

LETÍCIA DURON CURY

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Eucalyptus urophylla* PRODUZIDAS EM
TUBETE DEGRADÁVEL E BANDEJA COLETORA DE ÁGUA**

Botucatu

2023

LETÍCIA DURON CURY

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Eucalyptus urophylla* PRODUZIDAS EM
TUBETE DEGRADÁVEL E BANDEJA COLETORA DE ÁGUA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Agronomia (Energia na Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Saulo Philipe
Sebastião Guerra

Coorientador: Prof. Dr. José Mauro
Santana da Silva

Botucatu

2023

C982c Cury, Letícia Duron
Crescimento de mudas de Eucalyptus urophylla
produzidas em tubete degradável e bandeja coletora
de água / Letícia Duron Cury. -- Botucatu, 2023
76 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas,
Botucatu
Orientador: Saulo Philipe Sebastião Guerra
Coorientador: José Mauro Santana da Silva

1. sobrevivência das mudas. 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 DA TESE: CRESCIMENTO DE MUDAS DE EUCALYPTUS UROPHYLLA PRODUZIDAS EM TUBETE DEGRADÁVEL E BANDEJA COLETORA DE ÁGUA

AUTORA: LETÍCIA DURON CURY

ORIENTADOR: SAULO PHILIPPE SEBASTIÃO GUERRA

COORIENTADOR: JOSÉ MAURO SANTANA DA SILVA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Agronomia (Energia na Agricultura), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. SAULO PHILIPPE SEBASTIÃO GUERRA (Participação Presencial)
Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu UNESP



Prof. Dr. ALCIDES LOPES LEÃO (Participação Presencial)
Bioprocessos e Biotecnologia / Faculdade de Ciências Agrônomicas Botucatu UNESP



Prof. Dr. HUMBERTO DE JESUS EUFRADE JUNIOR (Participação Presencial)
Pós-Doutorando - Engenharia Rural e Socioeconomia / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP



Prof.ª Dr.ª GRASIELE DICK (Participação Virtual)
Pós-Doutoranda - PPG/Engenharia Florestal / Universidade Federal de Santa Maria



Prof.ª Dr.ª ROSIMEIRE CAVALCANTE DOS SANTOS (Participação Virtual)
Escola Agrícola de Jundiá / Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Botucatu, 31 de março de 2023

minha querida mãe, Silvia e
meu querido pai, Carlos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar aos caminhos que me permitiram finalizar esse ciclo e por não me deixar desistir nos momentos que pensei que não seria possível concluir.

Ao meu orientador Professor Doutor Saulo Philipe Sebastião Guerra pelo acolhimento, ensinamentos, oportunidades, conselhos e dedicação durante todo o processo do meu Doutorado.

Ao meu coorientador Professor Doutor José Mauro Santana da Silva pelos ensinamentos sobre produção e plantio de mudas, orientação e dedicação durante o período de coorientação.

Ao Professor Doutor Sérgio Rodrigues que me ajudou na implementação dos resultados desse trabalho.

Ao Professor Doutor Zacarias Xavier de Barros pelos conselhos e todo apoio, principalmente no início do Doutorado.

A minha mãe que sonhava com os estudos dos filhos e que sempre fez o possível e impossível quando presente para alcançarmos esse mérito.

Ao meu pai por me transmitir força, a minha irmã por me apoiar me fazendo sempre seguir em frente e ao meu irmão por me apresentar a área das agrárias.

A minha tia Helena que sempre me incentivou e apoiou em muitos momentos.

A minha prima Roberta por me apresentar o caminho acadêmico e por sempre me mostrar melhores formas de seguir a vida.

Ao meu amigo Doutor Raimundo Nonato que se fez presente durante esse período me apoiando em todos os momentos com conselhos que levo para a vida.

Ao meu amigo Leonardo França, obrigada por todo apoio, incentivo e motivação de sempre.

Aos meus amigos Amanda (Mandica, vovó), Ana Clara (Primuska), Thiago (Pará), Renan, Marina, Bárbara, Luana (Clou), João Qluz, Débora, Heloísa, Amanda (Erê), Sara (Sarinha), Samuel (Samuka), Fernanda, Helena (Leninha), Ana Petronilio, Amanda, Nayara e Gal que fiz durante o período acadêmico em Botucatu e que estiveram comigo, sendo a minha segunda família.

Ao Emanuel Spadim pela amizade e ajuda em muitos momentos durante o período do Doutorado e a Nathalia Arruda por todo apoio nesta fase.

Aos meus estagiários Diego, Marcela, Vitória (Dominó), Yasmin (Quack), Yasmin (Min), Henrique (Coronhada), Marcos, Bruno, Giovani e Na Fuga, obrigada por todo

apoio nas coletas, atividades relacionadas aos experimentos e por estarem presentes nos dias de sol e chuva.

Aos membros mais antigos do LABB Izabela (limão), Renan (Manja), Murilo (Mongol), Augusto (Liberato), Dunja, Raul, João (Sócio), Gustavo (Duença), Júlia (São Marcos), Humberto, André (mini pink) e Elaine, obrigada pelos momentos compartilhados.

Ao LABB (Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia) obrigada por me proporcionar toda estrutura para realizar as atividades do trabalho.

Aos funcionários da FCA, principalmente os que se encontravam presentes no LABB, Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia e FEPE obrigada pelo apoio nas atividades acadêmicas.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES pela bolsa de estudos concedida.

“A maior vitória não está no resultado final, está no que se aprende
na caminhada, naquilo que nos torna melhores”

OLIVEIRA, D. P. F. Análise técnica e econômica do uso do recipiente degradável na produção de mudas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

RESUMO

A revolução dos viveiros na década de 80 ocorreu com o uso de tubetes de polietileno, e mesmo apresentando alguns pontos negativos, ainda são muito utilizados em todo o setor florestal. Mas, esses tubetes, ainda apresentam algumas desvantagens, como uso de fonte não renovável, geração de resíduos, necessidade de remoção no ato do plantio e custos com retorno e higienização. Além disso, as necessidades de redução de custos no viveiro, impulsionam a evolução nas técnicas de produção de mudas e produtos utilizados, entre eles os tubetes degradáveis e bandejas coletoras de água. Como a qualidade das mudas e o seu posterior crescimento no campo são uns dos principais critérios que garantem o êxito de um povoamento florestal. Neste estudo, foi avaliado o crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas nos sistemas de tubete de polietileno e degradável, consciente do viés tanto para as condições de viveiro quanto para as condições de campo. Assim, o objetivo geral foi avaliar se mudas de *Eucalyptus urophylla* (AEC 0144) produzidas no sistema de tubetes degradáveis possuem o mesmo desenvolvimento inicial de mudas produzidas no sistema de tubetes de polietileno, tanto em condições de viveiro quanto em condições de campo. Para isso, foram traçados dois objetivos específicos: (1) avaliar em condições de viveiro a fase de crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* (AEC 0144) produzidas nos sistemas de tubetes de polietileno e degradável na ocupação de 25% e 50% das bandejas planas de polietileno com 176 células e na ocupação de 100% das bandejas coletoras de água com 40 células, dispostas em lâminas de 15 mm.dia⁻¹. (2) avaliar em condições de campo o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus urophylla* (AEC 0144) produzidas nos sistemas de tubetes de polietileno, degradável e degradável com três fissuras realizadas ao longo do tubete no dia da implantação do experimento na ocupação de 25% de bandejas planas de polietileno com 176 células e na ocupação de 100% das bandejas coletoras de água com 40 células. Para as condições de viveiro as variáveis altura, diâmetro, sobrevivência, Índice de Qualidade de Dickson (IQD), massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular foram avaliadas aos 70 dias após a implantação do experimento. Para as condições de campo as variáveis altura, diâmetro, sobrevivência, degradação do tubete degradável, desenvolvimento do sistema radicular e massa seca do sistema radicular e parte aérea foram avaliados aos 40, 77, 98, 154 e 223 dias após a implantação do experimento no campo. De acordo com os resultados obtidos no viveiro, o tubete degradável e a bandeja coletora de água auxiliaram no melhor desenvolvimento das mudas em relação à altura e IQD. Os tubetes e as bandejas utilizadas no estudo não influenciaram estatisticamente no desenvolvimento das variáveis massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular e massa seca total das mudas. A bandeja coletora de água e a bandeja com ocupação de 25% das células auxiliaram no melhor desenvolvimento das mudas em relação ao diâmetro. Houve maior sobrevivência das mudas produzidas em bandeja coletora de água. De acordo com os resultados obtidos no campo, o tubete de polietileno, tubete degradável fissurado e bandeja coletora de água propiciaram melhor desenvolvimento da muda em altura aos 40 dias. Aos 77 e 98 dias, somente o tubete de polietileno propiciou melhores alturas. Aos 40 e 77 dias o tubete de polietileno possibilitou melhor desenvolvimento da muda em diâmetro. As mudas produzidas em tubete de polietileno e tubete degradável fissurado nas bandejas planas de polietileno com ocupação de 25% das células não apresentaram mortalidade aos 40 dias. As fissuras parciais e totais foram mais frequentes no tubete degradável fissurado e de acordo

com as variações no estágio de degradação dos tubetes degradável e degradável fissurado, o período de 223 dias não foi suficiente para ocorrer a decomposição do tubete.

Palavras-chave: sobrevivência das mudas; bandeja coletora de água; degradação do tubete degradável; biomassa aérea e radicular.

ABSTRACT

The nursery revolution in the 80's occurred with the use of polyethylene tubes, and even with some negative points, they are still widely used throughout the forestry sector. However, these tubes still have some features preserved, such as the use of non-renewable sources, waste generation, the need to remove them during planting and return and health costs. In addition, the need to reduce costs in the nursery has driven the evolution in seedling production techniques and products used, including degradable tubes and water collection trays. As the quality of the seedlings and their subsequent growth in the field are one of the main criteria that guarantee the success of a forest stand. In this study, the growth of *Eucalyptus urophylla* seedlings produced in degradable polyethylene tube systems was evaluated, aware of the bias for both nursery and field conditions. Thus, the general objective was to evaluate whether seedlings of *Eucalyptus urophylla* (AEC 0144) produced in the degradable tube system have the same initial development as seedlings produced in the polyethylene tube system, both in nursery and field conditions. For this, two specific ones were traced: (1) to evaluate in nursery conditions the growth phase of objective seedlings of *Eucalyptus urophylla* (AEC 0144) produced in systems of polyethylene and degradable tubes in the occupation of 25% and 50% of the flat polyethylene trays with 176 cells and occupying 100% of the water collection trays with 40 cells, arranged in slides of 15 mm.dia-1. (2) to evaluate under field conditions the initial growth of *Eucalyptus urophylla* seedlings (AEC 0144) produced in polyethylene tube systems, degradable and degradable, with three cracks made along the tube on the day the experiment was implemented at a 25% occupancy of flat polyethylene trays with 176 cells and the occupation of 100% of the water collection trays with 40 cells. For the nursery conditions, the variables height, diameter, survival, Dickson Quality Index (DQI), dry mass of the aerial part and dry mass of the root system were evaluated at 70 days after the implementation of the experiment. For the field conditions, the variables height, diameter, survival, degradation of the degradable tube, development of the root system and dry mass of the root system and aerial part were evaluated at 40, 77, 98, 154 and 223 days after the implementation of the experiment in the field. field. According to the results obtained in the nursery, the degradable tube and the water collecting tray helped in the better development of the seedlings in relation to height and IQD. The tubes and trays used in the study did not statistically influence the development of the variables dry mass of the aerial part, dry mass of the root system and total dry mass of the seedlings. The water collecting tray and the tray with an occupation of 25% of the cells helped in the better development of the seedlings in relation to the diameter. There was greater survival of seedlings produced in water collecting trays. According to the results obtained in the field, the polyethylene tube, cracked degradable tube and water collection tray provided better seedling development in height at 40 days. At 77 and 98 days, only the polyethylene tube provided better heights. At 40 and 77 days, the polyethylene tube allowed a better development of the seedling in diameter. The seedlings produced in polyethylene tubes and cracked degradable tubes in flat polyethylene trays with 25% cell occupation showed no mortality after 40 days. Partial and total cracks were more frequent in the cracked degradable tubes and, according to the variations in the degradation stage of the cracked degradable and degradable tubes, the period of 223 days was not enough for the tube to decompose.

Keywords: seedlings survival; water collection tray; degradable tube degradation; aerial and root biomass.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1 – Crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em bandeja coletora de água e convencional nos sistemas de tubetes degradável e polietileno

Figura 1 – Recipientes utilizados na produção de mudas.....	27
Figura 2 – Configuração das bandejas e respectivo aproveitamento de água.....	27
Figura 3 – Efeitos médios da altura das mudas de acordo com o tipo de tubetes e espaçamento das mudas na bandeja.....	33
Figura 4 – Efeitos médios do diâmetro do colo das mudas de acordo com o tipo de tubetes e espaçamento das mudas na bandeja	34
Figura 5 – Efeitos médios da proporção de sobrevivência das mudas de acordo com o tipo de tubetes e espaçamento das mudas na bandeja.....	36
Figura 6 – Efeitos médios do IQD das mudas de acordo com o tipo de tubetes e espaçamento das mudas na bandeja.....	40

Capítulo 2 – Crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em bandeja coletora de água e convencional nos sistemas de tubetes degradável e polietileno em condições de campo

Figura 1 – Tubetes utilizados no experimento.....	63
Figura 2 – Efeitos médios da altura das plantas de acordo com o tipo de tubetes e espaçamento das mudas na bandeja.....	64
Figura 3 – Efeitos médios do diâmetro das plantas de acordo com o tipo de tubetes e espaçamento das mudas na bandeja.....	66
Figura 4 – Proporção de sobrevivência (dados transformados) de plantas de acordo com o tipo de tubetes e espaçamento das mudas na bandeja.....	68
Figura 5 – Número de fissuras parciais (dados transformados) nas parcelas de acordo com o tipo de tubetes e espaçamento das mudas na bandeja.....	69
Figura 6 – Número de fissuras totais (dados transformados) nas parcelas de acordo com o tipo de tubetes e espaçamento das mudas na bandeja.....	71
Figura 7 – Frequência relativa das notas qualitativas dos tubetes em cada tratamento (T3 – BGC e bandeja com ocupação de 25%, T4 – BGC e bandeja coletora, T5 – BGCF e bandeja com ocupação de 25% e T6 BGCF e bandeja coletora).....	73

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1 – Crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em bandeja coletora de água e convencional nos sistemas de tubetes degradável e polietileno

Tabela 1 – Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável altura das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas.....	31
Tabela 2 – Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável diâmetro do colo das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas.....	33
Tabela 3 – Proporção de sobrevivência (média e desvio padrão) das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas.....	35
Tabela 4 – Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável massa seca raiz (msr) das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas....	36
Tabela 5 – Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável massa seca aérea (msa) das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas.....	37
Tabela 6 – Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável massa seca total (mst) das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas....	38
Tabela 7 – Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável IQD das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas.....	39

Capítulo 2 – Crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em bandeja coletora de água e convencional nos sistemas de tubetes degradável e polietileno em condições de campo

Tabela 1 – Caracterização química do solo na área experimental na profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm.....	62
Tabela 2 – Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável altura das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas	63
Tabela 3 – Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável diâmetro das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas.....	65
Tabela 4 – Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável proporção de sobrevivência das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas.....	66

Tabela 5 – Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável número de fissuras parciais na parcela segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas.....	68
Tabela 6 – Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável número de fissuras totais na parcela segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas.....	70
Tabela 7 – Resumos estatísticos (média e desvio padrão, mediana [mínimo e máximo]) da variável nota da degradação dos tubetes degradáveis para cada tratamento.....	72

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	21
CAPÍTULO 1 – CRESCIMENTO DE MUDAS DE <i>Eucalyptus urophylla</i> PRODUZIDAS EM BANDEJA COLETORA DE ÁGUA E CONVENCIONAL NOS SISTEMAS DE TUBETES DEGRADÁVEL E POLIETILENO.....	24
1.1 INTRODUÇÃO.....	24
1.2 METODOLOGIA.....	26
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
1.4 CONSIDERAÇÕES.....	40
REFERÊNCIAS.....	40
CAPÍTULO 2 – CRESCIMENTO DE MUDAS DE <i>Eucalyptus urophylla</i> PRODUZIDAS EM BANDEJA COLETORA DE ÁGUA E CONVENCIONAL NOS SISTEMAS DE TUBETES DEGRADÁVEL E POLIETILENO EM CONDIÇÕES DE CAMPO.....	43
2.1 INTRODUÇÃO.....	45
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	47
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
2.4 CONSIDERAÇÕES.....	60
REFERÊNCIAS.....	61
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
REFERÊNCIAS.....	75

INTRODUÇÃO GERAL

A área plantada com *Eucalyptus* spp. no Brasil vem crescendo ano a ano, devido à investimentos de empresas privadas do segmento de papel e celulose, alcançando a marca de 7,47 milhões de hectares plantados (IBÁ, 2021). Com aproximadamente 700 espécies descritas o gênero *Eucalyptus* se transformou em uma boa alternativa ao setor florestal, em vista ao seu rápido crescimento e alta produtividade (RAMOS et al., 2011). O clone AEC-144 um dos grandes responsáveis no aumento do ritmo de crescimento florestal, apresenta ótima adaptação em distintas condições edafoclimáticas, além de densidade básica de 515 kg.m^{-3} e incremento médio anual esperado (IMA) de $50 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, sendo destinado na fabricação de celulose, carvão para siderurgia, laminação e serraria, lenha e cavacos para energia (KAVA, 2020).

Um dos principais critérios que garante o êxito de um povoamento florestal é a qualidade das mudas e seu posterior desempenho no campo (ARAÚJO; NAVROSKU; SCHORN, 2018). A crescente demanda por mudas florestais de qualidade com menores custos de produção tem impulsionado a evolução nas técnicas de produção de mudas e produtos utilizados, entre eles os recipientes (DIAS, 2011a), densidade na bandeja (MASSAD et al., 2017) e bandejas.

No início da década de 1970, surgem os tubetes, representando uma evolução nos viveiros do mundo (JOSÉ; DAVIDE; OLIVEIRA, 2005). No Brasil, foi difundido na década de 1980, representando um grande avanço na silvicultura, facilitando a mecanização e produção em larga escala (FREITAS et al., 2009). Com a rápida evolução nas técnicas de produção de mudas, muitos problemas ainda são apontados. A utilização de recipientes de polietileno implica na necessidade de sua remoção no ato do plantio (MENDONÇA et al., 2016), além do retorno para higienização (RIBEIRO, 2015) e descarte, sendo o tempo de depreciação de 10 anos, gerando resíduos (DIAS et al., 2011b). Alguns estudos têm sido realizados, buscando desenvolver recipientes para produção de mudas a base de materiais degradáveis, eliminando os custos relativos ao retorno, desinfecção, além de não ter a necessidade de remoção no ato do plantio (MENDONÇA et al., 2016), sendo incorporados ao solo e assimilados por microrganismos, não gerando resíduos (VIÉGAS, 2015). No entanto, apesar de ter propriedades de degradabilidade, é necessário verificar se

esses materiais são capazes de manter os níveis técnicos e econômicos quando comparados aos encontrados nos tubetes de plástico (DIAS, 2011a).

Com o uso dos tubetes como recipiente para a produção de mudas, se tornou necessário sua disposição em bandejas de polietileno, permanecendo localizadas em canteiros suspensos à aproximadamente um metro acima do nível do solo sobre uma estrutura metálica (MELO, et al., 2014). O suporte das bandejas em canteiros suspensos aos tubetes proporciona melhor controle fitossanitário e nutricional às mudas por não ficarem em contato direto com o solo, poda das raízes de forma natural quando em contato com o ar, ganhos ergonômicos, eficiência na produção e possibilidade de automação de alguns processos no viveiro (BORELLI, 2016), além de melhor desenvolvimento das mudas, quando distribuídas de forma adequada na bandeja (CARNEIRO, 1995).

A densidade das mudas na bandeja expressa uma importante prática de manejo capaz de otimizar o espaço no ambiente (FARIA et al., 2019). A redução da densidade de mudas na bandeja reduz o crescimento em altura das mudas, aumenta o crescimento em diâmetro, permite melhor aeração, reduz o risco de contaminação por fungos patogênicos, possibilita melhor irrigação, aplicação de adubos e insolação das mudas (DAVIDE et al., 2015).

Com a crescente produção de mudas clonais de *Eucalyptus* spp., surge a demanda de tecnologias que envolvem redução dos custos de produção no viveiro (TATAGIBA et al., 2019). Avaliar a eficiência na utilização de água para a produção de mudas no viveiro e estudar técnicas para otimizar seu uso se torna importante para as empresas florestais, visto que necessitam produzir grandes quantidades em menor tempo, na tentativa de obter mudas no padrão de qualidade exigido com baixo custo (ATAÍDE et al., 2010). Novas tecnologias têm surgido na tentativa de obter mudas com elevado padrão de qualidade (TATAGIBA et al., 2019) e custo reduzido. O uso de bandejas coletoras de água pode se tornar uma alternativa para melhorar a eficiência na utilização de água na produção de mudas no viveiro, além do aproveitamento dos fertilizantes e rendimento operacional de alternagem, com locais pré-definidos para inserir as mudas. Porém, pouco se sabe sobre as bandejas coletoras de água na produção de mudas, sendo necessário obter informações sobre a sua eficiência e viabilidade no processo produtivo (GÓMEZ; MACIEL; SILVA, 2019).

Neste estudo, foi discutido o crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas nos sistemas de tubete de polietileno e degradável, consciente do viés

tanto para as condições de viveiro quanto para as condições de campo. Diante do contexto, este trabalho teve como objetivo geral avaliar se mudas de *Eucalyptus urophylla* (AEC 0144) produzidas no sistema de tubetes degradáveis possuem o mesmo desenvolvimento inicial de mudas produzidas no sistema de tubetes de polietileno, tanto em condições de viveiro quanto em condições de campo. Foram formulados dois objetivos específicos: (1) avaliar em condições de viveiro a fase de crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* (AEC 0144) produzidas nos sistemas de tubetes de polietileno e degradável na ocupação de 25% e 50% de bandejas planas de polietileno com 176 células e na ocupação de 100% das bandejas coletoras de água com 40 células, dispostas em lâminas de 15mm.dia⁻¹; (2) avaliar em condições de campo o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus urophylla* (AEC 0144) produzidas nos sistemas de tubetes de polietileno, degradável e degradável com três fissuras realizadas ao longo do tubete no dia da implantação do experimento na ocupação de 25% de bandejas planas de polietileno com 176 células e na ocupação de 100% das bandejas coletoras de água com 40 células.

CAPÍTULO 1

Crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em bandejas coletora de água e convencional nos sistemas de tubetes degradáveis e polietileno

RESUMO

A revolução dos viveiros na década de 80 ocorreu com o uso dos tubetes de polietileno, sendo ainda muito utilizados, mesmo apresentando alguns pontos negativos. A busca pela redução de custos no viveiro impulsiona a evolução nas técnicas de produção de mudas e produtos utilizados, como os tubetes degradáveis e bandejas coletoras de água. O objetivo do estudo foi avaliar em condições de viveiro a fase de crescimento das mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas nos sistemas de tubetes de polietileno e degradável na ocupação de 25% e 50% de bandejas planas de polietileno com 176 células e na ocupação de 100% das bandejas coletoras de água com 40 células, dispostas em lâmina de 15 mm.dia⁻¹. As variáveis altura, diâmetro, sobrevivência, Índice de Qualidade de Dickson (IQD), massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular foram avaliadas aos 70 dias após a implantação do experimento. De acordo com os resultados obtidos, o tubete degradável e a bandeja coletora de água auxiliaram no melhor desenvolvimento das mudas em relação à altura e IQD. Os tubetes e as bandejas utilizadas no estudo não influenciaram estatisticamente no desenvolvimento das variáveis massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular e massa seca total das mudas. A bandeja coletora de água e a bandeja com ocupação de 25% das células auxiliaram no melhor desenvolvimento das mudas em relação ao diâmetro. Houve maior sobrevivência das mudas produzidas em bandeja coletora de água.

Palavras-chave: alternagem de mudas; qualidade de mudas; bandeja; degradação do tubete degradável; biomassa aérea e radicular.

ABSTRACT

The nursery revolution in the 80s occurred with polyethylene tubes, which are still widely used, even with some negative points. The demand to reduce costs in the nursery has driven the evolution of seedling production techniques and products, such as degradable tubes and water collection trays. The objective of the study was to evaluate, under nursery conditions, the growth phase of *Eucalyptus urophylla* seedlings produced in polyethylene and degradable tube systems in the occupation of 25% and 50% of flat polyethylene trays with 176 cells and in the occupation of 100% of the water collection trays with 40 cells, arranged in a 15mm.dia⁻¹ slide. The variables height, diameter, survival, Dickson Quality Index (DQI), and the dry mass of aerial parts and the root system were evaluated 70 days after the implantation of the experiment. According to the results obtained, the degradable tube and the water collecting tray helped develop the seedlings concerning height and DQI. The tubes and trays used in the study did not statistically influence the development of the variables to the dry mass aerial parts, the root system's dry mass, and the total dry mass. The water collecting tray and tray with an occupation of 25% of the cells help develop the seedlings concerning the diameter. There was a more remarkable survival of seedlings produced in water collecting trays.

Keywords: alternation of seedlings; seedling quality; tray; degradable tube degradation; aerial and root biomass.

1.1 INTRODUÇÃO

Introduzidos no Brasil na década de 1980, os tubetes de polietileno utilizados na produção de mudas florestais representaram um avanço na silvicultura, permitindo

a mecanização de diferentes processos no viveiro, facilitando a aplicação em larga escala (FREITAS et al., 2009). Porém, com a crescente demanda por produtos oriundos de reflorestamento, o aperfeiçoamento de técnicas de produção de mudas vem se tornando cada vez mais exigente (STORCK; SCHORN; FENILLI, 2015), visando a redução de custos e novas tecnologias na tentativa de obter mudas com elevado padrão de qualidade (TATAGIBA et al., 2019).

O uso de tubetes de polietileno demanda a sua remoção no ato do plantio, retorno para higienização (MENDONÇA et al., 2016), áreas no viveiro para o seu armazenamento e desinfecção até a sua reutilização. Ainda podem causar danos no sistema radicular, quando retirados na ocasião do plantio (DIAS, 2011). O uso de tubetes degradáveis vem se tornando uma alternativa cada vez mais inovadora e cada vez mais viável, visto que são incorporados ao solo e assimilados pelo meio ambiente, não gerando resíduos (CONTI et al., 2012). Além disso, não há necessidade de remoção no ato do plantio, sendo os custos referentes ao retorno e desinfecção do recipiente eliminados (OLIVEIRA, 2016).

Além dos tubetes degradáveis, o uso de bandejas coletoras de água também vem se tornando uma opção para diminuir custos e atender as demandas de produção de mudas com menor impacto ambiental, principalmente na fase de crescimento, quando a muda tem maior necessidade no consumo de água, nutrientes (FARIA et al., 2019) e radiação solar (WENDLING; DUTRA, 2017). As bandejas coletoras são capazes de melhorar a eficiência na utilização de água, aproveitamento de fertilizantes e rendimento operacional de alternagem, pois apresentam locais pré-definidos para inserir as mudas.

As bandejas planas de polietileno não possuem barreira física para direcionar água ao tubete, ocasionando perda de água por meio do seu escoamento para fora da bandeja e conseqüentemente, menor aproveitamento de fertilizantes. Além disso, como não apresentam locais pré-definidos, o rendimento operacional na atividade de alternagem das mudas pode ser inferior ao realizado em bandejas coletoras de água. Visto que as bandejas coletoras de água se encontram no mercado há pouco tempo, se torna necessário mais informações que envolvam o seu uso na fase de crescimento das mudas no viveiro, bem como o uso de tubetes degradáveis.

Diante deste contexto, o trabalho teve como objetivo geral avaliar em condições de viveiro a fase de crescimento das mudas de *Eucalyptus urophylla* (AEC-144) produzidas nos sistemas de tubetes de polietileno e degradável na ocupação de 25%

e 50% de bandejas planas de polietileno com 176 células e na ocupação de 100% de bandejas coletoras de água com 40 células, dispostas em lâmina de 15 mm.dia⁻¹. O objetivo específico foi avaliar se os tipos de tubetes, bandejas e espaçamentos da muda na bandeja influenciaram no desenvolvimento em altura, diâmetro, sobrevivência, massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular.

1.2 METODOLOGIA

1.2.1 Localização do viveiro

O experimento foi desenvolvido no período de maio a outubro de 2021 no viveiro de produção de mudas do Laboratório Agroflorestal de Biomassa e Bioenergia (LABB), associado ao Instituto de Pesquisa em Bioenergia - IPBEN (latitude 22°50'54"S e longitude 48°26'08"O), situado na Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu/SP, localizado a 825 m acima do nível do mar. A região tem como temperatura média anual 20,5°C e precipitação média anual de 1696 mm.ano⁻¹ (CLIMATE, 2022). Segundo a classificação climática de Köppen o clima da região é considerado Cfa, sendo subtropical úmido com verão quente (CUNHA; MARTINS, 2009).

1.2.2 Recipientes e bandejas

A produção das mudas foi realizada em dois tipos de recipientes, sendo o tubete de polietileno com volume de 55 cm³ e seis estrias internas salientes e o tubete degradável composto por 75% de polímero degradável (EP 103) e 25% de polímero sintético (vinílica inerte), conhecido como SIS BGC fabricado pela Corrêa Neto, com volume de 55 cm³ e sem estrias internas (Figura 1).

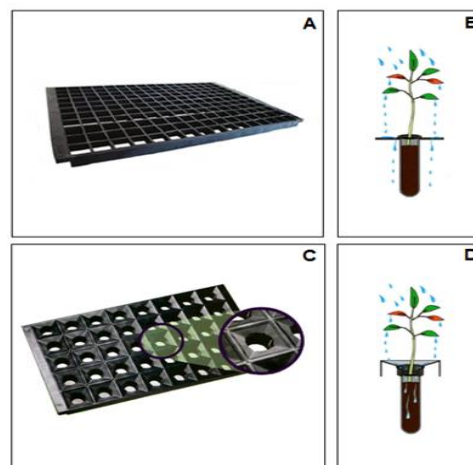
Figura 1 – Recipientes utilizados na produção de mudas



Fonte: Acervo particular dos autores (abril de 2021)
Em que: A - tubete degradável SIS BGC; B - tubete de polietileno

Como suportes foram utilizadas bandejas planas de polietileno com 176 células (59 cm x 39 cm) e bandejas coletoras de água com 40 células (59 cm x 34 cm), conhecidas como ECO E40 com maior capacidade de aproveitamento de água, dispostas em canteiros suspensos a 90 cm de altura do solo (Figura 2).

Figura 2 –Configuração das bandejas e respectivo aproveitamento de água pelas mudas



Fonte: Acervo pessoal (2021)
Em que: A – bandeja plana com 176 células; B – aproveitamento de água por mudas alocadas em bandejas planas; C – bandeja de captação de água com 40 células; D – aproveitamento de água por mudas alocadas em bandejas de captação de água.

1.2.3 Etapas para produção de mudas

1.2.3.1 Casa de vegetação

No mês de maio foi realizado o estaqueamento do material genético *Eucalyptus urophylla* (AEC-144), com miniestacas em média com 7 cm de altura e dois a três pares de folhas com redução dos pares de folhas à metade de sua dimensão original. O estaqueamento ocorreu nos tubetes de polietileno e degradável, introduzidos em bandejas planas de polietileno de 176 células com a densidade de plantas a 100% de ocupação da bandeja dispostas em lâmina de irrigação de 6 mm.dia⁻¹.

No ambiente da casa de vegetação, a temperatura e umidade permaneceram na faixa entre 16 °C a 36 °C, exceto nos dias de baixa temperatura, o que tornou necessário a permanência das mudas por 34 dias na casa de vegetação para prosseguir à casa de sombra.

1.2.3.2 Casa de sombra

As mudas foram conduzidas à casa de sombra para passar pelo período de aclimação em cobertura de sombrite 50% e lâmina de irrigação de 8 mm.dia⁻¹. Com a permanência de 7 dias, a maioria das mudas já apresentavam raízes e brotos, sendo conduzidas à área de pleno sol suspensa para dar início a fase de crescimento e aclimação.

1.2.3.3 Área de pleno sol

As mudas foram introduzidas na área de pleno sol para iniciar a fase de crescimento, seguida da sua aclimação. Ao sétimo dia da fase de crescimento, para proporcionar o seu desenvolvimento homogêneo, se deu início a classificação das mudas em: pequena (P), média (M) e grande (G), de acordo com o seu tamanho. A partir da sua classificação, houve a implantação do delineamento experimental, realizando a disposição de mudas médias (16,03 cm) e grandes (19,18 cm) em 25% e 50% de ocupação das células das bandejas de polietileno e a disposição em 100% das células das bandejas coletoras. As mudas classificadas como médias e grandes foram distribuídas na mesma quantidade para cada tratamento. O delineamento experimental ocorreu por 70 dias após a implantação do experimento, ou seja, até meados da etapa de rustificação.

As mudas permaneceram na área de pleno sol com lâmina de irrigação de 15 mm.dia⁻¹ até completarem o seu ciclo para expedição à campo. Após 44 dias na área de pleno sol, totalizando 84 dias de idade das mudas, foi iniciado o processo de rustificação com cloreto de potássio (KCl) na dosagem de 0,5 g. litro de água⁻¹, sendo aplicado de 4 em 4 dias, até o final do ciclo. A expedição das mudas a campo ocorreu ao completarem 153 dias.

1.2.4 Delineamento estatístico

Aos 40 dias após a data de estaqueamento, sendo o sétimo dia que as mudas se encontravam na área de pleno sol, o experimento foi instalado em delineamento estatístico inteiramente casualizado (DIC), constituído por seis tratamentos: (T1) tubete de polietileno com volume de 55 cm³ na ocupação de 25% da bandeja plana de polietileno; (T2) tubete degradável com volume de 55 cm³ na ocupação de 25% da bandeja plana de polietileno; (T3) tubete de polietileno com volume de 55 cm³ na ocupação de 100% da bandeja coletora de água; (T4) tubete degradável com volume de 55 cm³ na ocupação de 100% da bandeja coletora de água; (T5) tubete de polietileno com volume de 55 cm³ na ocupação de 50% da bandeja plana de polietileno e (T6) tubete degradável com volume de 55 cm³ na ocupação de 50% da bandeja plana de polietileno. Os tratamentos T1, T2, T3 e T4 foram distribuídos em quatro repetições. Os tratamentos T5 e T6 foram distribuídos em três repetições, devido a maior necessidade em relação a quantidade de mudas para esses tratamentos.

No total, o experimento foi constituído por 1232 mudas, sendo 384 mudas no T1 e T2 (48 mudas * 4 repetições * 2 tratamentos), 320 mudas no T3 e T4 (40 mudas * 4 repetições * 2 tratamentos) e 528 mudas no T5 e T6 (88 mudas * 3 repetições * 2 tratamentos).

As coletas das variáveis altura, diâmetro do colo e massa seca foram realizadas 70 dias após a implantação do experimento na área de pleno sol, ou seja, 127 dias após a data do estaqueamento. As variáveis altura e diâmetro do colo foram coletadas de todas as mudas. Para a amostragem da massa seca, foram coletadas de forma aleatória três mudas de cada tratamento, totalizando 18 mudas (3 mudas * 6 tratamentos).

1.2.5 Variáveis analisadas

No viveiro, antes da determinação da massa seca, foram realizadas as mensurações de altura, diâmetro e sobrevivência de todas as plantas. Para a mensuração da altura foi utilizado régua milimetrada, medindo desde o colo até o meristema apical. O diâmetro foi mensurado com paquímetro de precisão no colo ao nível do substrato. A sobrevivência das plantas foi avaliada por meio da contagem das plantas mortas.

Para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), consideraram-se os indicadores de massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular, massa seca total, altura e diâmetro do colo das mudas, assim foi calculado o IQD (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960), utilizando a Equação 1:

$$\text{IQD} = \text{MST} / [(H / \text{DC}) + (\text{MSPA} / \text{MSR})] \quad (1)$$

Em que:

MST = Massa Seca Total (MSPA+MSR) (g);

MSPA = Massa Seca da Parte Aérea (g);

MSR = Massa Seca da Raiz (g); H = Altura (cm) e DC = Diâmetro do Colo (mm).

Após as mensurações de altura, diâmetro e sobrevivência, foram retiradas da área de pleno sol as mudas sorteadas de cada tratamento para determinação da massa seca. Para a quantificação da massa seca, a parte aérea era separada das raízes, sendo as raízes lavadas em peneira (1,18 mm), após a lavagem as duas partes eram secas em estufa a 65°C ($\pm$ 3°C), até peso constante determinado em balança analítica de precisão.

1.2.6 Análise estatística

Os dados foram analisados inicialmente de forma descritiva por meio de médias, desvio padrão e, em alguns casos, mediana, valores mínimos e máximos. Para os procedimentos inferenciais foi utilizado a análise de variância considerando dois fatores (ANOVA), complementada pelo teste de comparações múltiplas de Tukey. A normalidade, homocedasticidade e independência dos resíduos foram avaliados e, quando necessário, uma transformação nos dados originais foi realizada para aplicação do procedimento inferencial. Todos os resultados inferenciais foram discutidos considerando um nível de 5% de significância ($p < 0,05$). Os resultados dos

procedimentos estatísticos utilizados foram obtidos no ambiente computacional R (R CORE TEAM, 2022).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando a análise estatística, foram avaliadas as interações entre “Tubete x Bandeja” e de forma individual “Tubete” e “Bandeja”. Como tipo de tubete descrito nas análises, tem-se “Bio” e “Poli” para os tubetes degradáveis e polietileno, respectivamente. Já para as bandejas, tem-se “BC”, “B25” e “B50” para as bandejas coletoras de água, bandejas com ocupação de 25% das células e bandejas com ocupação de 50% das células, respectivamente.

1.3.1 Altura, diâmetro do colo e sobrevivência

A altura das mudas de *E. Urophylla* foram influenciadas significativamente pelo tubete ($p=0,030$; $p<0,05$) e bandeja ($p=0,002$; $p<0,05$) utilizados na sua produção (Tabela 1). Além disso, a altura das mudas produzidas no tubete degradável (23,27 cm) apresentou diferença significativa superior em relação às mudas produzidas no tubete de polietileno (19,93 cm). O mesmo fenômeno ocorreu nas mudas produzidas na bandeja coletora de água (25,30 cm) que apresentou diferença significativa superior em relação às mudas produzidas na bandeja plana de polietileno com 50% de ocupação das células (17,49 cm), conforme a Figura 3. A produção de mudas na bandeja plana de polietileno com 25% de ocupação das células (20,98 cm) apresentou resultados semelhantes à bandeja coletora de água e bandeja plana de polietileno com 50% da ocupação (Figura 3).

Tabela 1 - Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável altura das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas

Tubetes	Bandeja			Total
	B25	B50	BC	
Bio	23,33 (2,33)	19,06 (2,20)	26,35 (1,11)	23,27 (3,48)
Poli	18,63 (4,93)	15,93 (5,73)	24,24 (1,28)	19,93 (5,22)

Total	20,98 (4,36)	17,49 (4,24)	25,30 (1,58)	21,60 (4,65)
Interação	F=0,314 (p=0,735) ns			
Tubete x Bandeja				
Efeito Tubete	F=5,650 (p=0,030) *			
Efeito Bandeja	F=9,876 (p=0,002) *			
CV(%) experimental	15,22%			

Fonte: Autores (2022)

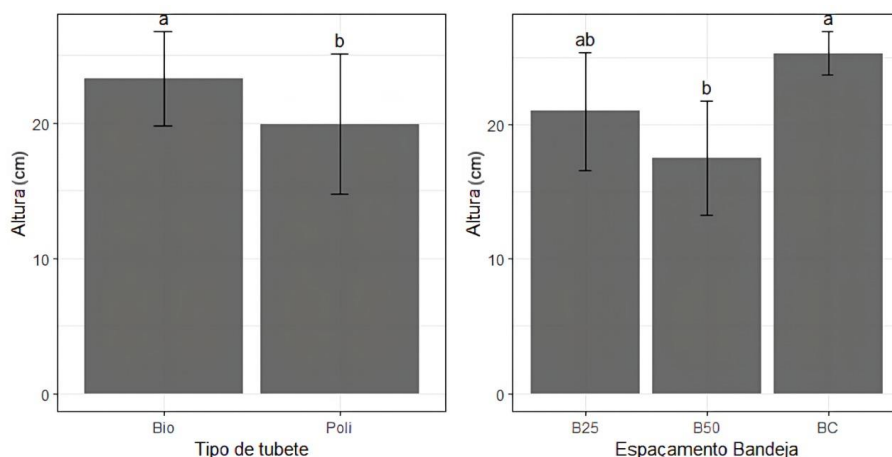
Em que: ns=não significativo e *=efeito significativo a 5%

Por apresentar condições favoráveis em relação ao aproveitamento de água, a bandeja coletora proporcionou o desenvolvimento superior da altura nas mudas de *E. urophylla*. Resultado também observado por Gomez, Maciel e Silva (2019), avaliando bandeja coletora de água, bandeja plana de polietileno e quatro lâminas de irrigação diária de 8, 11, 14 e 17 mm.dia⁻¹ no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (*E. urograndis*), sendo observado que as alturas das mudas foram superiores quando em bandeja coletora de água.

Em condições ótimas de disponibilidade de água e nutrientes, os padrões de crescimento vegetal ocorrem em função da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) interceptada pela planta, sendo convertida em biomassa (ELOY et al., 2013). Desta forma, o desenvolvimento superior em altura das mudas produzidas em tubetes degradáveis pode estar relacionada com a coloração do tubete, sendo a cor branca capaz de favorecer a penetração da RFA no sistema radicular, diferente da coloração preta do tubete de polietileno a qual não permite essa troca. Além disso, o tubete degradável pode apresentar uma maior retenção da água de irrigação em função de sua maior porosidade quando comparado com o tubete de polietileno (OLIVEIRA, 2016), fato que pode contribuir para o aumento da altura das mudas.

A altura das mudas produzidas em tubete degradável (23,27 cm), bandeja coletora de água (25,30 cm) e bandeja plana com 25% de ocupação (20,98 cm) se encontram dentro do padrão de qualidade para mudas de expedição (Figura 3), visto que, de acordo com os parâmetros de qualidade das empresas no setor de celulose, a altura deve permanecer entre 20 a 30 cm (ALFENAS et al., 2009).

Figura 3 - Efeitos médios da altura das mudas de acordo com o tipo de tubete e espaçamento das mudas na bandeja



Fonte: Autores (2022)

Em que: letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey ($p < 0,05$).

O diâmetro das mudas de *E. urophylla* foram influenciados pela bandeja ($p=0,0003$; $p < 0,05$) utilizada na sua produção (Tabela 2). As mudas produzidas na bandeja coletora de água (3,50 mm) e na bandeja plana de polietileno com 25% da ocupação das células (3,05 mm) apresentaram diferença significativa superior em relação as mudas produzidas na bandeja plana de polietileno com 50% de ocupação das células (2,26 mm), conforme a Figura 4.

Tabela 2 - Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável diâmetro do colo das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas

Tubetes	Bandeja			Total
	B25	B50	BC	
Bio	3,32 (0,16)	2,46 (0,22)	3,59 (0,24)	3,18 (0,51)
Poli	2,78 (0,65)	2,06 (0,70)	3,41 (0,33)	2,82 (0,76)
Total	3,05 (0,53)	2,26 (0,51)	3,50 (0,28)	3,00 (0,66)
Interação				
Tubete x Bandeja			F=0,363 ($p=0,701$) ns	
Efeito Tubete			F=4,081 ($p=0,060$) ns	
Efeito Bandeja			F=14,587 ($p=0,0003$) *	
CV(%) experimental			14,22%	

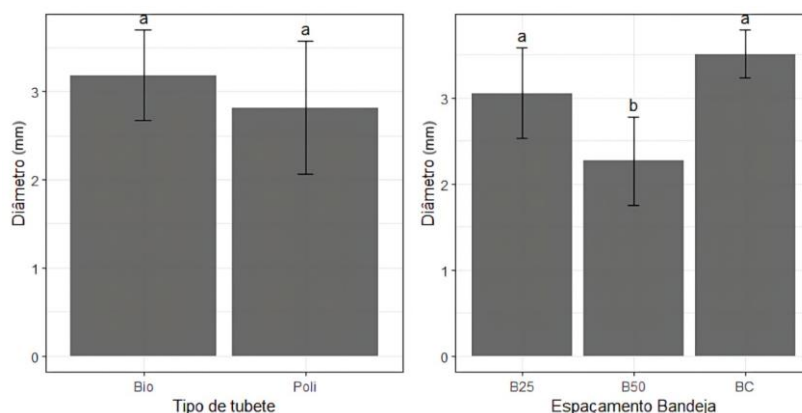
Fonte: Autores (2022)

Em que: ns=não significativo e *=efeito significativo a 5%

Visto que a bandeja coletora de água apresenta capacidade de 40 células com locais pré-definidos e a bandeja plana de polietileno com ocupação de 25% apresenta 48 células ocupadas com mudas, a competição entre as plantas acaba se tornando menor, contribuindo no aumento e na quantidade de energia captada por unidade de área, quando comparado com a bandeja plana de polietileno com ocupação de 50%, ou seja, 88 células ocupadas com mudas. Segundo Sanquetta et al. (2014), a produção da biomassa de uma planta depende da quantidade de radiação solar fotossinteticamente ativa absorvida pelas folhas e da eficiência que a planta converte essa energia em fotoassimilados, por meio da fotossíntese. Por apresentar menor competição por radiação solar entre as mudas na bandeja coletora de água e bandeja plana de polietileno com ocupação de 25%, a incidência de luz nas folhas acaba se tornando maior, aumentando o ganho de biomassa e, consequentemente o diâmetro do colo.

Considerada uma característica morfológica que indica a capacidade de sobrevivência das mudas no campo, o diâmetro do colo deve se apresentar maior que 2 mm para mudas produzidas em tubetes de 55 cm³ (WENDLING; DUTRA, 2017). Desta forma, mesmo apresentando diferença significativa entre as bandejas, o diâmetro das mudas se encontram dentro do padrão de qualidade para mudas de expedição.

Figura 4 - Efeitos médios do diâmetro do colo das mudas de acordo com o tipo de tubete e espaçamento das mudas na bandeja



Fonte: Autores (2022)

Em que: letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey ($p < 0,05$).

A sobrevivência das mudas de *E. urophylla* foram influenciadas significativamente pela bandeja ($p=0,00002$; $p<0,05$) utilizada na sua produção (Tabela 3). A bandeja coletora (0,994) apresentou diferença significativa superior em relação a bandeja plana de polietileno com ocupação de 25% (0,914) e bandeja plana de polietileno com ocupação de 50% (0,744), conforme a Figura 5.

Tabela 3 - Proporções de sobrevivência (média e desvio padrão) das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas

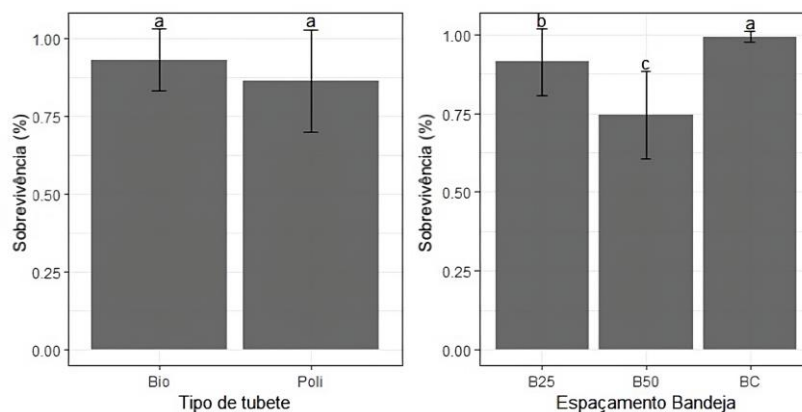
Tubetes	Bandeja			Total
	B25	B50	BC	
Bio	0,96 (0,03)	0,79 (0,09)	1,00 (0,00)	0,930 (0,10)
Poli	0,87 (0,14)	0,70 (0,18)	0,99 (0,03)	0,864 (0,16)
Total	0,914 (0,11)	0,744 (0,14)	0,994 (0,02)	0,897 (0,14)
Interação				
Tubete x Bandeja	F=0,407 (p=0,672) <i>ns</i>			
Efeito Tubete	F= 3,872 (p=0,067) <i>ns</i>			
Efeito Bandeja	F=22,110 (p=0,00002)			
CV(%) experimental	10,33%			

Fonte: Autores (2022)

Em que: *ns*=não significativo e *=efeito significativo a 5%. Os resumos estatísticos estão apresentados na escala original da variável (proporção de sobrevivência), porém, para análise inferencial (ANOVA) foi aplicada a transformação arco seno da raiz quadrada das respectivas proporções.

O melhor aproveitamento da água da irrigação pelas mudas na bandeja coletora de água proporcionou maior número de plantas vivas quando comparado com as mudas em bandejas planas de polietileno com 25% e 50% de ocupação das células. A taxa de sobrevivência das mudas está relacionada com a disponibilidade hídrica (MANZATO, 2022) e, sabendo que a bandeja coletora apresenta condições de menor competição entre as mudas e melhor aproveitamento da água da irrigação, o uso da bandeja coletora de água pode proporcionar condições positivas para favorecer a sobrevivência das mudas no viveiro, visto que quase todas as mudas sobreviveram quando comparado com a bandeja plana de polietileno (Figura 5), além de melhor aproveitamento de água.

Figura 5 - Efeitos médios da proporção de sobrevivência das mudas de acordo com o tipo de tubete e espaçamento das mudas na bandeja.



Fonte: Autores (2022)

Em que: letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey ($p < 0,05$).

1.3.2 Massa seca do sistema radicular, parte aérea e total

A variáveis massa seca do sistema radicular (Tabela 4), massa seca da parte aérea (Tabela 5) e massa seca total (Tabela 6) não apresentaram diferença significativa para nenhum dos parâmetros avaliados “tubete x bandeja”, “tubete” e “bandeja”. Porém, ao analisar as médias das variáveis de forma individual “tubete” e “bandeja”, foi observado que as mudas produzidas em tubete degradável e bandeja coletora de água apresentaram maior média para todas as variáveis.

Tabela 4 - Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável massa seca raiz (msr) das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas

Tubetes	Bandeja			Total
	B25	B50	BC	
Bio	0,853 (0,307)	0,537 (0,200)	0,957 (0,214)	0,782 (0,285)
Poli	0,490 (0,100)	0,553 (0,421)	0,667 (0,126)	0,570 (0,238)
Total	0,672 (0,285)	0,545 (0,295)	0,812 (0,224)	0,676 (0,277)
Interação				
F= 0,954 (p=0,413) ns				
Tubete x Bandeja				
F=3,171 (p=0,100) ns				

Efeito Bandeja	F= 1,670 (p=0,229) <i>ns</i>
CV(%) experimental	37,39%

Fonte: Autores (2022)

Em que: *ns*=não significativo e *=efeito significativo a 5%

As médias da massa seca do sistema radicular, massa seca da parte aérea e massa seca total apresentadas pelas mudas produzidas no tubete degradável (0,782 g, 1,812 g e 2,594 g, respectivamente) foram superiores quando comparado com as mudas produzidas no tubete de polietileno (0,570 g, 1,320 g e 1,890 g, respectivamente).

Tabela 5 -Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável massa seca aérea (msa) das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas

Tubetes	Bandeja			Total
	B25	B50	BC	
Bio	1.82 (0.431)	1.393 (0.673)	2.223 (0.150)	1.812 (0.543)
Poli	1.180 (0.185)	1.233 (0.915)	1.547 (0.231)	1.320 (0.510)
Total	1.500 (0.459)	1.313 (0.724)	1.885 (0.410)	1.567 (0.570)
Interação				
Tubete x Bandeja	F= 0.472 (p0.635) <i>ns</i>			
Efeito Tubete	F=4.126 (p=0.065) <i>ns</i>			
Efeito Bandeja	F= 1.930 (p=0.188) <i>ns</i>			
CV(%) experimental	32.82%			

Fonte: Autores (2022)

Em que: *ns*=não significativo e *=efeito significativo a 5%

Já as médias da massa seca do sistema radicular, massa seca da parte aérea e massa seca total apresentadas nas mudas produzidas em bandeja coletora de água (0,812 g, 1,885 g e 2,697 g, respectivamente) foram superiores quando comparado com as mudas produzidas na bandeja de polietileno com 25% de ocupação (0,672 g, 1,500 g e 2,172 g, respectivamente) e bandeja de polietileno com 50% de ocupação (0,545 g, 1,313 g e 1,858 g, respectivamente).

Tabela 6 - Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável massa seca total (mst) das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas

Tubetes	Bandeja			Total
	B25	B50	BC	
Bio	2,673 (0,710)	1,930 (0,820)	3,180 (0,364)	2,594 (0,790)
Poli	1,670 (0,269)	1,787 (1,33)	2,213 (0,340)	1,890 (0,743)
Total	2,172 (0,730)	1,858 (0,993)	2,697 (0,616)	2,242 (0,828)
Interação				
Tubete x Bandeja	F= 0,650 (p=0,539) <i>ns</i>			
Efeito Tubete	F=4,095 (p=0,066) <i>ns</i>			
Efeito Bandeja	F= 1,974 (p=0,182) <i>ns</i>			
CV(%) experimental	32,94%			

Fonte: Autores (2022)

Em que: *ns*=não significativo e *=efeito significativo a 5%

1.3.3 Índice de Qualidade de Dickson (IQD)

O Índice de Qualidade de Dickson (Equação 1) das mudas de *E. urophylla* foram influenciadas significativamente pelo tubete ($p=0,038595$; $p<0,05$) e bandeja ($p=0,030829$; $p<0,05$) utilizados na sua produção (Tabela 7). As mudas produzidas no tubete degradável (0,299) apresentaram diferença significativa superior em relação às mudas produzidas no tubete de polietileno (0,187). As mudas dispostas na bandeja coletora de água (0,338) apresentaram diferença significativa superior em relação a bandeja plana de polietileno com 50% de ocupação das células (0,159). As mudas dispostas na bandeja plana de polietileno com 25% de ocupação das células (0,231) apresentaram resultados semelhantes à bandeja coletora de água e bandeja plana de polietileno com 50% da ocupação (Figura 6).

Tabela 7 -Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável IQD das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas

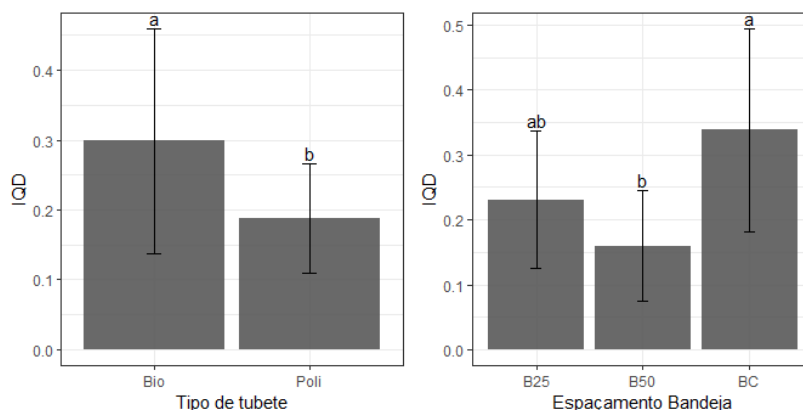
Tubetes	Bandeja			Total
	B25	B50	BC	
Bio	0,304 (0,102)	0,155 (0,056)	0,437 (0,174)	0,299 (0,161)
Poli	0,158 (0,039)	0,164 (0,123)	0,240 (0,041)	0,187 (0,078)
Total	0,231 (0,105)	0,159 (0,085)	0,338 (0,156)	0,243 (0,135)
Interação				
Tubete x Bandeja	F= 1,6617 (p=0,230658) <i>ns</i>			
Efeito Tubete	F=5,3938 (p=0,038595) *			
Efeito Bandeja	F= 4,7150 (p=0,030829) *			
CV(%) experimental	41,83%			

Fonte: Autores (2022)

Em que: *ns*=não significativo e *=efeito significativo a 5%

Por meio dos resultados apresentados em relação à altura, diâmetro do colo, massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular, massa seca total e, sabendo que a equação do IQD está relacionada com as variáveis citadas acima, foi possível observar que, estatisticamente, a altura foi superior em mudas produzidas em tubetes degradáveis e bandeja coletora de água. No que tange o diâmetro do colo, as mudas produzidas na bandeja coletora de água e bandeja de polietileno com ocupação de 25% apresentaram melhores resultados. Para a massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular e massa seca total, não houve diferença estatística, porém, as médias superiores foram observadas nas mudas produzidas em tubetes degradáveis e bandeja coletora de água. Desta forma, as mudas produzidas em bandeja coletora de água e tubete degradável apresentaram de forma proporcional valores superiores para as variáveis utilizadas na equação e consequentemente, auxiliaram na obtenção de maiores valores para o IQD, conforme observado na Figura 6.

Figura 6 -Efeitos médios da IQD das mudas de acordo com o tipo de tubete e espaçamento das mudas na bandeja.



Fonte: Autores (2022)

Em que: Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey ($p < 0,05$).

1.4 CONCLUSÕES

O tubete degradável e bandeja coletora de água auxiliaram no melhor desenvolvimento das mudas em relação à altura e IQD.

Os tubetes e as bandejas utilizadas no estudo não influenciaram estatisticamente no desenvolvimento das variáveis massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular e massa seca total. Porém, a bandeja coletora de água e o tubete degradável propiciaram as maiores médias para as variáveis analisadas.

A bandeja coletora de água e a bandeja com ocupação de 25% das células auxiliaram em melhor desenvolvimento das mudas em relação ao diâmetro.

Houve maior sobrevivência das mudas produzidas em bandeja coletora de água.

REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. Clonagem e doenças do eucalipto. 2ed. Viçosa: UFV, 2009. p.442.

CLIMATE. Botucatu Clima. 2022. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/botucatu-4227/>>. Acesso em: 09 Mar. 2022.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação Climática para os municípios de Botucatu e São Manuel – SP. Revista Irriga, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 1-11. 2009.

CONTI, A. C.; REIS, R. C. S.; CONTI, C.; DANIEL NETO, R. F.; ARANTES, A. K. Análise do desenvolvimento e da viabilidade econômica do plantio de mudas de árvores em tubetes biodegradáveis. *Retec*, Ourinhos, v. 5, n. 1, p. 113-121, jun. 2012.

DIAS, B. A. S. Análise comparativa de tubetes biodegradáveis e de polietileno na produção de mudas de *Paratecoma Peroba* (Record & Mell) Kuhl. 2011. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forest Chronicle*, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

ELOY, E.; CARON, B. O.; SCHMIDT, D.; BEHLING, A.; SCHWERS, L.; ELLI, E. F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. *Floresta*, Curitiba, v. 43, n. 3, p. 373-384, set. 2013.

FARIA, J. C. T.; LOPES, D. A.; LYRA, G. B.; MELO, H. C.; MELO, L. A. Manejo da densidade de plantas durante a produção de mudas em viveiro. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1187-1198, set. 2019. 7.

FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL FILHO, R. M.; SOUZA, L. S. Efeito de deformação e poda das raízes de mudas de eucalipto sobre o crescimento no campo. *Floresta*, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 355-363, jun. 2009.

GÓMEZ, J. J. V.; MACIEL, J. L. M.; SILVA, M. R. Bandejas coletoras x bandejas tradicionais na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. *Silviculture for Eucalyptus plantations*. In: Congress Themes: C. Forests and Forest Products for a Greener Future. **Resumos**. Curitiba: 2019. p. 7.

MANZATO, C. L. Estado hídrico de mudas de *Eucalyptus urophylla* na fase de rustificação identificado por meio de espectroscopia de infravermelho próximo e médio. 2022. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2022.

MENDONÇA, A. V. R.; RIBEIRO, L. G.; ASSUNÇÃO, J. R. A.; FREITAS, T. A. S.; SOUZA, J. S. Recipiente de fibras de *Attalea funifera* para produção de mudas de eucalipto. *Pesquisa Florestal Brasileira*. Colombo, v. 36, n. 87, p. 245-252, jul./set. 2016.

OLIVEIRA, D. P. F. Análise técnica e econômica do uso de recipiente degradável na produção de mudas de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

R CORE TEAM (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SANQUETTA, C. R.; BEHLING, A.; CORTE, A. P. D.; CADORI, G. C.; JUNIOR COSTA, S.; MACEDO, J. H. P. Eficiência de conversão da radiação fotossintética interceptada em fito massa de mudas de *Eucalyptus dunii* Maiden em função da densidade de plantas e do ambiente de cultivo. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 563-570, dez. 2014.

STORCK, E. B.; SCHORN, L. A.; FENILLI, T. A. B. Crescimento e qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em diferentes recipientes. *Floresta*, Curitiba, v. 46, n. 1, p. 39, jan. / mar. 2016.

TATAGIBA, S. D.; SILVA, A. G.; PENCHEL FILHO, R. M.; REIS, E. F.; RAMOS, K. A. Disponibilidade hídrica e doses de polímero hidrorretentor na produção de mudas clonais de eucalipto. *Revista Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 359-369, jul. 2019.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por estaquia e miniestaquia. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. *Produção de mudas de eucalipto*. 2ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2017. p. 49-75.

CAPÍTULO 2

Crescimento de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em bandeja coletora de água e convencional em sistemas de tubetes degradável e polietileno em condições de campo

Growth of *Eucalyptus urophylla* seedlings produced in water tray and conventional in degradable and polyethylene tube systems under field conditions

RESUMO

A busca pela eficiência produtiva juntamente à redução de custos vem impulsionando a evolução das tecnologias para implantação e formação de plantios clonais de eucalipto. O objetivo do estudo foi avaliar em condições de campo o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus urophylla* (AEC-144), produzidas nos sistemas de tubetes de polietileno, degradável e degradável com três fissuras ao longo do tubete na ocupação de 25% de bandejas planas de polietileno com 176 células e na ocupação de 100% de bandejas coletoras de água com 40 células. As variáveis altura, diâmetro, sobrevivência, degradação do tubete degradável, desenvolvimento do sistema radicular e massa seca do sistema radicular e parte aérea foram avaliados aos 40, 77, 98, 154 e 223 dias após a implantação do experimento no campo. De acordo com os resultados obtidos, o tubete de polietileno, tubete degradável fissurado e bandeja coletora de água propiciaram melhor desenvolvimento da muda em altura aos 40 dias. Aos 77 e 98 dias, somente o tubete de polietileno propiciou melhores alturas. Aos 40 e 77 dias o tubete de polietileno possibilitou melhor desenvolvimento da muda em diâmetro. As mudas produzidas em tubete de polietileno e tubete degradável fissurado nas bandejas planas de polietileno com ocupação de 25% das células não

apresentaram mortalidade aos 40 dias. As fissuras parciais e totais foram mais frequentes no tubete degradável fissurado e de acordo com as variações no estágio de degradação dos tubetes degradável e degradável fissurado. O período de 223 dias não foi suficiente para ocorrer a decomposição do tubete.

Palavras-chave: qualidade de mudas; biotecnologia; degradação do tubete degradável; biomassa aérea e radicular; sobrevivência das mudas.

ABSTRACT

The search for productive efficiency and cost reduction has been driving the evolution of technologies for the implantation and formation of cloned eucalyptus plantations. The objective of the study was to evaluate under field conditions the initial growth of *Eucalyptus urophylla* seedlings (AEC-144), produced in polyethylene tube systems, degradable and degradable with three cracks along the tube in the occupation of 25% of flat trays of polyethylene with 176 compartments and the occupation of 100% of the water collection trays with 40 compartments. The variables height, diameter, survival, degradation of the degradable tube, development of the root system and dry mass of the root system and aerial part were evaluated at 40, 77, 98, 154 and 223 days after the implementation of the experiment in the field. According to the results obtained, the polyethylene tube, cracked degradable tube and water collection tray provided better seedling development in height at 40 days. At 77 and 98 days, only the polyethylene tube provided better sizes. At 40 and 77 days, the polyethylene tube allowed a better development of the seedling in diameter. The seedlings produced in polyethylene tubes and cracked degradable tubes in flat polyethylene trays with 25% cell occupation showed no mortality after 40 days. Partial and total cracks were more frequent in the

cracked degradable tubes and, according to the variations in the degradation stage of the cracked degradable and degradable tubes. The period of 223 days was not enough for the tube to decompose.

Keywords: quality of seedlings; biotechnology; degradable tube degradation; aerial and root biomass; seedling survival.

2.1 INTRODUÇÃO

A crescente expansão da silvicultura no Brasil coloca o país entre os maiores produtores e exportadores de celulose e papel, conduzindo a ampliação das áreas de reflorestamento, resultando na busca de novas alternativas para o estabelecimento de povoamentos florestais cada vez mais produtivos (Lopes, Amaral & Novaes, 2014). Para isso, se torna necessário o aumento da eficiência produtiva juntamente à redução de custos (Silva, 2019).

Nos últimos anos, a busca pelo desenvolvimento de tubetes degradáveis se tornou intensa, pois são capazes de diminuir processos operacionais e consequentemente os custos, além de não gerar resíduos ao meio ambiente (Santana et al., 2019). Pelo fato dos tubetes degradáveis degradarem em menor tempo no solo quando comparado aos recipientes plásticos (Guerra, Barbosa, Costa & Vieira, 2017), as atividades de remoção no ato do plantio, retorno para desinfecção e local no viveiro para armazenamento do recipiente são eliminadas, já que o plantio da muda ocorre junto ao tubete degradável (Wendling, Dutra, Gabira, Vieira & Degenhardt, 2021).

Dentre outros fatores, a densidade de mudas por bandeja também exerce influência sobre a qualidade das mudas de espécies florestais, pois, de acordo com os espaçamentos das mudas na bandeja, o seu crescimento e arquitetura podem ser

diretamente influenciados (Massad et al., 2017). Desta forma, otimizar a densidade de mudas por bandeja pode resultar em mudas aptas para o plantio em menor tempo de produção, melhorando a eficiência na utilização de água e nutrientes pelas plantas, visando baixo custo, padrão de qualidade (Ataíde et al., 2010) e, conseqüentemente o seu melhor desempenho no campo.

O uso de bandejas coletoras de água vem se tornando uma opção capaz de substituir as atividades referentes à disposição das mudas na bandeja, também conhecidas como alternagem, pois possuem locais pré-definidos para inserção das mudas, sendo capaz de melhorar o rendimento operacional. Além disso, a bandeja tem melhor aproveitamento no uso da água e fertilizantes (Gómez, Maciel & Silva, 2019).

O uso de tubetes degradáveis, bandejas coletoras de água e métodos de alternagem de mudas nas bandejas são uma opção para alcançar o aumento na eficiência produtiva aliada à redução de custos. Porém, se torna necessário a obtenção de mais informações para averiguar se esses diferentes métodos de manejo são capazes de manter um adequado desenvolvimento da muda no campo após a sua implantação quando comparado aos métodos convencionais.

Visto que o êxito de um povoamento florestal é decorrente da qualidade das mudas e seu posterior desempenho no campo, este trabalho teve como objetivo avaliar em condições de campo o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus urophylla* (AEC-144) produzidas nos sistemas de tubetes de polietileno, degradável e degradável com três fissuras realizadas ao longo do tubete no dia da implantação do experimento na ocupação de 25% de bandejas planas de polietileno com 176 células e na ocupação de 100% das bandejas coletoras de água com 40 células. Ainda, como objetivo específico avaliou se os tipos de tubetes, bandejas e espaçamentos da muda

na bandeja utilizados na produção das mudas no viveiro influenciaram no desenvolvimento das mudas em campo em relação à altura, diâmetro, sobrevivência, desenvolvimento do sistema radicular, massa seca do sistema radicular e da parte aérea, além da degradação do tubete degradável.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Localização da área experimental no campo

O experimento no campo foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado (latitude 22°48'13"S e longitude 48°25'47"O), situada na Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu/SP, localizada a 727m acima do nível do mar.

A região tem temperatura média anual de 20,7°C, precipitação média anual de 1359 mm e o solo que corresponde a região do experimento refere-se ao Nitossolo Vermelho Distrófico com textura muito argilosa (Penachio, 2017). De acordo com a caracterização física do solo, a área do local do experimento apresentou na profundidade 0-10 cm densidade média de 1,23 kg dm⁻³ e, na profundidade de 10-20 cm densidade média de 1,32 kg dm⁻³. A caracterização química do solo na área do experimento ocorreu na profundidade de 0-20 e 20-40 cm, conforme a Tabela 1.

Entra a Tabela 1

2.2.2 Implantação do experimento

Para implantação do experimento no campo foram executadas atividades pré e pós plantio, em conformidade com o padrão adotado pelas empresas florestais, sendo controle de formigas, controle químico de plantas daninhas, subsolagem à 41 cm e fertilização de base na dose de 110 kg.ha⁻¹ do fertilizante N-P-K 13-24-13 a 30

cm de profundidade em filete contínuo. O plantio manual das mudas foi realizado com o uso da matraca, espaçamento entre plantas 3 m x 2 m (6 m²), replantio aos seis dias após o plantio, duas irrigações após o plantio, manutenção da área com controle químico de plantas daninhas aos dois meses após o plantio e fertilização de cobertura na projeção da copa aos três meses após o plantio na dose de 150 g.planta⁻¹ do fertilizante N-P-K 20-05-20.

2.2.3 Delineamento estatístico

O delineamento estatístico empregado de blocos casualizados (DBC) teve como tratamentos: (T1) mudas produzidas no tubete de polietileno na ocupação de 25% da bandeja convencional; (T2) mudas produzidas no tubete de polietileno na ocupação de 100% da bandeja coletora de água; (T3) mudas produzidas no tubete degradável na ocupação de 25% da bandeja convencional; (T4) mudas produzidas no tubete degradável na ocupação de 100% da bandeja coletora de água; (T5) mudas produzidas no tubete degradável com três fissuras realizadas ao longo do tubete no dia da implantação do experimento na ocupação de 25% da bandeja convencional; (T6) mudas produzidas no tubete degradável com três fissuras realizadas ao longo do tubete no dia da implantação do experimento na ocupação de 100% da bandeja coletora de água (Figura 1). A fissura ao longo do tubete nos tratamentos T5 e T6 foi realizado com o intuito de aumentar a troca de umidade entre o torrão da muda com o solo e verificar se haveria um melhor crescimento inicial das mudas no campo comparado com o tubete degradável sem fissura. Os seis tratamentos foram distribuídos em três blocos, totalizando 18 parcelas.

Entra Figura 1

No total, foram plantadas 803 mudas (sendo, 1ª parcela = 11 linhas * 5 mudas * 1 parcela e demais parcelas = 11 linhas * 4 mudas * 17 parcelas), considerando mudas da área experimental para análise destrutiva e bordadura simples para evitar efeitos de borda das parcelas vizinhas. A área experimental para análise destrutiva foi composta por 270 plantas (5 linhas * 3 plantas * 6 tratamentos * 3 blocos), sendo 45 plantas por tratamento (5 linhas * 3 plantas * 1 tratamento * 3 blocos).

A análise destrutiva das plantas ocorreu nos períodos de 40, 77, 98, 154 e 223 dias após o plantio. A cada análise destrutiva foram retiradas 54 plantas (3 plantas * 6 tratamentos * 3 blocos), sendo 9 plantas de cada tratamento (3 plantas * 1 tratamento * 3 blocos). No total, ocorreram cinco análises destrutivas, resultando na retirada de 270 plantas (54 plantas * 5 análises destrutivas).

2.2.4 Mensurações no campo

No campo, antes da retirada das plantas para análise destrutiva, foram realizadas mensurações de altura, diâmetro e sobrevivência das plantas com o uso de trena, paquímetro e contagem das plantas mortas, respectivamente. As mensurações foram realizadas nos mesmos períodos da análise destrutiva.

A retirada das plantas ocorreu por meio da remoção do sistema radicular do solo e parte aérea.

2.2.5 Avaliação das plantas após a coleta

Após a retirada das plantas do solo, foi realizada a avaliação da degradação do tubete degradável, do desenvolvimento radicular e da massa seca aérea e radicular. Para avaliação da degradação dos tubetes degradáveis, foi elaborado uma análise

quantitativa e qualitativa da decomposição. A análise quantitativa foi baseada na contagem do número de fissuras totais, sendo considerado como total a fissura maior que a metade da extensão do tubete e parciais, quando a fissura era menor que a metade da extensão do tubete. A análise qualitativa foi baseada no estágio de decomposição do tubete (observação visual), onde oito critérios foram estabelecidos: (1) tubete sem modificações; (2) tubete com poucas fissuras e sem decomposição; (3) tubete com poucas fissuras e visualmente pouco decomposto; (4) tubete fissurado e sem decomposição; (5) tubete fissurado e visualmente mais decomposto; (6) tubete fissurado com perda de partes, porém sem decomposição; (7) tubete fissurado com perda de partes, e visualmente decomposto com aspecto de apodrecimento; (8) tubete não encontrado no campo.

A avaliação do desenvolvimento do sistema radicular ocorreu por meio da mensuração do comprimento da maior raiz, além da contagem do número de deformações radiciais, como raízes enoveladas, raízes vivas (coloração marrom e flexíveis) e raízes mortas (coloração negra e frágeis) (Silva, 2019).

Para obtenção da massa seca, todos os materiais vegetais (parte aérea e sistema radicular) e tubetes degradáveis foram secos em estufa à temperatura de $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ até peso constante, determinado em balança de precisão (Arthur Junior, 2011).

2.2.6 Análise estatística

Os dados foram analisados inicialmente de forma descritiva por meio de médias, desvio padrão e, em alguns casos, mediana, valores mínimos e máximos. Para os procedimentos inferenciais foi utilizada a análise de variância considerando dois fatores (ANOVA), complementada pelo teste de comparações múltiplo de Tukey.

A normalidade, homoscedasticidade e independência dos resíduos foram avaliados e, quando necessário, uma transformação nos dados originais foi realizada para aplicação do procedimento inferencial. Para a variável “estágio de decomposição do tubete” foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal Wallis. Todos os resultados inferenciais foram discutidos considerando um nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as análises estatísticas, foi avaliada a interação entre “tubete x bandeja” e, de forma individual, “tubete” e “bandeja”. Como tipo de tubete descrito nas análises, tem-se os “bio”, “biofi” e “poli” para os tubetes degradáveis, degradáveis fissurados e polietileno, respectivamente. Para as bandejas, tem-se “BC” e “B25” para as bandejas coletoras de água e bandejas com ocupação de 25% das células, respectivamente.

2.3.1 Altura, diâmetro e sobrevivência

A altura das mudas de *E. urophylla* foram influenciadas significativamente pelo tubete ($p = 0,0016$) e bandeja ($p < 0,01$) aos 40 dias e tubete ($p = 0,008$; $p = 0,031$) aos 77 e 98 dias após a implantação do experimento em campo, respectivamente. Não houve diferença estatisticamente significativa em relação à altura das mudas aos 154 e 223 dias após a implantação do experimento no campo para nenhum dos parâmetros avaliados “tubete x bandeja”, “tubete” e “bandeja” (Tabela 2).

Entra Tabela 2

Aos 40 dias após a implantação do experimento no campo, a altura foi inferior nas mudas produzidas em tubete degradável (29,9 cm) quando comparado com as mudas produzidas em tubete de polietileno (33,7 cm) e tubete degradável fissurado (32,5 cm). Ainda, a altura foi inferior nas mudas produzidas na bandeja plana de polietileno com 25% de ocupação das células (29,7 cm) quando comparado com as mudas produzidas na bandeja coletora de água (34,4 cm). Aos 70 e 98 dias após a implantação do experimento no campo, a altura foi inferior nas mudas produzidas em tubete degradável (63,9 cm e 89,3 cm, respectivamente) quando comparado com as mudas produzidas em tubete de polietileno (85,3 cm e 115 cm, respectivamente). As mudas produzidas em tubete degradável fissurado (73,6 cm e 100 cm, respectivamente) apresentaram resultados semelhantes às mudas produzidas em tubete de polietileno e degradável aos 70 e 98 dias.

Entra Figura 2

O diâmetro das mudas de *E. urophylla* foram influenciadas significativamente pelo tubete ($p=0,0011$ e $p=0,006$) aos 40 e 77 dias, após a implantação do experimento em campo, respectivamente. Não houve diferença estatisticamente significativa em relação à altura das mudas aos 98, 154 e 223 dias após a implantação do experimento no campo para nenhum dos parâmetros avaliados “tubete x bandeja”, “tubete” e “bandeja” (Tabela 3).

Entra Tabela 3

Aos 40 dias após a implantação do experimento no campo, o diâmetro do colo foi inferior nas mudas produzidas em tubete degradável (4,51 mm) e tubete degradável fissurado (4,91 mm) quando comparado com as mudas produzidas em tubete de polietileno (5,57 mm). Aos 70 dias após a implantação do experimento no campo, o diâmetro do colo foi inferior em mudas produzidas em tubete degradável (9,24 mm) quando comparado com as mudas produzidas em tubete de polietileno (12,82 mm). As mudas produzidas em tubete degradável fissurado (10,90 mm) apresentaram resultados semelhantes às mudas produzidas em tubete de polietileno e degradável aos 70 dias.

Entra Figura 3

De acordo com os resultados obtidos o tubete degradável limitou o crescimento da planta em altura aos 40, 77 e 98 dias e em diâmetro aos 40 e 77 dias após a implantação do experimento no campo, resultado inversamente proporcional ao tubete de polietileno. Segundo Cabral et al. (2010), o déficit hídrico interfere decisivamente no crescimento das plantas no campo durante a fase inicial do seu desenvolvimento. Por essa razão o tubete degradável possivelmente atuou como uma barreira física nos primeiros meses do desenvolvimento da planta no campo, influenciando na troca de umidade do solo com o sistema radicular, acarretando a absorção de água somente na ocorrência de chuva ou irrigação, afetando negativamente e de forma significativa o desenvolvimento da planta em relação à altura e diâmetro.

A remoção do tubete de polietileno no ato do plantio, possibilitou ao sistema radicular das mudas uma maior troca de umidade entre o solo e as raízes, não havendo barreira física do tubete, influenciando de forma positiva no melhor

desenvolvimento da planta em relação à altura e diâmetro. As mudas plantadas com o tubete degradável fissurado apresentaram resultados semelhantes as mudas produzidas no tubete de polietileno aos 40 dias após a implantação do experimento para a variável altura. A fissura realizada ao longo do tubete degradável pode ser uma alternativa para auxiliar na troca de umidade do solo com o sistema radicular da muda.

As mudas produzidas na bandeja coletora de água resultaram em melhor desenvolvimento em altura aos 40 dias após a implantação do experimento em campo, devido ao desenvolvimento das mudas no viveiro. Segundo Figueiredo et al (2019), há uma correlação entre a seleção das melhores mudas no viveiro, com maiores alturas e consequentemente maior desenvolvimento radicular com o rápido crescimento em altura no campo. Como a bandeja coletora de água proporcionou melhor desenvolvimento em altura de mudas de *Eucalyptus* spp. no viveiro (Gómez, Maciel & Silva, 2019), consequentemente, as mudas apresentaram um melhor desenvolvimento em altura quando em condições de campo favoráveis, principalmente em relação a água no solo.

A sobrevivência das mudas de *E. urophylla* foram influenciadas significativamente pela interação entre o tubete e bandeja ($p=0,028$) e de forma individual pelo tubete ($p=0,014$) aos 40 dias após a implantação do experimento em campo. Não houve diferença estatisticamente significativa em relação à sobrevivência das mudas aos 77, 98, 154 e 223 dias após a implantação do experimento no campo para nenhum dos parâmetros avaliados “tubete x bandeja”, “tubete” e “bandeja” (Tabela 4).

Entra Tabela 4

Considerando a interação entre bandeja x tubete aos 40 dias após a implantação do experimento em campo, houve maior sobrevivência das mudas produzidas em bandeja plana de polietileno com 25% de ocupação com tubete degradável fissurado (1,00), bandeja plana com 25% da ocupação com tubete de polietileno (1,00), bandeja coletora de água com tubete de polietileno (0,981) e bandeja coletora de água com tubete degradável (0,907), quando comparado com as mudas produzidas em bandeja plana de polietileno com ocupação de 25% com tubete degradável (0,833) e bandeja coletora de água com tubete degradável fissurado (0,870), conforme a Figura 5. De forma individual, o tubete de polietileno (0,991) e tubete degradável fissurado (0,935) apresentaram diferença significativa superior ao tubete degradável (0,870).

O plantio das mudas produzidas em tubete de polietileno e tubete degradável fissurado na bandeja plana de polietileno com 25% de ocupação das células não sofreram impactos negativos em relação a sobrevivência aos 40 dias no campo, não havendo mortalidade nesse período. O desenvolvimento inicial das mudas no campo trata-se de um período crítico, dado que as mudas estão em fase de adaptação, sendo mais susceptíveis a deficiência hídrica (Fellipe et al., 2020), pois ainda não apresentam o sistema radicular totalmente desenvolvido. Como o tubete de polietileno é removido no ato do plantio e o tubete degradável fissurado apresenta aberturas, ambos permitem a troca de umidade entre o solo e o sistema radicular, além de melhor desenvolvimento da raiz, já que não possuem barreiras físicas do tubete.

Além disso, como o manejo de rustificação hídrica no viveiro está relacionado à adaptação das mudas às condições do campo e conseqüentemente menor taxa de mortalidade (Tatagiba, Silva, Penchel Filho, Reis & Ramos, 2007), o uso da bandeja plana de polietileno com ocupação de 25% das células auxiliou em menor impacto na

adaptação das mudas no campo, uma vez que a incidência de água na base do tubete no viveiro se tornou menor quando comparado com as mudas produzidas na bandeja coletora de água.

O plantio das mudas produzidas em tubete de polietileno e tubete degradável na bandeja coletora de água, mesmo apresentando resultado significativo superior, ainda apresentaram mortalidade aos 40 dias no campo. O uso da bandeja coletora de água na produção das mudas no viveiro associada à uma lâmina de irrigação inadequada na fase de crescimento e rustificação, pode proporcionar uma captação de água acima da necessidade da planta, resultando em mudas menos robustas, tornando o seu desenvolvimento inicial no campo mais suscetível às condições hídricas. Ainda, quando em conjunto com o tubete degradável, as condições de perda se tornam ainda mais relevantes devido a barreira física causada pelo tubete, não permitindo a troca de umidade entre o solo e o sistema radicular.

Este fato auxilia na justificativa do resultado obtido pelas mudas produzidas em tubete degradável na bandeja plana de polietileno com 25% da ocupação das células e tubete degradável fissurado na bandeja coletora de água, os quais apresentaram a maior taxa de mortalidade, respectivamente. Visto que as mudas produzidas em bandejas planas de polietileno com 25% de ocupação das células não apresentaram mortalidade quando associadas ao tubete de polietileno e degradável fissurado, a mortalidade das mudas produzidas em tubete degradável na bandeja plana de polietileno com ocupação de 25% das células e tubete degradável fissurado em bandeja coletora de água, podem estar mais associadas ao uso do tubete degradável e bandeja coletora de água.

De forma individual, o tubete de polietileno e tubete degradável fissurado apresentaram resultados significativos superiores ao tubete degradável. Para obter

maior sobrevivência das mudas em campo, a realização de fissuras ao longo do tubete degradável seria uma alternativa.

Entra Figura 4

2.3.2 Degradação do tubete degradável

O número de fissuras parciais encontradas ao longo dos tubetes nas mudas de *E. urophylla* foram influenciados significativamente pelo tubete ($p=0,001$; $p<0,05$) utilizados na produção das mudas no viveiro aos 40 dias após a implantação do experimento no campo, respectivamente (Tabela 5). Não houve diferença estatisticamente significativa em relação ao número de fissuras parciais aos 77, 98, 154 e 223 dias após a implantação do experimento no campo para nenhum dos parâmetros avaliados “tubete x bandeja”, “tubete” e “bandeja” (Tabela 5).

Entra Tabela 5

Aos 40 dias após a implantação do experimento no campo, o tubete degradável fissurado (9,33) apresentou diferença significativa superior ao tubete degradável (0,167), conforme figura 5.

Entra Figura 5

O número de fissuras totais encontradas ao longo dos tubetes nas mudas de *E. urophylla* foram influenciados significativamente pelo tubete ($p=0,001$; $p=0,0016$ e $p=0,0102$) utilizado na produção das mudas no viveiro aos 77, 98 e 223 dias após a

implantação do experimento no campo, respectivamente (Tabela 6). Não houve diferença estatisticamente significativa em relação ao número de fissuras parciais aos 40 e 154 dias após a implantação do experimento no campo para nenhum dos parâmetros avaliados “tubete x bandeja”, “tubete” e “bandeja” (Figura 6).

Entra Tabela 6

Aos 77, 98 e 223 dias após a implantação do experimento no campo, o tubete degradável fissurado (9,00; 6,33; 6,00, respectivamente) apresentou diferença significativa superior em relação ao número de fissuras totais quando comparado com o tubete degradável (0,500; 1,33; 1,50, respectivamente).

Entra Figura 6

De acordo com os resultados obtidos, as fissuras parciais ocorreram com maior facilidade no tubete degradável fissurado aos 40 dias após a implantação do experimento no campo. A fissura já realizada no tubete no ato do plantio pode facilitar o desenvolvimento do sistema radicular, dado menor resistência ao seu crescimento e, desse modo, viabiliza o rompimento do tubete degradável, aumentando o número de fissuras parciais. O fato também está associado às fissuras totais, que ocorreram com maior facilidade em tubetes degradáveis fissurados quando comparados aos tubetes degradáveis em 77, 98 e 223 dias após a implantação do experimento no campo.

O estágio de decomposição do tubete degradável e degradável fissurado apresentou variações no período de 77, 98, 154 e 223 dias após a implantações do

experimento no campo (Figura 8). Não houve variação no estágio de decomposição do tubete degradável e degradável fissurado aos 40 dias após a implantação do experimento no campo.

Entra Tabela 7

De acordo com as observações visuais, a análise qualitativa da taxa de decomposição dos tubetes degradáveis e degradáveis fissurado apresentaram variações ao longo do período analisado, exceto aos 40 dias com ocorrência somente de tubetes sem modificações (classificação 1). A maior ocorrência de tubetes com pouco aspecto de decomposição foi observado aos 77 e 98 dias nos tratamentos com tubete degradável fissurado.

Porém, mesmo apresentando taxa de decomposição aos 77 e 98 dias, ocorre uma grande variação em relação à classificação da taxa de decomposição do tubete, principalmente aos 154 dias, onde houve maior variação na classificação qualitativa, apresentando tubetes com taxas de decomposição em todos os tratamentos, porém com pouca ocorrência. Além disso, aos 223 dias após a implantação do experimento ainda foi observado a presença de tubete sem modificações (classificação 1), não havendo ocorrências de tubetes com aspecto de decomposição (Figura 7), o que expressa que o período analisado não foi suficiente para ocorrer a decomposição do tubete.

Entra Figura 7

2.3.3 Desenvolvimento do sistema radicular e massa seca

O desenvolvimento do sistema radicular (número de raízes enoveladas, raízes vivas e raízes mortas) e massa seca do sistema radicular e parte aérea das mudas de *E. urophylla* não apresentou diferença significativa para nenhum dos parâmetros avaliados “tubete x bandeja”, “tubete” e “bandeja” aos 40, 77, 98, 154 e 223 dias após a implantação do experimento no campo.

2.4 CONCLUSÕES

De forma individual, o tubete de polietileno, tubete degradável fissurado e bandeja coletora de água propiciaram melhor desenvolvimento das mudas em relação à altura aos 40 dias após a implantação do experimento campo. Já aos 77 e 98 dias somente o tubete de polietileno propiciou no melhor desenvolvimento das mudas em relação à altura.

O tubete de polietileno não restringiu o desenvolvimento das mudas em relação ao diâmetro aos 40 e 77 dias após a implantação do experimento no campo.

A interação entre o tubete de polietileno com a bandeja plana de polietileno com 25% de ocupação das células e o tubete degradável fissurado com a bandeja plana de polietileno com 25% de ocupação das células, auxiliaram na sobrevivência de 100% das mudas aos 40 dias após a implantação do experimento no campo. De forma individual, as mudas produzidas no tubete de polietileno e no tubete degradável fissurado apresentaram maior sobrevivência das mudas aos 40 dias.

O tubete degradável fissurado apresentou maior quantidade de fissuras parciais aos 40 dias após a implantação do experimento no campo e aos 77, 98 e 223 dias maior quantidade de fissuras totais.

O período de 223 dias não foi suficiente para garantir à decomposição, mesmo tendo sido observada variações no estágio de degradação dos tubetes degradável e degradável fissurado.

Os tubetes, bandejas e espaçamentos de mudas nas bandejas utilizadas na produção das mudas no viveiro não influenciaram no desenvolvimento das mudas no campo para as variáveis relacionadas ao desenvolvimento do sistema radicular (raízes enoveladas, raízes vivas e raízes mortas) e massa seca do sistema radicular e parte aérea.

REFERÊNCIAS

- Arthur Junior, J. C. (2011). *Uso de tubete e de minitubete de compósito de polihidroxibutirato mais pó de madeira na produção e no plantio de mudas seminais e clonais de eucalipto*. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo, Brasil.
- Ataíde, G. M.; Castro, R. V. O., Santana, R. C., Dias, B. A. S., Correia, A. C. G., & MENDES, A. F. N. (2010). Efeito da densidade na bandeja sobre o crescimento de mudas de eucalipto. ***Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas***, 4(2), 21-26.
- Cabral, O. M. R., Rocha, H. R., Gash, J. H. C., Ligo, M. A. V., Freitas, H. C., & Tatsch, J. D. (2010). The energy and water balance of a *Eucalyptus* plantation in southeast Brazil. *Jornal of Hydrology*, 388(3-4), 208-2016.
- Figueiredo, F. A. M. M. A., Carneiro, J. G. A., Penchel, R. M., Thiebaut, J. T. L., Abad, J. I. M., Barroso, D. G., & Ferraz, T. M. Correlations between *Eucalyptus* Clonal Cutting Quality and Performance after Planting. *Floresta e Ambiente*, 26(4), 1-8.
- Felippe, D., Navroski, M. C., Aguiar, N. S., Pereira, M. O., Moraes, C., & Amara, M. Crescimento, sobrevivência e trocas gasosas de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden submetidas a regimes de irrigação e aplicação de hidrogel. *Revista Floresta Mesoamericana Kúru*, 17(40) 11-20.
- Gómez, J. J. V., Maciel, J. L. M., & Silva, M. R. (2019). Bandejas coletoras x bandejas tradicionais na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. Silviculture for Eucalyptus plantations. In: Congress Themes: *C. Forests and Forest Products for a Greener Future*. (Resumos, p.7). Curitiba, PR: IUFRO.

Guerra, M. S., Barbosa, M. S., Costa, E., & Vieira, G. H. C. (2017). Recipiente biodegradável e substratos para mudas de maracujazeiro. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(3), 50-54.

Lopes, E. D., Amaral, C. L. F., & Novaes, A. B. (2014). Desempenho no campo de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus camaldulensis* e *Corymbia citriodora* produzidas em diferentes recipientes. *Floresta*, 44(4), 589-596.

Penachio, S. M. (2017). *Potencial de permeabilidade do solo por meio de índices de vegetação na fazenda Lageado, Botucatu (SP)*. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil.

Santana, J. A. S., Costa, T. L. N., Silva, B. R. F., Barbosa Junior, V. C., Costa, M. P., & Canto, J. L. (2019). Utilização de recipientes biodegradáveis de bambu no desenvolvimento de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. *Braz. J. of Develop.*, 5(9), 15912-15921.

Silva, V. E. (2019). *Atributos do solo e desenvolvimento radicular em plantações de eucalipto no Brasil*. Tese (Doutorado em Agronomia / Sistemas de Produção) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo, Brasil.

Wendling, I., Dutra, L. F., Gabira, M. M., Vieira, L. M., & Degenhardt, J. (2021). Produção de mudas de eucalipto. In: Oliveira, E. B. & Pinto Junior, J. E. *O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento*. (Cap. 22, p.825-857). Brasília, DF: Embrapa.

Massad, M. D., Dutra, T. R., Meireles, I. E. S., Sarmento, M. F. Q., Santos, A. R., & Menezes, E. S. (2017). Avaliação do crescimento de canafístula em diferentes densidades de mudas por bandeja e volumes de tubetes. *Ecologia e Nutrição Florestal*, 5(1), 1-9.

Tatagiba, S. D., Silva, A. G., Penchel Filho, R. M., Reis, E. F., & Ramos, K. A. (2019). Disponibilidade hídrica e doses de polímero hidrorretentor na produção de mudas clonais de eucalipto. *Revista Engenharia na Agricultura*, 27(4), 359-369.

FIGURAS E TABELAS

Tabela 1 – Caracterização química do solo na área experimental na profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm

Profundidade ----- cm -----	pH CaCl ₂	M.O. g/dm ³	P _{resina} mg/dm ³	Al ³⁺ -----mmol/dm ³ -----	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V% %	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0-20	5,1	33	12	0	37	6,0	62	26	95	132	72	5	0,36	14,8	29	56,7	3,2
20-40	5,3	17	4	0	27	2,3	64	25	91	118	77	7	0,22	7,1	6	16,4	0,5

Figura 1– Tubetes utilizados no experimento



Fonte: Acervo pessoal (2021).

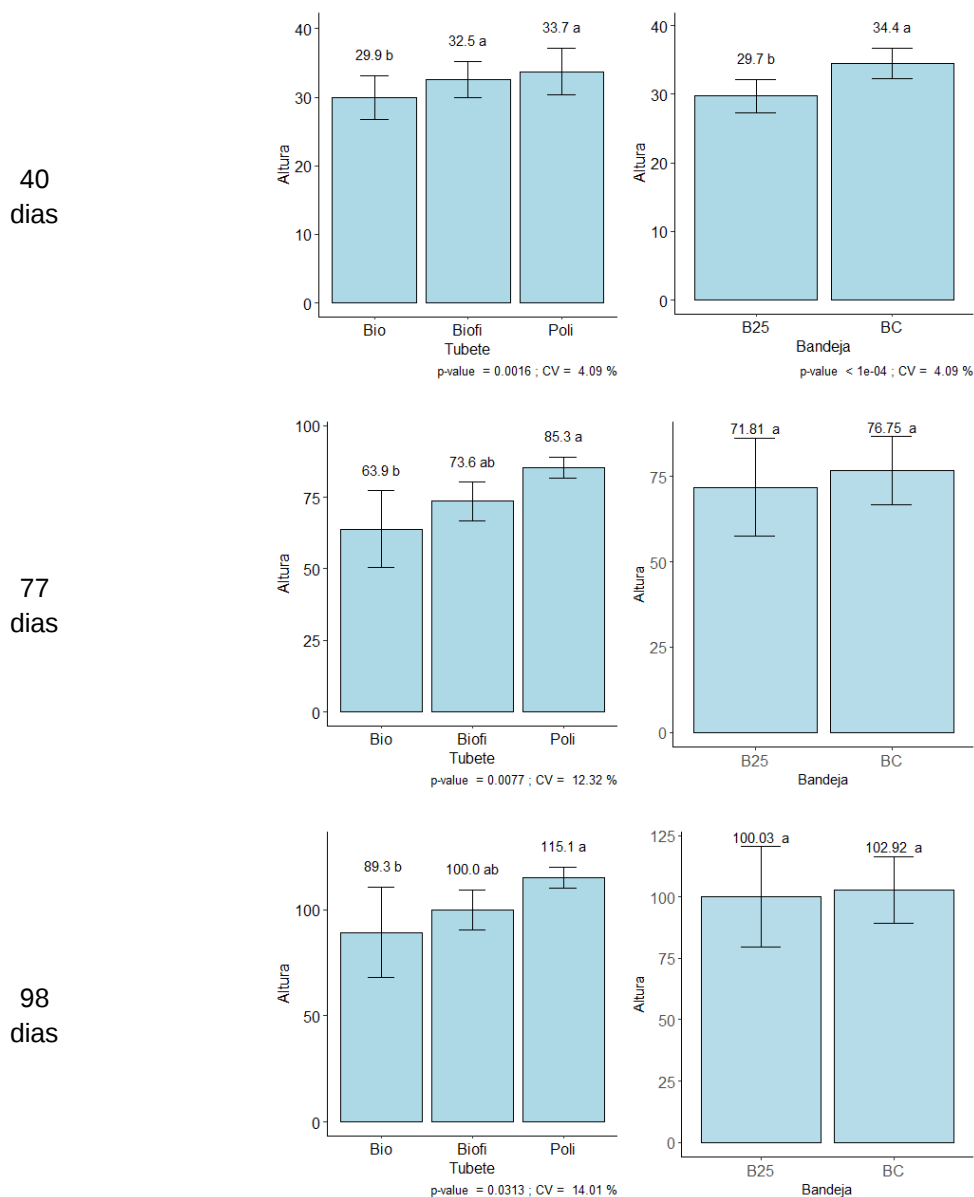
Em que: (A) mudas no tubete de polietileno, (B) mudas no tubete degradável e (C) mudas no tubete degradável com três fissuras realizadas ao longo do tubete no dia da implantação do experimento.

Tabela 2 -Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável altura das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas

Momento (dias após plantio)	Bandeja	Tubetes			Total	CV
		Bio	Biofi	Poli		
40	B25	27,6 (2,61)	30,8 (2,38)	30,7 (1,00)	29,7 (2,43)	4,09%
	BC	32,3 (1,30)	34,3 (1,60)	36,7 (0,395)	34,4 (2,19)	
	Total	29,9 (3,17)	32,5 (2,64)	33,7 (3,35)	32,1 (3,31)	
F(Tubete x Bandeja)=1,35 (p=0,304) ns, F(Tubete)= 13,13 (p=0,0016) *, F(Bandeja)= 58,66 (p<0,01) *						
77	B25	56,9 (13,7)	73,9 (5,46)	84,6 (5,10)	71,8 (14,4)	12,32%
	BC	70,9 (10,4)	73,3 (9,06)	86,0 (2,79)	76,7 (9,94)	
	Total	63,9 (13,3)	73,6 (6,70)	85,3 (3,75)	74,3 (12,3)	
F(Tubete x Bandeja)=1,13 (p=0,362) ns, F(Tubete)=8,24 (p=0,008) *, F(Bandeja)=1,31 (p=0,279) ns						
98	B25	80,8 (23,6)	102 (9,59)	117 (3,25)	100 (20,5)	14,01%
	BC	97,9 (19,1)	98,0 (10,9)	113 (5,84)	103 (13,6)	
	Total	89,3 (21,4)	100 (9,40)	115 (4,91)	101 (16,9)	
F(Tubete x Bandeja)=1,12 (p=0,363) ns, F(Tubete)=5,00 (p=0,031) *, F(Bandeja)=0,186 (p=0,676) ns						
154	B25	99,8 (23,5)	226 (183)	137 (24,8)	154 (109)	50,81%
	BC	144 (41,1)	116 (30,0)	146 (18,7)	135 (30,9)	
	Total	122 (38,6)	171 (132)	142 (20,2)	145 (78,2)	
F(Tubete x Bandeja)=1,82 (p=0,211) ns, F(Tubete)=0,67 (p=0,533) ns, F(Bandeja)=0,30 (p=0,596) ns						
223	B25	78,3 (24,0)	218 (128)	219 (137)	172 (118)	51,8%
	BC	192 (22,3)	124 (8,44)	146 (50,3)	154 (41,2)	

Total	135 (65,7)	171 (96,1)	182 (101)	163 (85,9)
$F(\text{Tubete} \times \text{Bandeja})=2,77$ ($p=0,110$) ns, $F(\text{Tubete})=0,51$ ($p=0,616$) ns, $F(\text{Bandeja})=0,201$ ($p=0,664$) ns				
Em que: ns=não significativo e *=efeito significativo a 5%				

Figura 2 -Efeitos médios da altura das plantas de acordo com o tipo de tubete e espaçamento das mudas na bandeja.



Em que: Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey ($p < 0,05$). * Letras minúsculas distintas indicam diferenças entre tubetes, fixando a bandeja e letras maiúsculas distintas indicam diferenças entre bandeja, fixando os tubetes.

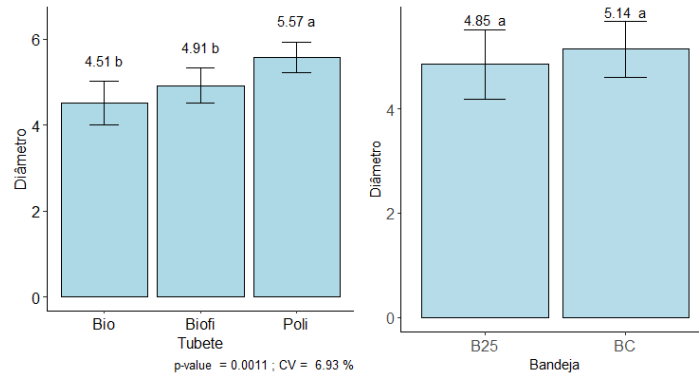
Tabela 3 -Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável diâmetro das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas

Momento (dias após plantio)	Bandeja	Tubetes			Total	CV
		Bio	Biofi	Poli		
40	B25	4,6 (0,523)	4,87 (0,621)	5,43 (0,343)	4,85 (0,670)	6,93%
	BC	4,75 (0,425)	4,95 (0,171)	5,72 (0,355)	5,14 (0,530)	
	Total	4,51 (0,503)	4,91 (0,410)	5,57 (0,351)	5,00 (0,604)	
$F(\text{Tubete} \times \text{Bandeja})=0,515$ ($p=0,612$) ns, $F(\text{Tubete})=14,57$ ($p=0,0011$) *, $F(\text{Bandeja})=3,12$ ($p=0,108$) ns						
77	B25	8,27 (2,07)	11,1 (1,43)	13,1 (0,687)	10,8 (2,47)	13,23%
	BC	10,2 (1,78)	10,7 (1,39)	12,6 (0,243)	11,1 (1,57)	
	Total	9,24 (2,03)	10,9 (1,29)	12,8 (0,541)	11,0 (2,01)	
$F(\text{Tubete} \times \text{Bandeja})=1,39$ ($p=0,293$) ns, $F(\text{Tubete})=9,12$ ($p=0,006$) *, $F(\text{Bandeja})=0,219$ ($p=0,649$) ns						
98	B25	10,7 (4,03)	14,7 (2,36)	16,0 (1,81)	13,8 (3,45)	15,96%
	BC	14,4 (3,62)	13,0 (1,20)	15,9 (1,21)	14,4 (2,37)	
	Total	12,6 (3,97)	13,8 (1,92)	16,0 (1,38)	14,1 (2,89)	
$F(\text{Tubete} \times \text{Bandeja})=2,25$ ($p=0,156$) ns, $F(\text{Tubete})=3,44$ ($p=0,072$) ns, $F(\text{Bandeja})=0,336$ ($p=0,575$) ns						
154	B25	14,5 (3,54)	22,0 (9,79)	21,3 (5,39)	19,3 (6,87)	19,65%
	BC	22,6 (4,01)	18,2 (3,40)	22,1 (3,22)	21,0 (3,74)	
	Total	18,6 (5,58)	20,1 (6,88)	21,7 (4,00)	20,1 (5,44)	
$F(\text{Tubete} \times \text{Bandeja})=3,46$ ($p=0,072$) ns, $F(\text{Tubete})=0,96$ ($p=0,416$) ns, $F(\text{Bandeja})=0,83$ ($p=0,383$) ns						
223	B25	10,7 (4,95)	33,8 (20,4)	32,9 (16,2)	25,8 (17,4)	47,21%
	BC	31,4 (4,60)	20,8 (0,820)	22,1 (5,32)	24,8 (6,12)	
	Total	21,1 (12,1)	27,3 (14,8)	27,5 (12,3)	25,3 (12,7)	
$F(\text{Tubete} \times \text{Bandeja})=3,73$ ($p=0,061$) ns, $F(\text{Tubete})=0,56$ ($p=0,585$) ns, $F(\text{Bandeja})=0,033$ ($p=0,858$) ns						

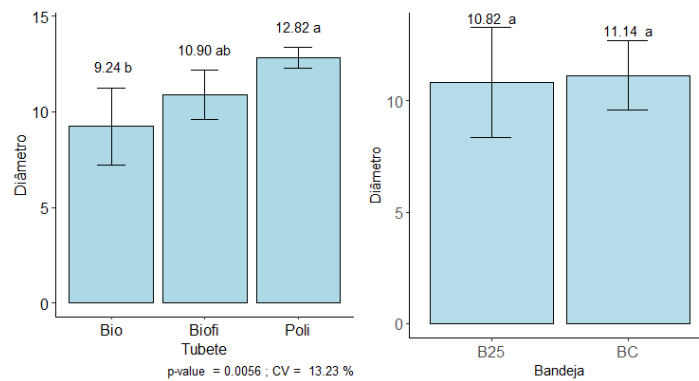
Em que: ns=não significativo e *=efeito significativo a 5%

Figura 3 -Efeitos médios do diâmetro das plantas de acordo com o tipo de tubete e espaçamento das mudas na bandeja.

40 dias



77 dias



Em que: Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey ($p < 0,05$). * Letras minúsculas distintas indicam diferenças entre tubetes, fixando a bandeja e letras maiúsculas distintas indicam diferenças entre bandeja, fixando os tubetes.

Tabela 4 -Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável proporção de sobrevivência das mudas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas

Momento	Bandeja	Tubetes			Total	CV
(dias após plantio)		Bio	Biofi	Poli		
40	B25	0,833 (0,111)	1,00 (0)	1,00 (0)	0,944 (0,100)	9,84%
	BC	0,907 (0,0849)	0,870 (0,0849)	0,981 (0,0321)	0,920 (0,0791)	
	Total	0,870 (0,0973)	0,935 (0,0890)	0,991 (0,0227)	0,932 (0,0885)	
<i>F(Tubete x Bandeja)=5,185 (p=0,028)* , F(Tubete)= 6,733 (p=0,014) *, F(Bandeja)= 2,167 (p=0,172) ns</i>						
77	B25	0,870 (0,116)	0,981 (0,0321)	1,00 (0)	0,951 (0,0854)	13,1%
	BC	0,944 (0,0556)	1,00 (0)	0,926 (0,128)	0,957 (0,0775)	

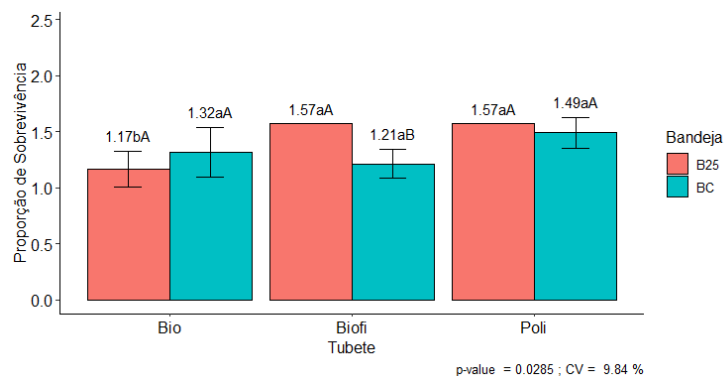
	Total	0,907 (0,0907)	0,991 (0,0227)	0,963 (0,0907)	0,954 (0,0791)	
<i>F(Tubete x Bandeja)=0,942 (p=0,422) ns, F(Tubete)=2,028 (p=0,182) ns, F(Bandeja)=0,010 (p=0,922) ns</i>						
98	B25	0,889 (0,147)	0,833 (0,200)	0,815 (0,160)	0,846 (0,152)	15,81%
	BC	0,981 (0,0321)	0,870 (0,140)	0,944 (0,0962)	0,932 (0,0993)	
	Total	0,935 (0,108)	0,852 (0,156)	0,880 (0,138)	0,889 (0,132)	
<i>F(Tubete x Bandeja)=0,340 (p=0,719) ns, F(Tubete)=0,738 (p=0,502) ns, F(Bandeja)=2,362 (p=0,155) ns</i>						
154	B25	0,944 (0,0556)	0,926 (0,0849)	0,889 (0)	0,920 (0,0563)	10,87%
	BC	0,981 (0,0321)	0,963 (0,0321)	0,944 (0,0962)	0,963 (0,0556)	
	Total	0,963 (0,0454)	0,944 (0,0609)	0,917 (0,0680)	0,941 (0,0586)	
<i>F(Tubete x Bandeja)=0,326 (p=0,729) ns, F(Tubete)=0,719 (p=0,511) ns, F(Bandeja)= 3,092 (p=0,109) ns</i>						
223 **	B25	1,00 (0)	1,00 (0)	1,00 (0)	1,00 (0)	
	BC	1,00 (0)	1,00 (0)	1,00 (0)	1,00 (0)	
	Total	1,00 (0)	1,00 (0)	1,00 (0)	1,00 (0)	
<i>F(Tubete x Bandeja)=(p=) ns, F(Tubete)=(p=) ns , F(Bandeja)=(p=) ns</i>						

Em que: ns=não significativo e *=efeito significativo a 5%

** Não foi possível fazer a análise inferencial pois não houve repetição. Os resumos estatísticos estão apresentados na escala original da variável (proporção de sobrevivência), porém, para análise inferencial (ANOVA e Tukey) foi aplicada a transformação arcoseno da raiz quadrada das respectivas proporções

Figura 4 -Proporção de sobrevivência (dados transformados) de plantas de acordo com o tipo de tubete e espaçamento das mudas na bandeja.

40
dias
*



Em que: Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey ($p < 0,05$). * Letras minúsculas distintas indicam diferenças entre tubetes, fixando a bandeja e letras maiúsculas distintas indicam diferenças entre bandeja, fixando os tubetes. Os resumos estatísticos estão apresentados na escala original da variável (proporção de sobrevivência), porém, para análise inferencial (ANOVA e Tukey) foi aplicada a transformação arcoseno da raiz quadrada das respectivas proporções.

Tabela 5 -Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável número de fissuras parciais nas parcelas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas

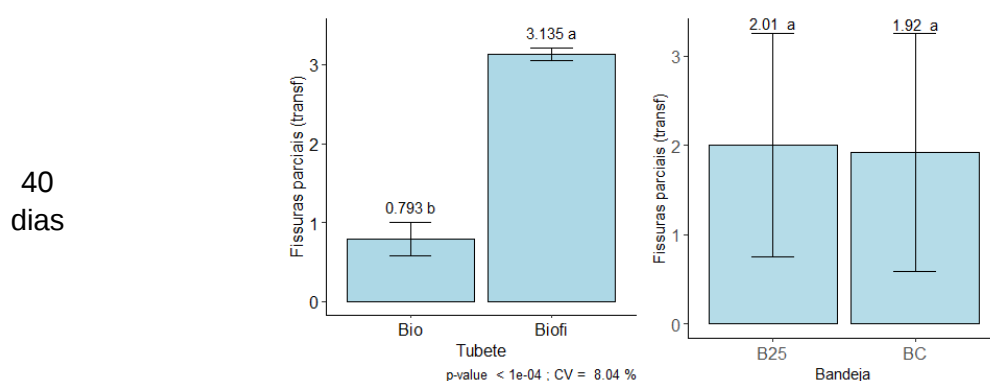
Momento	Bandeja	Tubetes		Total	CV
(dias após plantio)		Bio	Biofi		
40	B25	0,333 (0,577)	9,33 (0,577)	4,83 (4,96)	8,04%
	BC	0 (0)	9,33 (0,577)	4,67 (5,13)	
	Total	0,167 (0,408)	9,33 (0,516)	4,75 (4,81)	
F(Tubete x Bandeja)=0,896 (p=0,380)ns , F(Tubete)= 660,079 (p<0,001) *, F(Bandeja)= 0,896 (p=0,380) ns					
77	B25	1,33 (1,15)	0,333 (0,577)	0,833 (0,983)	26,22%
	BC	2,00 (0)	2,00 (2,00)	2,00 (1,26)	
	Total	1,67 (0,816)	1,17 (1,60)	1,42 (1,24)	
F(Tubete x Bandeja)=0,572 (p=0,478) ns, F(Tubete)=1,7416 (p=0,235) ns, F(Bandeja)=4,977 (p=0,067) ns					
98	B25	1,67 (0,577)	0,333 (0,577)	1,00 (0,894)	47,75%
	BC	2,67 (3,06)	0,333 (0,577)	1,50 (2,35)	

	Total	2,17 (2,04)	0,333 (0,516)	1,25 (1,71)	
<i>F(Tubete x Bandeja)=0,051 (p=0,829) ns, F(Tubete)=3,898 (p=0,095) ns, F(Bandeja)=0,0508 (p=0,8290) ns</i>					
154	B25	3,67 (2,52)	1,67 (2,08)	2,67 (2,34)	37,86%
	BC	5,00 (1,00)	3,00 (2,65)	4,00 (2,10)	
	Total	4,33 (1,86)	2,33 (2,25)	3,33 (2,23)	
<i>F(Tubete x Bandeja)<0,001 (p=1) ns, F(Tubete)=2,319 (p=0,1786) ns, F(Bandeja)= 0,8577 (p=0,3901) ns</i>					
223	B25	3,00 (1,00)	1,33 (1,53)	2,17 (1,47)	36,69%
	BC	1,33 (1,53)	1,33 (1,53)	1,33 (1,37)	
	Total	2,17 (1,47)	1,33 (1,37)	1,75 (1,42)	
<i>F(Tubete x Bandeja)= 0,968 (p=0,363) ns, F(Tubete)= 0,968 (p=0,363) ns , F(Bandeja)= 0,968 (p=0,363) ns</i>					

Em que: ns=não significativo e *=efeito significativo a 5%

** Não foi possível fazer a análise inferencial pois não houve repetição. Os resumos estatísticos estão apresentados na escala original da variável (número de fissuras), porém, para análise inferencial (ANOVA) foi aplicada a transformação $\sqrt{x + 0,5}$, onde x é o número de fissuras.

Figura 5 -Número de fissuras parciais (dados transformados) nas parcelas de acordo com o tipo de tubete e espaçamento das mudas na bandeja.



Em que: Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey ($p < 0,05$). Letras minúsculas distintas indicam diferenças entre tubetes, fixando a bandeja e letras maiúsculas distintas indicam diferenças entre bandeja, fixando os tubetes. Os resumos estatísticos estão apresentados na escala original da variável (número de fissuras), porém, para análise inferencial (ANOVA) foi aplicada a transformação $\sqrt{x + 0,5}$, onde x é o número de fissuras.

Tabela 6 -Resumos estatísticos (média e desvio padrão) da variável número de fissuras totais nas parcelas segundo tipo de tubetes e espaçamento nas bandejas

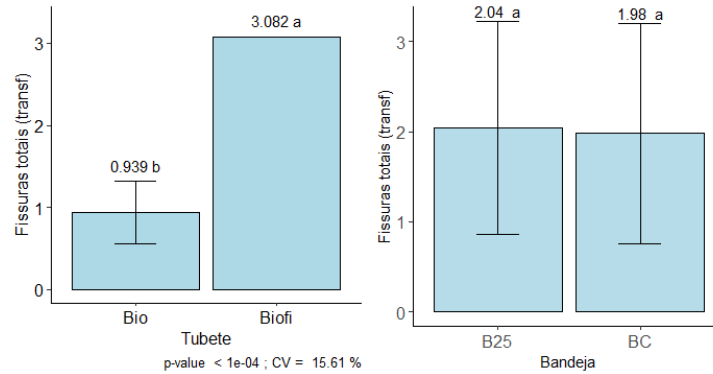
Momento (dias após plantio)	Bandeja	Tubetes		Total	CV
		Bio	Biofi		
40	B25	0 (0)	0 (0)	0 (0)	23,06%
	BC	0,667 (0,577)	0,333 (0,577)	0,500 (0,548)	
	Total	0,333 (0,516)	0,167 (0,408)	0,250 (0,452)	
F(Tubete x Bandeja)=0,6 (p=0,468)ns , F(Tubete)= 0,6 (p=0,467) ns, F(Bandeja)= 5,4 (p=0,059) ns					
77	B25	0,667 (1,15)	9,00 (0)	4,83 (4,62)	15,61%
	BC	0,333 (0,577)	9,00 (0)	4,67 (4,76)	
	Total	0,500 (0,837)	9,00 (0)	4,75 (4,47)	
F(Tubete x Bandeja)=0,1074 (p=0,754) ns, F(Tubete)=139,81 (p<0,001)* , F(Bandeja)=0,107 (p=0,754) ns					
98	B25	1,33 (2,31)	6,67 (3,21)	4,00 (3,85)	22,63%
	BC	1,33 (1,53)	6,00 (3,00)	3,67 (3,33)	
	Total	1,33 (1,75)	6,33 (2,80)	3,83 (3,43)	
F(Tubete x Bandeja)=0,182 (p=0,684) ns, F(Tubete)=29,318 (p=0,0016)* , F(Bandeja)=0,0044 (p=0,949) ns					
154	B25	4,67 (2,08)	8,33 (2,08)	6,50 (2,74)	21,72%
	BC	5,00 (2,65)	8,33 (2,89)	6,67 (3,08)	
	Total	4,83 (2,14)	8,33 (2,25)	6,58 (2,78)	
F(Tubete x Bandeja)=0,009 (p=0,928) ns, F(Tubete)=4,36 (p=0,082) ns, F(Bandeja)= 0,002 (p=0,964) ns					
223	B25	1,00 (1,00)	6,67 (2,08)	3,83 (3,43)	28,86%
	BC	2,00 (2,00)	5,33 (4,04)	3,67 (3,39)	
	Total	1,50 (1,52)	6,00 (2,97)	3,75 (3,25)	
F(Tubete x Bandeja)= 0,985(p=0,359) ns, F(Tubete)= 13,626 (p=0,0102) * , F(Bandeja)= 0,003 (p=0,961) ns					

Em que: ns=não significativo e *=efeito significativo a 5%

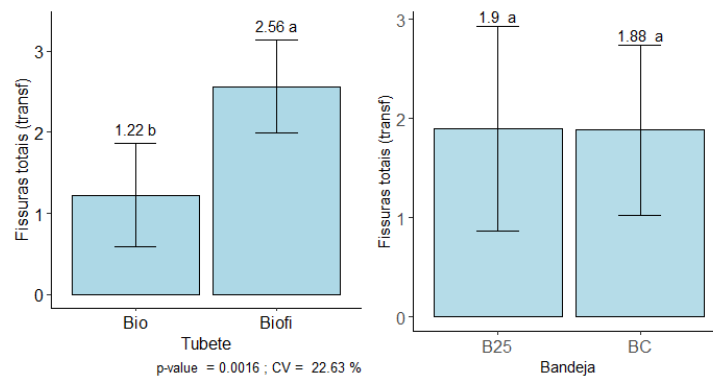
Os resumos estatísticos estão apresentados na escala original da variável (número de fissuras), porém, para análise inferencial (ANOVA) foi aplicada a transformação $\sqrt{x + 0,5}$, onde x é o número de fissuras.

Figura 6 -Número de fissuras totais (dados transformados) nas parcelas de acordo com o tipo de tubete e espaçamento das mudas na bandeja.

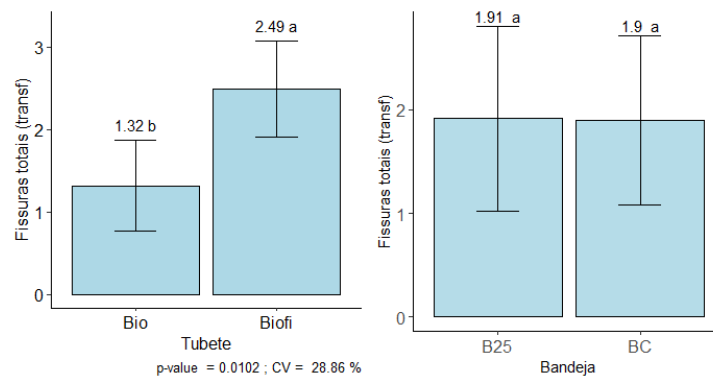
77
dias



98
dias



223
dias



Em que: Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey ($p < 0,05$). * Letras minúsculas distintas indicam diferenças entre tubetes, fixando a bandeja e letras maiúsculas distintas indicam diferenças entre bandeja, fixando os tubetes. Os resumos estatísticos estão apresentados na escala original da variável (número de fissuras), porém, para análise inferencial (ANOVA) foi aplicada a transformação $\sqrt{x + 0,5}$, onde x é o número de fissuras.

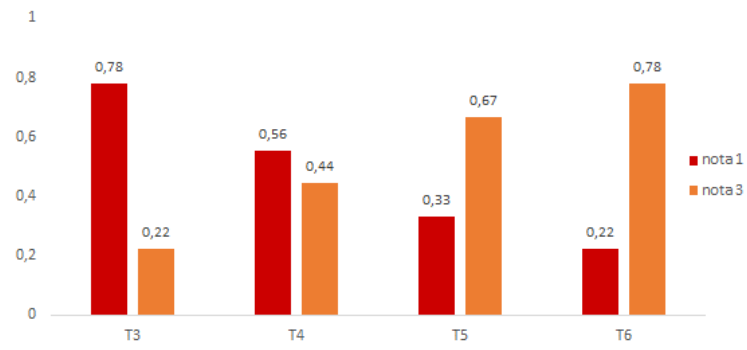
Tabela 7 -Resumos estatísticos (média e desvio padrão, mediana [mínimo e máximo]) da variável nota da degradação dos tubetes degradáveis para cada tratamento

Momento (dias após plantio)	Bandeja	Tubetes		p-valor
		Bio	Biofi	
40	B25	1,00 (0)	1,00 (0)	Não houve variação
		1,00 [1,00; 1,00]	1,00 [1,00; 1,00]	
	BC	1,00 (0)	1,00 (0)	
		1,00 [1,00; 1,00]	1,00 [1,00; 1,00]	
77	B25	1,44 (0,882)	1,89 (1,05)	0,094
		1,00 [1,00; 3,00]	1,00 [1,00; 3,00]	
	BC	2,33 (1,00)	2,56 (0,882)	
		3,00 [1,00; 3,00]	3,00 [1,00; 3,00]	
98	B25	3,11 (2,85)	3,33 (2,74)	0,384
		2,00 [1,00; 8,00]	2,00 [1,00; 8,00]	
	BC	3,33 (2,78)	4,44 (2,74)	
		3,00 [1,00; 8,00]	3,00 [1,00; 8,00]	
154	B25	3,56 (2,13)	4,33 (1,58)	0,672
		4,00 [1,00; 7,00]	5,00 [1,00; 6,00]	
	BC	4,78 (2,05)	4,11 (2,52)	
		5,00 [1,00; 8,00]	4,00 [1,00; 8,00]	
223	B25	3,67 (2,96)	4,33 (2,55)	0,760
		2,00 [1,00; 8,00]	6,00 [1,00; 8,00]	
	BC	3,33 (2,55)	3,89 (2,71)	
		4,00 [1,00; 8,00]	4,00 [1,00; 8,00]	

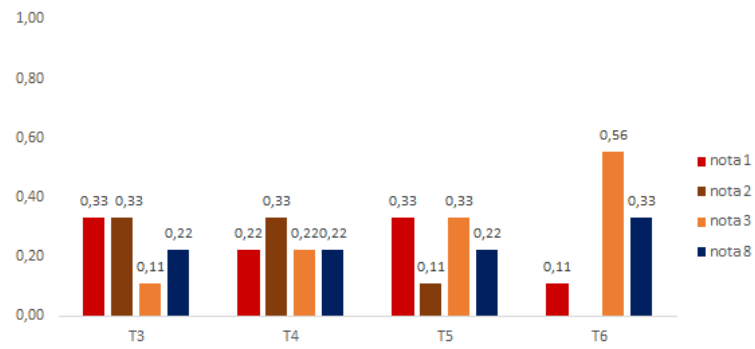
Em que: (T3 – BGC com bandeja de 25%, T4 – BGC com bandeja coletora, T5 – BGCF com bandeja de 25% e T6 - BGCF com bandeja coletora). Foi realizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para comparação dos tratamentos.

Figura 7 -Frequência relativa das notas qualitativas dos tubetes em cada tratamento (T3 – BGC e bandeja com 25% de ocupação das células, T4 – BGC e bandeja coletora, T5 – BGCF e bandeja com 25% de ocupação das células e T6 - BGCF e bandeja coletora)

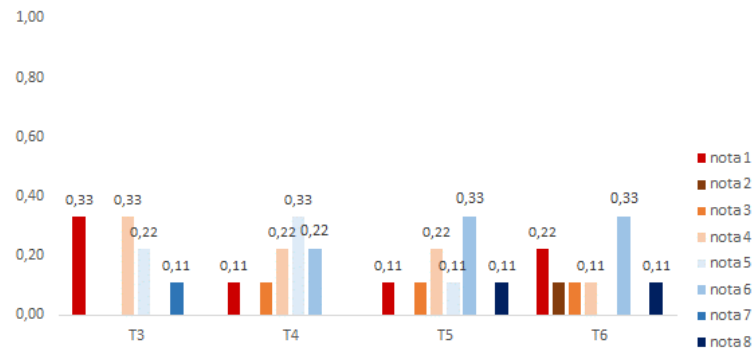
77
dias



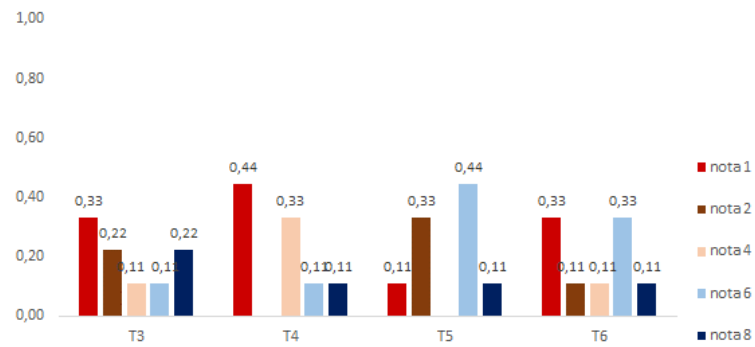
98
dias



154
dias



223
dias



CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos no viveiro, o tubete degradável e a bandeja coletora de água auxiliaram no melhor desenvolvimento das mudas em relação à altura e IQD. Os tubetes e as bandejas utilizadas no estudo não influenciaram estatisticamente no desenvolvimento das variáveis massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular e massa seca total das mudas. A bandeja coletora de água e a bandeja com ocupação de 25% das células auxiliaram no melhor desenvolvimento das mudas em relação ao diâmetro. Houve maior sobrevivência das mudas produzidas em bandeja coletora de água.

Em relação aos resultados obtidos no campo, de forma individual, o tubete de polietileno, tubete degradável fissurado e bandeja coletora de água propiciaram no melhor desenvolvimento das mudas em relação à altura aos 40 dias após a implantação do experimento campo. Já aos 77 e 98 dias somente o tubete de polietileno propiciou no melhor desenvolvimento das mudas em relação à altura.

O tubete de polietileno auxiliou no melhor desenvolvimento das mudas em relação ao diâmetro aos 40 e 77 dias após a implantação do experimento no campo.

A interação entre o tubete de polietileno com a bandeja plana de polietileno com 25% de ocupação das células e o tubete degradável fissurado com a bandeja plana de polietileno com 25% de ocupação das células, auxiliaram na sobrevivência de 100% das mudas aos 40 dias após a implantação do experimento no campo. De forma individual, o tubete de polietileno e o tubete degradável fissurado apresentaram maior sobrevivência das mudas aos 40 dias.

O tubete degradável fissurado apresentou maior quantidade de fissuras parciais aos 40 dias após a implantação do experimento no campo e aos 77, 98 e 223 dias maior quantidade de fissuras totais.

De acordo com as variações no estágio de degradação dos tubetes degradável e degradável fissurado o período de 223 dias não foi suficiente para ocorrer a decomposição dos tubetes.

Os tubetes, bandejas e espaçamentos de mudas nas bandejas utilizadas na produção das mudas no viveiro não influenciaram no desenvolvimento das mudas no campo para as variáveis relacionadas ao desenvolvimento do sistema radicular (raízes enoveladas, raízes vivas e raízes mortas) e massa seca do sistema radicular e parte aérea.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. M.; NAVROSKU, M. C.; SCHORN, L. A. Produção de sementes e mudas. Santa Maria: UFSM, 2018.

ATAÍDE, G. M.; CASTRO, R. V. O.; SANTANA, R. C.; DIAS, B. A. S.; CORREIA, A. C. G.; MENDES, A. F. N. Efeito da densidade na bandeja sobre o crescimento de mudas de eucalipto. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 4, n. 2, p. 21-26, ago. 2010.

BORELLI, K. Produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UENF, 1995.

DAVIDE, A. C.; MELO, L. A. D.; TEIXEIRA, L. A. F.; PRADO, N. J. S. FIORINE, R. A.; CARVALHO, R. P. Fatores que afetam a qualidade de mudas destinadas aos projetos de restauração de ecossistemas florestais. *In*: DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. **Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais**: 25 anos de experiência em matas ciliares. 1. ed. Lavras: UFLA, 2015. p. 181-274.

DIAS, B. A. S. **Análise comparativa de tubetes biodegradáveis e de polietileno na produção de mudas de *Paratecoma Peroba* (Record & Mell) Kuhl.** 2011. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011a.

DIAS, B. A. S.; MARQUES, G. M.; SILVA, M. L.; COSTA, J. M. F. N. Análise econômica de dois sistemas de produção de mudas de eucalipto. **Floram - Floresta e Ambiente**, Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 171-177, jun. 2011b.

FARIA, J. C. T.; LOPES, D. A.; LYRA, G. B.; MELO, H. C.; MELO, L. A. Manejo da densidade de plantas durante a produção de mudas em viveiro. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1187-1198, set. 2019.

FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL FILHO, R. M.; SOUZA, L. S. Efeito de deformação e poda das raízes de mudas de eucalipto sobre o crescimento no campo. **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 355-363, jun. 2009.

IBA. **Indústria brasileira de árvores**. 2021. Disponível em: https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf?utm_source=akna&utm_medium=email&utm_campaign=lba-lanca-Relatorio-Anual-2021. Acesso em: 09 mar. 2022.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 187-196, abr./jun. 2005.

KAVA, J. Produtividade de *Eucalyptus urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*) aos dois anos de idade submetido a diferentes sistemas de produção - talhadia e a reforma florestal. 2020. Especialização (Especialista em gestão Florestal) - Universidade do Paraná, Curitiba, 2020.

MASSAD, M. D.; DUTRA, T. R.; MEIRELES, I. E. S.; SARMENTO, M. F. Q.; SANTOS, A. R.; MENEZES, E. S. Avaliação do crescimento de canafístula em diferentes densidades de mudas por bandeja e volumes de tubetes. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 1-9, abr. 2017.

MELO, L. A.; PEREIRA, G. A.; MOREIRA, E. J. C.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. V.; TEIXEIRA, L. A. F. crescimento de Mudas de *Eucalyptus grandis* e *Eremanthus erythropappus* sob diferentes formulações de substrato. *Floresta e Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 234-242, abr./jun. 2014.

MENDONÇA, A. V. R.; RIBEIRO, L. G.; ASSUNÇÃO, J. R. A.; FREITAS, T. A. S.; SOUZA, J. S. Recipiente de fibras de *Attalea funifera* para produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**. Colombo, v. 36, n. 87, p. 245-252, jul./set. 2016.

RAMOS, L. M. A.; LATORRACA, J. V. F.; PASTRO, M. S.; SOUZA, M. T.; GARCIA, R. A.; CARVALHO, A. M. Variação radial dos caracteres anatômicos da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill Ex Maiden e idade de transição entre lenho juvenil e adulto radial. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 411-418, dez. 2011.

RIBEIRO, L. G. **Desenvolvimento de recipiente biodegradável para produção de mudas de *Eucalyptus***. 2015. TCC (Graduação - Curso de Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2015.

TATAGIBA, S. D.; SILVA, A. G.; PENCHEL FILHO, R. M.; REIS, E. F.; RAMOS, K. A. Disponibilidade hídrica e doses de polímero hidrorretentor na produção de mudas clonais de eucalipto. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 359-369, jul. 2019.

VIÉGAS, L. B. **Viabilidade do recipiente biodegradável na produção de mudas florestais nativas**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.