

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

**QUALIDADE DE MUDAS CLONAIIS DE *Eucalyptus* spp.
PRODUZIDAS NOS SISTEMAS ELLEPOT[®] E TUBETES**

RENAN ALVES SANTOS

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
JUNHO - 2018

RENAN ALVES SANTOS

**QUALIDADE DE MUDAS CLONAIIS DE *Eucalyptus* spp.
PRODUZIDAS NOS SISTEMAS ELLEPOT[®] E TUBETES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Adalberto Brito de Novaes (UESB)

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
JUNHO - 2018

S238q

Santos, Renan Alves.

Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. Produzidas nos sistemas Ellepot® e Tubetes. / Renan Alves Santos, 2018. 73f.

Orientador (a): Dr. Adalberto Brito de Novaes.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Vitória da Conquista, 2018.

Inclui referências. 59 - 64.

1. *Eucalyptus* – Produção de mudas no sistema Ellepot®. 2. Potencial de Regeneração de Raízes (PRR). 3. Importância da qualidade de mudas florestais. 4. Clone. I. Novaes, Adalberto Brito de. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós- Graduação em Ciências Florestais. III. T.

Catálogo na fonte: Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890

UESB – Campus Vitória da Conquista - BA

RENAN ALVES SANTOS

**QUALIDADE DE MUDAS CLONAIIS DE *Eucalyptus* spp.
PRODUZIDAS NOS SISTEMAS ELLEPOT[®] E TUBETES**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em:

Comissão Examinadora:

Prof. Nilton José Sousa (D.Sc., Engenharia Florestal) – UFPR

Prof. Luis Carlos de Freitas (D.Sc., Ciências Florestais) – UESB

Prof. Adalberto Brito de Novaes (D.Sc., Engenharia Florestal) – UESB
Orientador

*Àquela que tem sustentado a mim e minha família com sua fé, através de suas
orações:*

Minha amada mãe, Jesuína

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, pelo curso ofertado;

À Fundação de Amparo à Pesquisa da Bahia – FAPESB, pela concessão da bolsa de estudos;

À minha família e amigos pelo amparo, confiança e apoio incondicional durante essa dura jornada;

Ao professor Adalberto Brito de Novaes, pelos conhecimentos transmitidos através de sua valiosa orientação e, sobretudo, pela confiança em mim depositada;

Ao viveirista Nery Barbosa Fagundes e colaboradores da empresa Tecnoplant, por possibilitar a instalação da primeira etapa dessa pesquisa;

Ao viveirista Hudson Laviola, proprietário do Viveiro Florestal Anauá, pela doação dos recipientes biodegradáveis utilizados na presente pesquisa;

Ao silvicultor Flamarion Matos e seus funcionários, pela disponibilização da área de plantio em sua fazenda, Haras Cheval;

Ao Glaydson e toda a equipe da Associação dos Produtores de Eucalipto do Extremo Sul da Bahia – ASPEX, por viabilizar a parceria entre os silvicultores e a Universidade;

Aos amigos Érika e Rômulo, por terem suprido a ausência física da minha família com ajuda, amizade e companheirismo em todos os momentos durante a realização do curso;

À estudante de iniciação científica, Kemele Cristina, pela ajuda nas avaliações do experimento;

À mestranda Ariane, pela contribuição na condução da pesquisa;

Aos colegas, funcionários e professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais – PPGCIFLOR da UESB, pelo conhecimento transmitido, ajuda e convívio durante a realização do curso.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Recipientes biodegradáveis utilizados para a produção de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> (A). Detalhes do recipiente biodegradável Ellepot® (B).....	18
Figura 2 – Miniestaca apical de <i>Eucalyptus</i> spp. (A); Tubetes de plástico rígido (B); Recipientes biodegradáveis Ellepot® (C); Experimento em casa de vegetação (D) .	21
Figura 3 – Aspectos do experimento instalado em Tubos, visando à determinação do potencial de regeneração de raízes – PRR.....	24
Figura 4 – Distribuição radicial de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp., produzida em Ellepot® (115,45 cm ³), 120 dias após o plantio	43
Figura 5 – Distribuição radicial de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp., produzidas em Ellepot® (76,90 cm ³), 120 dias após o plantio.....	43
Figura 6 – Distribuição radicial de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp., produzidas em tubete (55 cm ³), 120 dias após o plantio	44
Figura 7 – Distribuição radicial em quadrantes de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp., produzidas em Ellepot® (115,45 cm ³), 120 dias após o plantio	45
Figura 8 – Distribuição radicial em quadrantes de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp., produzidas em Ellepot® (76,90 cm ³), 120 dias após o plantio	45
Figura 9 – Distribuição radicial em quadrantes de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp., produzidas em Tubetes (55 cm ³), 120 dias após o plantio.....	46
Figura 10 – Altura da parte aérea, número de raízes laterais e deformações radiciais de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes, 120 dias após o plantio.....	48
Figura 11 – Diâmetro ao nível do solo, número de raízes laterais e deformações radiciais de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes, 120 dias após o plantio	48
Figura 12 – Valores médios de altura da parte aérea relativos aos clones, VCC 865, CO 1407 e AEC 144 no período de 120 dias após o plantio	51
Figura 13 – Valores médios de diâmetro ao nível do solo relativos aos clones, VCC 865, CO 1407 e AEC 144 no período de 120 dias após o plantio	51
Figura 14 – Crescimento inicial em altura de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp., relativo aos clones VCC 865, CO 1407 e AEC 144 no período de 120 dias após o plantio	52
Figura 15 – Crescimento inicial em diâmetro ao nível do solo de mudas de <i>Eucalyptus</i> relativo aos clones VCC 865, CO 1407 e AEC 144 no período de 120 dias após o plantio	53
Figura 16 – Valores médios de altura da parte aérea de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes no período de 120 dias.....	54
Figura 17 – Crescimento inicial em altura da parte aérea de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes no período de 120 dias	54
Figura 18 – Valores médios de diâmetro ao nível do solo de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes no período de 120 dias	56

Figura 19 – Crescimento em diâmetro ao nível do solo de mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes no período de 120 dias após o plantio56

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Valores médios de altura da parte aérea, diâmetro de colo e relação H/D de mudas de *Eucalyptus* spp. pertencentes aos clones VCC 865, CO 1407 e AEC 144 produzidas em Ellepot® e Tubetes, 100 dias após o estaqueamento.....30
- Tabela 2** – Número total de raízes e número de raízes fisiologicamente ativas de *Eucalyptus* spp. pertencentes aos clones VCC 865, CO 1407 e AEC 144 produzidas em Ellepot® e Tubetes, 100 dias após o estaqueamento31
- Tabela 3** – Valores médios de biomassa fresca das partes aérea, raiz e total de mudas de *Eucalyptus* spp. pertencentes aos clones VCC 865, CO 1407 e AEC 144 produzidas em Ellepot® e Tubetes, 100 dias após o estaqueamento33
- Tabela 4** – Valores médios de biomassa seca das partes aérea, raiz e total de mudas de *Eucalyptus* spp. pertencentes aos clones VCC 865, CO 1407 e AEC 144, 100 dias após o estaqueamento35
- Tabela 5** – Valores médios do número total de raízes regeneradas em Tubos, 30 dias após o transplante37
- Tabela 6** – Número de raízes regeneradas, em cada quadrante horizontal, de mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes, 30 dias após o transplante em Tubos38
- Tabela 7** – Número de raízes regeneradas de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. produzidas em Ellepot® e Tubetes, nas porções superior e inferior dos Tubos, 30 dias após o transplante em Tubos39
- Tabela 8** – Correlações entre o potencial de regeneração de raízes (PRR total, superior e inferior), altura da parte aérea (H) e diâmetro de colo (D) de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em Ellepot® e Tubetes, no período de 120 dias após o plantio em campo41
- Tabela 9** – Número de raízes laterais, comprimento e profundidade do sistema radicial de mudas de *Eucalyptus* spp., 120 dias após o plantio42
- Tabela 10** – Quantificação de deformações radiciais encontradas em mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em Ellepot® e Tubetes, 120 dias após o plantio47
- Tabela 11** – Coeficientes de deformações radiciais (CDR) em mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes, 120 dias após o plantio47
- Tabela 12** – Porcentagem de sobrevivência de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em Ellepot® e Tubetes, 120 dias após o plantio.....49
- Tabela 13** – Dados meteorológicos da região de plantio, no período de 120 dias....50
- Tabela 14A** – Análise química do solo referente à área de plantio**Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 15A** – Análise física do solo referente à área de plantio**Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 1B** – Análise de variância dos dados referentes à altura da parte aérea de mudas de clonais de *Eucalyptus* spp., 100 dias após o estaqueamento66

Tabela 2B – Análise de variância dos dados referentes ao diâmetro do colo de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp., 100 dias após o estaqueamento	66
Tabela 3B – Análise de variância dos dados referentes à relação H/D de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp., 100 dias após o estaqueamento	66
Tabela 4B – Análise de variância dos dados referentes à biomassa fresca da parte aérea de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp., 100 dias após o estaqueamento	67
Tabela 5B – Análise de variância dos dados referentes à biomassa fresca da raiz de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp., 100 dias após o estaqueamento	67
Tabela 6B – Análise de variância dos dados referentes à biomassa fresca total de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp., 100 dias após o estaqueamento	67
Tabela 7B – Análise de variância dos dados referentes à biomassa seca da parte aérea de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp., 100 dias após o estaqueamento	67
TABELA 8B – Análise de variância dos dados referentes à biomassa seca da raiz de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp., 100 dias após o estaqueamento	68
Tabela 9B – Análise de variância dos dados referentes à biomassa seca total de mudas clonais de <i>Eucalyptus</i> spp., 100 dias após o estaqueamento	68
Tabela 1C – Análise de variância dos dados referentes ao número total de raízes regeneradas no teste de PRR em Tubos, 30 dias após o transplantio.....	69
Tabela 2C – Análise de variância dos dados referentes ao número de raízes regeneradas na porção superior no teste de PRR em Tubos, 30 dias após o transplantio.....	69
Tabela 3C – Análise de variância dos dados referentes ao número de raízes regeneradas na porção inferior no teste de PRR em Tubos, 30 dias após o transplantio.....	69
Tabela 1D – Análise de variância dos dados referentes ao diâmetro ao nível do solo de plantas de <i>Eucalyptus</i> spp., 30 dias após o plantio.....	70
Tabela 2D – Análise de variância dos dados referentes à altura da parte aérea de plantas de <i>Eucalyptus</i> spp., 30 dias após o plantio.....	70
Tabela 3D – Análise de variância dos dados referentes ao diâmetro ao nível do solo de plantas de <i>Eucalyptus</i> spp., 60 dias após o plantio.....	70
Tabela 4D – Análise de variância dos dados referentes à altura da parte aérea de plantas de <i>Eucalyptus</i> spp., 60 dias após o plantio.....	71
Tabela 5D – Análise de variância dos dados referentes ao diâmetro ao nível do solo de plantas de <i>Eucalyptus</i> spp., 90 dias após o plantio.....	71
Tabela 6D – Análise de variância dos dados referentes à altura da parte aérea de plantas de <i>Eucalyptus</i> spp., 90 dias após o plantio.....	71
Tabela 7D – Análise de variância dos dados referentes ao diâmetro ao nível do solo de plantas de <i>Eucalyptus</i> spp., 120 dias após o plantio.....	71
Tabela 8D – Análise de variância dos dados referentes à altura da parte aérea de plantas de <i>Eucalyptus</i> spp., 120 dias após o plantio.....	72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVO	3
3	REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1	O Gênero <i>Eucalyptus</i>	4
3.2	Importância da qualidade de mudas florestais	5
3.3	Parâmetros que determinam o padrão da qualidade de mudas florestais	7
3.3.1	Altura da parte aérea	8
3.3.2	Diâmetro de colo	9
3.3.3	Relação H/D	10
3.3.4	Determinação de biomassa	10
3.3.5	Parâmetros fisiológicos e Potencial de Regeneração de Raízes (PRR)	11
3.4	Deformações radiciais	13
3.5	Principais recipientes utilizados na produção de mudas florestais	14
4	MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1	Localização dos estudos	17
4.2	Recipientes e substratos utilizados para a produção das mudas	17
4.2.1	Ellepot's®	17
4.2.2	Tubetes	18
4.2.3	Substrato	18
4.2.4	Material genético utilizado	18
4.2.5	Tratamentos e procedimentos estatísticos	19
4.2.6	Instalação da etapa de viveiro e avaliação dos parâmetros morfológicos	20
4.3	Avaliação dos parâmetros morfológicos	22
4.4	Procedimentos técnicos e avaliação do Potencial de Regeneração de Raízes – PRR	23
4.5	Instalação da etapa de campo e avaliação do desempenho das plantas após o plantio	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
5.1	Etapa de viveiro	27
5.1.1	Altura, diâmetro de colo e relação H/D	27
5.1.2	Características quali-quantitativas de raízes	30
5.1.3	Biomassa fresca	32
5.1.4	Biomassa seca	33

5.2 Potencial de Regeneração de Raízes (PRR)	35
5.2.1 Número total de raízes regeneradas	36
5.2.2 Distribuição de raízes regeneradas	37
5.3 Correlações entre o Potencial de Regeneração de Raízes – PRR e o desempenho das mudas no campo, quatro meses após o plantio	40
5.4 Distribuição do sistema radicial no campo, 120 dias após o plantio	41
5.4.1 Quantificação, comprimento e profundidade de raízes laterais	41
5.4.2 Distribuição radicial no campo	42
5.4.3 Deformações radiciais	46
5.5 Desempenho das mudas no campo	48
5.5.1 Índice de sobrevivência	49
5.5.2 Crescimento inicial em altura e diâmetro ao nível do solo de mudas pertencentes aos clones VCC 865, AEC 144 e CO 1407	50
5.5.3 Crescimento inicial em altura e diâmetro ao nível do solo de mudas produzidas nos sistemas Ellepot[®] e Tubetes	53
6 CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS	59
ANEXOS	65

RESUMO

SANTOS, Renan Alves, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, junho de 2018. **Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. produzidas nos sistemas Ellepot[®] e Tubetes.** Orientador: Prof. Dr. Adalberto Brito de Novaes.

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação de uma nova tecnologia de produção de mudas de *Eucalyptus* no sistema Ellepot[®], sob o ponto de vista morfofisiológico e características radiciais em comparação com o sistema convencional em Tubetes. A pesquisa foi conduzida em três etapas distintas. A primeira etapa consistiu na produção das mudas e avaliação dos parâmetros morfológicos: altura da parte aérea (cm), diâmetro do colo (mm), relação H/D, número total de raízes laterais e fisiologicamente ativas, biomassa fresca e seca das partes aérea, radicial e total (g). Na segunda etapa, procedeu-se a avaliação do Potencial de Regeneração de Raízes (PRR) em Tubos, por meio das seguintes características: número total e distribuição horizontal de raízes regeneradas e número de raízes regeneradas nas porções superior e inferior. A terceira etapa foi conduzida no campo e avaliou-se: taxa de sobrevivência, altura da parte aérea e diâmetro ao nível do solo, no período correspondente a quatro meses. Para a etapa de viveiro, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, cujos tratamentos constaram de um arranjo fatorial 3 x 3, com três modelos de recipientes (Tubete 55 cm³; Ellepot[®] 76,90 cm³; e Ellepot[®] 115,45 cm³) e três clones de *Eucalyptus* (VCC 865; CO 1407; e AEC 144) com cinco repetições. Para a determinação do PRR, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com oito repetições. Já para a etapa de campo, o delineamento adotado foi blocos ao acaso (DBC), com quatro repetições. A análise estatística constou de análise de variância, teste de médias (Tukey 5%) e análise de regressão. No campo, aos 120 dias após o plantio, foram selecionadas e retiradas duas mudas por tratamento, visando avaliar as seguintes características radiciais: dobras; espiralamento; estrangulamento; comprimento e profundidade da raiz pivotante; número de raízes laterais; e coeficientes de deformações radiciais (CDR). O clone VCC 865 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) foi superior entre os demais clones pesquisados no presente trabalho. O sistema Ellepot[®], com capacidade volumétrica para 115,45 cm³, produziu mudas de

qualidade superior em todas as fases de avaliação dos parâmetros morfofisiológicos avaliados no viveiro e em campo. Os recipientes biodegradáveis produziram, no viveiro, mudas com maior volume radicial e alto índice de raízes fisiologicamente ativas, e no campo, observou-se distribuição uniforme de raízes, menor índice de deformações radiciais, maior concentração no estoque superficial do solo e melhor desempenho. O parâmetro fisiológico, Potencial de Regeneração de Raízes – PRR, foi considerado preciso na determinação da qualidade das mudas e prognóstico do seu desempenho no campo. Mudas produzidas no sistema de Tubetes (55 cm³) apresentaram valores inferiores para todos os parâmetros morfofisiológicos avaliados, quando comparadas com as mudas produzidas no sistema Ellepot[®]. Os três sistemas de produção de mudas testados, nas condições do presente trabalho, não influenciaram a taxa de sobrevivência das plantas no campo.

Palavras-chave: Eucalipto. Clones. Potencial de regeneração de raízes.

ABSTRACT

SANTOS, Renan Alves, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, June, 2018. **Quality of *Eucalyptus* spp. clonal seedlings produced in Ellepot® systems and tubes.** Advisor: Adalberto Brito de Novaes.

The present work had as objective to evaluate a new technology for the production of *Eucalyptus* seedlings in the Ellepot® system, from the morphophysiological point of view and radiological aspects in comparison to the conventional system in Tubetes. A trip was conducted in three distinct stages. Total: from the page number of the aerial page, of the total distances and of the billing and the fresh biomass and the aerial parts, radicial and total (g). In the second stage, Root Regeneration Potential (PRR) in Tubes was evaluated through the following characteristics: total number and horizontal distribution of regenerated roots and number of roots regenerated in the upper and lower portions. One step was performed in the field and evaluated: survival rate, shoot height and soil level, with no period corresponding to four months. For the nursery stage, a completely randomized design of three sessions was used, in a 3 x 3 factorial scheme, with three models of containers (Tubete 55 cm³, Ellepot® 76,90 cm³ and Ellepot® 115,45 cm³). *Eucalyptus* clones (VCC 865, CO 1407 and AEC 144) with five replicates. For the determination of PRR, a completely randomized design with the eighth repetitions was used. Already for a field stage, the project was a block of chance (DBC) with four replications. Statistical analysis consisted of analysis of variance, test of means (Tukey 5%) and regression analysis. No field, at 120 days after planting, was selected and removed from the field in two processing steps, being evaluated as root item: folds; spiraling; strangulation; length and depth of the articulated root; number of lateral roots; and radial deformation coefficients (CDRs). Clone VCC 865 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) was superior among the clones surveyed. The Ellepot® system, with a volume capacity of 115.45 cm³, produced superior quality seedlings in all phases of evaluation of the morphological parameters evaluated in the nursery and in the field. The biodegradable cover does not produce nurseries, seedlings with higher volume and high index of active and non-agricultural physiological roots, root distribution, lower index of radiological deformations, higher non-productive concentration, soil

surface and better performance. The physiological factor, root regeneration potential (PRR), was the object of an evaluation of the quality of the seedlings and the prognosis of their performance in the field. Alterations produced in the system of tubes (55 cm³) of lower values for all morphological parameters evaluated, when compared to the seedlings produced in the Ellepot® system. The three systems of production of seedlings tested in the working conditions are not influenced by the survival rate of the plants in the field.

Keywords: Eucalyptus. Clone. Roots regenerating potential.

1 INTRODUÇÃO

O setor de florestas plantadas, especialmente no Brasil, vem experimentando um significativo crescimento que, associado ao aumento das exigências do mercado consumidor, tem sinalizado para uma necessidade de desenvolvimento de novas alternativas tecnológicas para a maioria das operações que envolvem os empreendimentos florestais. Dentre as inúmeras atividades a serem consideradas, busca-se a produção de mudas de alto padrão de qualidade com a finalidade de se alcançar sucesso nos empreendimentos florestais, de forma a atenderem à grande demanda por produtos e subprodutos originários de florestas plantadas, que se apresenta em nosso país atualmente.

Quanto às mudas a serem produzidas, estas deverão apresentar características que proporcionem altos índices de sobrevivência e crescimento inicial no campo, resultando em ganhos volumétricos economicamente desejáveis. A relevância do padrão de qualidade das mudas florestais ganha destaque nos primeiros anos de plantio, principalmente em áreas cujas condições são desfavoráveis. O alto desempenho e a baixa mortalidade de plantas no campo reduzem a necessidade de operações como o replantio e tratos culturais e, conseqüentemente, minimizam os custos de implantação do povoamento florestal (GOMES et al., 1991; CARNEIRO, 1995; GOMES; PAIVA, 2013).

Dentre os vários fatores que influenciam a qualidade de uma muda florestal, os recipientes destacam-se como um dos temas de maior ênfase nas pesquisas florestais. Novaes (1998) ressalta que as pesquisas desenvolvidas em diversos países têm priorizado a produção de mudas com o máximo de proteção e mínima exposição do sistema radicial. No caso do Brasil, alguns problemas nesse aspecto ainda existem, o que força a discussão de alternativas que possam solucioná-los, buscando-se, principalmente, sistemas de produção de mudas com recipientes que não causem danos ao sistema radicial das plantas. De acordo com Carneiro (1995), a correta escolha do sistema de produção de mudas em larga escala, com recipientes de forma e volumes adequados a uma boa formação de raízes é de fundamental importância para que se alcancem florestas mais produtivas.

Em se tratando do gênero *Eucalyptus*, os Tubetes se configuram como o sistema mais importante para a produção de mudas. Todavia, apesar de sua

relevância, diversas pesquisas têm demonstrado que estes recipientes de plástico rígido podem provocar uma inadequada formação de raízes em consequência da restrição radicial imposta por suas paredes impermeáveis, trazendo diversos prejuízos ao desenvolvimento e à qualidade das mudas produzidas. São vários os pesquisadores a observarem, ainda, uma diminuição nos valores de desenvolvimento e percentuais de sobrevivência das mudas em campo, evidenciando que os danos causados pelos recipientes às raízes vão além da fase de viveiro, o que representa um risco ao êxito de um plantio florestal (BARROSO et al., 2000; NOVAES et al., 2002; FREITAS et al., 2005; NOVAES et al., 2014).

Neste contexto, os recipientes biodegradáveis surgem como uma alternativa ao sistema de produção convencional. Sob o aspecto operacional, esses recipientes apresentam a vantagem de serem plantados juntamente com as mudas, evitando danos às raízes no momento da retirada do recipiente e facilitando as operações de plantio. Do ponto de vista fisiológico, os recipientes biodegradáveis propiciam um bom desenvolvimento radicial uma vez que suas paredes permitem a passagem de grande parte das raízes laterais, favorecendo a poda aérea e uma considerável diminuição das deformações radiciais (ALFENAS et al., 2009). Tais características tendem a resultar em uma melhor qualidade das mudas produzidas e melhores taxas de sobrevivência e crescimento no campo, após o plantio.

Apesar das informações acima expostas, ainda são escassos os estudos acerca dos benefícios efetivos dos recipientes biodegradáveis na produção de mudas com alto padrão de qualidade, principalmente com espécies de *Eucalyptus*, o que torna essa linha de pesquisa um importante foco de estudos, tendo em vista a importância socioeconômica deste gênero para o setor florestal brasileiro.

2 OBJETIVO

O objetivo central desse trabalho tratou-se da avaliação de uma nova tecnologia de produção de mudas clonais de *Eucalyptus* no sistema Ellepot[®], sob o ponto de vista morfofisiológico e características radiciais, com o sistema convencional em Tubetes, visando alcançar altos índices de sobrevivência e desempenho no campo, após o plantio.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O Gênero *Eucalyptus*

Representado por mais de 700 espécies, o Eucalipto é a árvore mais plantada no mundo, com aproximadamente 18 milhões de hectares, sendo o Brasil o segundo maior em área cultivada, atrás apenas da Índia (ABRAF, 2013). Ainda segundo essa entidade, atualmente há no país cerca de 5,6 milhões de hectares de florestas plantadas de *Eucalyptus*, distribuídas na maioria dos estados da Federação e destinadas a abastecer as indústrias de celulose e papel, carvão vegetal, óleos essenciais, madeira sólida, postes de eletricidade, mourões de cerca para construção civil, entre outras finalidades. Além da variada gama de produtos madeireiros e não madeireiros, as florestas plantadas de *Eucalyptus* oferecem uma série de serviços sociais e ambientais que vão desde a recuperação de áreas degradadas até o sequestro e armazenamento de carbono. Sob a ótica social, a cadeia produtiva do Eucalipto promove a geração de emprego e renda para milhares de famílias (ABRAF, 2013).

Enquanto em outros países o plantio é extensivo e de produtividade considerada baixa, no Brasil a eucaliptocultura é caracterizada por sua forma intensiva, com base no uso de mudas clonais advindas de material previamente selecionado em programas de melhoramento genético, além das boas condições edafoclimáticas encontradas no país, motivo pelo qual se observam valores de produção superiores aos verificados em sua região de origem (MORA; GARCIA, 2000; ALFENAS et al., 2009; IBÁ, 2017).

Inicialmente, a produção de mudas de Eucalipto para os plantios em larga escala era obtida através do método sexuado (FREITAS et al., 2006). Entretanto, Gomes e Paiva (2013) relatam que um dos entraves para a produção foi a utilização de sementes de baixa qualidade genética, o que resultou na formação de plantios heterogêneos e de baixa produtividade, despertando a necessidade de desenvolvimento de técnicas de produção mais sofisticadas e viáveis, como a propagação vegetativa.

A partir do século XX, a descoberta do processo de clonagem do Eucalipto garantiu a possibilidade de manutenção plena de características genéticas

selecionadas em programas de melhoramento, de modo a obter plantios uniformes e de rápido crescimento (ALFENAS et al., 2009). A maior parte dos povoamentos comerciais é obtida através de híbridos cujas árvores são resultado da combinação genética entre duas espécies distintas. Dentre as espécies mais utilizadas estão *Eucalyptus grandis*, *urophylla*, *camaldulensis*, *cleoziana*, *tereticornis*, *brassiana*, *resinífera*, *robusta*, *pelita*, dentre outras (STAPE et al., 2001).

De acordo com Figueiredo et al. (2011), ainda que a clonagem seja a responsável pela manutenção de características desejáveis em uma muda, variações de padrão de qualidade podem ser verificadas a depender das técnicas de manejo utilizadas para sua produção.

A adoção do Tubete como principal recipiente para a produção de mudas de *Eucalyptus* possibilitou melhorias significativas na operacionalização dos viveiros, culminando em ganhos significativos de produtividade (ALFENAS et al., 2009). Apesar da sua relevância, tais recipientes apresentam uma série de prejuízos à qualidade das mudas produzidas, principalmente ao desenvolvimento do sistema radicial (BARROSO et al., 2000; NOVAES et al., 2002; FREITAS et al., 2005; NOVAES et al., 2014). Na busca por novos sistemas de produção de mudas de eucalipto, os recipientes biodegradáveis têm ganhado destaque por trazerem um conceito técnico de manutenção da arquitetura natural do sistema radicial (ALFENAS et al., 2009).

Embora importante no estabelecimento dos plantios de Eucalipto, a qualidade do sistema radicial tem recebido pouca atenção. Isso se deve, em grande parte, pela utilização de híbridos de *Eucalyptus* pouco sensíveis às deformações radiciais (ALFENAS et al., 2009). No entanto, o aumento do uso de diferentes espécies de *Eucalyptus* e a grande diversidade genética existente entre elas apontam para a necessidade de estudos, no intuito de verificar a resposta de desempenho destes genótipos quando submetidos a diferentes sistemas de produção, com ênfase na qualidade do sistema radicial (LOPES, 2005).

3.2 Importância da qualidade de mudas florestais

A produção de mudas com alto padrão de qualidade é um quesito de fundamental importância para o sucesso dos empreendimentos florestais (GOMES; PAIVA, 2013). Segundo Rudek et al. (2013), mudas com boas características não

apenas são aptas a suportarem as adversidades do meio, mas, possibilitam uma considerável diminuição na frequência dos tratos culturais do povoamento recém implantado por vencerem mais rapidamente a competição com a vegetação invasora. Para Carneiro (1995), o padrão de qualidade das mudas produzidas varia de acordo com a espécie e, para uma mesma espécie, entre diferentes características de solo. Ainda segundo este autor, o objetivo se concentra na produção de mudas com potencial de resistir às adversidades encontradas no campo.

Segundo Barnett et al. (1984), a importância da produção de mudas de alto padrão de qualidade merece maior atenção durante o primeiro ano de plantio no campo, quando é comum ocorrer uma maior intensidade de evaporação em relação à precipitação. Ainda segundo o autor, mudas plantadas em solos com textura grossa, rasos ou pedregosos e com preparo inadequado devem apresentar um padrão de qualidade que permita que as mesmas superem tais condições adversas.

Outras preocupações são devidamente acrescentadas por Carneiro (1995), tais como: acondicionamento inadequado das mudas antes da sua expedição para o campo; inadequadas condições de transporte; uso incorreto de técnicas de plantio; época de plantio adequada; plantio em solos com elevada compactação; e plantio em regiões de condições climáticas inadequadas.

Por se tratar de investimentos de longo prazo, Leite et al. (2005) consideram que o rigor adotado na escolha das mudas utilizadas por ocasião do plantio deve ser alto. A elevada taxa de sobrevivência verificada em mudas com alto padrão de qualidade tem reflexos diretos nos custos de implantação do povoamento, pois o replantio é uma operação onerosa e dispensável em casos de baixa mortalidade de plantas no campo (GOMES; PAIVA, 2013).

Entre os fatores que influenciam na produção de mudas de espécies florestais, destacam-se, além do propágulo, o substrato e o recipiente utilizado, os quais vão refletir diretamente na qualidade da muda produzida (CARNEIRO, 1995). Neste sentido, na busca constante pela melhor produtividade dos reflorestamentos, a qualidade da muda tem sido abordada em vários trabalhos de pesquisa, que têm procurado definir os melhores sistemas de produção, adequando-os à obtenção de mudas com alto padrão de qualidade (SANTOS et al., 2005).

3.3 Parâmetros que determinam o padrão da qualidade de mudas florestais

Na determinação da qualidade de mudas florestais, duas visões distintas podem ser observadas. Uma parte dos especialistas defende que a qualidade de mudas só pode ser avaliada em campo através da mensuração do seu desempenho após o plantio. Outra parcela considera a avaliação em viveiro importante e, nessa perspectiva, vários pesquisadores ao longo dos anos desenvolveram estudos para se definir os parâmetros que mais se correlacionam com o desempenho das árvores em campo (SIMÕES, 1987; CARNEIRO, 1995).

Os parâmetros determinantes e indicadores da qualidade de mudas florestais, conforme Wakeley (1954), baseiam-se em dois aspectos, sendo o primeiro de natureza fenotípica, também chamado de morfológico, e o segundo, denominado de fisiológico, o qual considera os aspectos internos da planta. De acordo Gomes e Paiva (2013), a qualidade morfológica e fisiológica de uma muda depende da qualidade genética do propágulo, além das condições ambientais e dos respectivos métodos e técnicas utilizadas na sua produção. Na visão de Carneiro (1995), os parâmetros morfofisiológicos estão associados à rusticidade e ao vigor das mudas, e dessa forma, com as taxas de sobrevivência e crescimento inicial no campo.

Quanto aos parâmetros morfológicos, são utilizadas características externas da muda, o que facilita a sua avaliação no viveiro. Para essa avaliação, são várias as formas de mensuração, dentre as quais pode-se citar: altura da parte aérea, diâmetro de colo, relação H/D, biomassas fresca e seca das partes aérea e raízes e biomassa total (CARNEIRO, 1995; GOMES et al., 2002). Alfenas et al., (2009) lembram ainda da importância de se incluir nessas avaliações as características do sistema radicial como quantidade, qualidade e distribuição de raízes.

Para Gomes e Paiva (2013), os parâmetros fisiológicos, por não apresentarem a mesma simplicidade de mensuração que os parâmetros morfológicos, têm sua análise inviabilizada na maioria dos viveiros. Dentre as características fisiológicas, o estado nutricional das mudas é o que recebe maior atenção na opinião de Carneiro (1995). Apesar disso, este mesmo autor considera que a efetiva qualidade das mudas florestais pode ser observada de maneira mais completa através de um parâmetro fisiológico denominado potencial de regeneração de raízes (PRR).

A seguir, serão apresentados individualmente os principais parâmetros morfológicos, visando uma melhor compreensão acerca da influência dos mesmos na avaliação da qualidade das mudas florestais.

3.3.1 Altura da parte aérea

De fácil determinação, a altura da parte aérea é considerada um dos mais importantes parâmetros para predizer o desempenho das mudas no campo, principalmente quando empregadas técnicas de produção que permitam o desenvolvimento das mudas com o mínimo de restrições possível (GOMES; PAIVA, 2013).

Tendo em vista que a altura da parte aérea está condicionada às características da própria espécie e do sistema de produção, não existe na literatura consenso sobre a definição do tamanho ideal de mudas para o plantio definitivo (GOMES; PAIVA, 2013; DUTRA et al., 2013). Contudo, Alfenas et al. (2009) mostram que a maioria das empresas florestais tem considerado aptas para o plantio em campo mudas de *Eucalyptus* spp. com dimensões entre 20 e 30 centímetros de altura, associadas a outros critérios.

Diversos autores constataram um maior crescimento em altura no campo à medida que as dimensões das mudas, por ocasião do plantio, foram maiores (BARNETT, 1983; CARNEIRO, 1995). Figueiredo et al. (2011), estudando a influência das variações biométricas de mudas clonais do híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* sobre o crescimento inicial em campo, verificaram que as mudas de maior altura no viveiro foram as que apresentaram maior crescimento após o plantio.

Gomes et al. (2002) concluíram que entre os diversos parâmetros morfológicos, a altura da parte aérea é o que apresenta maior contribuição relativa para determinar a qualidade das mudas. Entretanto, Carneiro (1995) alerta que a avaliação utilizando-se como único parâmetro a altura da parte aérea pode apresentar resultados controversos, tendo em vista que mudas sombreadas, adensadas, estioladas ou submetidas a adubações desbalanceadas possuem maiores alturas em virtude de estímulos hormonais, mas, estas características acarretam menor resistência às condições adversas encontradas no campo,

causando maior mortalidade, necessidade de replantios, menor crescimento e perdas econômicas.

Binotto et al. (2010) constataram que o uso da altura da parte aérea só foi eficiente quando analisada juntamente com o diâmetro de colo para mudas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus eliotti*.

3.3.2 Diâmetro de colo

O diâmetro de colo trata-se de uma variável facilmente mensurável, não exige a destruição da planta e é tida como uma das principais características para estimar a sobrevivência de mudas de espécies florestais logo após o plantio. Segundo Gomes e Paiva (2013), a definição de valores ideais de diâmetros de colo que exprimam com fidelidade o real padrão de qualidade das mudas para o plantio depende da espécie, do local, do método e das técnicas de produção, sendo possível encontrar na literatura valores pré-definidos para as principais espécies.

Mudas com alto padrão de qualidade devem apresentar diâmetros de colo que permitam alcançar um equilíbrio com a variável altura da parte aérea, conferindo à muda uma maior rustificação, o que aumenta consideravelmente as chances de sobrevivência em campo (GOMES et al., 2002).

Leles et al. (2000), Morgado et al. (2000) e Figueiredo et al. (2011) mostraram que as mudas de *Eucalyptus* spp. que obtiveram maior crescimento em diâmetro de colo e altura no viveiro foram as responsáveis pelo maior crescimento inicial após o plantio. José et al. (2005) concluíram que a variável que mais se correlacionou com o potencial de crescimento radicial foi o diâmetro de colo. No mesmo estudo, o autor verificou ainda que o diâmetro de colo foi a variável que mais apresentou ligação com as demais variáveis morfológicas, podendo ser usado com eficiência para prever o padrão de qualidade de mudas. Em concordância, Gomes e Paiva (2013) consideram essa variável de alta correlação com as demais características das mudas, chegando a explicar cerca de 70 a 80% das diferenças de peso de matéria seca que ocorrem entre elas.

Em virtude da alta precisão da altura da parte aérea e diâmetro do colo na predição da qualidade de mudas, bem como a sua facilidade de mensuração, exigindo instrumentos de uso comum (fita métrica e paquímetro), essas variáveis

têm sido utilizadas de forma combinada para estimar o crescimento e sobrevivência das mudas após o plantio (CARNEIRO, 1995).

3.3.3 Relação H/D

A relação entre a altura da parte aérea e o diâmetro de colo foi preconizada por Carneiro (1985) e indica o grau de equilíbrio entre essas duas variáveis, podendo também ser mensurado no viveiro, visando acompanhar o desenvolvimento das plantas durante o período de produção. De forma geral, sabe-se que mudas com maiores dimensões em altura e diâmetro apresentam maior potencial de crescimento inicial no campo. Sendo assim, é de grande importância a sua avaliação tendo em vista a sua confiabilidade na predição de uma muda mais robusta (GOMES; PAIVA, 2013).

De acordo com Carneiro (1995), uma elevada relação H/D indica um maior desenvolvimento da variável altura em detrimento do diâmetro de colo que, no campo, pode resultar em morte de plantas por tombamentos. Por outro lado, mudas com baixa relação H/D, apesar de apresentarem baixa taxa de tombamentos, caracterizam-se por um baixo crescimento em altura no campo, resultando em menor poder de competição com a vegetação invasora. Assim, essa relação deve posicionar-se de forma intermediária, sendo que, em caso de grandes variações para esta variável, deve-se optar por mudas com uma menor relação H/D, já que mudas com estas características apresentam maior robustez e, conseqüentemente, maior sobrevivência em campo.

3.3.4 Determinação de biomassa

A avaliação quantitativa de biomassa constitui um critério importante para a determinação da qualidade das mudas, estando diretamente correlacionada com a sobrevivência e crescimento inicial após o plantio (LIMSTRON, 1963; OLIVEIRA, 2017).

De acordo com Carneiro (1995), na avaliação do peso de mudas florestais, levando-se em consideração a produção de biomassas fresca e seca como padrão de qualidade, deve-se considerar: a) determinação do peso da parte aérea; b) determinação do peso das raízes; c) determinação do peso total. Segundo Gomes e

Paiva (2013), o peso de matéria seca da parte aérea reflete o grau de rusticidade das plantas e tem relação estreita com a sobrevivência das mudas após o plantio. Já o peso de matéria seca das raízes, na opinião de Carneiro (1995), pode apresentar relativa deficiência na avaliação da qualidade de mudas tendo em vista que o grande número de raízes finas, importantes para a sobrevivência e crescimento inicial em campo, apresenta pouca contribuição no peso das raízes após a secagem, comprometendo a segurança dessa variável.

Assim, Carneiro (1995) afirma que a qualidade do sistema radicial deve ser analisada sob o aspecto fisiológico, por retratar com mais fidelidade a importância das raízes na sobrevivência e desempenho inicial das mudas no campo. Todavia, alguns trabalhos têm considerado todas essas variáveis como bons indicadores da qualidade de mudas. Oliveira Júnior (2011), por exemplo, trabalhando com mudas de *Eucalyptus urophylla*, concluiu que os pesos de matéria seca das partes aérea, radicial e total, juntamente com altura da parte aérea, foram os parâmetros que mais tiveram relação com o potencial de regeneração de raízes.

Apesar da importância dessas variáveis para a avaliação da qualidade das mudas, a maioria dos autores afirma que a sua utilização é dificultada em alguns viveiros, uma vez que a sua mensuração requer a completa destruição da muda, além da necessidade da aquisição de equipamentos de custos relativamente altos (GOMES; PAIVA, 2013; ELOY et al., 2013).

Quanto à sua determinação, Schuurman e Goedewaagen (1971 apud Böhm, 1979), reportam que o peso de matéria seca é determinado em estufa a 105 °C, por 10 - 20 horas, podendo também ser efetuado em temperaturas variando de 60 a 75 °C, todavia em maior tempo.

3.3.5 Parâmetros fisiológicos e Potencial de Regeneração de Raízes (PRR)

As qualidades fisiológicas, na visão de Wakeley (1954), podem ser mais importantes que os efeitos de ordem morfológica, ainda que a mensuração desses parâmetros demande, frequentemente, mais tempo e equipamentos de custo relativamente alto. Ainda assim, Bacon (1979) reporta que a avaliação da condição fisiológica através de nutrientes, balanço hídrico e, principalmente, capacidade de regeneração de raízes, vem recebendo amplo reconhecimento. Carneiro (1995) ressalta a importância das raízes, tendo em vista que estas encontram-se

intimamente associadas às atividades fisiológicas e assim, asseguram maior desempenho das mudas no campo.

Dessa forma, com o objetivo de avaliar a qualidade fisiológica das mudas, dentre os parâmetros fisiológicos disponíveis, está o potencial de regeneração de raízes (PRR). Este parâmetro foi trabalhado por South et al. (1988) e é considerado como a combinação do potencial de emissão de novas raízes laterais com a sua capacidade de alongamento. Ritchie e Dunlap (1980) avaliam o PRR como um índice importante na determinação do vigor fisiológico de mudas florestais. Segundo Sutton (1980), este índice deve ser trabalhado em um determinado intervalo de tempo, sendo que, quanto mais lento o processo de regeneração das raízes, menor a probabilidade de sobrevivência das mudas após o plantio.

Entre as vantagens da determinação do PRR, Feret e Kreh (1985) citam a maior rapidez na obtenção dos dados, menor custo e maior precisão nas medições, além da possibilidade de ser utilizado, na maioria das vezes, com eficiência para prognosticar a sobrevivência e o desempenho das mudas no campo (NOVAES et al., 2002; OLIVEIRA, 2017). Novaes et al. (2014), avaliando a produção de mudas de *Azadirachta indica* em sacolas plásticas e Tubetes, observaram que as mudas que apresentaram maior potencial de regeneração de raízes também apresentaram a maior taxa de sobrevivência em campo. Barroso et al. (2000), por sua vez, estudando a regeneração de raízes de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla*, concluíram que o PRR foi eficiente para prever o crescimento inicial das mudas após o plantio. Também, correlações positivas entre o comprimento total e o número de raízes regeneradas com a altura e diâmetro das plantas obtidas no campo, 18 meses após o plantio, foram observadas por Novaes et al. (2002), sendo o PRR considerado um bom indicador do desempenho das mudas no campo.

De forma geral, conforme Carneiro (1995), para a determinação do PRR, são adotados alguns procedimentos, os quais consistem particularmente na padronização do sistema radicial, onde é realizada uma poda das raízes laterais a uma distância de aproximadamente 4,0 cm do eixo da raiz principal e, em seguida, as mudas são transplantadas em recipientes contendo substratos que favoreçam a regeneração das raízes.

De acordo com Böhm (1979), o PRR pode ser determinado por meio de caixas, aquários e tubos, através da contagem do número total de extremidades e

pelo seu comprimento total. De acordo com Carneiro (1995), as caixas devem apresentar largura de 10,0 a 15,0 cm, apresentando fundos e paredes de madeira e um dos lados de vidro. Ainda segundo este autor, as caixas devem estar inclinadas em um ângulo de 25 - 30°, com o lado confeccionado de vidro voltado para baixo. Já nos aquários ou caixas de vidros, Carneiro (1995) relata que são utilizadas dimensões variadas, mas com capacidade volumétrica de aproximadamente 37 litros de solução hidropônica com pH em torno de 6,0. Quanto aos Tubos, este autor recomenda que os mesmos sejam de plástico cilíndrico e transparente, com furos na parte inferior, podendo ser utilizadas garrafas pet transparentes com volume de 2,0 litros, que após a retirada do gargalo, tomam a forma de Tubos de 25,0 cm de altura e 31,0 cm de circunferência.

Segundo Novaes et al. (1998), é possível também avaliar a distribuição horizontal e vertical de raízes através da divisão em quadrantes, sendo que, tanto para as caixas quanto para os Tubos, o substrato utilizado consiste em areia, solo ou substrato comercial que não exerça impedimentos para a livre regeneração das raízes.

Autores como Novaes et al. (2002), Oliveira Júnior et al. (2009) e Serpa et al. (2017), confirmaram a possibilidade de determinação do PRR em Tubos para prever o desempenho das mudas em campo, seja através da contagem do número de extremidade regenerada como pela avaliação da distribuição das raízes nos quadrantes horizontais e verticais.

3.4 Deformações radiciais

Apesar dos seus benefícios para a produção de mudas florestais, Carneiro (1995) reporta que os recipientes, quando utilizados inadequadamente, podem gerar resultados contrários à expectativa, uma vez que suas paredes podem agir como barreira, induzindo deformações no sistema radicial das plantas e comprometendo a qualidade das mudas produzidas. Para Neves et al. (2005), esses prejuízos são acentuados à medida que decresce o volume de substrato suportado pelos recipientes, provocando restrição radicial e efeito negativo sobre o número de raízes produzidas.

Na visão de Carneiro (1995), as deformações radiciais também podem ser provocadas pela forma dos recipientes utilizados para a produção das mudas, além

do tempo de permanência das plantas no viveiro. Ainda segundo este autor, os principais tipos de deformações radiciais consistem em dobra, estrangulamento e espiralamento. As dobras das raízes laterais são provocadas pelas paredes dos recipientes, já o estrangulamento é observado quando há a superposição de raízes, e o espiralamento ocorre com o desenvolvimento circular das raízes laterais no interior dos recipientes (CARNEIRO, 1995).

Diversos autores estudaram os efeitos da restrição radicial sobre o desenvolvimento de mudas florestais, dentre eles: Reis e Hall (1986), Reis et al. (1989), Gomes et al. (1990), Mattei (1993) e Novaes (1998), de modo que constataram que os efeitos da má formação das raízes podem ser verificados também no campo, tendo em vista que um sistema radicial de qualidade inferior compromete o desenvolvimento das mudas após o plantio, confirmando que os danos causados vão além da fase de viveiro (FREITAS et al., 2005; NOVAES et al., 2002).

Tschaplinski e Blake (1985), citando diversos autores, mostraram que a restrição radicial reduziu o peso de matéria seca, número de extremidades e comprimento de raízes, área foliar e assimilação de água. Os autores verificaram ainda que o estresse hídrico, resultado da restrição radicial, culminou numa série de distúrbios fisiológicos na parte aérea das plantas.

Figueiredo et al. (2014), trabalhando com mudas de *Eucalyptus*, concluíram que as deformações radiciais provocaram redução na condutividade hidráulica do sistema radicial e, conseqüentemente, diminuições na taxa fotossintética das mudas. Mattei (1993), ao comparar a estrutura radicial de plantas de *Pinus taeda* obtidas de semeadura direta com aquelas provenientes de Tubetes, constatou que as primeiras apresentaram raízes distribuídas em todos os quadrantes, enquanto as produzidas em recipientes concentravam as suas raízes em apenas dois quadrantes, o que influenciou negativamente na exploração do solo, após o plantio.

3.5 Principais recipientes utilizados na produção de mudas florestais

A produção de mudas em recipientes trata-se do sistema mais utilizado no Brasil, devido, entre outros fatores, ao controle nutricional e proteção das raízes, além de favorecer um manejo mais adequado no viveiro e campo (GOMES, 2001).

De acordo com Gomes e Paiva (2013), a escolha do recipiente tem reflexos diretos na qualidade das mudas, bem como nos custos de sua produção. Segundo esses autores, recipientes com maiores volumes promovem uma arquitetura radicial próxima à de mudas provenientes de semeadura direta no campo. Entretanto, sua maior dimensão aumenta os custos de produção e transporte. Outro fator importante citado por Gomes e Paiva (2013) é a durabilidade do recipiente, devendo este não se desintegrar durante o período de produção das mudas nem demorar muito tempo para se desfazer no campo, no caso de recipientes que possam ser plantados juntamente com as mudas.

Segundo Alfenas et al. (2009), muitos são os tipos de recipientes encontrados no mercado e, nas últimas décadas, houve uma grande evolução tecnológica nos sistemas de produção de mudas florestais, com ênfase na praticidade e melhoria da qualidade dos povoamentos florestais.

De acordo com Carneiro (1995), o primeiro recipiente utilizado para a produção de mudas de *Eucalyptus* foi o torrão paulista que, apesar da sua vantagem econômica, não cumpriu a maior parte das exigências esperadas. Segundo o autor (1995), os laminados de madeira também foram muito empregados, tendo como principal vantagem o fato de serem biodegradáveis, evitando custos com a sua eliminação por ocasião do plantio. Apesar deste benefício, a biodegradação muito rápida na fase de viveiro prejudicou o processo de produção.

A maior parte dos recipientes já utilizados não teve seu uso intensificado por conta da superioridade de outros, como o saco plástico (CARNEIRO, 1995). Segundo Gomes e Paiva (2013), as principais vantagens das sacolas plásticas são a maior disponibilidade e o baixo preço. Como desvantagens, pode-se citar o problema de enovelamento de raízes (CARNEIRO, 1995; GOMES; PAIVA, 2013).

A necessidade de mecanização das operações dos viveiros florestais contribuiu para a substituição dos sacos plásticos pelos Tubetes (ALFENAS et al., 2009). Em comparação com os sacos plásticos, estes recipientes têm as vantagens de possuírem uma menor ocupação da área do viveiro; economia nos custos de transporte; diminuição nos custos finais do produto; e possibilidade de reutilização em vários ciclos de produção (CASTRO, 2007). De acordo com Gomes e Paiva (2013), os Tubetes apresentam frisos internos que direcionam as raízes para o

fundo do recipiente. Segundo estes autores, a presença de arestas na parte interna dos Tubetes evita o crescimento de raízes em forma de espiral.

Por outro lado, Alfenas et al. (2009) apontam várias limitações desses recipientes, principalmente pela restrição ao desenvolvimento de raízes laterais, comprometendo a arquitetura radicial e provocando a mortalidade de plantas no campo. Ainda que os Tubetes apresentem algumas vantagens, ainda assim, não é considerado o sistema ideal de produção de mudas de Eucalipto (ALFENAS et al., 2009).

Baseados no conceito técnico de manutenção da arquitetura natural do sistema radicial, surgiram os recipientes biodegradáveis, com a característica principal de poderem ser plantados juntamente com as mudas. Suas paredes possibilitam a passagem das raízes laterais, evitando a deformação radicial e preservando sua arquitetura original (ALFENAS et al., 2009). Carneiro (1995) cita dois tipos, os recipientes biodegradáveis de fibras e os biodegradáveis de parede perfurável pelas raízes. O primeiro, conhecido como “paper pot”, é confeccionado com fibras sintéticas tratadas quimicamente para evitar sua rápida decomposição. O segundo tipo é composto pelos recipientes de paredes porosas que podem ser constituídos por Tubos ou blocos. Existem como exemplo os Tubos de papel betuminado, conhecidos como “fertil pot” e alguns tipos de blocos. Em países como a Finlândia, o exemplo clássico é o “peat pot”, cuja parede é confeccionada por uma mistura ligeiramente fertilizada de fibras de celulose e turfa (CARNEIRO, 1995).

Dentro do grupo dos recipientes biodegradáveis de parede perfurável, pode-se citar ainda o recipiente biodegradável Ellepot[®], o qual é recente no mercado brasileiro e confeccionado com uma lâmina de papel degradável que permite a passagem das raízes laterais, favorecendo uma boa arquitetura natural do sistema radicial das mudas (ALFENAS et al., 2009; VIÉGAS, 2015).

Dentre as escassas pesquisas com recipientes biodegradáveis, destaca-se o trabalho de Viégas (2015), que avaliou a viabilidade técnica do Ellepot[®] em comparação com o tubete de plástico rígido na produção de mudas de três espécies florestais nativas, chegando à conclusão que as mudas produzidas no sistema Ellepot[®] apresentaram maior desenvolvimento das variáveis morfológicas avaliadas no viveiro e na simulação de campo. Ainda de acordo com este autor, este recipiente mantém a integridade das raízes e reduz as deformações radiciais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização dos estudos

A presente pesquisa foi desenvolvida em três etapas. A primeira constou da produção das mudas no viveiro florestal Tecnoplant, localizado no município de Eunápolis – BA, situado nas coordenadas geográficas 16° 22' 23" de latitude sul e 39° 34' 30 " de longitude oeste de Greenwich, com altitude de 183 metros. A segunda etapa teve como objetivo a avaliação do potencial de regeneração de raízes – PRR no viveiro da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, localizada no município de Vitória da Conquista – BA, situada nas coordenadas geográficas 14° 53' 2" de latitude sul e 40° 47' 56 " de longitude oeste de Greenwich e altitude de 923 metros. A terceira etapa foi instalada em uma área de plantios comerciais de *Eucalyptus* spp., no município de Canavieiras – BA, e teve como objetivo avaliar o índice de sobrevivência e o seu desempenho no campo. Este município situa-se nas coordenadas geográficas 15° 47' 44" de latitude sul e 39° 12' 55" de longitude oeste de Greenwich, com altitude de 103 metros. A região de plantio se caracteriza por um clima tropical com uma pluviosidade média de 1743 mm anuais e temperatura média de 24.1 °C. As chuvas são bem distribuídas durante o ano, sendo agosto o mês mais seco (116 mm) e abril o de maior precipitação (176 mm). O solo da área de plantio é do tipo franco arenoso e a vegetação predominante na região trata-se da Mata Atlântica.

4.2 Recipientes e substratos utilizados para a produção das mudas

4.2.1 Ellepot's®

Foram utilizados no presente trabalho recipientes biodegradáveis constituídos de película composta de celulose, produzidos pelo sistema Ellepot®, da empresa Dinamarquesa Ellepot AS (Figura 1). Utilizou-se dois tamanhos diferentes: a) 8,0 cm de altura e 35,0 mm de diâmetro, com capacidade volumétrica para 76,90 cm³; e b) 12,0 cm de altura e 35,0 mm de diâmetro, com capacidade volumétrica para 115,45 cm³.



Figura 1 – Recipientes biodegradáveis utilizados para a produção de mudas clonais de *Eucalyptus* (A). Detalhes do recipiente biodegradável Ellepot® (B).
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

4.2.2 Tubetes

O tubete utilizado no presente trabalho constou do modelo cônico com dimensões de 12,0 cm de altura, 3,0 cm de diâmetro na parte interna superior e 1,0 cm na parte interna inferior, contendo quatro estrias internas e com capacidade volumétrica para 55 cm³.

4.2.3 Substrato

Para a produção das mudas nos dois sistemas (Tubetes e Ellepot's®) e ainda, para o teste de potencial de regeneração de raízes, o substrato utilizado constou de uma mistura do produto comercial Carolina Soil® (Turfa Sphagno, Vermiculita expandida, Calcário dolomítico, Gesso agrícola e Fertilizante NPK) adicionado com fibra de coco na proporção 1:1.

4.2.4 Material genético utilizado

Foram selecionados e utilizados três clones de *Eucalyptus*: VCC 865 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), CO 1407 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) e AEC 144 (*Eucalyptus urophylla*). Os dois primeiros clones

foram desenvolvidos para o setor de celulose e são utilizados em regiões com índices pluviométricos anuais oscilando entre 1200 mm e 1400 mm. Já o AEC-144, trata-se de um material genético usado prioritariamente no setor energético e cultivado em regiões com índices pluviométricos de aproximadamente 800 mm. As mudas foram produzidas no viveiro florestal da empresa Tecnoplant, localizada no município de Eunápolis – BA.

4.2.5 Tratamentos e procedimentos estatísticos

Na etapa de viveiro, o experimento foi instalado obedecendo-se a um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), cujos tratamentos constaram de um arranjo fatorial 3 x 3, sendo testados três modelos de recipientes (Tubete 55 cm³, Ellepot[®] 76,90 cm³, Ellepot[®] 115,45 cm³) e três clones de *Eucalyptus* (VCC 865; CO 1407 e AEC 144). Os nove tratamentos constaram de cinco repetições, compreendendo um total de 45 parcelas, constituídas cada uma de 20 mudas, perfazendo um total de 900 em todo o experimento. Os tratamentos encontram-se a seguir:

- Tratamento 1 – Tubete 55 cm³ x Clone VCC 865;
- Tratamento 2 – Tubete 55 cm³ x Clone CO 1407;
- Tratamento 3 – Tubete 55 cm³ x Clone AEC 144;
- Tratamento 4 – Ellepot[®] 76,90 cm³ x Clone VCC 865;
- Tratamento 5 – Ellepot[®] 76,90 cm³ x Clone CO 1407;
- Tratamento 6 – Ellepot[®] 76,90 cm³ x Clone AEC 144;
- Tratamento 7 – Ellepot[®] 115,45 cm³ x Clone VCC 865;
- Tratamento 8 – Ellepot[®] 115,45 cm³ x Clone CO 1407;
- Tratamento 9 – Ellepot[®] 115,45 cm³ x Clone AEC 144.

Na etapa relativa ao PRR foram utilizados os nove tratamentos descritos acima, contendo oito repetições e uma muda por parcela, perfazendo um total de 72 mudas. Ressalta-se que este experimento foi desenvolvido em Tubos, contendo uma muda cada um e considerado como uma unidade experimental.

No campo, o experimento foi instalado obedecendo-se a um delineamento em blocos ao acaso, cujos tratamentos constaram do mesmo arranjo fatorial utilizado

para o experimento em viveiro. Todavia, com quatro blocos e seis plantas por parcela, perfazendo um total de 216.

Considerando os resultados obtidos, todas as médias foram submetidas ao teste de normalidade e análise de variância (ANOVA), sendo posteriormente comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. As análises de correlações foram efetuadas ao nível de confiabilidade de 95%. Para a avaliação do desempenho das mudas no campo, em função do tempo de medições, foram efetuadas análises de regressão, usando a técnica dos polinômios ortogonais.

4.2.6 Instalação da etapa de viveiro e avaliação dos parâmetros morfológicos

Os procedimentos e os métodos utilizados para a produção das mudas no viveiro seguiram os mesmos adotados na empresa Tecnoplant.

Inicialmente, foi efetuada a mistura dos substratos e adubos com o auxílio de uma betoneira, com o uso de água para a completa homogeneização. A fertilização de base consistiu de uma mistura de aproximadamente 2,0 kg de Osmocote® (NPK (Mg); 19:06:10; mini prill (3 M) + 1,5 kg de PG Mix™ (NPK; 14:16:18)/metro cúbico de substrato. Após a mistura, os tubetes foram preenchidos com o auxílio de uma mesa vibradora e, em seguida, levados para a sala de estaqueamento. Para suporte dos tubetes, foram utilizadas bandejas de polipropileno com capacidade para 187 mudas, onde adotou-se a densidade de 100% (Figura 02 B).

Quanto aos recipientes biodegradáveis, estes foram fabricados e preenchidos com o mesmo substrato e adubação anteriormente mencionados, em processo único, através de uma máquina do sistema Ellepot® e, após isso, acondicionados em bandeja própria com a mesma densidade adotada nas bandejas relativas aos tubetes (Figura 02 C). Depois de preenchidos, os recipientes foram levados para a área de estaqueamento, onde foram efetuados os transplantes das miniestacas dos respectivos clones, diretamente no substrato (Figura 02 A).

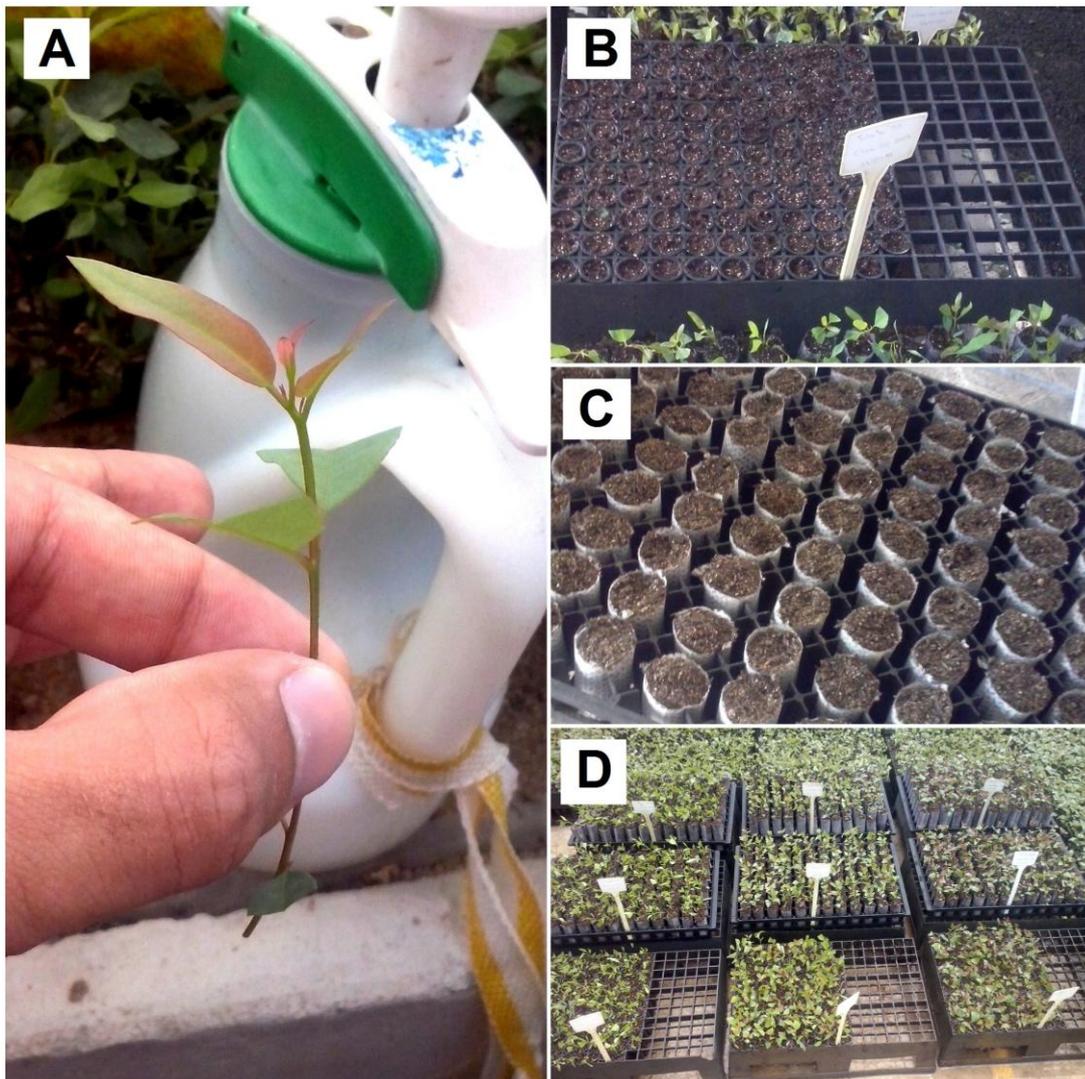


Figura 2 – Miniestaca apical de *Eucalyptus* spp. (A); Tubetes de plástico rígido (B); Recipientes biodegradáveis Ellepot® (C); Experimento em casa de vegetação (D)
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Ressalta-se que as miniestacas apicais foram obtidas de minicepas produzidas a partir do minijardim clonal pertencente à empresa. Após o processo de estaqueamento, os recipientes foram transferidos para a casa de vegetação climatizada (câmara de enraizamento) (Figura 02 D) e mantidos sob temperatura constante de 36 °C, umidade de 80% e irrigações via microaspersores, em intervalos de 5,0 minutos, com tempo de 15 segundos de duração, onde permaneceram por 20 dias. Após esse período, as mudas foram transferidas para a área de aclimação a céu aberto, onde receberam irrigações em intervalos de dez minutos, com duração de 2,0 minutos, em um período compreendido de 10 dias.

Após essa fase, as mudas foram transferidas para a área de crescimento, onde permaneceram por mais 30 dias. Observa-se que neste período a irrigação foi efetuada em intervalos de três horas, com duração de 10 minutos. Ainda nesta etapa, foi efetuado um raleamento, diminuindo-se a densidade para 50% da capacidade das bandejas. Ao final desse período, as mudas foram transportadas para a área de rustificação onde foram submetidas a cinco adubações diárias via fertirrigação com nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) na dosagem de 3,0 kg/1000 litros de água, permanecendo por mais 40 dias, totalizando 100 dias decorridos do estaqueamento.

4.3 Avaliação dos parâmetros morfológicos

Aos 100 dias após o estaqueamento, visando determinar os parâmetros morfológicos, as mudas foram retiradas aleatoriamente dos seus respectivos recipientes, de modo que, em seguida, efetuou-se uma lavagem do sistema radicial, removendo-se os resíduos de substrato presos às raízes. Logo após este processo, foi realizada uma avaliação do sistema radicial secundário de duas mudas por repetição, objetivando-se a contagem visual do número total de raízes laterais e número de raízes fisiologicamente ativas.

Em seguida, as plantas foram postas sobre folhas de papel na bancada do laboratório de silvicultura por um período de 24 horas. A partir disso foram efetuadas as respectivas medições de altura da parte aérea (cm) e diâmetro de colo (mm), utilizando-se régua graduada e paquímetro digital, respectivamente. Posteriormente, a haste de cada muda foi separada do sistema radicial, visando à determinação da média de cada repetição correspondente à relação H/D. Assim como Novaes (1998), optou-se por efetuar a divisão entre estes dois parâmetros, muda por muda. Usou-se o mesmo critério para as determinações de biomassa fresca e seca da parte aérea, raízes e total. Foram preparadas para a secagem das mudas, duas embalagens de papel, uma contendo a parte aérea e outra o sistema radicial, que depois de etiquetadas foram colocadas em estufa previamente aquecida a 75 °C, conforme orientações de Schuurman e Goedewaagen (1971), citados por Böhm (1979).

As embalagens permaneceram abertas para facilitar a perda de umidade e o material permaneceu na estufa por um período aproximado de 72 horas, quando atingiu peso de matéria seca constante. Após o esfriamento do material, foram

efetuadas as pesagens de biomassa seca, utilizando-se balança digital. Os parâmetros avaliados encontram-se a seguir:

- a) Altura da parte aérea (cm);
- b) Diâmetro de colo (mm);
- c) Relação altura da parte aérea/diâmetro de colo (H/D);
- d) Número de raízes laterais;
- e) Número de raízes laterais fisiologicamente ativas;
- f) Biomassa fresca da parte aérea (BFPA (g));
- g) Biomassa fresca da raiz (BMFR; g planta⁻¹);
- h) Biomassa fresca total (BMFT = BMFPA + BMFR; g planta⁻¹);
- i) Biomassa seca da parte aérea (BMSPA; g planta⁻¹);
- j) Biomassa seca da raiz (BMSR; g planta⁻¹);
- k) Biomassa seca total (BMST = BMSPA + BMSR; g planta⁻¹);

4.4 Procedimentos técnicos e avaliação do Potencial de Regeneração de Raízes – PRR

A avaliação do PRR foi conduzida no viveiro florestal localizado no campo agropecuário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. Antes da instalação do experimento, as mudas, após a sua retirada de forma aleatória dos respectivos recipientes, foram submetidas a uma lavagem cuidadosa e à poda das raízes a uma distância de aproximadamente 4,0 cm do eixo central, que também foram podadas a uma distância de 12 cm do colo. A avaliação do PRR constou da determinação do número total e distribuição espacial e vertical de extremidades de raízes novas visíveis nas paredes dos Tubos.

Para a instalação do experimento foram usadas garrafas plásticas transparentes de refrigerantes (2 litros) que, após o corte na altura dos gargalos, tomaram formas de Tubos com dimensões de aproximadamente 10,0 cm de diâmetro por 25,0 cm de altura. No intuito de avaliar a distribuição de raízes foram efetuadas nas paredes externas dos Tubos quatro ranhuras no sentido longitudinal e uma transversal, dividindo-os em quatro quadrantes.

Posteriormente, estes recipientes foram preenchidos com o mesmo substrato utilizado para a produção das mudas. Para a instalação do experimento foi escolhido

o local mais central do viveiro em função da maior homogeneidade de luz e temperatura. As mudas, após o preparo do sistema radicial, foram transplantadas em cada recipiente, já preenchidos com o substrato e, em seguida, os Tubos foram dispostos obedecendo-se a trajetória diária do sol, com o primeiro e o segundo quadrantes voltados para o Leste e os terceiro e quarto quadrantes voltados para o Oeste. Logo após isso, estes recipientes foram revestidos com lona plástica de cor preta para proteção contra a incidência de luz (Figura 03). As regas foram efetuadas diariamente, de forma homogênea para todos os tratamentos. Este método de avaliação, objetivando estudar o número de raízes novas regeneradas e sua distribuição espacial e vertical, baseou-se na contagem do número de extremidades de raízes regeneradas visíveis nos quatro quadrantes e nas partes superior e inferior das paredes desses recipientes. As avaliações por meio das contagens foram efetuadas em dias alternados e o período de duração do teste correspondeu a 30 dias. O procedimento adotado constou da marcação, através de um pincel atômico, de pontos nas paredes transparentes dos recipientes, exatamente nos locais tocados pelas extremidades das raízes novas regeneradas.



Figura 3 – Aspectos do experimento instalado em Tubos, visando à determinação do potencial de regeneração de raízes – PRR
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

4.5 Instalação da etapa de campo e avaliação do desempenho das plantas após o plantio

Esta etapa foi instalada no município de Canavieiras – BA. No campo, antes do plantio das mudas, foi realizada a limpeza da área, seguida de uma subsolagem a uma profundidade de 90 cm. Nas linhas de subsolagem, adicionou-se 400 kg/hectare de adubo NPK na formulação 10:12:25. O plantio foi efetuado com o auxílio de uma plantadeira manual, adotando-se o espaçamento de 4,0 x 3,0 metros, com 12,0 m²/planta, sendo adicionado em cada cova de plantio 400 ml de hidrogel. Decorridos 60 dias, adicionou-se, em cobertura no raio da copa de cada planta, 100 gramas de adubo NPK, na formulação 06:30:06.

Amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. As análises química e física do solo, referentes à área de plantio, constam nas Tabelas 01 e 02 do ANEXO A.

Os tratamentos culturais para o controle de plantas invasoras foram realizados através de roçagem conforme as necessidades. Para o combate de formigas, espalhou-se de forma homogênea em toda a área sachês contendo isca formicida.

O percentual de sobrevivência foi avaliado durante quatro meses, desconsiderando-se as possíveis perdas causadas por ataque de formigas. Foi efetuada uma avaliação mensal do desempenho das plantas no campo, por meio das medições da altura da parte aérea e do diâmetro ao nível do solo, utilizando-se vara graduada e paquímetro digital, na sequência.

Aos quatro meses de idade, objetivando-se estudar o sistema radicial no campo quanto à distribuição e deformações de raízes, foram selecionadas e retiradas duas plantas por tratamento, cujo critério de escolha recaiu sobre aquelas que apresentaram alturas e diâmetros dentro de um limite compreendido entre +1/3 a -1/3 dos seus respectivos desvios padrões. Cada planta foi marcada, através de uma pequena incisão voltada para o norte na altura do colo, objetivando servir de orientação para as avaliações das seguintes características radiciais: a) dobras; b) espiralamento; c) estrangulamento; d) comprimento da raiz principal (cm); e) profundidade da raiz principal (cm); f) número de raízes laterais; e g) coeficientes de deformações radiciais (número de deformações radiciais/número de raízes laterais).

Para a retirada das plantas foi utilizada uma pequena enxada que serviu para escavar um círculo de aproximadamente 30,0 cm de raio. Em seguida, realizou-se a

retirada cuidadosa do solo em volta das raízes de forma a facilitar a remoção da planta sem causar danos ao sistema radicial. Em seguida, as raízes foram submetidas a um processo de limpeza no próprio local e as plantas levadas para o laboratório de silvicultura da UESB, onde foram efetuadas as respectivas avaliações.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Etapa de viveiro

Aos 100 dias após o estaqueamento, as mudas foram avaliadas quanto aos seus parâmetros morfológicos. As análises de variância constam nas Tabelas 1, 2 e 3 do ANEXO B, as quais demonstraram haver diferenças significativas entre os clones utilizados e os sistemas de produção de mudas. Não foi constatado efeito significativo da interação entre os dois fatores, o que indica que os mesmos agem de forma independente sobre as características avaliadas.

5.1.1 Altura, diâmetro de colo e relação H/D

Os dados para essas variáveis encontram-se na Tabela 01. Observa-se que o clone VCC 865 e o sistema de produção de mudas em Ellepot[®] (115,45 cm³) se destacaram com as maiores médias, apresentando diferenças estatísticas entre todos os tratamentos, especialmente para a variável altura. Entre os clones testados, o AEC 144 apresentou a menor média, ainda que não tenha apresentado diferença estatística quando comparado ao clone CO 1407. Diversos autores têm apontado a altura da parte aérea como uma importante variável na predição do crescimento inicial após o plantio (BARNETT, 1983; BARROSO et al., 2000; LELES et al., 2000; MORGADO et al., 2000). Neste sentido, Freitas et al. (2011), estudando o efeito de características biométricas de mudas clonais de Eucalipto sobre o crescimento após o plantio, constataram que mudas com maiores dimensões de altura apresentaram maior crescimento inicial a nível de campo. Resultados semelhantes foram observados por Leles et al. (2000), para *Eucalyptus pelita*, em que mudas com maiores alturas no viveiro corresponderam em campo com a maior taxa de crescimento inicial. Além de ser um parâmetro que apresenta uma boa contribuição relativa para a qualidade das mudas (GOMES et al., 2002), a altura da parte aérea possui também, como vantagem, o fato de sua medição ser de fácil obtenção, além de não requerer o uso de métodos destrutivos.

Para a variável diâmetro de colo, o clone VCC 865, embora não tenha apresentado diferença estatística entre os demais, foi o que apresentou a maior

média, seguido dos clones CO 1407 e AEC 144, respectivamente. Segundo Carneiro (1995), uma forte correlação pode ser observada entre o diâmetro de colo medido no viveiro, com a taxa de sobrevivência e desempenho inicial das mudas após o plantio em campo. Santos et al. (2017), trabalhando com os clones AEC 1528, AEC 224 e AEC 144, obtiveram valores adequados de diâmetro de colo, o que, na opinião desses autores, proporciona boas condições para sobrevivência dessas mudas no campo. Reis et al. (2008) acrescentam ainda que mudas de Eucalipto com baixo diâmetro de colo podem apresentar dificuldades de permanecerem eretas após o plantio, resultando em tombamentos que, por sua vez, podem culminar na morte das plantas e necessidade de replantio.

Quanto à relação H/D, os dados constantes na Tabela 01 demonstram não haver diferença estatística entre os clones estudados. Mudas do clone VCC 865 apresentaram resultados positivos para as variáveis altura da parte aérea e diâmetro de colo, além do melhor desempenho no campo. Dessa forma, presume-se que estes valores de H/D obtidos sejam indicadores, especificamente, para esse material genético, de mudas com bom padrão de qualidade. Conforme Carneiro (1995), é importante que as mudas apresentem um crescimento em diâmetro compatível com suas respectivas alturas, o que implica em maior robustez e, conseqüentemente, superação das adversidades após o plantio. Contudo, ressalta-se que este parâmetro pode variar entre as diferentes espécies de Eucalipto, bem como entre os sistemas de produção das mudas e a idade das mesmas (CALDEIRA et al., 2012). Reis et al. (2008), por exemplo, observaram médias entre 7,76 e 10,44 de H/D para mudas seminais de *Eucalyptus grandis* aos 100 dias após a semeadura, valores estes, inferiores aos observados no presente trabalho.

Quanto aos sistemas de produção, as mudas produzidas no sistema Ellepot[®] (115,45 cm³) apresentaram as maiores médias para a variável altura, diferenciando-se estatisticamente dos demais sistemas testados (Tabela 01). O maior volume de substrato existente, associado a uma melhor arquitetura radicial com menor proporção de deformações radiciais, provavelmente contribuiu para o seu destaque sobre os demais tratamentos, ficando evidenciado ao comparar o sistema Ellepot[®] (76,90 cm³) com o sistema de Tubetes (55 cm³), o qual produziu as menores médias de altura da parte aérea. Em se tratando da variável diâmetro de colo, a analogia é a mesma para a variável altura. Assim, ainda que os sistemas de produção em

Ellepot[®] não tenham apresentado diferença estatística entre si, ambos apresentaram diferenças significativas do sistema em Tubetes. A inferioridade dos Tubetes em comparação com outros sistemas de produção no desenvolvimento em altura e diâmetro de mudas de *Eucalyptus* spp. também é relatada por diversos outros autores, como Barroso et al. (2000), para *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urophylla*; Leles et al., (2000), para *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus pellita*, bem como por Morgado et al. (2000), para mudas de *Eucalyptus grandis*. Freitas et al. (2006), estudando a produção de mudas clonais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em sistema de blocos prensados e Tubetes, atribuíram o menor desenvolvimento em altura e diâmetro das mudas produzidas em Tubetes ao pequeno volume de substrato e à presença de restrição radicial causada pelas paredes dos Tubetes.

Quanto à relação H/D, verificou-se que as mudas produzidas no sistema de Tubetes (55 cm³) apresentaram as maiores médias (Tabela 01). Mudas produzidas nos sistemas Ellepot[®] (76,90 cm³ e 115,45 cm³), apesar de terem apresentado as menores médias para esta variável, foram as que demonstraram um maior equilíbrio de desenvolvimento entre a altura da parte aérea e o diâmetro de colo, implicando em valores mais próximos do padrão ideal recomendado por Carneiro (1995). Gomes et al. (2003), ao estudarem o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em quatro tamanhos de Tubetes, também observaram que as maiores médias para a relação H/D foram obtidas em mudas produzidas nos recipientes de menor capacidade volumétrica, o que indica que a restrição de crescimento das raízes tem efeito negativo no desenvolvimento do diâmetro do colo. Além disso, as maiores médias verificadas para o tratamento referente aos Tubetes podem também estar atreladas ao menor espaçamento entre plantas nas bandejas quando comparados ao maior espaçamento verificado nas bandejas dos Ellepot's[®], favorecendo um certo desequilíbrio entre as variáveis altura e diâmetro do colo.

Tabela 1 – Valores médios de altura da parte aérea, diâmetro de colo e relação H/D de mudas de *Eucalyptus* spp. pertencentes aos clones VCC 865, CO 1407 e AEC 144 produzidas em Ellepot® e Tubetes, 100 dias após o estaqueamento

Tratamento	Altura da parte aérea (H) (cm)	Diâmetro de colo (DC) (mm)	H/D
VCC 865	35,01 a	2,83 a	12,42 a
CO 1407	29,96 b	2,81 a	10,81 a
AEC 144	28,75 b	2,62 a	11,21 a
Ellepot® 115,45 cm ³	35,41 a	3,08 a	11,53 ab
Ellepot® 76,90 cm ³	30,48 b	2,90 a	10,60 b
Tubete 55 cm ³	27,83 c	2,28 b	12,32 a

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 95% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

5.1.2 Características quali-quantitativas de raízes

Ainda no viveiro, o sistema radicial das mudas foi avaliado com base na quantificação e na qualidade das raízes fisiologicamente ativas, em relação aos clones estudados nos respectivos sistemas de produção. Considerou-se o número total de raízes laterais e o número de raízes laterais fisiologicamente ativas presentes em cada muda produzida.

Os dados referentes a essas variáveis encontram-se na Tabela 02. Entre os clones pesquisados, houve uma similaridade entre os valores obtidos, destacando-se o CO 1407, com a maior média para o número total de raízes laterais. Com relação ao número de raízes fisiologicamente ativas, o clone VCC 865, apesar de ter apresentado o menor número de raízes laterais, foi o que obteve a maior média para esta variável, com cerca de 70% de raízes ativas. O fato de o clone VCC 865 também ter se destacado com as maiores médias nas etapas de viveiro, PRR e campo, no presente trabalho, demonstrou a relevância de se atribuir maior importância ao aspecto fisiológico das raízes, conforme apontado por Carneiro (1995).

Quanto aos sistemas de produção de mudas pesquisados neste estudo, o sistema Ellepot® apresentou as maiores médias quando comparado ao sistema de Tubetes, destacando-se os recipientes biodegradáveis com 115,45 cm³ de capacidade volumétrica, os quais apresentaram 121% a mais de raízes quando

comparados aos Tubetes (55 cm³). Para o número total de raízes fisiologicamente ativas, os recipientes biodegradáveis apresentaram 180% a mais em comparação aos Tubetes, que por sua vez foram responsáveis pelas menores médias para essa variável. Estes resultados demonstram a capacidade dos recipientes biodegradáveis em produzir um grande volume radicial com alto percentual de raízes fisiologicamente ativas, o que justifica sua alta performance no viveiro e no campo, particularmente na sobrevivência e crescimento inicial após o plantio.

Além disso, este sistema permite a poda natural do sistema radicial das mudas na medida em que as raízes atravessam suas paredes de papel e entram em contato com o ar. A poda das raízes das mudas permite o aumento de novas raízes, pois de cada extremidade de raiz podada pode ocorrer emissão de duas ou mais raízes novas (FREITAS et al., 2009). Carneiro (1995) enfatiza a importância das raízes laterais fisiologicamente ativas na sobrevivência e desempenho inicial após o plantio dada a sua relevante função no processo de absorção de água e nutrientes do solo.

Tabela 2 – Número total de raízes e número de raízes fisiologicamente ativas de *Eucalyptus* spp. pertencentes aos clones VCC 865, CO 1407 e AEC 144 produzidas em Ellepot® e Tubetes, 100 dias após o estaqueamento

Tratamento	Raízes Laterais	
	Total (nº)	F. ativas (nº)
VCC 865	11,93	8,30
CO 1407	12,97	5,63
AEC 144	12,27	4,10
Ellepot® 115,45 cm ³	16,07	7,40
Ellepot® 76,90 cm ³	13,83	7,90
Tubete 55 cm ³	7,27	2,73

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Na Figura 01 do ANEXO E, pode-se observar novas raízes de coloração branca, consideradas fisiologicamente ativas, a partir do ponto de poda natural em mudas produzidas nos sistemas Ellepot® e Tubetes.

5.1.3 Biomassa fresca

Os resultados das análises de variância referentes às biomassas frescas das partes aéreas, radicial e total encontram-se no ANEXO B (Tabelas 04 a 06), onde podem ser verificadas diferenças estatísticas entres os tratamentos. Conforme a Tabela 03, o teste de Tukey a 95% de probabilidade apontou diferenças significativas entre os clones e sistemas de produção para essas variáveis. Quanto aos clones testados, o VCC 865 apresentou as maiores médias para os três parâmetros avaliados, com diferença significativa para os demais, seguido dos clones CO 1407 e AEC 144, os quais não apresentaram diferenças entre si.

Reis et al. (1989) reportam que a maior produção de biomassa fresca, especialmente das raízes, por parte de alguns clones, pode influenciar diretamente na sobrevivência e desempenho inicial após o plantio. Ainda segundo estes autores, um sistema radicial mais volumoso tende a conter maior número de ápices radiculares que exercem importante papel no processo de absorção, o que é confirmado no presente trabalho, em que o clone VCC 865 apresentou o maior número de raízes fisiologicamente ativas. Para Reis et al. (2006), clones com sistema radicial menos desenvolvido podem apresentar menor produção de citocininas e, conseqüentemente, ter taxa de crescimento e sobrevivência reduzida. Contudo, Chaves (2001) aponta que, além do desenvolvimento, a arquitetura do sistema radicial também deve ser considerada.

Para os sistemas de produção avaliados, as maiores médias foram observadas em mudas produzidas no sistema Ellepot[®] (115,45 cm³) para os três parâmetros analisados. Quanto à biomassa fresca da raiz, o sistema Ellepot[®] (115,45 cm³) não apresentou diferença estatística quando comparado ao sistema Ellepot[®] (76,90 cm³), mas ambos foram superiores ao sistema de Tubete de 55 cm³. Para a biomassa fresca da parte aérea e total, houve diferença estatística entre os três sistemas de produção. As menores médias para essas variáveis foram observadas em mudas produzidas no sistema de Tubetes (55 cm³), provavelmente em razão do forte confinamento proporcionado por estes recipientes, o que restringe o desenvolvimento radicial e reduz o número de raízes fisiologicamente ativas. Lopes (2005) também observou os menores valores de biomassa fresca em mudas produzidas em Tubetes, quando confrontadas com mudas advindas de blocos prensados para as espécies de *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus camaldulensis* e

Corymbia citriodora. Novaes (1998) encontrou em mudas de *Pinus taeda* produzidas em raiz nua e blocos prensados, médias significativamente superiores às aquelas produzidas em Tubetes de 55 cm³.

A superioridade do sistema Ellepot[®] em comparação aos Tubetes pode ser justificada não apenas pelos maiores volumes de substratos e nutrientes disponíveis às mudas, conforme apontado por Lopes et al. (2014), mas também pela presença mínima de restrição e deformações radiciais, além de maior drenagem de água promovida pelas paredes desse recipiente, o que favorece a oxigenação do substrato e maior desenvolvimento do sistema radicial, gerando um melhor desenvolvimento da parte aérea. Salienta-se ainda que, o fato do sistema Ellepot[®] possibilitar a passagem de raízes laterais através de suas paredes faz com que haja um aumento considerável no volume de raízes, o que contribui para o incremento do peso de matéria fresca total.

Tabela 3 – Valores médios de biomassa fresca das partes aérea, raiz e total de mudas de *Eucalyptus* spp. pertencentes aos clones VCC 865, CO 1407 e AEC 144 produzidas em Ellepot[®] e Tubetes, 100 dias após o estaqueamento

Tratamento	Biomassa Fresca		
	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Total (g)
VCC 865	3,51 a	1,12 a	4,64 a
CO 1407	2,81 b	0,75 b	3,60 b
AEC 144	2,41 b	0,72 b	3,12 b
Ellepot [®] 115,45 cm ³	3,98 a	1,08 a	5,06 a
Ellepot [®] 76,90 cm ³	3,01 b	0,90 a	3,95 b
Tubete 55 cm ³	1,73 c	0,62 b	2,35 c

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

5.1.4 Biomassa seca

Na Tabela 04 constam os dados referentes às biomassas secas das partes aéreas, raiz e total. Entre os clones estudados, o teste de Tukey a 95% de probabilidade revelou diferenças significativas apenas para a biomassa seca de raiz, onde os clones VCC 865 e AEC 144 apresentaram as maiores médias. Não foi observada diferença estatística entre os clones AEC 144 e CO 1407. Para

biomassas secas da parte aérea e total, as maiores médias couberam ao clone CO 1407, ainda que não tenha sido detectada diferença estatística para os demais tratamentos. O clone VCC 865 apresentou a menor biomassa seca total, todavia o seu maior volume de biomassa fresca obtida de raízes, com maior número de raízes fisiologicamente ativas, contribuiu para que esse clone apresentasse uma melhor performance no campo após o plantio. Gomes e Paiva (2013) destacam que a biomassa seca da parte aérea pode ser utilizada com eficiência na indicação do grau de rusticidade das mudas.

Com relação à biomassa seca das raízes, os mesmos autores apontam que esta é uma variável de forte correlação com a sobrevivência e crescimento inicial das mudas após o plantio, tendo em vista que, quanto mais abundante for o sistema radicial, maior será a resistência frente às condições adversas encontradas em campo após o plantio. Para Carneiro (1995), entretanto, a biomassa seca das raízes deve ser utilizada em conjunto com outros parâmetros referentes ao sistema radicial, principalmente os fisiológicos, uma vez que, as raízes muito finas, apesar de desempenharem funções importantes, apresentam pouca contribuição no peso seco do sistema radicial.

Entre os sistemas de produção, o teste de Tukey a 95% de probabilidade apontou diferença significativa para todos os parâmetros avaliados, conforme apresentado na Tabela 04. Para a biomassa seca da parte aérea e total, o sistema Ellepot[®] (115,45 cm³) produziu mudas com as maiores médias quando comparado aos demais sistemas testados, seguido das mudas produzidas no sistema Ellepot[®] (76,90 cm³) e Tubetes (55 cm³). Tais resultados demonstram mais uma vez a superioridade desse sistema na qualidade das mudas produzidas, as quais apresentaram maior desempenho no campo, após o plantio. Lopes et al. (2014) também observaram menores médias de biomassa seca da parte aérea em mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus camaldulensis* e *Corymbia citriodora* produzidas em Tubetes, quando comparadas com mudas produzidas no sistema de blocos prensados, 90 dias após a semeadura.

Quanto à biomassa seca de raízes, as mudas produzidas nos sistemas Ellepot[®] (115,45 cm³ e 76,90 cm³) apresentaram médias superiores às produzidas em Tubetes (55 cm³), com destaque para o sistema Ellepot[®] de 115,45 cm³, que obteve as maiores médias para esta variável (Tabela 04). Resultados compatíveis

foram observados por Leles et al. (2000), onde as menores médias de biomassa seca das partes aérea e radicial foram verificadas em mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus pellita* produzidas em Tubetes, quando comparadas com mudas produzidas no sistema de blocos prensados. Barroso et al. (2000) também verificaram o mesmo comportamento em mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urophylla* produzidas em Tubetes, aos 75 dias após a semeadura. Os resultados obtidos no presente trabalho e nas literaturas citadas demonstram mais uma vez a ineficiência dos Tubetes de plástico rígido, os quais promovem restrição radicial e, conseqüentemente, baixa performance das mudas no viveiro e campo, após o plantio.

Tabela 4 – Valores médios de biomassa seca das partes aérea, raiz e total de mudas de *Eucalyptus* spp. pertencentes aos clones VCC 865, CO 1407 e AEC 144, 100 dias após o estaqueamento

Tratamento	Biomassa Seca		
	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Total (g)
CO 1407	1,99 a	0,52 b	2,50 a
AEC 144	1,84 a	0,54 ab	2,37 a
VCC 865	1,69 a	0,64 a	2,33 a
Ellepot [®] 115,45 cm ³	2,44 a	0,68 a	3,12 a
Ellepot [®] 76,90 cm ³	2,01 b	0,60 a	2,61 b
Tubete 55 cm ³	1,08 c	0,40 b	1,48 c

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

5.2 Potencial de Regeneração de Raízes (PRR)

Nas Tabelas 01, 02 e 03 do ANEXO C são apresentadas as análises de variância do número total de raízes regeneradas e de raízes novas nas porções superior e inferior, referentes à avaliação do PRR em Tubos. Não houve interações significativas entre os fatores, demonstrando que os mesmos influenciam de forma separada as variáveis testadas.

5.2.1 Número total de raízes regeneradas

Os dados correspondentes ao número total de raízes regeneradas encontram-se na Tabela 05. O teste Tukey a 95% de probabilidade apontou diferenças estatísticas entre os clones estudados, sendo que o VCC 865 obteve a maior média quando comparado aos demais, destacando-se com o maior potencial de regeneração de raízes. Assim como observado por Lopes (2005), os menores valores de peso de matéria fresca verificados para os clones AEC 144 e CO 1407 podem ter contribuído para a menor formação de novas raízes.

Serpa et al. (2017) também verificaram diferenças significativas no teste de PRR em Tubos entre os diferentes clones estudados e enfatizaram a importância da emissão de novas raízes para o estabelecimento e desempenho após o plantio, principalmente em áreas sujeitas a longos períodos de seca. Barroso et al. (2000), em pesquisas com mudas de eucalipto, mostraram que baixos valores de PRR afetam negativamente a sobrevivência das mudas após o plantio. Novaes et al. (2002), trabalhando com *Pinus taeda*, observaram que as mudas que apresentaram maior capacidade de regeneração de raízes no teste de PRR em Tubos também demonstraram maior taxa de sobrevivência e crescimento inicial a nível de campo. Para a espécie citada, estes autores consideraram o Potencial de Regeneração de Raízes um parâmetro fisiológico confiável na determinação da qualidade das mudas.

Quanto aos sistemas de produção, as mudas produzidas em Ellepot's[®] apresentaram as maiores médias diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, destacando o Ellepot[®] (115,45 cm³) com 121% a mais de raízes novas regeneradas, quando comparado ao sistema de Tubetes (Tabela 05), resultados estes, confirmados pela boa performance verificada no campo das mudas produzidas neste sistema. As menores médias para essa variável couberam às mudas produzidas no sistema de Tubetes (55 cm³) o que, provavelmente, está associado ao confinamento imposto pelas paredes desses recipientes ao sistema radicial, provocando redução na formação e alongamento de novas raízes.

Resultados similares aos observados no presente trabalho foram verificados por Serpa et al. (2017) em sua pesquisa com diferentes clones de *Eucalyptus* spp., e Oliveira Júnior (2013), com mudas de *Eucalyptus urophylla*. Barroso et al. (2000), trabalhando com mudas de *Eucalyptus* produzidas em diferentes sistemas de produção, verificaram que os blocos prensados apresentaram maior PRR e

sobrevivência após o plantio, quando comparados com mudas produzidas em Tubetes (55 cm³).

Tabela 5 – Valores médios do número total de raízes regeneradas em Tubos, 30 dias após o transplante

Tratamento	Número Total
VCC 865	40,87 a
AEC 144	28,53 b
CO 1407	26,67 b
Ellepot [®] 115,45 cm ³	46,62 a
Ellepot [®] 76,90 cm ³	36,43 b
Tubete 55 cm ³	14,52 b

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

5.2.2 Distribuição de raízes regeneradas

Os dados de distribuição horizontal das raízes regeneradas estão expressos na Tabela 06, os quais foram analisados por meio de estatística não paramétrica. Para todos os clones avaliados, os resultados apontam para uma distribuição espacial homogênea de raízes em todos os quadrantes, destacando-se o clone VCC 865 com maior quantidade de raízes regeneradas, o que pressupõe mudas com eficiente capacidade de exploração do solo após o plantio. Os demais clones se equivaleram em quantidades de raízes produzidas. Resultados similares foram observados por Serpa et al. (2017), avaliando a distribuição de raízes em diferentes clones de *Eucalyptus* spp.

Quanto aos sistemas de produção, a mesma analogia pode ser considerada quanto à distribuição homogênea de raízes nos quatro quadrantes, podendo destacar o sistema de produção em Ellepot[®] (115,45 cm³), o qual apresentou raízes com melhor homogeneidade de distribuição, e ainda, maior quantidade de raízes regeneradas quando comparada aos demais tratamentos, principalmente com o sistema de produção de mudas em Tubetes (Tabela 06). Novaes (1998), trabalhando com mudas de *Pinus taeda* no sistema de blocos prensados, livre de restrições ao desenvolvimento das raízes, também observou uma distribuição

homogênea de raízes em todos os quadrantes e, conseqüentemente, melhor desempenho após o plantio. Este mesmo autor observou que mudas provenientes de Tubetes apresentaram tendência de distribuição em um único quadrante, resultando em baixo desempenho no campo.

Tabela 6 – Número de raízes regeneradas, em cada quadrante horizontal, de mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes, 30 dias após o transplante em Tubos

Tratamentos	Quadrante			
	A	B	C	D
VCC 865	10,29	9,83	10,79	9,96
CO 1407	7,13	5,79	7,08	6,67
AEC 144	7,60	6,60	6,87	7,47
Ellepot® 115,45 cm ³	11,24	10,29	12,90	12,19
Ellepot® 76,90 cm ³	10,14	8,57	9,29	8,43
Tubete 55 cm ³	3,95	3,71	3,14	3,71

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Ainda no presente estudo, foi avaliado o crescimento e distribuição das raízes nas porções superiores e inferiores dos Tubos, cujos dados encontram-se na Tabela 07. Quanto à distribuição das raízes na parte superior, o clone VCC 865 apresentou o maior número de raízes regeneradas, seguido do clone CO 1407, sem diferença estatística entre si. O clone AEC 144 apresentou as menores médias para essa variável e diferença estatística quando comparado ao clone VCC 865. A maior concentração de raízes novas na porção superior dos Tubos, por parte dos clones VCC 865 e CO 1407, sugere a capacidade destes na produção de grande quantidade de raízes nas primeiras camadas do solo, favorecendo um maior aproveitamento de água e nutrientes e, conseqüentemente, melhor performance no campo (MAGALHÃES, 2013; SERPA et al., 2017).

Entre os sistemas de produção, as maiores médias para o número de raízes regeneradas na porção superior couberam às mudas produzidas no sistema Ellepot® (115,45 e 76,90 cm³) com ampla superioridade, quando comparado com as mudas produzidas no sistema de Tubetes, apresentando diferença significativa pelo teste Tukey a 95% de probabilidade. Mudas com essas características, provavelmente apresentarão no campo, após o plantio, maiores índices de sobrevivência e

crescimento inicial. As menores médias foram verificadas em Tubetes (55 cm³), provavelmente em decorrência do confinamento de raízes para baixo, imposto pelas paredes desses recipientes. Novaes (1998) também verificou uma baixa regeneração de raízes em mudas de *Pinus taeda* provenientes de Tubetes (55 cm³) quando comparadas com mudas produzidas em raiz nua e blocos prensados.

Para o número de raízes regeneradas na parte inferior, os clones VCC 865 e AEC 144 se destacaram, apresentando as maiores médias e diferenciando-se estatisticamente do clone CO 1407, o qual obteve as menores médias para essa variável. Os clones que obtiveram maiores médias de raízes novas para essa variável quando somados às maiores médias para a variável anterior, demonstraram alto potencial de enraizamento e, portanto, melhores performances no campo. Além disso, a maior quantidade de raízes regeneradas na porção inferior dos Tubos de alguns clones indica que estes podem apresentar resistência à deficiência hídrica pela maior capacidade de aprofundamento de suas raízes (LI et al., 2000; MAGALHÃES, 2013; COSTA, 2017).

Quanto aos sistemas de produção de mudas, o recipiente biodegradável Ellepot[®], com 115,45 cm³ de capacidade volumétrica, apresentou as maiores médias, todavia não houve diferença significativa para o sistema em Tubetes (55 cm³) e Ellepot[®] (76,90 cm³). Ao comparar a regeneração de raízes nas partes superior e inferior, observa-se que as mudas provenientes de Tubetes (55 cm³) concentraram suas raízes na porção inferior dos Tubos, motivo pelo qual, apresentou destaque para esta variável. Conforme Novaes (1998), esse aspecto está associado com as paredes dos Tubetes, que confinam as raízes e as direcionam para baixo.

Tabela 7 – Número de raízes regeneradas de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. produzidas em Ellepot[®] e Tubetes, nas porções superior e inferior dos Tubos, 30 dias após o transplante em Tubos

Tratamento	Número de raízes regeneradas	
	Porção Superior	Porção Inferior
VCC 865	23,33 a	17,54 a
CO 1407	19,50 ab	7,17 b
AEC 144	15,47 b	13,07 ab
Ellepot [®] 115,45 cm ³	30,62 a	16,00 a

Ellepot [®] 76,90 cm ³	24,86 a	11,57 a
Tubete 55 cm ³	4,52 b	10,00 a

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 95% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

5.3 Correlações entre o Potencial de Regeneração de Raízes – PRR e o desempenho das mudas no campo, quatro meses após o plantio

Utilizando-se como base as médias de todos os tratamentos, foi efetuado o cálculo das correlações entre o PRR e o desempenho das plantas no campo a partir das mensurações mensais da altura da parte aérea e do diâmetro ao nível do solo (Tabela 08).

O número total de raízes regeneradas (PRR Total) e o número de raízes regeneradas na porção superior dos Tubos (PRR Superior) apresentaram correlações significativas com o diâmetro ao nível do solo das mudas, 30 dias após o plantio. Já o número de raízes regeneradas na porção inferior (PRR Inferior) apresentou correlações significativas com a altura da parte aérea aos 30, 60 e 90 dias, e diâmetro ao nível do solo aos 90 e 120 dias.

Apesar das demais correlações não apresentarem significância, ainda assim houve uma tendência de aumento dos valores desses parâmetros na medida em que aumentou o número de raízes regeneradas. À luz desses resultados, o potencial de regeneração de raízes, dentre outros parâmetros de avaliação, demonstrou maior segurança ao prognosticar o desempenho das mudas no campo. Resultados similares foram obtidos por Barroso et al. (2000), trabalhando com mudas de *Eucalyptus*, que observaram correlações significativas entre os valores de PRR e os parâmetros altura da parte aérea e diâmetro ao nível do solo. Novaes et al. (2014), em seu estudo com mudas de Nim Indiano, também encontraram correlações significativas do PRR com o desempenho das plantas no campo, sugerindo ser o Potencial de Regeneração de Raízes um parâmetro confiável na determinação da qualidade de mudas.

Tabela 8 – Correlações entre o potencial de regeneração de raízes (PRR total, superior e inferior), altura da parte aérea (H) e diâmetro de colo (D) de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em Ellepot® e Tubetes, no período de 120 dias após o plantio em campo

	30 dias		60 dias		90 dias		120 dias	
	H	D	H	D	H	D	H	D
PRR Total	0,751	0,948*	0,709	0,676	0,791	0,798	0,668	0,737
PRR Superior	0,602	0,886*	0,524	0,591	0,646	0,641	0,539	0,572
PRR Inferior	0,909*	0,770	0,995*	0,673	0,923*	0,965*	0,797	0,950*

*Significativo ao nível de 95% de probabilidade

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

5.4 Distribuição do sistema radicial no campo, 120 dias após o plantio

5.4.1 Quantificação, comprimento e profundidade de raízes laterais

Na Tabela 09 constam os dados do número de raízes laterais, comprimento e profundidade do sistema radicial. Observou-se, através de análise estatística não paramétrica, que o clone VCC 865 apresentou a maior média de raízes laterais, seguido dos clones CO 1407 e AEC 144.

Para o comprimento do sistema radicial, os clones AEC 144 e VCC 865 apresentaram as maiores médias, destacando-se o primeiro. Já o clone CO 1407 apresentou as menores médias.

Quando pesquisada a profundidade do sistema radicial, o clone VCC 865 apresentou as maiores médias, seguido dos clones AEC 144 e CO 1407. Ressalta-se a superioridade do clone VCC 865 com maior capacidade de aprofundamento de suas raízes no solo, o qual se destacou entre os demais na fase de viveiro e PRR, apresentando as maiores médias para a maioria dos parâmetros pesquisados.

Quanto aos sistemas de produção, o maior número de raízes laterais, bem como o maior comprimento e profundidade do sistema radicial, foram obtidos em plantas originadas do sistema Ellepot® (115,45 cm³), seguido do sistema Ellepot® (76,90 cm³). Novaes (1998), trabalhando com mudas de *Pinus taeda*, 18 meses após o plantio, constatou maior média de raízes laterais no sistema de blocos prensados, sendo a menor média obtida para o sistema de produção em Tubetes.

Tabela 9 – Número de raízes laterais, comprimento e profundidade do sistema radicial de mudas de *Eucalyptus* spp., 120 dias após o plantio

Tratamento	Raízes laterais (nº)	Sistema radicial	
		Comprimento (cm)	Profundidade (cm)
VCC 865	33	55	39
CO 1407	28	52	33
AEC 144	24	58	37
Ellepot [®] 115,45 cm ³	37	61	38
Ellepot [®] 76,90 cm ³	26	55	36
Tubete 55 cm ³	22	49	35

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

5.4.2 Distribuição radicial no campo

Quanto à distribuição das raízes no campo, as Figuras 04, 05 e 06 mostram a arquitetura radicial, respectivamente, das mudas produzidas no sistema Ellepot[®] (115,45 cm³ e 76,90 cm³) e Tubetes (55 cm³). Observa-se que as mudas produzidas no sistema Ellepot[®] apresentaram raízes laterais bem desenvolvidas e com maior concentração na parte superior do solo, presumivelmente onde se encontram as melhores condições nutricionais, enquanto observa-se uma raiz voltada para baixo, cumprindo a função de pivotante, seguindo o geotropismo positivo.

Essa arquitetura radicial, aliada ao maior potencial de regeneração de raízes, provavelmente deva ter contribuído com os resultados significativos alcançados no campo. Observações similares foram feitas por Barroso et al. (2000), onde as plantas de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis*, com melhor distribuição radicial, apresentaram também o melhor desempenho aos 10 meses após o plantio. Segundo estes autores, a presença de uma raiz pivotante definida e direcionada, somada à emissão de grande quantidade de raízes laterais nas camadas superficiais do solo, contribuiu para tais resultados.

Quanto às mudas produzidas em Tubetes (Figura 06), observa-se uma distribuição desuniforme das raízes laterais com uma porção concentrada na parte superior e outra na parte inferior do sistema radicial. Observa-se, ainda, algumas raízes confinadas para baixo, em decorrência da confinação das mesmas pelas paredes laterais desses recipientes e cumprindo, assim, a função da raiz pivotante.

Novaes (1998), trabalhando com mudas de *Pinus taeda*, observou que os Tubetes comprometeram o crescimento das raízes laterais através do seu confinamento e direcionamento para a parte de baixo do recipiente, bem como na indução de deformações radiciais, o que refletiu na menor taxa de sobrevivência e desempenho inicial das plantas no campo.

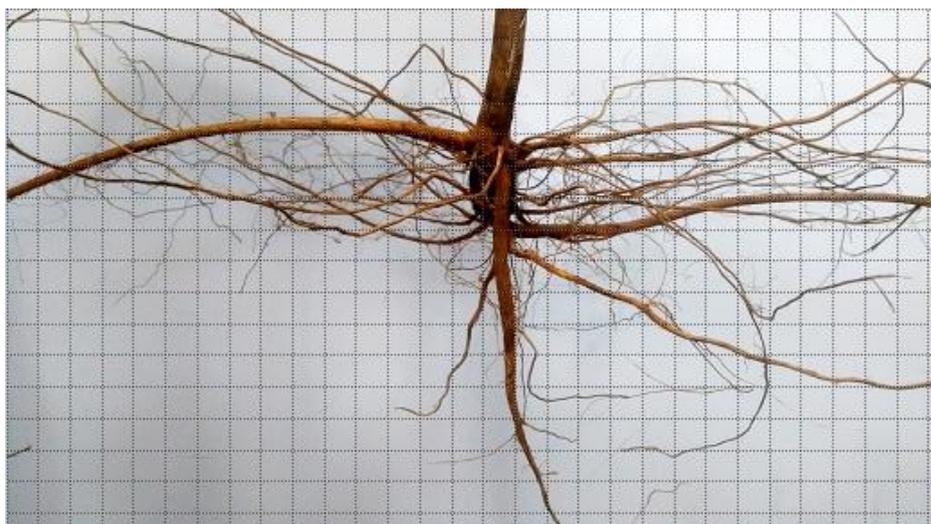


Figura 4 – Distribuição radicial de mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Ellepot® (115,45 cm³), 120 dias após o plantio
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).



Figura 5 – Distribuição radicial de mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Ellepot® (76,90 cm³), 120 dias após o plantio
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

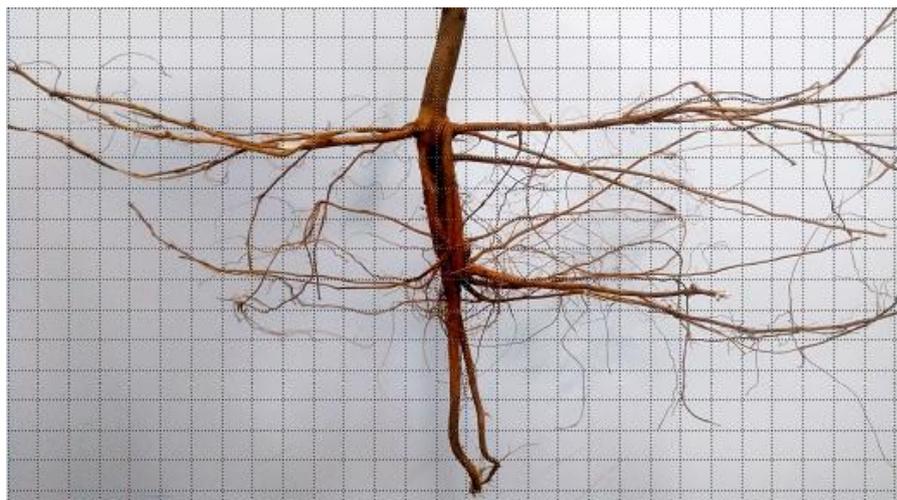


Figura 6 – Distribuição radicial de mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Tubete (55 cm³), 120 dias após o plantio
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

As Figuras 07, 08 e 09 mostram aspectos da distribuição espacial das raízes originadas de mudas produzidas nos sistemas Ellepot[®] e Tubetes. As mudas produzidas no sistema Ellepot[®] apresentaram distribuição radicial mais homogênea quando comparadas ao sistema de Tubetes, destacando-se o sistema Ellepot[®] (115,45 cm³) com maior número e uniformidade de raízes distribuídas nos quatro quadrantes.

Essa adequada distribuição espacial de raízes, muito provavelmente deva ter contribuído para uma exploração mais eficiente do solo e, conseqüentemente, favorecido a alta taxa de sobrevivência e crescimento inicial observadas em campo. Novaes et al. (2002), trabalhando com mudas de *Pinus taeda* nos sistemas de produção em blocos prensados e raiz nua, também atribuíram sua boa performance às características radiciais das mudas. Quanto às mudas produzidas no sistema de Tubetes (55 cm³), a Figura 09 mostra uma distribuição desuniforme de raízes que se concentraram em três quadrantes.

Mattei (1993), trabalhando com mudas produzidas em Tubetes (55 cm³), também observou uma distribuição radicial irregular, com raízes presentes em apenas dois quadrantes, quando confrontadas com mudas oriundas de semeadura direta. De acordo com Haase et al. (1993), plantas com essas características apresentam grande mortalidade e uma baixa taxa de crescimento inicial após o plantio em campo, o que é corroborado por Novaes (1998).

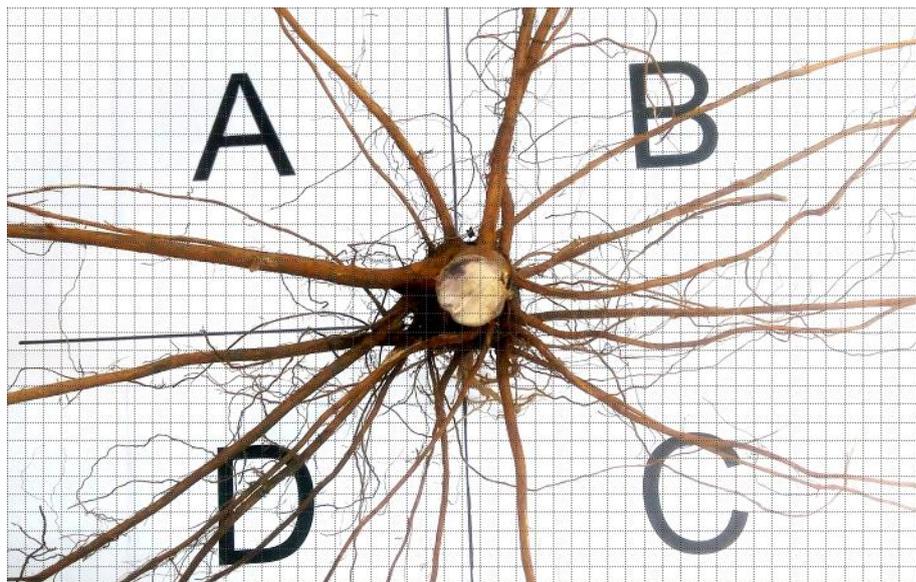


Figura 7 – Distribuição radicial em quadrantes de mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Ellepot® (115,45 cm³), 120 dias após o plantio
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

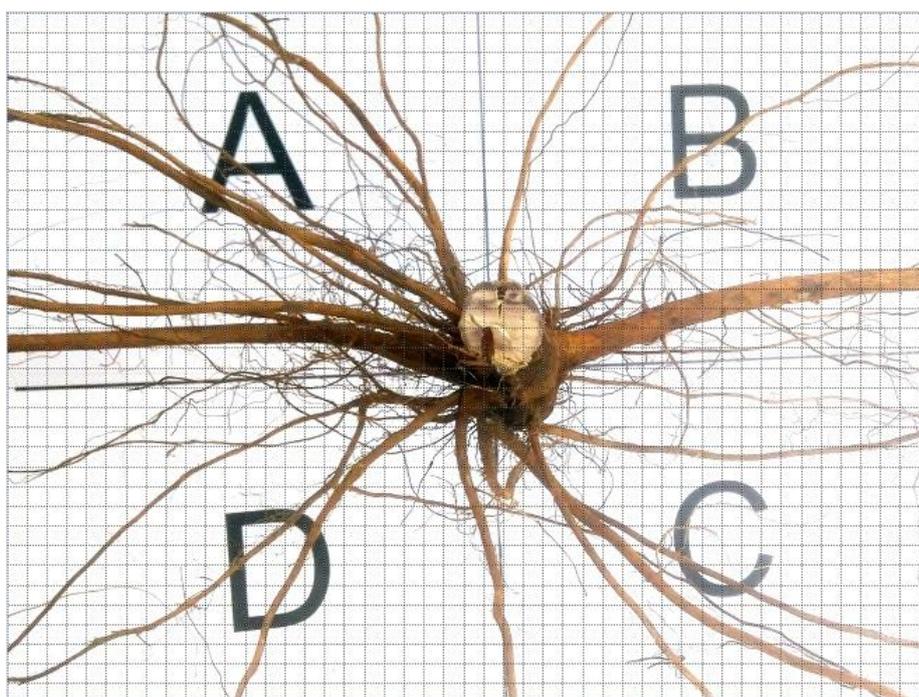


Figura 8 – Distribuição radicial em quadrantes de mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Ellepot® (76,90 cm³), 120 dias após o plantio
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

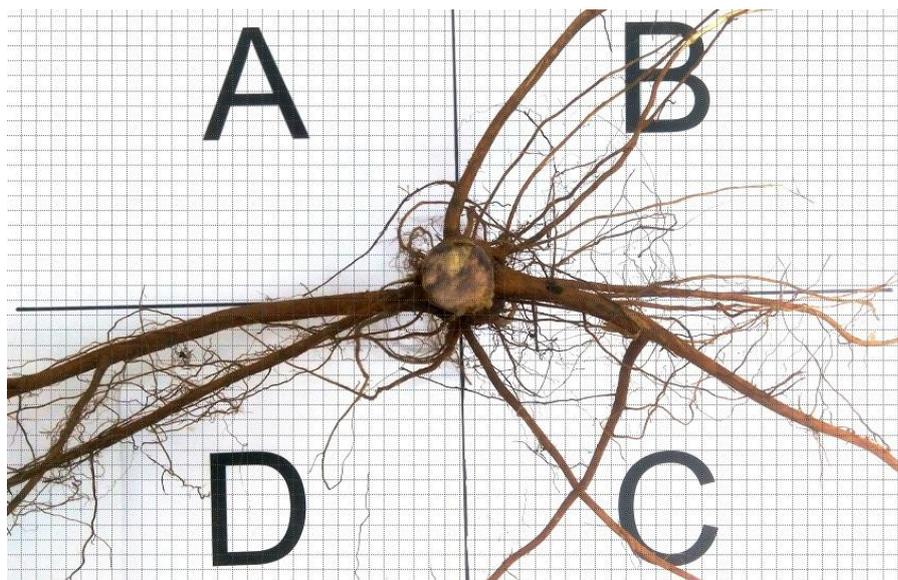


Figura 9 – Distribuição radicial em quadrantes de mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Tubetes (55 cm³), 120 dias após o plantio
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

5.4.3 Deformações radiciais

Os dados relativos à avaliação de deformações radiciais constam na Tabela 10. Entre os clones avaliados, o menor número de deformações radiciais foi encontrado em mudas do clone VCC 865, seguido pelo CO 1407. Vale ressaltar que o clone VCC 865 apresentou as maiores médias para quase todos os parâmetros avaliados em viveiro e campo. As maiores deformações radiciais couberam ao clone AEC 144, em que foi constatado o menor desempenho no viveiro e no campo.

Entre os sistemas de produção, as menores médias de deformações radiciais couberam ao sistema Ellepot[®] de maior capacidade volumétrica. Estes resultados estão associados às boas condições de desenvolvimento radicial proporcionadas por este sistema de produção, o qual favorece o desenvolvimento livre das raízes, sem que haja deformações ainda no viveiro. Já as mudas produzidas no sistema de Tubetes (55 cm³) apresentaram alto número de deformações radiciais, principalmente estrangulamentos, além de dobras e espiralamentos, tendo em vista a limitação de desenvolvimento do sistema radicial imposta pelas paredes desses recipientes de menores dimensões. Em oposição, as películas que funcionam como paredes dos recipientes biodegradáveis facilitam, em grande proporção, a passagem livre das raízes laterais.

Tabela 10 – Quantificação de deformações radiciais encontradas em mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em Ellepot® e Tubetes, 120 dias após o plantio

Tratamento	Dobra	Espiralamento	Estrangulamento	Total
VCC 865	3,5	3,0	5,0	11,5
CO 1407	5,0	2,0	6,0	13,0
AEC 144	4,5	3,5	7,5	15,5
Ellepot® 115,45 cm ³	3,5	1,0	3,0	7,5
Ellepot® 76,90 cm ³	2,5	1,5	3,0	7,0
Tubete 55 cm ³	7,5	5,0	12,0	24,5

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Os dados obtidos para estes resultados permitiram o cálculo dos coeficientes de deformações radiciais, apresentados na Tabela 11. O menor coeficiente de deformações radiciais foi observado em mudas do clone VCC 865, bem como no sistema Ellepot® (115,45 cm³).

Tabela 11 – Coeficientes de deformações radiciais (CDR) em mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes, 120 dias após o plantio

Tratamento	CDR (%)
AEC 144	0,67
CO 1407	0,46
VCC 865	0,30
Tubete 55 cm ³	1,11
Ellepot® 76,90 cm ³	0,27
Ellepot® 115,45 cm ³	0,20

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Conforme as Figuras 10 e 11, na medida em que este coeficiente aumentou, houve uma redução no desenvolvimento em altura da parte aérea e diâmetro ao nível do solo das mudas no campo, após o plantio. O alto coeficiente de deformações radiciais observado em mudas produzidas no sistema de Tubetes está associado ao baixo desempenho de suas plantas no campo.

Autores como Mattei (1993) e Novaes (1998), trabalhando com mudas de *Pinus taeda*; Mello (1989), com mudas de *Eucalyptus* spp., e Neves et al. (2005), com mudas de *Acacia mearnsii*, também reportaram que as deformações radiciais

ocasionadas pelo recipiente utilizado na fase de produção das mudas tendem a persistir após o plantio no campo. Novaes (1998) observou que na medida em que as deformações radiciais aumentaram no campo, houve uma redução no desenvolvimento das plantas de *Pinus taeda*, o que também foi verificado no presente trabalho.

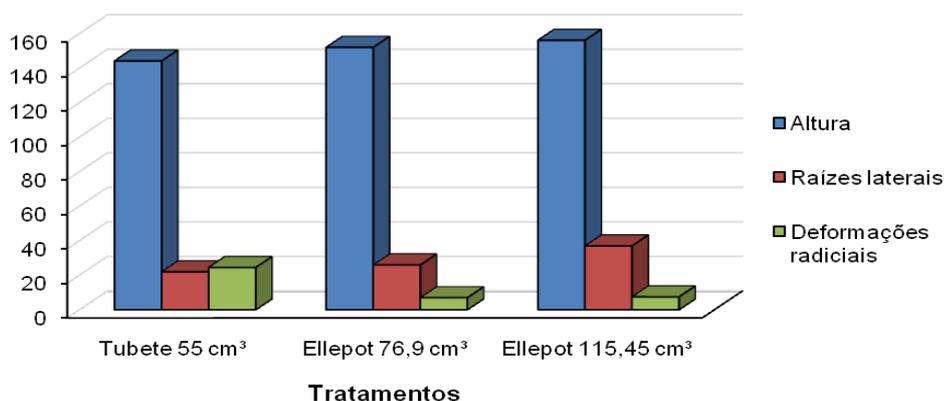


Figura 10 – Altura da parte aérea, número de raízes laterais e deformações radiciais de mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes, 120 dias após o plantio
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

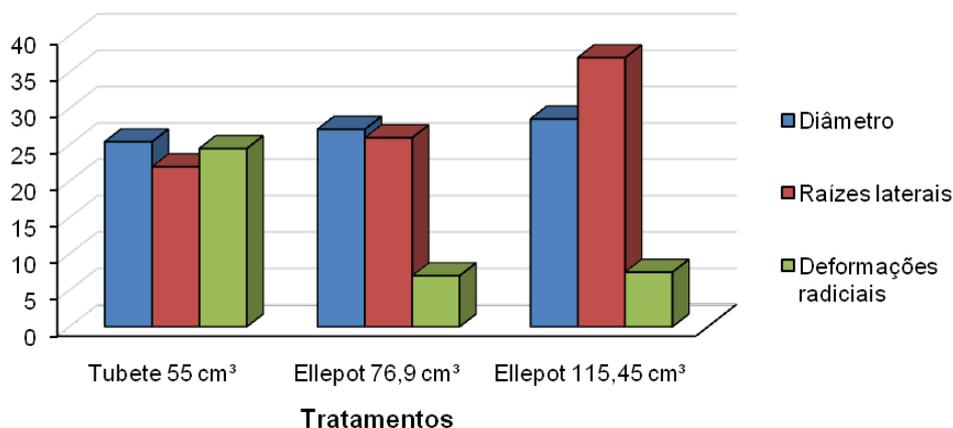


Figura 11 – Diâmetro ao nível do solo, número de raízes laterais e deformações radiciais de mudas clonais de *Eucalyptus* spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes, 120 dias após o plantio
Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

5.5 Desempenho das mudas no campo

As análises de variância correspondentes aos dados de altura da parte aérea e diâmetro ao nível do solo, encontram-se nas Tabelas 01 a 08 do ANEXO D. Observou-se apenas efeito isolado de cada fator sobre os parâmetros avaliados.

5.5.1 Índice de sobrevivência

As avaliações da sobrevivência das mudas foram realizadas mensalmente no período de 120 dias, desconsiderando as perdas ocasionadas por fatores externos, como ataque de formigas.

Os dados constantes na Tabela 12 apontam para 100% de sobrevivência para todos os tratamentos durante o período estudado. Esta observação pode estar atrelada às boas condições climáticas da região de plantio, destacando-se a alta precipitação pluviométrica ocorrida durante o período de estudo, portanto favoráveis ao desenvolvimento das plantas (Tabela 13).

Ressalta-se ainda o estabelecimento de técnicas de manejo corretamente empregadas, podendo destacar o uso de hidrogel, que podem ter contribuído para o estabelecimento inicial das plantas no campo. Lopes et al. (2014) também encontraram altas taxas de sobrevivência, sendo estatisticamente equivalentes, as médias observadas para mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urophylla* produzidas em blocos prensados e Tubetes, aos 60 dias após o plantio. Gomes et al. (2002), ao reportarem sobre a taxa de sobrevivência de plantas em campo, relatam a importância das condições da área de plantio, mesmo em se tratando de mudas de alto padrão de qualidade.

Tabela 12 – Porcentagem de sobrevivência de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em Ellepot® e Tubetes, 120 dias após o plantio

Tratamento	Sobrevivência (%)
VCC 865	100
CO 1407	100
AEC 144	100
Tubete 55 cm ³	100
Ellepot® 76,90 cm ³	100
Ellepot® 115,45 cm ³	100

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 13 – Dados meteorológicos da região de plantio, no período de 120 dias

Mês	Temperatura (°C)		Umidade (%)		Precipitação pluviométrica (mm)
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	
Agosto/2017	19,46	20,70	81,56	86,39	113,80
Setembro/2017	20,22	21,50	81,92	87,04	138,80
Outubro/2017	21,94	23,30	79,08	84,19	40,80
Novembro/2017	23,13	24,27	81,44	85,93	291,00

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

5.5.2 Crescimento inicial em altura e diâmetro ao nível do solo de mudas pertencentes aos clones VCC 865, AEC 144 e CO 1407

As análises de crescimento inicial no período de 120 dias após o plantio, relativos aos clones estudados, encontram-se nas Figuras 12 e 13. O teste Tukey a 95% de probabilidade mostrou que o clone VCC 865 se destacou com as maiores médias de altura da parte aérea em todo o período de avaliações (Figura 12), embora não tenham sido constatadas diferenças estatísticas, quando comparado com o clone AEC 144 aos 60, 90 e 120 dias, e com o clone CO 1407, aos 120 dias após o plantio.

Vale ressaltar a superioridade deste material genético, cujos resultados de campo podem estar associados aos maiores valores alcançados nos parâmetros avaliados na fase de viveiro, principalmente no teste de PRR, onde foram observadas as maiores médias. Cabe salientar ainda que este clone foi desenvolvido na região de plantio e, dessa forma, encontra-se mais adaptado às condições ambientais locais. Diversos autores têm pesquisado o desempenho de genótipos submetidos a condições ambientais específicas, sendo constatado maior desenvolvimento em locais com características mais próximas das respectivas regiões de seleção (MAGALHÃES, 2013; SOUZA et al., 2017).

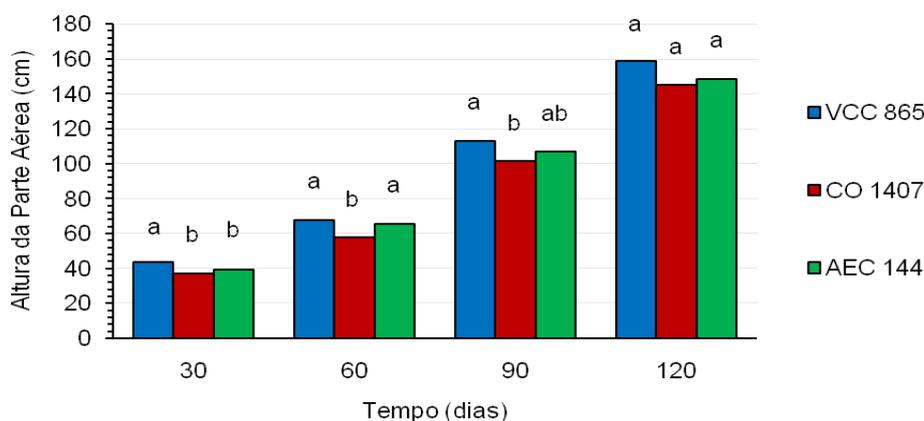


Figura 12 – Valores médios de altura da parte aérea, relativos aos clones VCC 865, CO 1407 e AEC 144, no período de 120 dias após o plantio
 Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Para o diâmetro ao nível do solo, o clone VCC 865 alcançou as maiores médias ao final do período de 120 dias, ainda que não tenham sido detectadas diferenças estatísticas para o clone AEC 144, que foi estatisticamente equivalente ao CO 1407 (Figura 13). Analogamente aos resultados para a altura da parte aérea, o clone VCC 865 também se destacou para o diâmetro ao nível do solo, presumindo que estes resultados obtidos devam estar associados ao seu bom desempenho alcançado na avaliação dos parâmetros pesquisados na fase de viveiro. De acordo com Gomes e Paiva (2013), o desempenho satisfatório das plantas em campo deve-se, em grande parte, ao padrão de qualidade das mudas produzidas.

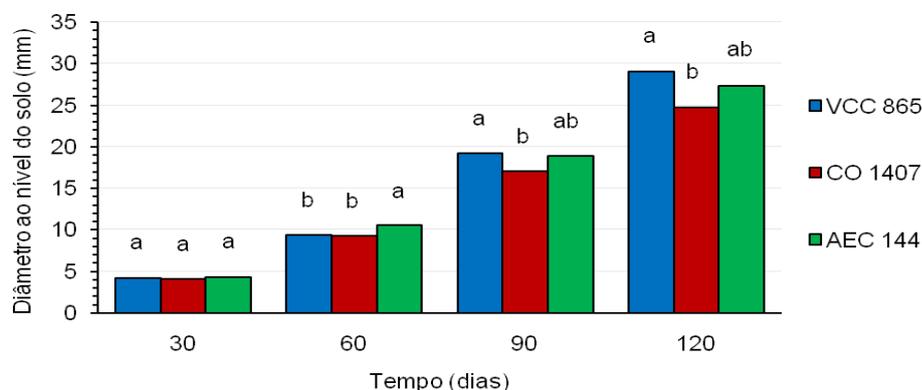


Figura 13 – Valores médios de diâmetro ao nível do solo, relativos aos clones VCC 865, CO 1407 e AEC 144, no período de 120 dias após o plantio
 Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Os dados coletados e processados para a altura da parte aérea (Figura 14) permitiram avaliar o ritmo de crescimento das plantas neste mesmo período. O clone VCC 865 destacou-se com o maior ritmo de crescimento em altura, quando comparado com os demais clones estudados no presente trabalho. As características de adaptação desse clone às condições edafoclimáticas da região de plantio também favoreceram ao seu bom desempenho no campo.

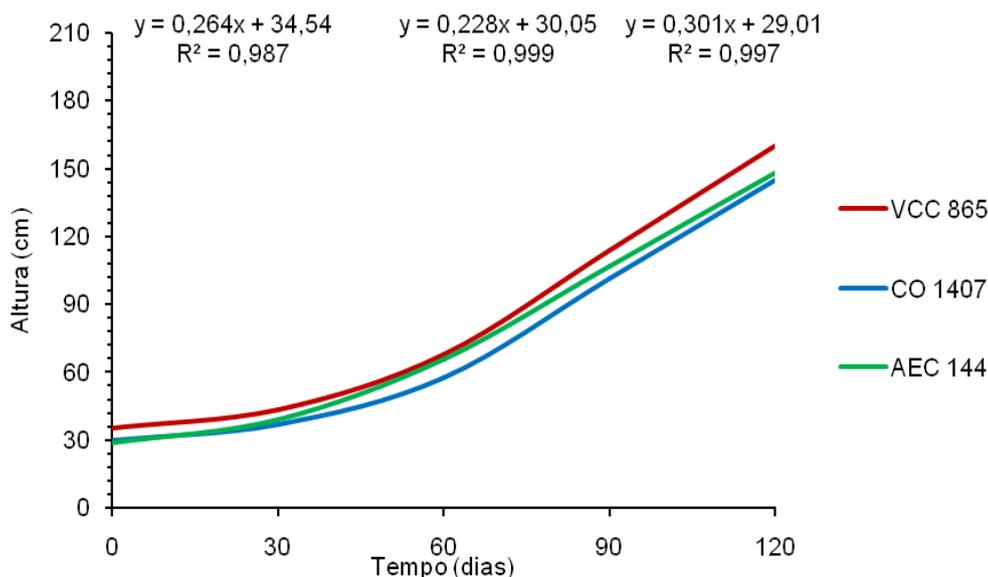


Figura 14 – Crescimento inicial em altura de mudas de *Eucalyptus* spp., relativo aos clones VCC 865, CO 1407 e AEC 144 no período de 120 dias após o plantio
 Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Quanto ao diâmetro ao nível do solo, verificou-se um ritmo de crescimento similar ao observado para a variável altura, destacando-se, novamente, o clone VCC 865 com o maior ritmo de crescimento (Figura 15). O maior crescimento para todos os clones foi observado após os 60 dias de plantio, coincidindo com o período de realização da adubação de cobertura.

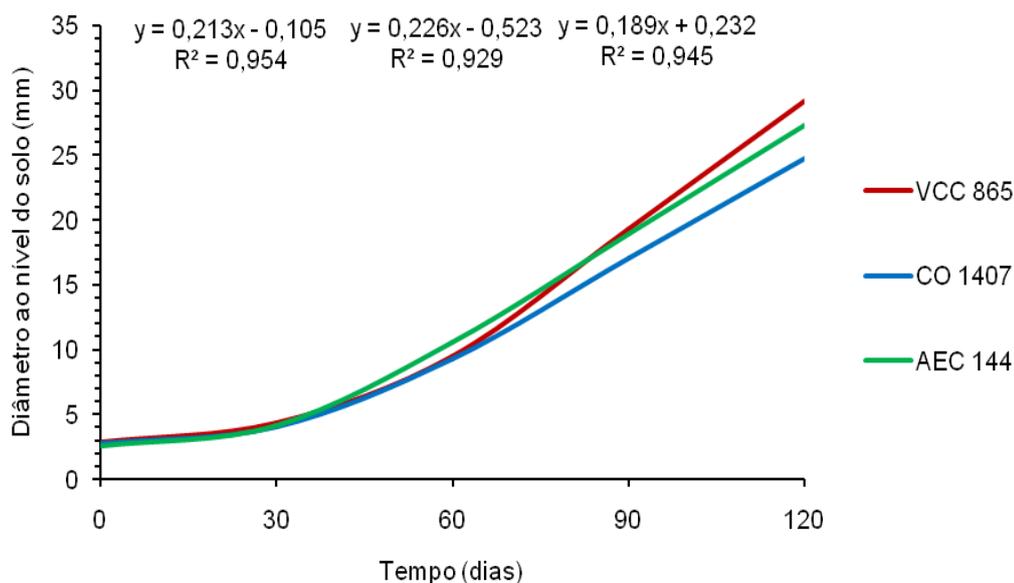


Figura 15 – Crescimento inicial em diâmetro ao nível do solo de mudas de *Eucalyptus*, relativo aos clones VCC 865, CO 1407 e AEC 144, no período de 120 dias após o plantio
 Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

5.5.3 Crescimento inicial em altura e diâmetro ao nível do solo de mudas produzidas nos sistemas Ellepot[®] e Tubetes

As médias referentes à altura da parte aérea e diâmetro ao nível do solo no período de 120 dias após o plantio estão apresentadas nas Figuras 16 e 18. Quanto à avaliação da altura da parte aérea, verificou-se que o sistema Ellepot[®] (115,45 cm³) produziu mudas com as maiores médias durante todo o período de avaliação (Figura 16) quando comparado aos demais sistemas. No entanto, foi constatada diferença significativa apenas aos 30 e 60 dias após o plantio. O sistema de produção em Ellepot[®], especialmente o de maior volume de substrato, produziu ao longo dessa pesquisa, nas fases de viveiro e campo, as maiores médias para a maior parte das características avaliadas, apresentando-se ainda com maior ritmo de crescimento inicial em todo o período estudado no campo, tendência essa mostrada na Figura 17, cuja equação de regressão ajustada com $R^2 = 93,6$ é a seguinte:

$$y = 1,041x + 20,78$$

Já o sistema Ellepot[®] (76,90 cm³) apresentou a segunda maior média em todo o período de avaliação, não havendo diferença significativa quando comparado ao sistema em Tubetes (55 cm³) aos 30 e 60 dias, bem como para o sistema Ellepot[®]

(115,45 cm³) aos 90 e 120 dias após o plantio. Quanto ao sistema de Tubetes (55 cm³), este apresentou as médias mais baixas de altura da parte aérea em todas as fases de avaliação no viveiro e campo, inclusive com menor ritmo de crescimento no período estudado (Figura 17). Tais resultados são compatíveis aos encontrados por Morgado et al. (2000), que verificaram, aos 90 dias após o plantio, médias de altura da parte aérea em plantas de *Eucalyptus grandis* produzidas em Tubetes, estatisticamente inferiores quando comparadas àquelas advindas do sistema de blocos prensados.

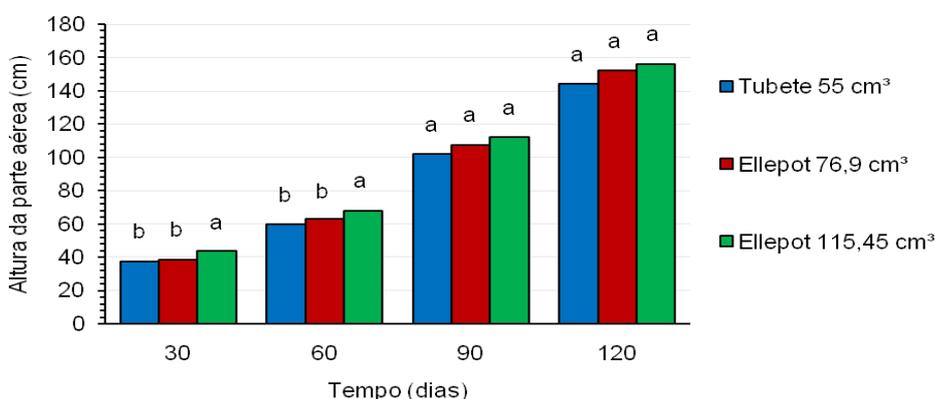


Figura 16 – Valores médios de altura da parte aérea de mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes, no período de 120 dias
 Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

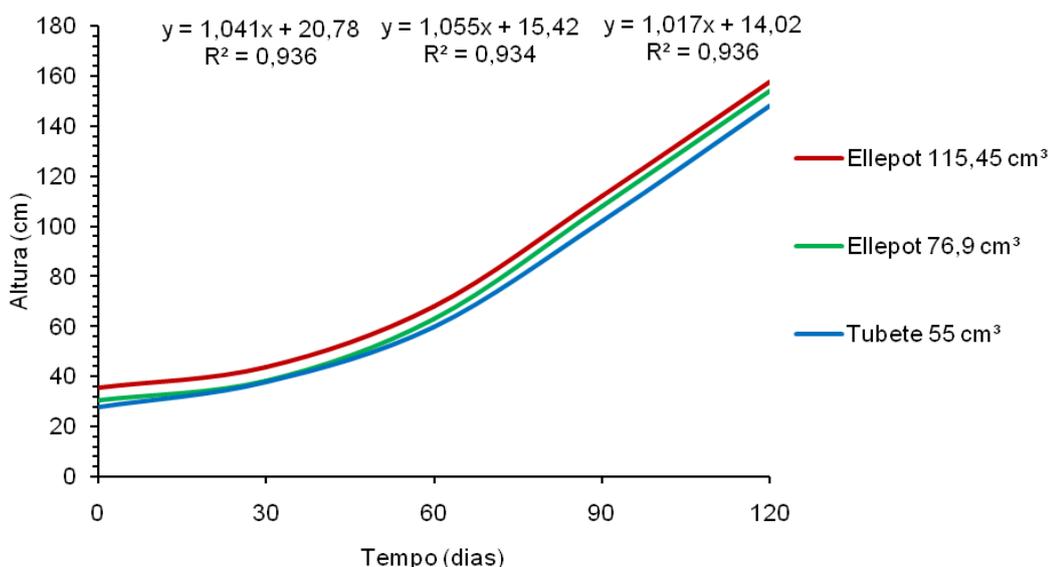


Figura 17 – Crescimento inicial em altura da parte aérea de mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes, no período de 120 dias
 Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Quanto ao diâmetro ao nível do solo, as maiores médias em todo o período de avaliação, conforme mostradas na Figura 18, couberam às mudas produzidas no sistema Ellepot[®] (115,45 cm³), as quais não apresentaram diferenças significativas para o sistema Ellepot[®] (76,90 cm³) aos 60, 90 e 120 dias, bem como para o sistema de Tubetes (55 cm³) aos 120 dias. Salienta-se que o sistema Ellepot[®] (115,45 cm³) mais uma vez se destacou entre os demais tratamentos, apresentando um ritmo de crescimento acentuado neste período de avaliação (Figura 19), cuja equação de regressão ajustada com $R^2 = 94,6$, é a seguinte: $y = 0,219x + 0,131$.

Quanto ao sistema Ellepot[®] (76,90 cm³), mudas produzidas nestes recipientes biodegradáveis de menor capacidade volumétrica apresentaram ritmo de crescimento similar ao apresentado pelo sistema Ellepot[®] de maior volume de substrato (Figura 19), todavia com médias ligeiramente inferiores. Não obstante, este sistema de produção apresentou valores superiores aos verificados no sistema de Tubetes (55 cm³), o qual, seguindo o mesmo comportamento observado nas demais etapas do presente trabalho, apresentou as menores médias de altura e diâmetro ao nível do solo durante todo o período de avaliação em campo, diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos aos 30 e 60 dias após o plantio.

Aos 90 dias após o plantio, Morgado et al. (2000) também observaram diferenças significativas para o diâmetro ao nível do solo em mudas de *Eucalyptus grandis*, com destaque para as produzidas no sistema de blocos prensados, as quais foram superiores às produzidas em Tubetes. Resultados semelhantes foram apresentados por Novaes et al. (2002) que, trabalhando com *Pinus taeda*, observaram as médias mais baixas, tanto para os parâmetros de laboratório quanto para os de campo, em mudas produzidas nos Tubetes.

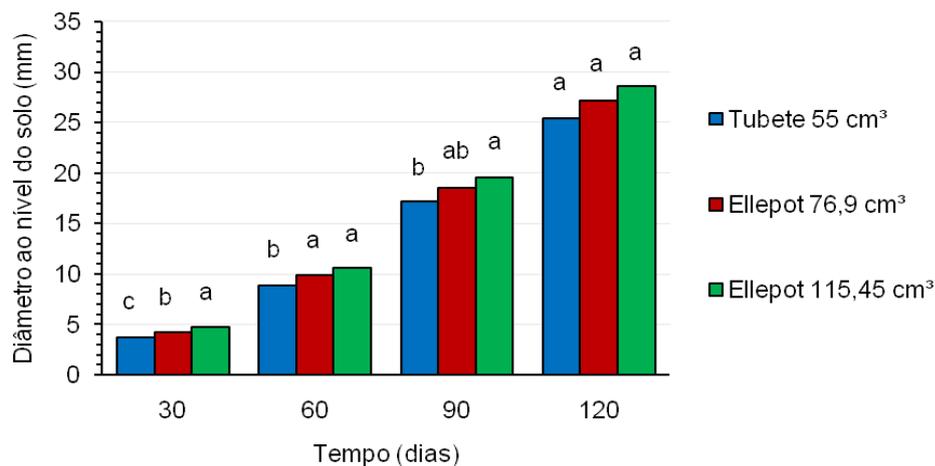


Figura 18 – Valores médios de diâmetro ao nível do solo de mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes, no período de 120 dias
 Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

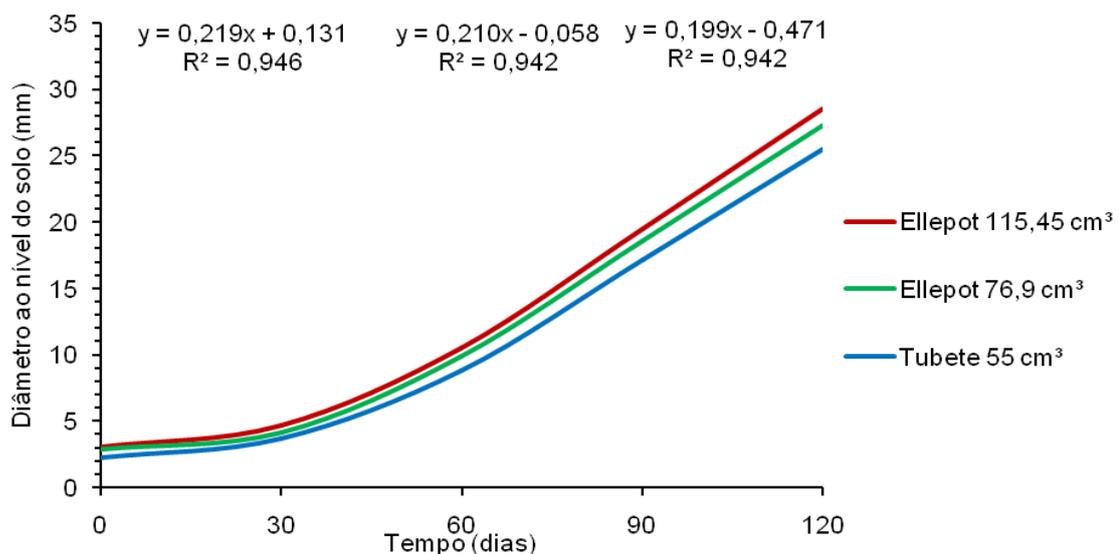


Figura 19 – Crescimento em diâmetro ao nível do solo de mudas de *Eucalyptus* spp., produzidas em Ellepot® e Tubetes, no período de 120 dias após o plantio
 Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Atribui-se os resultados positivos obtidos através dos recipientes biodegradáveis, dentre outros fatores, às melhores condições proporcionadas pelas suas paredes, constituídas de películas de celulose, que permitem a livre passagem de grande parte das raízes, sem causar confinamentos, permitindo-lhes, nos primeiros meses do plantio, seguir o seu crescimento natural, com distribuição espacial uniforme e maior concentração na porção superior do solo, condições essas que, provavelmente, tenham contribuído para uma boa performance no campo, após o plantio.

No presente trabalho, considerando as duas variáveis avaliadas em campo, no período de 120 dias, é possível observar, através das Figuras 16 e 18, que as diferenças em altura da parte aérea e diâmetro ao nível do solo foram diminuídas ao longo do tempo, o que também foi verificado por Barroso et al. (2000) e Lopes et al. (2014), trabalhando com mudas de *Eucalyptus* spp.

Esse crescimento inicial mais acentuado nos primeiros meses após o plantio, mostrado nas Figuras 17 e 19, é de grande importância, em razão de coincidir com o período de tratos culturais, presumindo-se, dessa forma, que as mudas produzidas no sistema Ellepot[®], sobretudo nos de maior capacidade volumétrica, possam vencer mais rapidamente a competição com ervas daninhas e assim, provavelmente, contribuir para a redução das operações de limpeza da área de plantio, reduzindo os custos de implantação do povoamento. Estes resultados são corroborados por Carneiro (1995) e Barroso et al. (2000), ao afirmarem que o crescimento mais acelerado das mudas nos primeiros meses após o plantio permite que as plantas adquiram maior capacidade de resistir à competição com a vegetação invasora, gerando, por consequência, uma maior taxa de sobrevivência no campo e menor necessidade de tratos culturais na área de plantio.

6 CONCLUSÕES

Após análise minuciosa dos resultados e das discussões, e considerando as condições em que foi desenvolvida a presente pesquisa sob a luz dos objetivos ensejados, conclui-se:

O clone VCC 865 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) foi superior entre os demais clones pesquisados no presente trabalho.

O sistema Ellepot[®] com capacidade volumétrica para 115,45 cm³, produziu mudas de qualidade superior em todas as fases de avaliação dos parâmetros morfofisiológicos avaliados no viveiro e em campo.

Os recipientes biodegradáveis produziram, no viveiro, mudas com maior volume radicial e alto índice de raízes fisiologicamente ativas, e no campo, distribuição uniforme de raízes, menor índice de deformações radiciais, maior concentração no estoque superficial do solo e melhor desempenho.

O parâmetro fisiológico, potencial de regeneração de raízes – PRR, foi considerado preciso na determinação da qualidade das mudas e prognóstico do seu desempenho no campo.

Mudas produzidas no sistema de Tubetes (55 cm³) apresentaram valores inferiores para todos os parâmetros morfofisiológicos avaliados, quando comparadas às mudas produzidas no sistema Ellepot[®].

Os três sistemas de produção de mudas testados, nas condições do presente trabalho, não influenciaram a taxa de sobrevivência das plantas no campo.

REFERÊNCIAS

- ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário Estatístico Abraf 2013, ano base 2012**. Brasília, 2013.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, Editora UFV, 2009, 500 p.
- BACON, G. J. Seedling morphology as an indicator of planting stock quality in conifers. In: IUFRO WORKSHOP ON TECHNIQUES FOR EVALUATING PLANTING STOCK QUALITY. (1979: New Zealand). **Proceedings...** New Zealand, 1979.
- BARNETT J. P. **Relating seedling morphology of container- grown southern pines to field success**. Separata de: CONVENTION OF THE SOCIETY OF AMERICAN FORESTERS (1983: Portland). **Proceeding...** New Orleans: USDA. For. Serv. Southern Forest Experiments Station, 1983. p. 405-407.
- BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; LELES, P. S. S. Qualidade de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urophylla* produzidas em Tubetes e em blocos prensados, com diferentes substratos. **Floresta e Ambiente**, Seropédica-RJ, v. 7, n. 1, p. 238-250, 2000.
- BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; LELES, P. S. S.; MORGADO, I. F. Regeneração de raízes de mudas de eucalipto em recipientes e substratos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba-SP, v. 57, n. 2, p. 229-237, 2000.
- BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; NOVAES, A. B. de; LELES, P. S. S.; Efeitos do recipiente sobre o desempenho pós-plantio de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. E *E. urophylla* S.T. Blake. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 24, n. 3, p. 291-296, 2000.
- BINOTTO, A. F.; LÚCIO, A. D. C.; LOPES, S. J. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. **Cerne**, Lavras-MG, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010.
- BÖHM, W. Methods of studying root systems. Berlin: Springer - Verlag, 1979, 188 p.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba, Campos/UENF. UFPR/FUPEF, 1995, 451 p.
- CASTRO, D. N. **Produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* Cambess, (Guanandi) em diferentes recipientes**. Seropédica – RJ: UFRRJ, 2007, 20 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- CARNEIRO, J. G. A. **Efeito da densidade sobre o desenvolvimento de alguns parâmetros morfofisiológicos de mudas de *Pinus taeda* L. em viveiro e após o plantio**. Curitiba-PR: UFPR, 1985. 106 p. (Concurso para Professor Titular) – Universidade Federal Rural do Paraná.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba, Campos/UENF. UFPR/FUPEF, 1995, 451 p.

CHAVES, J. H. **Crescimento, fotossíntese e relações hídricas de clones de eucalipto sob diferentes regimes hídricos**. Viçosa-MG: UFV, 2001, 125 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

DUTRA T. R.; MASSAD M. D.; SARMENTO, M. F. Q.; OLIVEIRA, J. C. Substratos alternativos e métodos de quebra de dormência para produção de mudas de canafístula. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 60, n. 1, p. 72-78, 2013.

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-PR, v. 43, n. 3, p. 374-384, 2013.

FERET, P. P.; KREH, R. E. Seedling root growth potential as and indicator of loblolly pine field performance. **For. Sei. Local**, v. 31, n. 4, p. 1005-1011, 1985.

FIGUEIREDO, F. A. M. M. A.; CARNEIRO, J. G. de A.; PENCHEL, R. M.; CAMPOSTRINI, E.; THIEBAUT, J. T. de L.; BARROSO, D. G. Condutividade hidráulica de raiz e capacidade fotossintética de mudas clonais de eucalipto com indução de deformações radiculares. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v. 24, n. 2, p. 277-287, 2014.

FIGUEIREDO, F. A. M. M. A.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; BARROSO, D. G.; DAHER, R. F. Efeito das variações biométricas de mudas clonais de eucalipto sobre o crescimento no campo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 1, p. 01-11, 2011.

FREITAS, T. A. S. de; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; FIGUEIREDO, F. A. M. A. Mudas de eucalipto produzidas a partir de miniestacas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 4, p. 519-528, 2006.

FREITAS, T. A. S. de; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A.; PENCHEL, R. M.; LAMÔNICA, K. R.; FERREIRA, D. A. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 6, p. 853-861, 2005.

FREITAS, T. A. S. de; BARROSO, D. G.; SOUZA, L. S.; CARNEIRO, J. G. Efeito da poda de raízes sobre o crescimento das mudas de eucalipto. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v. 19, n. 1, p. 1-6, 2009.

GOMES, J. M. et al. Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de ipê (*Tabebuia serratifoliá*), da copaiba (*Copaifera langsdorffii*) e de angico vermelho (*Piptadenia peregrina*). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 14, n. 1, p. 26-34, 1990.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de**

dosagens de N-P-K. Viçosa-MG: UFV, 2001, 126 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; BORGES, R. C. G.; FONSECA, E. P. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em “Win-Strip”. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 15, n. 1, p. 35-42, 1991.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de Tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 113-127, 2003.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada** (Série Didática). Viçosa, Editora UFV, 2013, 116 p.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 6, p. 655-664, 2002.

HAASE, D. L.; BATDORFF, J. H.; ROSE, R. Effect of root form on 10-year survival na growth of planted douglas-fir trees. **Tree Plantres' Notes**, v. 44, n. 2, p. 53-57, 1993.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório anual da IBÁ 2017, ano base 2016**, 77 p.

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-MG, v. 11, n. 2, p. 187-196, 2005.

LEITE, H. G.; JACOVINE, L. A. G.; SILVA, C. A. B. da; PAULA, R. A. de; PIRES, I. E.; SILVA, M. L. da. Determinação dos custos da qualidade em produção de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 6, p. 955-964, 2005.

LELES, P. S. S.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSO, D. G.; MORGADO, I. F. Qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em blocos prensados e em Tubetes. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 24, n. 1, p. 13-20, 2000.

LI, C.; BERNINGER, F.; KOSKELA, J.; SONNINEN, E. Drought responses of *Eucalyptus microtheca* provenances depend on seasonality of rainfall in their place of origin. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 27, n. 3, p. 231-238, 2000.

LIMSTROM, G. A. **Forest planting practice in the Central States**. Agriculture Handbook, Washington, D. C., n. 247, p. 1-69, 1963.

LOPES, E. D. **Qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. citriodora* produzidas em blocos prensados e em dois modelos de Tubetes e seu desempenho no campo**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2005, 82 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

LOPES, E. D.; AMARAL, C. L. F.; NOVAES, A. B. de. Desempenho no campo de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus camaldulensis* e *Corymbia citriodora* produzidas em diferentes recipientes. **Floresta**, Curitiba-PR, v. 44, n. 4, p. 589-596, 2014.

MAGALHÃES, G. C. **Desempenho de clones de eucalipto nas condições edafoclimáticas de Vitória da Conquista – BA**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2013, 96 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

MATTEI, V. L. **Comparação entre semeadura direta e plantio de mudas produzidas em Tubetes, na implantação de povoamentos de *Pinus taeda*, L.** Curitiba-PR: UFPR, 1993, 149 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MELLO, A. C. G. de. **Efeito de recipientes e substratos no comportamento silvicultural de plantas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake**. Piracicaba-SP: USP, 1989, 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo, Sociedade Brasileira de Silvicultura (SBS), 2000. 112 p.

MORGADO, I. F.; Carneiro, J. G. A.; Leles, P. S. S.; Barroso, D. G. Nova metodologia de produção de mudas de *E. grandis* Hill ex Maiden utilizando resíduos prensados como substratos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 24, n. 1, p. 27-33, 2000.

NEVES, C. S. V. J.; MEDINA, C. C.; AZEVEDO, M. C. B.; HIGA, A. R.; SIMON, A. Efeitos de substratos e recipientes utilizados na produção das mudas sobre a arquitetura do sistema radicular de árvores de Acácia-Negra. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 29, n. 6, p. 897-905, 2005.

NOVAES A. B.; SILVA, H. F.; SOUSA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B. Qualidade de mudas de Nim Indiano produzidas em diferentes recipientes e seu desempenho no campo. **Floresta**, Curitiba-PR, v. 44, n. 1, p. 101-110, 2014.

NOVAES, A. B. **Avaliação morfológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes**. Curitiba-PR: UFPR, 1998, 116 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná.

NOVAES, A. B.; CARNEIRO, J. G. de A.; BARROSO, D. G.; LELES, P. S. dos S. Avaliação do potencial de regeneração de raízes de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em diferentes tipos de recipientes e o seu desempenho no campo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 6, p. 675-681, 2002.

OLIVEIRA JUNIOR; O. A. de; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. de. Características morfofisiológicas associadas à qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 35, n. 6, p.1173-1180, 2011.

OLIVEIRA, J. C. de. **Qualidade de mudas de angico-vermelho produzidas em diferentes substratos e seu desempenho no campo**. Vitória da Conquista-BA: UESB, 2017, 81 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

REIS, E. R. dos; LÚCIO, A. D. C.; FORTES, F. O.; LOPES, S. J.; SILVEIRA, B. D. da. Período de permanência de mudas de *Eucalyptus grandis* em viveiro baseado em parâmetros morfológicos. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 5, p. 809-814, 2008.

REIS, G. G. dos; REIS, M. das G. F.; FONTAN, I. da C. I.; MONTE, M. A.; GOMES, A. N.; OLIVEIRA, C. H. R. de. Crescimento de raízes e da parte aérea de clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e de *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus* spp. submetidos a dois regimes de irrigação no campo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 6, p. 921-931, 2006.

REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; MAESTRI, M. Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 13, n. 1, p. 1-18, 1989.

REIS, G. G.; HALL, A. E. Resistência à desidratação de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, com restrição ao sistema radicular. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 10, n. 2, p. 168- 180, 1986.

RITCHIE, G. A.; DUNLAP, J. R. Root growth potential: its development and expression on forest tree seedling. *N. Z. J. For. Sei. Rotorua*, v. 10, n. 1, p. 218-248, 1980.

RUDEK, A.; GARCIA, F. A. de O.; PERES, F. S. B. Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com o uso de imagens digitais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v. 9, n. 17, p. 3775-3787, 2013.

SANTOS, C. B. dos; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A. Efeito do volume de Tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica* (L.F.) D. Don.. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v. 10, n. 2, p. 1-15, 2005.

SANTOS, S. M. S.; CUNHA, D. V. P.; SILVA, R. A.; TEIXEIRA, E. C.; CARVALHO, F. D. Avaliação morfofisiológica em mudas de clones de eucalipto em viveiros comerciais na etapa de expedição. **Revista Cultivando o Saber**, v. 10, n. 2, p. 238-250, 2017.

SERPA, M. F. P.; CAIRO, P. A. R.; LACERDA, J. J.; NOVAES, A. B. de. Root system growth and *Eucalyptus* clones performance in Vitória da Conquista, Bahia, Brazil. **Nativa**, Sinop-MT, v. 5, n. 6, p. 428-433, 2017.

SIMÕES, J. W. Problemática da produção de mudas em essências florestais. **Série técnica**. IPEF, Piracicaba, v. 4, n. 14, p. 1-29, 1987.

SOUTH, D. B. et al. **Use of seedling size as a covariate for root growth potential studies.** In: SOUTHERN SILVICULTURAL RESERACH CONFERENCE. (5.:1988:Memphis). Proceedings. New Orleans, 1988, p. 89-93. (Gen. Tech. Rep. SO. USDA. For. Serv., n. 74).

SOUZA, T. S.; RAMALHO, M. A. P.; LIMA, B. M. de; REZENDE, G. D. S. P. Performance of *Eucalyptus* clones according to environmental conditions. **Scientia Forestalis**, Piracicaba-SP, v. 45, n. 116, p. 601-610, 2017.

STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. M.; GONÇALVES, A. N. Relationships between nursery practices and field performance for *Eucalyptus* plantations in Brazil: a historical overview and its increasing importance. **New Forests**, Dordrecht, v. 22, n. 1/ 2, p. 19-24, 2001.

SUTTON, R. F. **Techniques for evaluating planting stock quality.** For. Chron., Ontátio, v. 56, p. 116-120, 1980.

TSCHAPLINSKI, T. J.; BLAKE, T. J. Effects of root restriction on growth correlations, water relations and senescence of alder seedlings. **Physiol. Plant.**, Copenhagen, v. 64, p. 167-176, 1985.

VIÉGAS, L. B. **Viabilidade do recipiente biodegradável na produção de mudas florestais nativas.** Botucatu-SP: UNESP, 2015, 157 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual Paulista.

WAKELEY, P. C. Planting the southern pines. **Agriculture Monography**, Washington, D. C, n. 18, p. 1-233, 1954.

ANEXOS

Anexo A – Análises de solo referentes à área de plantio em campo (Tabelas 1 e 2).

TABELA 14A – Análise química do solo referente à área de plantio.

Profundidade (cm)	pH	mg/dm ³		cmol _c /dm ³ de solo						%			
	H ₂ O	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	Na ⁺	S.B.	t	T	V	M
0 – 20	4,2	1	0,05	3,2	1,1	0,4	20,1	-	4,4	4,8	24,9	18	8
20 – 40	4,3	1	0,05	1,7	0,9	0,4	10,5	-	2,7	3,1	13,6	20	13

Em que: S.B. = soma de bases trocáveis; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = saturação de bases; m = saturação por alumínio.

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

TABELA 15A – Análise física do solo referente à área de plantio.

Profundidade (cm)	Frações da amostra total %			Comp. Granulométrica (tfsa g/Kg)				Classe textural
	Calh. 200-20 mm	Casc. 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2- 0,20 mm	Areia fina 0,20- 0,05 mm	Silte 0,05- 0,002 mm	Argila < 0,002 mm	
0 – 20	0	0	100	700	150	80	70	Areia Franca
20 – 40	0	0	100	710	170	60	60	Areia Franca

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Anexo B – Análises de variâncias dos parâmetros morfológicos de viveiro (Tabelas 1 a 9)

Tabela 1B – Análise de variância dos dados referentes à altura da parte aérea de mudas de clonais de *Eucalyptus* spp., 100 dias após o estaqueamento

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	0,00	0,00	35,46 **
Sistema de Produção	2	0,00	0,00	49,98 **
Interação Clone x Sistema de Produção	4	0,00	0,00	2,41 ns
(Tratamentos)	8	0,01	0,00	22,56 **
Resíduo	36	0,01	0,00	
Total	44	0,01		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 2B – Análise de variância dos dados referentes ao diâmetro do colo de mudas clonais de *Eucalyptus* spp., 100 dias após o estaqueamento

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	0,37	0,19	2,34 ns
Sistema de Produção	2	5,31	2,66	33,26 **
Interação Clone x Sistema de Produção	4	0,44	0,11	1,39 ns
(Tratamentos)	8	6,13	0,77	9,59 **
Resíduo	36	6,13	0,08	
Total	44	9,01		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 3B – Análise de variância dos dados referentes à relação H/D de mudas clonais de *Eucalyptus* spp., 100 dias após o estaqueamento

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	21,15	10,57	7,43 **
Sistema de Produção	2	22,40	11,20	7,88 **
Interação Clone x Sistema de Produção	4	3,23	0,81	0,57 ns
(Tratamentos)	8	46,78	5,85	4,11 **
Resíduo	36	51,20	1,42	
Total	44	97,99		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 4B – Análise de variância dos dados referentes à biomassa fresca da parte aérea de mudas clonais de *Eucalyptus* spp., 100 dias após o estaqueamento

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	0,72	0,36	10,62 **
Sistema de Produção	2	3,37	1,69	49,71 **
Interação Clone x Sistema de Produção	4	0,27	0,07	1,97 ns
(Tratamentos)	8	4,36	0,55	16,07 **
Resíduo	36	1,22	0,03	
Total	44	5,58		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 5B – Análise de variância dos dados referentes à biomassa fresca da raiz de mudas clonais de *Eucalyptus* spp., 100 dias após o estaqueamento

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	0,42	0,21	16,86 **
Sistema de Produção	2	0,45	0,22	17,90 **
Interação Clone x Sistema de Produção	4	0,08	0,02	1,59 ns
(Tratamentos)	8	0,95	0,12	9,49 **
Resíduo	36	0,45	0,01	
Total	44	1,39		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 6B – Análise de variância dos dados referentes à biomassa fresca total de mudas clonais de *Eucalyptus* spp., 100 dias após o estaqueamento

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	1,09	0,54	12,02 **
Sistema de Produção	2	3,73	1,87	41,24 **
Interação Clone x Sistema de Produção	4	0,32	0,08	1,77 ns
(Tratamentos)	8	5,14	0,64	14,19 **
Resíduo	36	1,63	0,05	
Total	44	6,77		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 7B – Análise de variância dos dados referentes à biomassa seca da parte aérea de mudas clonais de *Eucalyptus* spp., 100 dias após o estaqueamento

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	0,68	0,34	3,20 ns
Sistema de Produção	2	14,50	7,25	68,30 **
Interação Clone x Sistema de Produção	4	0,94	0,23	2,20 ns
(Tratamentos)	8	16,12	2,01	18,98 **
Resíduo	36	3,82	0,11	
Total	44	19,94		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

TABELA 8B – Análise de variância dos dados referentes à biomassa seca da raiz de mudas clonais de *Eucalyptus* spp., 100 dias após o estaqueamento

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	0,13	0,07	4,11 *
Sistema de Produção	2	0,64	0,32	19,92 **
Interação Clone x Sistema de Produção	4	0,16	0,04	2,56 ns
(Tratamentos)	8	0,94	0,12	7,29 **
Resíduo	36	0,58	0,02	
Total	44	1,51		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 9B – Análise de variância dos dados referentes à biomassa seca total de mudas clonais de *Eucalyptus* spp., 100 dias após o estaqueamento

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	0,25	0,13	0,65 ns
Sistema de Produção	2	21,23	10,62	55,25 **
Interação Clone x Sistema de Produção	4	1,56	0,39	2,04 ns
(Tratamentos)	8	23,05	2,88	14,99 **
Resíduo	36	6,92	0,19	
Total	44	29,97		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

**Anexo C – Análises de variância do Potencial de Regeneração de Raízes (PRR)
(Tabelas 1 a 3)**

Tabela 1C – Análise de variância dos dados referentes ao número total de raízes regeneradas no teste de PRR em Tubos, 30 dias após o transplântio

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	2736,02	1368,01	6,39 *
Sistema de Produção	2	10438,77	5219,38	24,37 *
Interação Clone x Sistema de Produção	4	365,99	91,50	0,43 ns
(Tratamentos)	8	-	-	
Resíduo	54	11567,33	214,21	
Total	62	-	-	

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 2C – Análise de variância dos dados referentes ao número de raízes regeneradas na porção superior no teste de PRR em Tubos, 30 dias após o transplântio

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	2736,02	1368	6,39 *
Sistema de Produção	2	10438,8	5219,4	24,37 *
Interação Clone x Sistema de Produção	4	365,986	91,496	0,43 ns
(Tratamentos)	8	-	-	
Resíduo	54	11567,3	214,21	
Total	62	-	-	

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 3C – Análise de variância dos dados referentes ao número de raízes regeneradas na porção inferior no teste de PRR em Tubos, 30 dias após o transplântio

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	61536,04	1368,01	6,39 *
Sistema de Produção	2	2736,02	5219,38	24,37 *
Interação Clone x Sistema de Produção	4	10438,77	91,50	0,43 ns
(Tratamentos)	8	-	-	
Resíduo	54	11567,33	214,21	
Total	62	-	-	

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Anexo D – Análises de variância das variáveis, diâmetro ao nível do solo e altura da parte aérea, durante 120 dias após o plantio (Tabelas 1 a 8)

Tabela 1D – Análise de variância dos dados referentes ao diâmetro ao nível do solo de plantas de *Eucalyptus* spp., 30 dias após o plantio

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	0,38	0,19	2,16 ns
Sistema de Produção	2	5,65	2,83	32,03 *
Interação Clone x Sistema de Produção	4	0,63	0,16	1,78 ns
(Tratamentos)	8	6,66	0,83	9,44 *
Bloco	3	1,16	0,39	4,38 *
Resíduo	24	2,12	0,09	
Total	35	9,94		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 2D – Análise de variância dos dados referentes à altura da parte aérea de plantas de *Eucalyptus* spp., 30 dias após o plantio

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	249,12	124,56	26,31 *
Sistema de Produção	2	272,31	136,16	28,77 *
Interação Clone x Sistema de Produção	4	52,90	13,22	2,79 ns
(Tratamentos)	8	574,33	71,79	15,17 *
Bloco	3	33,46	11,15	2,36 ns
Resíduo	24	113,60	4,73	
Total	35	721,39		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 3D – Análise de variância dos dados referentes ao diâmetro ao nível do solo de plantas de *Eucalyptus* spp., 60 dias após o plantio

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	11,70	5,85	8,02 *
Sistema de Produção	2	18,61	9,30	12,76 *
Interação Clone x Sistema de Produção	4	10,49	2,62	3,59
(Tratamentos)	8	40,79	5,10	6,920 *
Bloco	3	1,49	0,50	0,68 ns
Resíduo	24	17,70	0,73	
Total	35	59,79		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 4D – Análise de variância dos dados referentes à altura da parte aérea de plantas de *Eucalyptus* spp., 60 dias após o plantio

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	655,06	327,53	15,27 *
Sistema de Produção	2	406,09	203,04	9,46 *
Interação Clone x Sistema de Produção	4	81,94	20,48	0,95 ns
(Tratamentos)	8	1143,08	142,88	6,66 *
Bloco	3	96,80	32,27	1,50 ns
Resíduo	24	514,91	21,45	
Total	35	1754,79		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 5D – Análise de variância dos dados referentes ao diâmetro ao nível do solo de plantas de *Eucalyptus* spp., 90 dias após o plantio

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	34,68	17,34	4,46 *
Sistema de Produção	2	36,13	18,07	4,64 *
Interação Clone x Sistema de Produção	4	19,01	4,75	1,22 ns
(Tratamentos)	8	89,83	11,23	2,88 *
Bloco	3	25,48	8,49	2,18 ns
Resíduo	24	93,40	3,89	
Total	35	208,72		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 6D – Análise de variância dos dados referentes à altura da parte aérea de plantas de *Eucalyptus* spp., 90 dias após o plantio

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	831,88	415,94	3,72 *
Sistema de Produção	2	604,61	302,30	2,70 ns
Interação Clone x Sistema de Produção	4	273,69	68,42	0,61 ns
(Tratamentos)	8	1710,18	213,77	1,91 ns
Bloco	3	805,21	268,40	2,40 ns
Resíduo	24	2685,20	111,88	
Total	35	5200,59		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 7D – Análise de variância dos dados referentes ao diâmetro ao nível do solo de plantas de *Eucalyptus* spp., 120 dias após o plantio

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	111,87	55,94	5,29 *
Sistema de Produção	2	59,48	29,74	2,81 ns
Interação Clone x Sistema de Produção	4	36,82	9,21	0,87 ns
(Tratamentos)	8	208,17	26,02	2,46 *
Bloco	3	82,51	27,50	2,60 ns

Resíduo	24	253,83	10,58
Total	35	544,83	

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Tabela 8D – Análise de variância dos dados referentes à altura da parte aérea de plantas de *Eucalyptus* spp., 120 dias após o plantio

Fonte de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Clone	2	1243,55	621,77	1,76 ns
Sistema de Produção	2	886,34	443,17	1,25 ns
Interação Clone x Sistema de Produção	4	671,26	167,82	0,47 ns
(Tratamentos)	8	2801,15	350,14	0,99 ns
Bloco	3	2925,83	975,28	2,76 ns
Resíduo	24	8491,91	353,83	
Total	35	14218,89		

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Anexo E – Figuras



Figura 1 – Detalhe da emissão de novas raízes a partir do ponto de poda natural em muda produzida no sistema Ellepot® (A); Sistema radicial de muda produzida em tubete com baixo número de raízes fisiologicamente ativas (B).

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).