e MD) (14 e 10; 12 e 16 estacas/cepa/mês no inverno e primavera, respectivamente).

Tabela 7 - Produtividade média mensal (nº de estacas/cepa) do clone IPB 13 nas quatro estruturas de cobertura de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Estrutura	Estação			
	Inverno		Primavera	
PDA	5 ^(*) (0,30)	Bb	8 (0,45)	Ca
MTD	12 (0,52)	Ab	16 (0,47)	Aa
MTA	14 (0,57)	Aa	10 (0,35)	Bb
DESC	7 (0,43)	Bb	8 (0,57)	Ca

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto. ^(*) médias sem casas decimais utilizando-se a Regra de Arredondamento na Numeração Decimal segundo Norma ABNT NBR 5891, (ABNT, 1977).

Para o clone Toreliodora, também a maior produtividade ocorreu na primavera em todas as estruturas, sendo que para a estrutura MTA não houve diferença entre as estações (Tabela 8). A maior produtividade foi das cepas sob MTD tanto no inverno quanto na primavera (12 e 15 estacas/cepa/mês, respectivamente). As estruturas que proporcionaram as menores produtividades foram PDA durante o inverno e DESC na primavera.

Tabela 8 - Produtividade média mensal (nº de estacas/cepa) do clone Toreliodora nas quatro estruturas de cobertura de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Estrutura	Estação			
	Inverno		Primavera	
PDA	4 ^(*) (0,17)	Cb	8 (0,27)	Ba
MTD	12 (0,31)	Ab	15 (0,40)	Aa
MTA	10 (0,29)	Ba	10 (0,23)	Ba
DESC	5 (0,15)	Cb	6 (0,17)	Ca

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto. ^(*) médias sem casas decimais utilizando-se a Regra de Arredondamento na Numeração Decimal segundo Norma ABNT NBR 5891, (ABNT, 1977).

Segundo Assis (2011) cobrir as cepas com minitúneis contribui com o aumento da produtividade das mesmas, fato corroborado neste experimento. Batista et al. (2015) confirmam que a produção de estacas de cepas em ambiente com minitúnel aumentam nos meses mais quentes (primavera e verão). No presente estudo, há diferença na produtividade das cepas em minitúnel quando comparadas com os demais ambientes, havendo variação do número médio mensal de estacas/cepas entre as estruturas MTD e MTA de acordo com a estação do ano.

Batista et al. (2015) afirmam que as cepas plantadas em minitúneis podem aumentar em 53% a produção de estacas. Na presente pesquisa, o efeito do minitúnel foi maior para o clone AEC144 na primavera, quando sua produtividade na estrutura MTD, foi de 17 estacas/cepa/mês (70%).

O clone AEC144, bastante plantado no Sudeste brasileiro, produz em média, 10 estacas/cepa mensal. Observando sua produtividade na estrutura MTD, verifica-se acréscimo no número médio de estacas/cepas/mês no inverno e primavera (16 e 17 estacas/cepas, respectivamente), quando comparado com a média em viveiros sem esta a estrutura de minitúneis. Batista et al. (2015) afirmam que a tecnologia dos minitúnel é nova na propagação clonal de *Eucalyptus*, pois proporciona condições microclimáticas capazes de afetar a produtividade.

O clone Toreliodora (*Corymbia torelliana* x *Corymbia citriodora*) produz em média 5 estacas mensais nos viveiros comerciais, valor encontrado neste estudo, somente quando as cepas estavam no canteiro descoberto. Mas sob os minitúneis, especialmente o MTD, o aumento na produtividade foi significativo (140 a 150% para inverno e primavera, respectivamente). Segundo Treuman et al. (2013), plantas de *Corymbia citriodora* produziram mais estacas quando foram cultivadas com ambientes com temperatura de 28 ou 33°C.

Outra análise foi da influência dos clones e da estação do ano para cada estrutura. Quando analisado a produtividade das cepas no PDA (Tabela 9), a produtividade do clone AEC144, foi semelhante estatisticamente nas duas estações. Para os demais clones, a maior produtividade foi na primavera.

Tabela 9 - Produtividade média mensal (nº de estacas/cepa) dos quatro clones, na estrutura PDA de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Clone	Estação			
	Inverno		Primavera	
AEC144	9 ^(*) (0,39)	Aa	8 (0,38)	Ba
IPB 02	7 (0,38)	Bb	9 (0,47)	Aa
IPB 13	5 (0,30)	Cb	8 (0,45)	Ba
Toreliodora	4 (0,17)	Cb	8 (0,27)	Ba

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. ^(*) médias sem casas decimais utilizando-se a Regra de Arredondamento na Numeração Decimal segundo Norma ABNT NBR 5891, (ABNT, 1977).

No inverno, a maior produtividade ocorreu nos clones AEC144 e IPB 02 (9 e 7 estacas/cepas/mês, respectivamente). Na primavera, os clones IPB 02 apresentaram maior produtividade nessa estrutura, não havendo diferença significativa entre os demais clones.

Assim, como ocorreu no PDA, a maior produtividade das cepas sob a estrutura MTD, foi na primavera, sendo que para o clone AEC144 que não apresentou diferença significativa entre inverno e primavera (Tabela 10).

No inverno e na primavera, o clone AEC144 produziu mais estacas/cepa/mês (16 e 17, respectivamente), sendo que na primavera, o clone IPB 13 foi semelhante estatisticamente semelhante ao clone AEC144 (16 estacas/cepa/mês).

Tabela 10 - Produtividade média mensal (nº de estacas/cepa) dos quatro clones, na estrutura MTD de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Clone	Estação			
	Inverno		Primavera	
AEC144	16 ^(*) (0,59)	Aa	17 (0,70)	Aa
IPB 02	11 (0,56)	Bb	15 (0,66)	Ba
IPB 13	12 (0,47)	Bb	16 (0,52)	Aa
Toreliodora	12 (0,31)	Bb	15 (0,40)	Ba

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. ^(*) médias sem casas decimais utilizando-se a Regra de Arredondamento na Numeração Decimal segundo Norma ABNT NBR 5891, (ABNT, 1977).

Diferentemente das demais estruturas, as cepas que estavam sob o MTA (Tabela 11) foram mais produtivas no inverno, exceto para o clone Toreliodora que não apresentou diferenças significativas entre as estações.

Tabela 11 - Produtividade média mensal (nº de estacas/cepa) dos quatro clones, na estrutura MTA de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Clone	Estação			
	Inverno		Primavera	
AEC144	14 ^(*) (0,59)	Aa	11 (0,44)	Ab
IPB 02	12 (0,53)	Ba	10 (0,47)	Bb
IPB 13	14 (0,57)	Aa	10 (0,35)	Bb
Toreliodora	10 (0,29)	Ca	10 (0,23)	Ba

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. ^(*) médias sem casas decimais utilizando-se a Regra de Arredondamento na Numeração Decimal segundo Norma ABNT NBR 5891, (ABNT, 1977).

No jardim descoberto (Tabela 12), não houve diferenças significativas entre as estações analisadas, exceto para o clone Toreliodora que apresentou menor produtividade no inverno. Quando analisada as estações separadamente, verifica-se que no inverno, apenas o clone Toreliodora apresentou diferença na produtividade média, sendo inferior aos demais clones. Na primavera a produtividade foi semelhante entre os clones.

Tabela 12 - Produtividade média mensal (nº de estacas/cepa) dos quatro clones, na estrutura DESCOBERTA de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Clone	Estação			
	Inverno		Primavera	
AEC144	7 ^(*) (0,43)	Aa	8 (0,46)	Aa
IPB 02	7 (0,44)	Aa	7 (0,52)	Ba
IPB 13	7 (0,43)	Ab	8 (0,57)	Aa
Toreliodora	5 (0,15)	Bb	6 (0,17)	Ca

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. ^(*) médias sem casas decimais utilizando-se a Regra de Arredondamento na Numeração Decimal segundo Norma ABNT NBR 5891, (ABNT, 1977).

O microclima formado nos minitúneis contribuiu para aumentar a produtividade de todos os clones, quando comparados com o padrão dos jardins clonais dos viveiros comerciais (PDA e DESC). A variação da produtividade entre os minitúneis dependerá da estação do ano e do clima do local em que está o viveiro. Além do microclima, o aumento da produção das cepas dependerá de outros fatores como nutrição das plantas, disponibilidade hídrica, manejo de poda, periodicidade de coleta, idade da cepa, densidade de cepas por m², material genético, entre outros.

4.3 Variáveis fisiológicas

4.3.1 Trocas gasosas

Na avaliação das variáveis fisiológicas não houve interação tripla. Houve diferenças significativas apenas nos clones estudados para a variável assimilação de CO₂ (Tabela 13) na qual as cepas do clone IPB 13 apresentaram maior assimilação e as cepas do clone Toreliodora a menor taxa de assimilação de CO₂ (15,37 e 12,94 $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente).

Tabela 13 - Médias de taxa de assimilação de CO₂ (A) ($\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) dos clones em estudo.

Clone	Médias CO ₂	
144	14,63 (1,12)	B
IPB 02	14,10 (1,21)	B
IPB 13	15,37 (1,28)	A
Toreliodora	12,94 (1,27)	C

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto.

Os quatro clones estudados, apresentaram maiores taxas de assimilação de CO₂ no inverno (Tabela 14). A assimilação de CO₂ foi maior na estrutura sem cobertura de jardim clonal (DESC) no inverno e na primavera (20,33 e 13,44 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente), uma vez que a estrutura proporcionou condições climáticas em níveis ótimos para a abertura estomática, e portanto, favoreceu a captação do CO₂ para a realização das atividades fotossintéticas.

A baixa assimilação de CO₂ na primavera pode ser explicada pelas altas condições climáticas proporcionadas, uma vez que em temperaturas excessivas, a taxa máxima de assimilação de carbono pode ser inibida por diminuir a condutância estomática (LAW; CRAFTS-BRANDNER, 1999) e, conseqüentemente, a reduzir a fotossíntese.

Tabela 14 - Médias de taxa de assimilação de CO₂ (A) ($\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) dos clones em estudo, quando submetidos às estruturas de cobertura de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Estrutura	Estações			
	Inverno		Primavera	
PDA	17,63 (1,23)	Aa	9,35 (1,42)	Bb
MTD	19,49 (1,23)	Aa	8,27 (0,73)	Bb
MTA	16,74 (1,13)	Aa	8,84 (1,02)	Bb
DESC	20,33 (0,90)	Aa	13,44 (1,06)	Ab

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto.

Segundo Silva et al. (2015) o fechamento estomático e a consequente redução do fluxo normal de CO₂ em direção ao sítio de carboxilação constituem um dos principais responsáveis pela redução da fotossíntese. Altas temperaturas (30-35°C) inibem a assimilação de CO₂ em plantas C3, por reduzir o estado de ativação da Rubisco, via inibição da Rubisco carboxilase, fechamento estomático e redução da atividade fotoquímica (OLIVEIRA et al., 2005).

Outro fator que em excesso pode contribuir para a diminuição da assimilação de CO₂ é a intensidade luminosa, onde altas taxas de radiação solar podem elevar a transpiração foliar, resultando geralmente, em fechamento parcial dos estômatos (AWAD; CASTRO, 1989).

Na condutância estomática (Tabela 15), houve interação entre as estruturas de jardim clonal, na qual as cepas plantadas sob os minitúneis (MTA e MTD) apresentaram maiores taxas de condutância estomática (0,427 e 0,480 mol m⁻² s⁻¹, respectivamente).

Tabela 15 - Médias de taxa de condutância estomática (*gs*) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) das quatro estruturas de jardim clonal.

Estrutura	Médias <i>gs</i>	
MTA	0,427 (0,020)	A
MTD	0,480 (0,022)	A
PDA	0,292 (0,017)	B
DESC	0,292 (0,021)	B

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto.

Ainda falando da condutância estomática, não houve diferença significativa quando analisada a interação entre os clones e as estações do ano (Tabela 16), exceto para o clone AEC144, que apresentou os maiores valores de condutância estomática na primavera. Também não houve diferença na condutância estomática quando analisado a estação isoladamente.

Tabela 16 - Médias de taxa de condutância estomática (*gs*) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) dos quatro clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Clone	Estação			
	Inverno		Primavera	
AEC144	0,328 (0,027)	Aa	0,415 (0,022)	Aa
IPB 02	0,316 (0,038)	Aa	0,411 (0,033)	Aa
IPB 13	0,411 (0,048)	Aa	0,434 (0,033)	Aa
Toreliodora	0,355 (0,036)	Aa	0,319 (0,041)	Ba

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses.

Diretamente ligada com incidência luminosa na área foliar das plantas, bem com a temperatura e umidade relativa do ar, a abertura e o fechamento estomático regula a entrada de CO_2 e, portanto, a produtividade vegetal.

O efeito da temperatura no movimento estomático varia nas espécies e entre plantas de uma mesma espécie, adaptadas ou aclimatadas a ambientes diferentes. Quanto à umidade atmosférica, algumas espécies são muito sensíveis às variações,

fechando seus estômatos com pequenas quedas na umidade do ar (MARENCO; LOPES, 2009). A resistência da cutícula à passagem de água depende da umidade atmosférica, da temperatura, indiretamente pela luz e outros fatores (SALISBURY; ROSS, 2012).

Segundo Stape et al. (2004), o eucalipto tem demonstrado possuir mecanismos fisiológicos eficientes que regulam a absorção e perda de água, influenciando diretamente a produtividade florestal.

Os dados de concentração interna de CO₂ (Ci) das cepas de clones de *Eucalyptus* e *Corymbia* plantadas sob as estruturas de cobertura de jardim clonal mostra que na primavera foram registradas as maiores taxas de concentração de Ci pelos quatro clones em todas as estruturas de cobertura de jardim clonal.

Quando analisada a taxa de concentração interna de CO₂ (Tabela 17) observa-se que no inverno os clones plantados sob os minitúneis apresentaram maiores taxas (315,49 e 314,54 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$ nas estruturas MTA e MTD, respectivamente) e na primavera apenas as cepas sob a estrutura MTD apresentaram maiores valores (363,60 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$).

Tabela 17 - Médias de concentração interna de CO₂ (Ci), ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$) dos quatro clones em estudo, quando submetidos às estruturas de cobertura de jardim clonal, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Estrutura	Estação			
	Inverno		Primavera	
PDA	272,62 (7,28)	Bb	340,73 (7,31)	Ba
MTD	314,54 (7,53)	Ab	363,60 (3,79)	Aa
MTA	315,49 (7,42)	Ab	358,43 (3,40)	Ba
DESC	246,43 (5,59)	Cb	314,71 (8,89)	Ca

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto.

Valores elevados de concentração interna de CO₂ associados à condutância estomática, indicam acréscimo na eficiência instantânea de carboxilação ocorrido em função da disponibilidade de ATP e NADPH e do substrato para a rubisco (SILVA et al., 2015).

A elevação da C_i também pode ser justificada pela baixa condutância do mesófilo, a qual reduz a capacidade difusiva de CO_2 (PEEVA; CORNIC, 2009). O aumento da C_i , sob baixos valores de potencial hídrico foliar e baixa condutância estomática, pode estar relacionado a um decréscimo na eficiência de carboxilação e limitação da regeneração de ribulose-1,5bi-fosfato carboxilase/oxigenase (FERNANDES et al., 2014).

Quando avaliado as médias de transpiração (E) (Tabela 18) dos clones nas estações, percebe-se que não há diferença significativa na variável transpiração para os clones AEC144, IPB 02 e IPB 13. Apenas o clone Toreliodora apresentou as menores taxas de transpiração na primavera (5,57 mmol de vapor d'água $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Os microclimas formados pelas estruturas de cobertura de jardim clonal proporcionaram temperaturas e incidências luminosas que influenciaram na transpiração das cepas dos quatro clones.

Tabela 18 - Médias da taxa de transpiração (E) (mmol de vapor d'água $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) dos quatro clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Clone	Estação			
	Inverno		Primavera	
AEC144	5,34 (0,35)	Aa	4,42 (0,16)	Aa
IPB 02	4,95 (0,66)	Aa	4,47 (0,33)	Aa
IPB 13	5,84 (0,47)	Aa	5,13 (0,47)	Aa
Toreliodora	5,57 (0,62)	Aa	3,46 (0,37)	Bb

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses.

No inverno, possivelmente as estruturas de cobertura registraram temperaturas, umidade relativa e incidência luminosa ideais para que as plantas realizassem a captação do CO_2 e suas atividades fotossintéticas. Na primavera, os estômatos podem ter se fechado mais rapidamente devido às altas temperaturas, sobretudo nos minitúneis, afetando a fotossíntese. A radiação solar excessiva, associada às altas temperatura pode provocar o fechamento parcial dos estômatos (MARENCO; LOPES, 2009), bem como a rápida redução da transpiração. Nesta

situação os estômatos permanecem parcialmente fechados e a entrada de CO₂ nos espaços intercelulares do mesofilo foliar é limitada (AWAD; CASTRO, 1989).

Observando a interação existente apenas nos quatro clones estudados (Tabela 19), observamos que as cepas plantadas sob as estruturas de minitúnel com filme agrícola azul e difusor (MTA e MTD) apresentaram as maiores médias de transpiração (5,19 e 5,38 mmol de vapor d'água m⁻² s⁻¹, respectivamente).

Tabela 19 - Médias da taxa de transpiração (*E*) (mmol de vapor d'água m⁻² s⁻¹) das quatro estruturas.

Estrutura	Médias <i>E</i>	
MTA	5,19 (0,31)	A
MTD	5,68 (0,36)	A
PDA	4,28 (0,31)	B
DESC	4,44 (0,32)	B

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto.

A resistência da folha à transpiração pode variar muito, à medida que os fatores ambientais influenciam as aberturas estomáticas (SALISBURY; ROSS, 2012). A transpiração é o principal mecanismo envolvido na regulação da temperatura foliar devido às menores aberturas estomáticas e, por consequência, a diminuição da transpiração foliar e aumento da temperatura da folha (SILVA et al., 2015).

Em radiação solar intensa, a quantidade de água transpirada pelas folhas excede a capacidade de absorção pelas raízes e de transporte pelo xilema, provocando estresse hídrico temporário, mesmo quando há água disponível no solo (MARENCO; LOPES, 2009). Se a folha estiver mais quente que o ar (um fenômeno comum na luz solar), a transpiração pode ocorrer em uma atmosfera com UR de 100% (SALISBURY; ROSS, 2012).

Para a variável eficiência no uso da água dos clones [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹], houve significância apenas para efeitos principais para estação e estrutura de cobertura de jardim clonal (Tabela 20). Os clones estudados apresentaram maior eficiência do uso da água no inverno (3,8101 μmol m⁻² s⁻¹ (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹).

Tabela 20 - Médias de eficiência do uso da água (*EUA*), [($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)⁻¹] dos clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Estação	Médias <i>EUA</i>	
Inverno	3,8101 (0,20)	A
Primavera	2,5414 (0,17)	B

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses.

Os clones plantados nos minitúneis apresentam menor eficiência do uso da água (2,5644 e 2,5411 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)⁻¹) nas estruturas MTD e MTA, respectivamente) (Tabela 21).

Tabela 21 - Médias de eficiência do uso da água (*EUA*), (μmolCO_2 ($\text{mmol H}_2\text{O}$)⁻¹) dos clones em estudo, nas quatro estruturas de cobertura do jardim clonal.

Estrutura	Médias <i>EUA</i>	
PDA	3,438 (0,284)	A
MTD	2,564 (0,273)	B
MTA	2,541 (0,207)	B
DESC	4,159 (0,276)	A

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto.

A menor média de uso e eficiência da água nos minitúneis pode ser explicado pela temperatura excessiva, ocasionando o fechamento parcial dos estômatos e consequentemente, redução na transpiração, uma vez que *EUA* é caracterizada como a quantidade de biomassa produzida em grama, por água transpirada (MACHADO et al., 2010).

Também foi possível observar também que as folhas das cepas dos quatro clones plantados sob a estrutura sem cobertura de jardim eram maiores e em menor quantidade que as folhas dos clones plantados sob as estruturas com minitúnel. Essa maior área foliar pode ter contribuído para transpiração maior. Dessa forma, plantas mais eficientes no uso da água produzem mais massa seca por grama de água transpirada (BAPTISTA et al., 2011).

A fotossíntese é frequentemente limitada pela disponibilidade de água e de CO₂ estando esses fatores interligados (KERBAUY, 2013). O uso mais eficiente da água está diretamente atrelado ao tempo de abertura estomática, pois, enquanto a planta absorve CO₂ para a fotossíntese, a água é perdida para o ambiente por evapotranspiração (MACHADO et al., 2010).

Assim como na variável *EUA*, a eficiência de carboxilação (*A/Ci*) dos clones apresentou significância com efeitos principais para estação do ano e estrutura de cobertura de jardim clonal (Tabela 22). As médias de *A/Ci* dos clones nas estações do ano mostraram que as maiores médias foram registradas no inverno (0,070 [(μmol m⁻² s⁻¹) (μmol m⁻² s⁻¹)]).

Tabela 22 - Médias de eficiência de carboxilação (*A/Ci*) [(μmol m⁻² s⁻¹) (μmol m⁻² s⁻¹)], dos clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Estação	Média <i>A/Ci</i>	
Inverno	0,0703 (0,0031)	A
Primavera	0,0300 (0,0020)	B

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses.

Os clones plantados sob a estrutura sem cobertura (DESC) apresentaram maiores médias de eficiência de *A/Ci* (0,0676 [(μmol m⁻² s⁻¹) (μmol m⁻² s⁻¹)]) (Tabela 23).

Tabela 23 - Médias de eficiência de carboxilação (*A/Ci*), dos clones em estudo, nas quatro estruturas de cobertura do jardim clonal.

Estrutura	Medias <i>A/Ci</i>	
PDA	0,0497 (0,0058)	A
MTD	0,0434 (0,0050)	B
MTA	0,0399 (0,0040)	B
DESC	0,0676 (0,0057)	A

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto.

A eficiência de carboxilação da enzima Rubisco (A/C_i) é determinada pela relação entre a taxa de assimilação de CO_2 e a concentração interna de CO_2 na folha (FERRAZ, 2018). Farquhar e Sharkey (1982) afirmam que a estimativa da eficiência da enzima Rubisco pode correlacionar-se com a capacidade produtiva da planta. *In vivo*, pode ser determinada pela análise da curva de respostas de assimilação de CO_2 (A) em função da variação de sua concentração interna na folha (CAMILI et al., 2007). A inclinação inicial da curva A/C_i representa a estimativa da eficiência de carboxilação da enzima Rubisco (FARQUHAR; SHARKEY, 1982).

Fatores ambientais ou ligados à própria planta, que afetam a fotossíntese, podem ter ação na Rubisco (CAMILI et al., 2007). A Rubisco é ativada pela luz, permanecendo inativa no escuro (não há fixação de O_2 ou CO_2 pela Rubisco no escuro) (MARENCO; LOPES, 2009).

Da mesma forma que as demais variáveis, a radiação fotossinteticamente ativa interceptada (PAR_i) apresentou significância apenas com efeitos principais para estação do ano e para estruturas de cobertura de jardim clonal. Em média, os clones interceptaram mais radiação fotossinteticamente ativa no inverno (937,40 μmol de fótons $\text{m}^{-1} \text{s}^{-1}$) (Tabela 24).

Tabela 24 - Médias de radiação fotossinteticamente ativa interceptada (PAR_i) (μmol de fótons $\text{m}^{-1} \text{s}^{-1}$), dos clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Estação	Médias PAR_i	
Inverno	937,40 (38,81)	A
Primavera	324,16 (24,06)	B

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses.

Devido a estrutura DESC não apresentar cobertura e a radiação solar ser diretamente incidente nas plantas, os clones sob essa estrutura apresentaram maior média de radiação fotossinteticamente ativa interceptada (814,000 μmol de fótons $\text{m}^{-1} \text{s}^{-1}$) (Tabela 25). Como a área foliar está diretamente ligada à radiação fotossinteticamente ativa, a maior taxa de PAR_i em plantas na estrutura sem cobertura de jardim clonal são explicadas por este fator, uma vez que as cepas sob esta estrutura possuem maior área foliar quando comparadas com as demais.

A radiação fotossinteticamente ativa (compreendida entre 400 e 700nm), é uma faixa estreita do espectro eletromagnético, pois corresponde 45% da radiação solar que chega à superfície das plantas (MARENCO; LOPES, 2009).

Tabela 25 - Médias de radiação fotossinteticamente ativa interceptada (*PARi*) (μmol de fótons $\text{m}^{-1} \text{s}^{-1}$), dos clones em estudo, nas quatro estruturas de cobertura do jardim clonal.

Estrutura	Médias <i>PARi</i>	
PDA	585,74 (73,16)	B
MTD	575,50 (73,09)	B
MTA	547,88 (67,96)	B
DESC	814,00 (87,06)	A

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto.

A eficiência na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa está diretamente relacionada ao índice de área foliar da cultura (CARON et al., 2012). O excesso de radiação solar pode causar o aumento da temperatura foliar e com esse aumento, cresce o risco de fotoinibição, ou seja, uma redução da fotossíntese, lentamente reversível, causada pelo excesso de luz e comumente associada à fotodanificação do aparelho fotossintético (MARENCO; LOPES, 2009).

4.3.2 Fluorescência da clorofila

Quanto a eficiência quântica potencial do fotossistema II (*Fv/Fm*), houve diferença apenas para o fator estação do ano (Tabela 26), onde os clones plantados nas estruturas apresentaram maiores médias de eficiência quântica potencial do FSII na primavera quando comparado com o inverno *Fv/Fm* (0,9036 e 0,8835, respectivamente).

Tabela 26 - Médias da eficiência quântica potencial do FSII (F_v/F_m), dos clones em estudo, nas estações do ano.

Estação	Médias F_v/F_m	
Inverno	0,8835 (0,080)	B
Primavera	0,9036 (0,0061)	A

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto.

A relação F_v/F_m indica a probabilidade que 1 fóton absorvido conseguir reduzir a *Quinona A* no fotossistema II (STRASSER et al., 2000). O rendimento quântico do fotossistema II (PSII), obtido a partir da fluorescência da clorofila *a*, pode revelar o nível energético de excitação dos pigmentos que dirigem a fotossíntese (GONÇALVES et al., 2010). Plantas com valores de F_v/F_m inferiores a 0,75 elétrons quantum⁻¹ indicam situação de estresse e redução do potencial fotossintético na planta (SILVA et al., 2015). Estes valores não foram observados apresentando médias superiores aos propostos por Silva et al. (2015).

A diminuição da relação F_v/F_m indica distúrbios na eficiência fotoquímica (FERRAZ et al., 2014). A intensidade de radiação solar, altas temperaturas e déficit hídrico às plantas pode causar estresse fisiológico, denominado fotoinibição. Nessas condições, a fluorescência é utilizada como indicador de estresse quando fatores bióticos ou abióticos alteram a funcionalidade do fotossistema II (FERRAZ, 2012).

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), há dois tipos de fotoinibição: (1) fotoinibição dinâmica e (2) crônica. Sob excesso de luz moderado observa-se a fotoinibição dinâmica, onde eficiência quântica decresce, mas a taxa fotossintética máxima permanece inalterada. A fotoinibição dinâmica é causada pelo desvio da energia luminosa, absorvida em direção a dissipação de calor. Por isso, o decréscimo em eficiência quântica (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Assim como na eficiência quântica potencial do FSII, a eficiência quântica das antenas(F_v'/F_m') obtiveram diferenças significativas nas estações do ano (Tabela 27).

Tabela 27 - Médias da eficiência quântica das antenas (Fv'/Fm') dos quatro clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Estação	Médias Fv'/Fm'	
Inverno	0,5068 (0,0126)	B
Primavera	0,6590 (0,0150)	A

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto.

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), a produtividade quântica para um processo em particular pode variar de 0 (se o processo não responde a luz) a 1,0 (se cada fóton absorvido contribui para o processo). A maior parte dos pigmentos serve como um complexo antena, coletando luz e transferindo a energia para o complexo dos centros de reação, onde as reações químicas de oxidação e redução levam ao armazenamento de energia a longo prazo (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Ainda segundo o indicativo de Taiz e Zeiger (2004), percebe-se que em todos os clones, a eficiência quântica das antenas é maior na primavera, pois sua relação de fótons absorvidos, contribuindo no processo de armazenamento de energia é maior que no inverno.

Para a variável coeficiente de extinção fotoquímico (qP) houve diferenças significativas apenas para o fator estações do ano (Tabela 28), na qual as maiores médias de qP foram registrados pelos clones na primavera do ano de 2018 (0,7318).

Tabela 28 - Médias de coeficiente de extinção fotoquímico (qP), dos clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Estação	Médias qP	
Inverno	0,4650 (0,0231)	B
Primavera	0,7318 (0,0177)	A

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses.

O *quenching* fotoquímico (qP) ou extinção fotoquímica da fluorescência é causada pela transferência de energia dos estados excitados para os centros de reação do PSII, ou seja, reflete o estado de oxidação da Q_A (FERRAZ, 2012).

O qP é atribuído ao uso de energia de excitação para efeito fotoquímico (decorrentes da separação de cargas no Centro de Reação do Fotossistema II, ligado com a variação na eficiência da cadeia de ETR) (ZANADREA et al., 2006). Estando nesta condição, a folha estará em um estado caracterizado pela contínua síntese de ATP, NADPH e concorrente fixação de CO_2 , (KRAUSE; WEIS, 1991; BARBAGALLO et al., 2003).

Assim como no qP , o coeficiente de extinção não-fotoquímico (NPQ) foi significativo apenas para o fator estação do ano e todos os clones estudado apresentaram maiores médias de NPQ no inverno (2,0003), conforme a Tabela 29.

Tabela 29 - Médias de coeficiente de extinção não-fotoquímico (NPQ), dos clones em estudo, nas estações inverno e primavera do ano de 2018.

Estação	Médias NPQ	
Inverno	2,0003 (0,34)	A
Primavera	0,8461 (0,11)	B

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses.

O *quenching* não-fotoquímico (NPQ) engloba todos os processos de supressão de fluorescência que não estão relacionados com a fotoquímica (FERRAZ, 2012). Origina-se de um gradiente transtilacoidal de pH; de mecanismos regulatórios que evitam utilização da energia de excitação; da fotoinibição; da dissipação de energia não radiante em calor dentro dos tilacóides e fosforilação do CR do PSII (ZANANDREA et al., 2006).

Segundo Roháček (2002), NPQ indica o decréscimo de F_m durante a adaptação da amostra à luz, demonstrando um indicador do excesso de dissipação de energia radiante no complexo antena do FSII.

Os altos valores de NPQ , em conjunto com altos valores do ETR , contribuem para uma maior remoção da energia excessiva absorvida pela clorofila (DEMMIG-ADAMS; ADAMS III, 1992).

Na Taxa Aparente de Transporte de Elétron (ETR) houve interação entre as estruturas de jardim clonal com as estações do ano (Tabela 30). Observa-se que as maiores taxas de transporte de elétrons são registradas nas cepas sob todas as estruturas propostas no inverno, quando comparadas à primavera, exceto para as

cepas plantadas sob a estrutura sem cobertura, na qual não foi observado diferenças significativas.

Tabela 30 - Médias da taxa aparente de transporte de elétrons (*ETR*), dos clones em estudo, nas estruturas de jardim clonal e estações do ano de 2018.

Estrutura	Estação			
	Inverno		Primavera	
MTA	71,14 (10,71)	Aa	56,92 (7,56)	Ab
MTD	95,30 (9,70)	Aa	47,18 (3,49)	Ab
PDA	97,70 (9,43)	Aa	65,67 (8,22)	Ab
DESC	91,78 (10,46)	Aa	76,42 (5,13)	Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna ou minúsculas na linha, não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses.

Também houve diferenças significativas quando analisadas apenas os clones (Tabela 31). Apenas as cepas dos clones de Toreliodora registraram as menores taxas de transporte de elétrons.

Tabela 31 - Médias da taxa aparente de transporte de elétrons (*ETR*), dos clones em estudo, nas estruturas de jardim clonal e estações do ano de 2018.

Clone	Médias <i>ETR</i>	
144	85,21 (6,60)	A
IPB 02	80,12 (7,41)	A
IPB 13	77,79 (6,19)	A
Toreliodora	57,93 (5,77)	B

Médias seguidas de mesma letra maiúsculas na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey-Kramer ao nível de 95% de confiança. Erro padrão da média entre parênteses. PDA – Estufa agrícola em pé direito alto; MTD – Minitúnel com filme agrícola difusor; MTA – Minitúnel com filme agrícola azul; DESC – Descoberto.

Uma vez que a *ETR* é calculada utilizando a eficiência quântica eficaz da fotoquímica de PSII, este parâmetro é um indicador da capacidade fotossintética *in vivo* (GENTY et al., 1989). Segundo Ribeiro et al. (2004), a *ETR* aumenta proporcionalmente com a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos, uma vez que há uma maior disponibilidade de energia de excitação dos fotossistemas (BJÖRKMAN; DEMMIG-ADAMS, 1994).

A queda na *ETR* pode levar ao aumento do emparelhamento de elétrons ao longo das membranas dos tilacóides, o que reduz o oxigênio molecular produzido no cloroplasto (PITA-BARBOSA et al., 2016). Isso pode causar um aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), resultando na oxidação de lipídios de membrana, proteínas e ácidos nucleicos se não forem removidos com eficácia (RUBIO et al., 2002; ARORA et al., 2002).

Como as taxas de transporte de elétrons estão associadas à assimilação de CO₂ e a eficiência quântica do fotossistema II, e estes podem sofrer influências de fatores bióticos e abióticos, presume-se que a maior *ETR* no inverno foi ocasionado devido ao clima favorável às plantas para a realização das suas atividades fotossintéticas.

5 CONCLUSÕES

As estruturas de cobertura do jardim clonal proporcionaram diferentes microclimas nas estações do ano, afetando variáveis fisiológicas, e consequentemente, a produtividade das cepas dos quatro clones estudados.

Os clones com histórico de menor produtividade (IPB 02, IPB 13 e Toreliodora) foram os que tiveram maior aumento do número estacas, quando cultivados sob os minitúneis, especialmente no MTD. O clone AEC144, que já apresentava a maior produtividade, manteve-se como o mais produtivo.

Independente da estação do ano o filme agrícola difusor foi superior na produtividade, sendo que em algumas situações o filme azul se assemelhou. Esperava-se que na primavera o filme agrícola azul proporcionasse desempenho superior ao difusor por reduzir a temperatura do minitúnel, fato observado somente para o clone IPB13.

REFERÊNCIAS

- ADDINGTON, R. N.; MITCHELL, R. J.; OREN, R.; DONOVAN, L. A. Stomatal sensitivity to vapor pressure deficit and its relationship to hydraulic conductance in *Pinus palustris*. **Tree Physiology**. Victoria v.24, n.5, p. 561-569, 2004.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004.
- ALMEIDA, L. P. de; ALVARENGA, A. A. de; CASTRO, E. M. de; ZANELA, S. M.; VIEIRA, C. V. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 83-88, 2005.
- ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; LIMA JÚNIOR, E. C.; MAGALHÃES, M. M. Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. in southeastern Brazil. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.53-57, 2003.
- ARORA, A.; SAIRAM, R. K; SRIVASTAVA, G. C. Oxidative stress and antioxidative system in plants. **Current Science**, v. 82, p. 1227-1238, 2002.
- ASSIS, T. F. Hybrids and mini-cutting: a powerful combination that has revolutionized the *Eucalyptus* clonal forestry. **BMC Proceedings**. v. 5 (suppl. 7), l18, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5891**: Regras de arredondamento na numeração decimal. Rio de Janeiro: ABNT, 1977.
- AWAD, M.; CASTRO, P. R. C. **Introdução à fisiologia vegetal**. São Paulo -SP: Ed. Nobel, 1ª Ed., 177 pag., 1983.
- BALLARÉ, C. L.; CALDWELL, M. M.; FLINT, S. D.; ROBINSON, S. A.; BORNMAN, J.F. Effects of solar ultraviolet radiation on terrestrial ecosystems. Patterns, mechanisms, and interactions with climate change. **Photochem. Photobiol. Sci.** V. 10, p. 226-241, 2011.
- BAPTISTA, J.; ALMEIDA, M. C.; VIEIRA, P.; SILVA, A. C. M.; RIBEIRO, R.; FERNANDO, R. M.; SERAFIM, A.; ALVES, I.; CAMEIRA, M. R. **Programa nacional para o uso eficiente da água**. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, 2011. 212 p.
- BATISTA, A. F.; SANTOS, G. A.; SILVA, L. D.; QUEVEDO, F. F.; ASSIS, T. F. The use of mini-tunnels and the effects of seasonality in the clonal propagation of *Eucalyptus* in subtropical environment. **Australian Forestry**. Londres, v. 78, n. 2, pag. 65-72, 2015.
- BARBAGALLO, R.P.; OXBOROUGH, K.; PALLETT, K.E. et al. Rapid, noninvasive screening for perturbation of metabolism and plant growth using chlorophyll fluorescence imaging. **Plant Physiology, Rockeville**, v.132, p.485-493, 2003.
- BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; SANTOS, A. O. Potencial da água na folha como um indicador de déficit hídrico em milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, n. 8, p. 1531-1540, 2000.

BJÖRKMAN, O.; DEMMIG-ADAMS, B. Regulation of photosynthetic light energy capture, conversion and dissipation in leaves of higher plants. Pp. 17-47. In: E.D. Schulze & M.M. Caldwell (eds.). **Ecophysiology of photosynthesis**. New York, 1994.

BJÖRN, L. O. Effects of ultraviolet-B radiation on terrestrial organisms and ecosystems with special reference to the Arctic. In: Hessen, D. (Ed.), **UV Radiation and Arctic Ecosystems**. Springer-Berlag, Berlin. 2002.

BRAGA, F. T.; PASQUAL, M.; CASTRO, E. M.; DIGNART, S. L.; BIAGIOTTI, G.; PORTO, J. M. P. Qualidade de luz no cultivo in vitro de *Dendranthema grandiflorum* cv. Raga: características morfofisiológicas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.502-508, 2009.

BRANDÃO FILHO, J. U. T.; GOT, R.; GUIMARÃES, V. F.; HABERMANN, G.; RODRIGUES, J. D.; CALLEGARI, O. Influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v.21, n.3, pag. 474-477, jun/set, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei n. 10.711, de 5 de agosto de 2003. Decreto no. 5.153, de 23 de julho de 2004. Brasília, DF, 2004. 122 p.

CAMILI, L.; IKEJIRI, L.; KLEIN, J.; RODRIGUES, J. D.; BOARO, C. S. F. Produtividade e estimativa da eficiência de carboxilação *in vivo* da enzima Rubisco em girassol ornamental cultivado em lodo de esgoto. **Ver. Bras. de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, pag. 858-860, 2007.

CARNEIRO, M. M. L. C.; GOMES, M. P.; SANTOS, H. R. B.; REIS, M. V.; MENDONÇA, A. M. C.; OLIVEIRA, L. E. M. Fotorrespiração e metabolismo antioxidante em plantas jovens de seringueira cultivadas sob diferentes fontes de nitrogênio (NO₃⁻ e NH₄⁺). **Rev. Bras. Ciênc. Agrárias**. Recife, v. 10, n. 1, pag. 66-73, 2015.

CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; TREVISAN, R.; BEHLING, A.; SCHMID, D.; BAMBERG, R.; ELOY, E. Eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada em fitomassa de mudas de eucalipto. **Revista árvore**, Viçosa – MG, v. 36, n. 5, pag. 833-842, 2012.

CARVALHO NETO, J. P. **Adubação NPK na produção de miniestacas de Eucalipto em solução nutritiva**. 2010. 40 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, 2010.

CORREIA, C. M.; PEREIRA, J. M. M.; COUTINHO, J. F.; BJÖRN, L. O.; TORRES-PEREIRA, J. M. G. Ultraviolet-B radiation and nitrogen affect the photosynthesis of maize: a Mediterranean field study. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.22, n.3, p.337-347, 2005.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; CARVALHO, J. E. B.; SOUZA FILHO, L. F. S. S.; QUEIROZ, D. C. Níveis de nitrogênio e a taxa fotossintética do mamoeiro “Golden”. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 64-71, jan-fev, 2007.

CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F.; LEITE, F. P. Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, pag. 195-203, 2009.

CUNHA, A. C. M. C. M.; WENDLING, I.; SOUZA JUNIOR, L. Produtividade e sobrevivência de minicepas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage em sistema de hidroponia e em tubete. **Ciência Florestal**, v. 15, n. 3, p. 307-310, 2005.

CUNHA, A. C. M. M. D.; DE PAIVA, H. N.; XAVIER, A.; OTONI, W. C. Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo. 2010, n. 58, p 35-47.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11, jan./mar. 2009.

DAVID, E. ROSSI, L. A. Diferentes tecnologias de iluminação para a produção de mudas de crisântemo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.14, n. 3, p. 261-266, 2010.

DELGADO, L. G. M. **Produção de mudas nativas sob diferentes manejos hídricos**. 2012. 99p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 2012.

DEMMING-ADAMS, B.; ADAMS III, W.W. Photoprotection and other responses of plants to high light stress. **Annual Review of Plant Physiology and Plant molecular Biology**, v. 43, pag. 599-626, 1992.

DIGGLE, P. J.; HEAGERTY, P. J.; LIANG, K. Y.; ZEGER, S. L. **Analysis of Longitudinal Data**. (2ª edition). Oxford: Oxford University Press. 2002).

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. Propagação de plantas frutíferas. Brasília: **Embrapa Informações Tecnológicas**, p. 44-48. 2005.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. Pelotas. UFPEL, 179p, 1995.

FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T. D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 33, pag. 317-345, 1982.

FERNANDES, E. T.; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. Respostas fisiológicas de clones de eucalipto cultivados em casa de vegetação sob deficiência hídrica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 1, pag. 29-34, 2014.

FERRARI, D. L. **Microclima de ambientes protegidos com diferentes graus tecnológicos na produção do tomateiro**. 2013. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2013.

FERRAZ, A. K. L. **Inibidores da biossíntese de giberelina em tomateiro**. 2018. 66p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Horticultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 2018.

FERRAZ, R. L. S.; BELTRÃO, N. E. M.; MELO, A. S.; MAGALHÃES, I. D.; FERNANDES, P. D.; ROCHA, M. S. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica de cultivares de algodoeiro herbáceo sob aplicação de silício foliar. **Ciências Agrárias**, Londrina – PR, v. 35, n. 2, pag. 735-748, 2014.

FERRAZ, T. M. **Ecofisiologia de clones de eucalipto submetidos à restrição hídrica em condições de campo**. 2012. 113 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2012.

FERREIRA, M. I. **Intensidade luminosa e exclusão da radiação UV na produção de *Curcuma longa* L. e purificação magnética de curcuminoides**. 2016. 109p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Botânica) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 2016.

GBUR, E. E.; WALTER, W. S. Analysis of Generalized Linear Mixed Models in the Agricultural and Natural Resources Science. **American Society of Agronomy, Soil Science Society of America**, Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin-USA. 283 p., 2012.

GENTY, B.; BRIANTAIS, J. M.; BAKER, N. R. The relationship between quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 990, n. 1, p. 87-92, 1989.

GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Rev. Bras. Eng. Agr. Ambiental**. Campina Grande, v. 14, n. 4, pag. 378-386, 2010.

GRUBER, Y. B. G. **Otimização de lâmina de irrigação na produção de mudas clonais de eucalipto (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* var. *plathyphylla*)**. 2006. 145 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, 2006.

HARTMANN, H. T. et al. **Plant propagation: principles and practices**. 6.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1997. 770p.

HENRIQUE, P. C.; ALVES, J. D.; DEUNER, S.; GOULART, P. F. P.; LIVRAMENTO, D. E. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações. **Revista Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 46, n.5, p. 458-465, 2011.

HERNANDES, J. L.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; BARDIN, L. Variação estacional da radiação solar em ambiente externo e no interior de floresta semidecídua. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 28, n. 2, p. 167-172, 2004.

HESS, C. E. **Internal and external factors regulation root initiation: root growth**. London: Buttersworth, 1969.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V.; GONÇALVES, A. N. Evolução do jardim clonal de eucalipto para a produção de mudas. **IPEF Notícias**, Piracicaba, v. 24, n. 148, p. 4-5, 2000.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. V.; PAULA, T. A.; ZANARDO, C. E.; GONÇALVES, A. N. **Nutrição mineral em minijardim clonal hidropônico de *Eucalyptus*: concentração, acúmulo de nutrientes em função da idade: relatório interno**. Piracicaba: IPEF, 1998.

HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. V 24, p. 519-570, 1973.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2017**. São Paulo, 2016. 100 p.

INOUE, M. T.; RIBEIRO, F.A. Fotossíntese e transpiração de clones de *Eucalyptus grandis* e *E. saligna*. **IPEF**, n.40, p.15-20, 1988.

JORDAN, B. R. Molecular response of plant cells to UV-B stress. **Funct. Plant Biol.** V. 29, p. 909-916, 2002.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Ed. Guanabara Koogan, 2013. 431p.

KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basic. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p.313-349, 1991.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos - SP: Rima, 2000.

LAW, R.D.; CRAFTS-BRANDNER, S.J. Inhibition and acclimation of photosynthesis to heat stress is closely correlated with activation of Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase. **Plant Physiology**, v.120, p.173-182, 1999.

LOPES, M. C.; STRIPIARI, P. C. A cultura do tomateiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. (Ed.). **Produção de hortaliças em ambiente protegido**. São Paulo: UNESP. p. 257- 319, 1998.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Viçosa – MG: Ed. UFV, 1ª Ed., 492 pag., 2015.

LOPEZ, M. A. R. **Fatores ambientais e fisiológicos relacionados à propagação assexuada do mamoeiro (*Carica papaya* L) e de espécies afins**. 2016. 104 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

MACHADO, A. F. L.; FERREIRA, L. R.; SANTOS, L. D. T.; FERREIRA, F. A.; VIANA, R. G.; MACHADO, M. S.; FREITAS, F. C. L. Eficiência fotossintética e uso da água em plantas de eucalipto pulverizadas com Glyphosate. **Planta daninha**, Viçosa – MG, v. 28, n. 2, pag. 319-327, 2010.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; FERREIRA, E. M.; ZARPELON, T. G.; SIQUEIRA, L. Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de Eucalipto tratados

com rizobactérias selecionadas. **Revista Árvore**. Viçosa, v.29, n.6, pag. 843-851, 2005.

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; GOUVÊA, P. R. S.; CAMARGO, M. A. B.; OLIVEIRA, M. F.; SANTOS, J. K. S. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Rev. Ceres**. Viçosa, v. 61, supl., pag. 786-789, 2014.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa – MG: Ed. UFV, 3ª Ed., 486 pag., 2009.

MATHEWS, S. Evolutionary studies illuminate the structural-functional model of plant phytochromes. **The Plant Cell**, v.22, p.4-16, 2010.

MATSUDA, R.; OHASHI-KANEKO, K.; FUJIWARA, K.; GOTO, E.; KURATA, K. Photosynthetic characteristics of rice leaves grown under red light with or without supplemental blue light. **Plant and Cell Physiology**, v.45, p.1870-1874, 2004.

MORI, N. T. **Manejo hídrico na produção de estacas e mudas de quatro clones de *Eucalyptus* spp.** 2014. 78p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 2014.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society Series A**. V. 135, n.3, p. 370–384, 1972.

OLIVEIRA, A. D.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em feijão. **Engenharia Agrícola**, v.25, pag.86-95, 2005.

OTTO, M. S. G.; VERGANI, A. R.; GONÇALVES, A. N.; VRECHI, A.; SILVA, S. R.; STAPE, J. L. Fotossíntese, condutância estomática e produtividade de clones de *Eucalyptus* sob diferentes condições edafoclimáticas. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 37, n. 3, pag. 431-439, 2013.

PAIVA, H. N.; GOMES, J. M. **Propagação Vegetativa de Espécies Florestais**. Série Didática. Viçosa, MG: Ed. UFV. 52p, 2011.

PAULA, T. A.; SILVEIRA, R. L. V.; HIGASHI, E. N.; GONÇALVES, A. N. Efeito do potássio sobre a produção e enraizamento de estacas de *Eucalyptus*. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, Santa Maria, 2000. **Resumo expandido**. Santa Maria: SBSCS/SBM, 2000.

PEEVA, V.; CORNIC, G. Leaf photosynthesis of *Haberlea rhodopensis* before and during drought. **Environmental and Experimental Botany**, v.65, n.2-3, pag.310-318, 2009.

PITA-BARBOSA, A.; HODECKER, B. E. R.; BARROS, N. F. Boron as mitigator of drought damage in *Eucalyptus*: a genotype-dependent mechanism? **Sci. Forestalis**, Piracicaba – SP, v. 44, n. 112, pag. 851-861, 2016.

PRADO, C. H. B. A.; CASALI, A. A. **Fisiologia vegetal**: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral. Barueri, sp: Editora Manole, 2006.

RIBEIRO, R.V.; SOUZA, G.M.; MANZATTO, A.G.; MACHADO, E.C.; OLIVEIRA, R.F. Chlorophyll fluorescence of tropical tree species in a semi-deciduous Forest gap. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 28, pag. 21-27, 2004.

ROCHA, R. T. **Relatório de estágio curricular obrigatório supervisionado**. Faculdade de Agronomia: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008, 39p.

RODRIGUES, A. L. **Respostas fisiológicas e estruturais em plantas submetidas a estresse hídrico recorrente em diferentes condições de luz**. 2018. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Botânica) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, SP, 2018.

ROHÁČEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. **Photosynthetica**, Prague, v.40, p.13-29, 2002.

RUBIO, M. C.; GONZALEZ, E. M.; MINCHIN, F. R.; WEBB, K. J.; ARRESE-IGOR, C.; RAMOS, J.; BECANA, M. Effects of water stress on antioxidant enzymes of leaves and nodules of transgenic alfalfa overexpressing superoxide desmutases. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 115, n. 4, p. 531-540, 2002.

RYAN, M. G.; STAP, J. L.; BINKLEY, D.; FONSECA, S.; LOOS, R. A.; TAKAHASHI, E. N.; SILVA, C. R.; SILVA, S. R.; HAKAMADA, R. E.; FERREIRA, J. M.; LIMA, A. M. N.; GAVA, J. L.; LEITE, F. P.; ANDRADE, H. B.; ALVES, J. M.; SILVA, G. G. C. Factors controlling *Eucalyptus* productivity: how water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management**, v.259, n.9, p.1695-1703, 2010.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Fisiologia das plantas**. São Paulo – SP: Ed. Cengage Learning, 4ª Ed., 774 pag., 2012.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os Processos Morfológicos e Fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998. SANTOS, J. P. **Potencial de enraizamento de estacas lenhosas de espécies florestais da mata ciliar**. 2009. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2009.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Rev. Bras. Eng. Agr. e Ambiental**, v. 19, n. 10, pag. 946-952, 2015.

SILVA, P. H. M.; WICHERT, M. C. P.; GONÇALVES, J. L. M. Indicadores estatísticos sobre viveiros florestais no Brasil. **IPEF NOTÍCIAS**. Piracicaba, n. 212, 2008.

SILVEIRA, R. L. V. A.; BONINE, C. A. V.; HIGASHI, E. N.; VALLE, C. F.; BOUCHARDET, J. A.; GONÇALVES, A. N. Produção de matéria seca, concentração e conteúdo de macro e micronutrientes em brotações de clones de *Eucalyptus* na condição de minijardim clonal. I In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25, Santa Maria, 2000. **Resumo expandido**. Santa Maria: SBSC/SBM, 2000.

SOUZA, C. C.; XAVIER, A.; LEITE, F. P.; SANTANA, R. C.; PAIVA, H. N. Densidade de minicepas em minijardim clonal na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 34, n. 77, pag. 49-56, 2014.

STAPE, J.L.; RYAN, M.G.; BINKLEY, D. Testing the utility of the 3-PG model for growth of *Eucalyptus grandis* x *urophylla* with natural and manipulated supplies of water and nutrients. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, p. 219-234, 2004.

STRASSER, R.J.; TSIMILLI-MICHAEL, M.; SRIVASTAVA, A. The fluorescence transient as a tool to characterize and screen photosynthetic samples. In: YUNUS, M.; PATHER, U.; MOHANLY P. (eds.). Probing Photosynthesis: Mechanisms, Regulation and Adaptation. Taylor and Francis, London, pp 445-483, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: ed. Artmed. 2004, 719p.

TRUEMAN, S. J.; MCMAHON, T. V; BRISTOW, M. Production of cuttings in response to stock plant temperature in the subtropical eucalypts, *Corymbia citriodora* and *Eucalyptus dunnii*. **New Forests**, v. 44, pag. 265–279, 2013.

VASCONCELOS, R. T. **Enraizamento de estacas de *Khaya senegalensis* A. Juss. em diferentes concentrações de ácido indolbutírico**. 2012. 45 pag. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2012.

VÁSQUEZ, M. A. N.; FOLEGATTI, M. V.; DIAS, N. S.; SILVA, C. R. Efeito do ambiente protegido cultivado com melão sobre os elementos meteorológicos e sua relação com as condições externas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 137-143, 2005.

WALKER, C.; ARAÚJO, M. M.; MACIEL, C. G.; MARCUZZO, S. B. Viveiro florestal: evolução tecnológica e legalização. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**. Mossoró, v. 6, n. 5, p. 8-14, 2011.

WENDLING, I. Propagação vegetativa de erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire): Estado da arte e tendências futuras. Colombo, PR: **Embrapa Florestas**, 2004. 46 p.

WENDLING, I.; SOUZA JUNIOR, L. Propagação clonal de híbridos de *Eucalyptus* spp. por miniestaquia. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 24, p. 181-186, 2000.

WESTFALL, P. H.; TOBIAS, R. D.; ROM, D.; WOLFINGER, R. D.; HOCHBERG, Y. **Multiple Comparisons and Multiple Tests Using the SAS System**, Cary, NC: SAS Institute Inc. 1999.

WISE, R.R.; OLSON, A.J.; SCHRADER, S.M.; SHARKEY, T.D. Electron transport is the functional limitation of photosynthesis in field-grown *Pima cotton* plants at high temperature. **Plant, Cell and Environment**, v.27, p.717-724, 2004.

XAVIER, A. **Silvicultura clonal I: princípios e técnicas de propagação vegetativa**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 64p. (Caderno Didático, 92).

XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal**: princípios e técnicas. 2.ed. ED. UFV, 2013. 279p.

ZANANDREA, I.; NASSI, F. L.; TURCHETTO, A. C.; BRAGA, E. J. B.; PETERS, J. A.; BACARIN, M. A. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Ver. Bras. Agrociências**, Pelotas – RS, v. 12, n. 2, pag. 157-161, 2006).