



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FITOTECNIA

**RECIPIENTES BIODEGRADÁVEIS E COMPOSTO  
ORGÂNICO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
EUCALIPTO**

**VINÍCIUS ALVES RODRIGUES**

**VITÓRIA DA CONQUISTA**  
**BAHIA – BRASIL**  
**2020**

**VINÍCIUS ALVES RODRIGUES**

**RECIPIENTES BIODEGRADÁVEIS E COMPOSTO ORGÂNICO NA  
PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

**Orientador: Prof. Dr. Adalberto Brito de Novaes**

VITÓRIA DA CONQUISTA  
BAHIA – BRASIL  
2020

R611r

Rodrigues, Vinícius Alves.

Recipientes biodegradáveis e composto orgânico na produção de mudas de eucalipto. / Vinícius Alves Rodrigues, 2020.

93f.

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

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2020.

Inclui referência F. 74– 86.

1. *Eucalyptus* spp. 2. Eucalipto – Qualidade de mudas. 3. Potencial de regeneração de raízes. I. Novaes, Adalberto Brito. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. T.

CDD: 634.973766

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

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**Área de Concentração em Fitotecnia**

*Campus de Vitória da Conquista, BA*

**DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO**

**Título:** Recipientes biodegradáveis e composto orgânico na produção de mudas de eucalipto

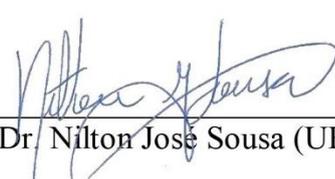
**Autor:** Vinícius Alves Rodrigues

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:



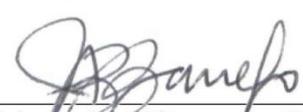
---

Prof. Dr. Adalberto Brito de Novaes (UESB)  
Presidente



---

Prof. Dr. Nilton José Sousa (UFPR)



---

Profa. Dra. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia (UESB)

Data de realização: 21 de dezembro de 2020.

## AGRADECIMENTOS

A Jesus, por ser Aquele que redesenhou toda a minha história e escreveu meu nome no livro da vida, me permitindo ser chamado filho de Deus.

À minha esposa, razão de minha felicidade, que desde o início de tudo tem dedicado sua vida para me apoiar, ser uma referência de mulher e me impulsionar a galgar sempre um degrau a mais na escada da vida.

Aos meus familiares, que sempre me deram guarida nos tempos difíceis, sustento, amor e incentivo necessário.

Aos meus amigos que compartilharam comigo carinho e experiências pessoais incríveis.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Adalberto Brito de Novaes, por toda atenção, disponibilidade, orientação, paciência e empenho dispensados a mim.

A toda a equipe do Laboratório de Silvicultura, em especial, à Hannah, Thalita e Ariane, pois dedicaram grande parte do seu tempo para me auxiliar em todas as atividades necessárias, além dos conselhos, risadas e conhecimentos compartilhados. Sem vocês a jornada seria mais difícil.

Ao viveirista Nery Barbosa e todos os colaboradores da empresa Tecnoplant, em especial à Anaíle, que, em tempo oportuno, contribuiu para a instalação e auxílio na manutenção da primeira etapa desta pesquisa.

À empresa Vitasoil, por contribuir prontamente para a realização desta pesquisa, desde o fornecimento de insumos até o custeio necessário em todas as etapas.

Aos técnicos da empresa Vitasoil: Julihermes e Wellington, que me auxiliaram em todo o trabalho pesado da pesquisa. Sem o esforço e disposição destes, seria impossível conduzi-la em tempo adequado.

A todos os colegas da Pós-graduação em Agronomia, pelos conhecimentos e amizade.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), pelos grandes ensinamentos e excelente formação oferecida, além da disponibilidade em me auxiliar nas atividades desenvolvidas.

À UESB, pela rica oportunidade oferecida; e à DICAP, por facilitar a execução das atividades de campo.

À CAPES, pela bolsa de estudo concedida que me subsidiou financeiramente e garantiu a minha permanência e finalização do curso.

Disse-lhe Jesus: Eu sou o caminho, a verdade e a vida; ninguém vem ao Pai, senão por mim.

(João 14:6)

## RESUMO

RODRIGUES, V.A. **Recipientes biodegradáveis e composto orgânico na produção de mudas de eucalipto.** Vitória da Conquista - BA, UESB, 2020. 88p. (Dissertação: Mestrado em Agronomia; Área de Concentração: Fitotecnia)\*

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade morfofisiológica de mudas de eucalipto produzidas em *Paperpots* (recipientes biodegradáveis) e Tubetes, associadas à incorporação de composto orgânico. O experimento foi subdividido em três etapas distintas. A primeira tratou-se da produção das mudas e mensuração dos parâmetros morfológicos: altura da parte aérea, diâmetro do colo, relação H/D, número total de raízes laterais e fisiologicamente ativas, biomassa fresca e seca da parte aérea, radicial e total. Na segunda etapa, realizou-se a determinação do Potencial de Regeneração das Raízes (P.R.R.) por meio do número total e distribuição das raízes regeneradas. A terceira constou da avaliação do desempenho das mudas em casa de vegetação por meio dos parâmetros morfológicos e fisiológicos: altura da parte aérea, diâmetro do coleto, número de folhas, índices SPAD, biomassa fresca e volume da raiz, número de raízes laterais, profundidade e comprimento da raiz principal. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado na etapa de produção das mudas, disposto em um arranjo fatorial 2 x 2, sendo dois modelos de recipientes (tubetes de 55 cm<sup>3</sup> e *Paperpot* de 116 cm<sup>3</sup>), e a aplicação de complexo orgânico (ausência e presença), com cinco repetições. Para a determinação do P.R.R., utilizou-se os mesmos tratamentos oriundos da fase de viveiro em delineamento inteiramente casualizado, com oito repetições. Na terceira etapa, as mudas foram plantadas em vasos com capacidade volumétrica de 18L em casa de vegetação, sob cinco concentrações de complexo orgânico (0, 1 L.ha<sup>-1</sup>, 1,5 L.ha<sup>-1</sup>, 2,0 L.ha<sup>-1</sup> e 2,5 L.ha<sup>-1</sup>) em quatro blocos casualizados. Para todos os resultados obtidos, as médias foram comparadas pelo teste Tukey e análise de regressão ao nível de 95% de probabilidade. A incorporação do composto orgânico contribuiu para o ganho da qualidade das mudas, bem como quando produzidas em recipientes biodegradáveis. Quanto ao Potencial de Regeneração das Raízes, este foi eficiente na determinação da qualidade e prognóstico do desempenho inicial das plantas em vasos. Em relação à etapa de crescimento em casa de vegetação, o composto orgânico não contribuiu para crescimento inicial das mudas em vasos.

**Palavras-chave:** Potencial de regeneração de raízes; *Eucalyptus* spp.; qualidade de mudas.

---

\***Orientador:** Prof. Dr. Adalberto Brito de Novaes, UESB.

## ABSTRACT

RODRIGUES, V.A. **Biodegradable containers and organic compost in the production of eucalyptus seedlings.** Vitória da Conquista - BA, UESB, 2020. 97p. (Dissertation: Master Science in Agronomy; Area of Concentration: Crop Science)\*.

The present work aimed to evaluate the morphophysiological quality of eucalyptus seedlings produced in Paperpots (biodegradable containers) and Tubetes, associated with the incorporation of organic compost. The first was the production of seedlings and measurement of morphological parameters: height of the aerial part, diameter of the neck, H/D ratio, total number of lateral and physiologically active roots, fresh and dry biomass of the aerial, radial and total parts. In the second stage, the Root Regeneration Potential (P.R.R.) was determined through the total number and distribution of the regenerated roots. The third consisted of evaluating the performance of seedlings in a greenhouse using the morphological and physiological parameters: height of the aerial part, diameter of the neck, number of leaves, SPAD indexes, fresh biomass and root volume, number of lateral roots, depth and length of the main root. A completely randomized design was adopted in the seedling production stage, arranged in a 2 x 2 factorial arrangement, with two container models (55 cm<sup>3</sup> tubes and 116 cm<sup>3</sup> *Paperpot*) and the application of an organic complex (absence and presence), with five repetitions. To determine the P.R.R., the same treatments from the nursery phase were used in a completely randomized design, with eight replications. In the third stage, the seedlings were planted in pots with a volumetric capacity of 18L in a greenhouse, under five concentrations of organic complex (0, 1 L.ha<sup>-1</sup>, 1.5 L.ha<sup>-1</sup>, 2.0 L. ha<sup>-1</sup> and 2.5 L.ha<sup>-1</sup>) in four randomized blocks. For all results obtained, the averages were compared using the Tukey test and regression analysis at the level of 95% probability. The incorporation of organic compost contributed to the increase in seedling quality, as well as when produced in biodegradable containers. As for the Root Regeneration Potential, it was efficient in determining the quality and prognosis of the initial performance of plants in pots. Regarding the growth stage in the greenhouse, the organic compost did not contribute to the initial growth of seedlings in pots.

**Keywords:** Root regeneration potential; *Eucalyptus* spp.; seedling quality.

---

\***Advisor:** Prof. Dr. Adalberto Brito de Novaes, UESB.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1A</b> – Recipientes biodegradáveis utilizados para a produção de mudas clonais e <i>Eucalyptus</i> spp.....	27
<b>Figura 1B</b> – Tubete convencional.....	27
<b>Figura 2</b> – Aspectos de raízes fisiologicamente ativas.....	30
<b>Figura 3A</b> – Tubo sem o gargalo.....	32
<b>Figura 3B</b> – Ranhuras do Tubo.....	32
<b>Figura 3C</b> – Aspectos do experimento instalado em Tubos, visando à determinação do Potencial de Regeneração de Raízes (P.R.R.) .....	32
<b>Figura 4</b> – Raízes regeneradas tocando as paredes do Tubo .....	33
<b>Figura 5</b> – Valores médios de altura da parte aérea, relativos às concentrações do composto orgânico, no período de 90 dias após o plantio.....	58
<b>Figura 6</b> – Ritmo de crescimento em altura das mudas de eucalipto, relativos às concentrações do composto orgânico, no período de 90 dias após o plantio.....	58
<b>Figura 7</b> – Valores médios de diâmetro ao nível do solo, relativos às concentrações do composto orgânico, no período de 90 dias após o plantio .....	59
<b>Figura 8</b> – Ritmo de crescimento em diâmetro das mudas de eucalipto, relativos às concentrações do composto orgânico, no período de 90 dias após o plantio.....	59
<b>Figura 9</b> – Valores médios de índice SPAD e biomassa fresca da raiz, relativos às concentrações do composto orgânico, no período de 90 dias após o plantio.....	60
<b>Figura 10</b> – Altura da parte aérea, número de raízes laterais e deformações radiciais de plantas de eucalipto submetidas às concentrações de composto orgânico.....	63
<b>Figura 11</b> – Diâmetro ao nível do solo, número de raízes laterais e deformações radiciais de plantas de eucalipto submetidas às concentrações do composto orgânico.....	63

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Características bioquímicas do composto orgânico Vitasoil.....	29
<b>Tabela 2.</b> Valores médios de altura da parte aérea e diâmetro de colo de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp. produzidas em <i>Paperpots</i> e Tubetes, associadas com a aplicação de composto orgânico, três meses do estaqueamento.....	39
<b>Tabela 3.</b> Valores médios de diâmetro de colo de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp. produzidas em <i>Paperpot</i> e Tubetes, associadas com a aplicação de composto orgânico, três meses do estaqueamento.....	40
<b>Tabela 4.</b> Valores médios obtidos para a Relação H/D de mudas produzidas em diferentes sistemas de produção e sob aplicação de composto orgânico, três meses do estaqueamento.....	42
<b>Tabela 5.</b> Valores médios das biomassas frescas da parte aérea (BFPA) e total (BFT) de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp. produzidas em <i>Paperpots</i> e Tubetes, associadas com a aplicação de composto orgânico, três meses após o estaqueamento.....	43
<b>Tabela 6.</b> Valores médios da biomassa fresca do sistema radicial (BFSR) de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp. produzidas em <i>Paperpots</i> e Tubetes, associadas com a aplicação de composto orgânico, três meses após o estaqueamento.....	45
<b>Tabela 7.</b> Valores médios das biomassas secas da parte aérea, raiz e total de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp. produzidas em <i>Paperpots</i> e Tubetes, associadas com a aplicação de composto orgânico, três dias após o estaqueamento.....	46
<b>Tabela 8.</b> Coeficientes de correlação de Pearson entre os parâmetros morfológicos: altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (D), biomassas frescas da parte aérea (BFPA), radicial (BFR) e total (BFT), e as respectivas biomassas secas da parte aérea (BSPA), sistema radicial (BSR) e total (BST) de mudas de eucalipto.....	47
<b>Tabela 9.</b> Número de folhas por tratamento de mudas produzidas em diferentes sistemas de produção e sob aplicação de composto orgânico.....	49
<b>Tabela 10.</b> Número total de raízes formadas e fisiologicamente ativas de mudas de <i>Eucalyptus</i> spp. produzidas em <i>Paperpots</i> e tubetes, três meses após o estaqueamento.....	50
<b>Tabela 11.</b> Valores médios do número total de raízes regeneradas em Tubos, 90 dias após o transplante.....	51
<b>Tabela 12.</b> Comprimento total de raízes por planta de mudas de <i>Eucalyptus urograndis</i> produzidas em diferentes sistemas de produção e sob aplicação de complexo orgânico.....	52
<b>Tabela 13.</b> Coeficientes de correlação de Pearson entre o P.R.R. e comprimento total das raízes regeneradas (CTR), com os parâmetros morfológicos: biomassas frescas da parte aérea (BFPA), radicial (BFR) e total (BFT), e as respectivas biomassas secas da parte aérea (BSPA), sistema radicial (BSR) e total (BST) de mudas de eucalipto.....	54

**Tabela 14.** Número total de raízes regeneradas, em cada quadrante horizontal, de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em *Paperpot* e tubete, 90 dias após o transplante em Tubos.....56

**Tabela 15.** Número de raízes (NRAIZ), comprimento do sistema radicial (COMP), volume (VOL) e deformações (DEF) de mudas de *Eucalyptus* spp., avaliadas 90 dias após o plantio em vasos.....62

## LISTA DE APÊNDICES

<b>Apêndice 1A</b> – Análise química e física da amostra do solo utilizado no experimento.....	80
<b>Apêndice 1B</b> – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características altura da parte aérea (H), diâmetro de colo (DC), relação H/D, número de folhas (NF), biomassa fresca da parte aérea (BFPA).....	81
<b>Apêndice 2B</b> – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características biomassa fresca da raiz (BFR) e total (BFT), biomassa seca da parte aérea (BSPA), raiz (BSR) e total (BST) .....	82
<b>Apêndice 1C</b> – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação do número e comprimento total de raízes regeneradas em Tubos, 90 dias após o transplante.....	83
<b>Apêndice 1D</b> – Resumo da análise de variância das características altura da parte aérea e diâmetro do colo avaliadas aos 30, 60 e 90 dias, após o plantio em vasos.....	84
<b>Apêndice 2D</b> – Resumo da análise de variância das características de índice SPAD, biomassa fresca e volume de raiz avaliados aos 90 dias, após o plantio em vasos.....	85

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus Celsius
cm	Centímetros
cm <sup>3</sup>	Centímetros cúbicos
g	Gramas
kg	Quilogramas
kg.l <sup>-1</sup>	Quilogramas por litro
L.ha <sup>-1</sup>	Litros por hectare
m	Metros
mg	Miligramas
mL	Mililitros
mm	Milímetros

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	16
2.1 Importância do gênero <i>Eucalyptus</i> .....	16
2.2 Parâmetros usados na determinação da qualidade de mudas.....	17
2.2.1 Parâmetros morfológicos.....	18
2.2.2 Parâmetros radiciais e Potencial de Regeneração de Raízes (P.R.R.).....	20
2.3 Recipientes e produção de mudas.....	22
2.4 Compostos orgânicos associados às mudas florestais.....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Localização da área experimental.....	27
3.2 Recipientes, substratos e material genético utilizado.....	27
3.3 Experimento I.....	29
3.3.1 Produção das mudas no viveiro.....	29
3.3.2 Procedimentos e determinação dos parâmetros morfológicos.....	31
3.3.3 Procedimentos e determinação do Potencial de Regeneração de Raízes (P.R.R.).....	32
3.4 Experimento II.....	34
3.4.1 Crescimento inicial das mudas em vasos.....	34
3.5 Procedimentos estatísticos.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1.1 Altura da parte aérea, diâmetro do colo e relação H/D.....	38
4.1.2 Biomassas das partes aérea, radicial e totais.....	43
4.1.2.1 Biomassa fresca.....	43
4.1.2.2 Biomassa seca.....	46
4.1.3 Correlação entre os parâmetros morfológicos.....	47
4.2 Parâmetros fisiológicos.....	49
4.2.1 Número de folhas.....	49
4.2.2 Número de raízes fisiologicamente ativas.....	50
4.2.3 Potencial de Regeneração das Raízes (P.R.R.) .....	52
4.2.3.1 Correlações entre o P.R.R. e os parâmetros morfológicos.....	55

4.2.3.2 Análise e distribuição das raízes regeneradas.....	56
4.3 Crescimento inicial das mudas em vasos.....	58
4.3.1 Altura da parte aérea e diâmetro ao nível do solo.....	58
4.3.2 Índice SPAD e biomassa fresca de raízes.....	61
4.3.3 Quantificação de raízes, distribuição e deformações radiciais.....	63
5 CONCLUSÕES .....	66
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67

## 1 INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* compreende as espécies de árvores mais cultivadas no Brasil e no mundo. As áreas plantadas com essas espécies são destinadas a abastecer, em especial, as indústrias de celulose e papel. Porém, é necessário que esses plantios apresentem produtividade alta para atender à demanda desses setores.

Considerando os fatores que interferem na qualidade das mudas florestais, os recipientes, substratos e manejo são as variáveis de maior relevância nas pesquisas, pois podem fornecer condições ideais ao seu desenvolvimento durante a sua permanência em viveiro e refletirem no desempenho futuro da planta no campo. Logo, é indispensável definir os parâmetros que contribuem para a melhoria da qualidade e redução de custos das mudas produzidas.

Tubetes têm sido até o momento o principal recipiente usado na produção de mudas de *Eucalyptus* spp., devido aos seus benefícios, em vista da diminuição da mão de obra e melhores condições ergonômicas para o trabalho. Todavia, alguns inconvenientes, como os danos provocados ao sistema radicial das mudas e, conseqüentemente, a perda de qualidade, estimulam a procura por melhores alternativas para substituição desses recipientes.

Nessa busca de adequação do recipiente mais viável, os do tipo biodegradável é uma opção ideal, quando comparados aos Tubetes de paredes rígidas, por apresentar vantagens quanto à possibilidade destes serem plantados juntamente com as mudas, permitir o livre crescimento das raízes laterais, redução de suas deformações e oportunizar a incorporação de outros componentes no substrato, como compostos orgânicos (Freitas et al., 2006b).

Quando presentes no substrato, os compostos orgânicos estimulam o crescimento exponencial dos microrganismos rizosféricos que, ao se associarem com as raízes da planta, induzem o aumento do volume radicial. A atividade desses microrganismos eleva a disponibilidade de água e nutrientes disponíveis para a planta, favorecendo seu desempenho (Garcia et al., 2010). Essas características tendem a contribuir na melhoria da qualidade das mudas produzidas, promovendo o desenvolvimento adequado da muda, resultando em altas taxas de sobrevivência no

campo após o plantio.

Entretanto, mesmo diante das informações supracitadas, ainda são escassos os estudos concernentes aos benefícios relacionados aos recipientes biodegradáveis, associados à adição de compostos orgânicos na produção de mudas de *Eucalyptus* spp., o que torna indispensável a realização de pesquisas que comprovem essas potencialidades em eucalipto, bem como os ganhos altos em produtividades, haja vista a importância socioeconômica da espécie para o setor florestal.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade morfofisiológica de mudas de eucalipto produzidas em *Paperpots* (recipientes biodegradáveis) e Tubetes, associadas à incorporação de complexos orgânicos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Importância do gênero *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus* é nativo da Austrália e da Indonésia (Stanturf et al., 2013), descoberto por James Cook & Joseph Banks em suas viagens nos anos de 1770. Pertencente à família Myrtaceae (Otieno e Analo, 2012), compreende mais de 800 espécies de árvores e arbustos nativos amplamente cultivados em muitas partes do mundo (Ieri et al., 2019).

O Brasil detém a segunda maior área cultivada com espécies comerciais do gênero distribuídas por todo o país, constituindo-se, hoje, o principal integrante das florestas plantadas. Devido às suas condições ideais para o crescimento e produtividade dos plantios, observa-se valores de produção superiores aos verificados em países nativos e aos que também plantam eucalipto (Souza et al., 2015).

No Brasil, os principais plantios estão localizados, principalmente, nos Estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Bahia, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul (Abraf, 2012). A excelente adaptabilidade sob diversas condições edafoclimáticas faz com que as espécies sejam exploradas comercialmente nas mais variadas regiões, considerando suas características principais, como rápido crescimento, alta produtividade e tolerância à seca.

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores, a área de plantios florestais brasileira totalizou 9,0 milhões de hectares (ha) e representa mais de 91% do uso madeireiro no país, sendo que cerca de 6,97 milhões correspondem aos plantios com *Eucalyptus* spp. (Ibá, 2020). Essa área plantada com eucalipto se destina a abastecer as indústrias de celulose e papel, carvão vegetal, óleos essenciais, madeira sólida, postes de eletricidade, mourões de cerca para construção civil (Abraf, 2012), entre outras finalidades, como produção de mel, resinas, etanol celulósico etc.

Algumas espécies do gênero *Eucalyptus* são empregadas no tratamento de infecções bacterianas ou fúngicas em humanos (Santos et al., 2019), em aplicações nas indústrias farmacêuticas e de perfumaria (Mataruco et al., 2019). Além dos

serviços madeireiros e não madeireiros, essas florestas plantadas também oferecem serviços ambientais e sociais, incluindo a recuperação de áreas degradadas e a geração de empregos, respectivamente (Abraf, 2012).

Sob o ponto de vista econômico, o país se destaca como o 4º maior produtor mundial de celulose com espécies de *Eucalyptus* spp. (Gonçalves et al., 2017), seguido da Índia e China (Du et al., 2015). A contribuição desse setor ao PIB foi de R\$ 69,1 bilhões em 2017, e representa 1,2% da riqueza gerada no país (Cna, 2019).

Ainda que os plantios florestais brasileiros sejam mais produtivos que em outros países, o crescimento inicial e a sobrevivência das mudas em campo são desafios enfrentados num povoamento florestal, pois esses atributos dependem da produção de mudas de alto padrão de qualidade, e resultam em sucesso nos empreendimentos florestais, satisfazendo os objetivos do setor florestal (Cruz et al., 2012).

## **2.2 Parâmetros usados na determinação da qualidade de mudas**

Uma muda de alto padrão de qualidade é definida por suas características morfológicas, fisiológicas, genéticas e ambientais (Wilson e Jacobs, 2006), e a sua definição se dá por meio da mensuração dessas características. Portanto, como a qualidade da muda é essencial para a formação da floresta, surge a necessidade de determiná-la (Rudek et al., 2013).

Os parâmetros morfológicos, que se baseiam nos aspectos fenotípicos e fisiológicos, são os mais utilizados na determinação da qualidade de mudas florestais, juntamente com a compreensão intuitiva de maior aceitação pelos viveiristas (Eloy et al., 2013).

Os parâmetros fisiológicos e radiciais, mesmo que não apresentem facilidade de mensuração quando comparados aos morfológicos, permitem determinar efetivamente a qualidade das mudas florestais de maneira mais completa (Carneiro, 1995).

Apesar disso, ambos carecem de uma descrição mais acertada que responda às exigências desde a sobrevivência ao crescimento, pois esses atributos são

condicionados à qualidade genética dos propágulos e adversidades encontradas no campo após o plantio (Gomes et al., 2002).

### ***2.2.1 Parâmetros morfológicos***

Os parâmetros morfológicos são características mensuradas, física ou visualmente, que indicam o momento de intervenção nas atividades silviculturais (Alves e Freire, 2017). Deve-se destacar que, para a maioria das pesquisas realizadas, é adotado como critério importante o sucesso no desempenho das mudas no campo, pois atende à exigência de que, ao saírem do viveiro, as mudas precisam apresentar condições físicas que assegurem seu desenvolvimento, evitando o replantio (Carneiro, 1995; Fonseca, 2000).

Os principais parâmetros morfológicos que determinam a qualidade das mudas são a altura da parte aérea, o diâmetro de colo, relação H/D, biomassa da parte aérea, radicial e total (Carneiro, 1995; Cogo et al., 2018). A altura da parte aérea é considerada uma das variáveis mais antigas na classificação e seleção das mudas (Parviainen, 1981), e continua contribuindo como um indicativo por ser uma variável de fácil medição e constituir-se um método não destrutivo, o que a torna tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho (Eloy et al., 2013). Sua eficiência a tornou uma estimativa padrão de mudas nos viveiros e uma das mais importantes para estimar o crescimento no campo (Reis et al., 1991). A variável altura não deve ser avaliada de forma isolada para determinar o grau de qualidade das mudas, sendo necessário associar com o diâmetro de colo e demais parâmetros morfológicos.

Dentre as variáveis facilmente mensuráveis, o diâmetro de colo é a mais promissora como indicativo de qualidade das mudas (Binotto et al., 2010), pois, além de possuir estreita correlação com a sobrevivência (Marana et al., 2015), também se relaciona, sobretudo, com o ritmo de crescimento das mudas após o plantio (Gomes, 2001). É um parâmetro não destrutivo influenciado pelo recipiente e adensamento de plantas, em que densidades altas proporcionam competição entre as plantas por espaço, favorecendo o maior crescimento em altura

quanto em diâmetro (Trautenmuller et al., 2017).

Almeida et al. (2005) confirmaram em seu trabalho os relatos de que mudas com alto valor de diâmetro de colo apresentam boa taxa de sobrevivência no campo, visto que esse é um indicador das taxas de assimilação líquida de produtos da fotossíntese (Marana et al., 2015). As mudas devem apresentar sempre diâmetros superiores para maior equilíbrio do desenvolvimento da parte aérea.

Outro parâmetro morfológico é a relação H/D ou quociente de robustez, que consiste no valor resultante da divisão da altura da parte aérea pelo seu respectivo diâmetro de colo e expressa o equilíbrio de crescimento, constituindo uma avaliação importante na mensuração do crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo (Carneiro, 1995), sendo julgado como um dos parâmetros mais precisos por definir o grau de afilamento da muda (Trautenmuller et al., 2017).

Além disso, funciona como indicativo de estabelecimento das mudas em campo, pois mudas com a relação H/D muito elevada, altura muito superior ao diâmetro, podem apresentar dificuldade de se manterem erguidas, conseqüentemente, ocorre o tombamento após o plantio (José et al., 2005). Caldeira et al., (2013) afirmam que mudas com o grau de afilamento dentro da faixa considerada adequada apresentam as melhores condições de serem levadas ao campo.

Outro parâmetro que atesta a qualidade de mudas é a biomassa, que se refere à quantidade de massa orgânica de origem vegetal produzida por unidade de área (Santana et al., 2008). Na avaliação de biomassa seca e fresca em mudas florestais, considera-se o peso da parte aérea e raízes, e peso total (Carneiro, 1995), ambos diretamente correlacionados com a sobrevivência e crescimento inicial pós-plantio (Oliveira, 2017).

A determinação dessas variáveis se verifica por meio da separação do sistema radicial da parte aérea de cada muda, e após remoção dos resíduos de substrato, essas são acondicionadas à estufa com ventilação forçada e alta temperatura, por 24h, para determinação da biomassa de cada parte da muda em balança de precisão (Mafia et al., 2005).

A biomassa da parte aérea está ligada à quantidade de folhas, em razão de esses órgãos serem fonte de fotoassimilados e nutrientes (Bellote e Silva, 2000), e configura o grau de rusticidade das plantas (Paiva e Gomes, 2013). Um sistema radicial que apresente maior biomassa fresca (mais volumoso) tende a conter maior número de ápices radiciais que exercem papel importante no processo de absorção (Reis et al., 1989). Já a biomassa seca radicial, sob o ponto de vista fisiológico, segundo Novaes (1998), está ligada à sobrevivência e crescimento inicial em campo, haja vista sua função de absorção de água e nutrientes.

### ***2.2.2 Parâmetros radiciais e Potencial de Regeneração de Raízes (P.R.R.)***

Carneiro (1995) reporta que, dentre as características fisiológicas, o estado nutricional é a que recebe maior atenção, ratificando que uma observação mais completa da qualidade efetiva de mudas florestais pode ser obtida por um outro parâmetro fisiológico, o Potencial de Regeneração de Raízes (P.R.R.).

No entanto, o diagnóstico do status fisiológico da planta, principalmente via capacidade de regeneração de raízes, tem recebido atenção diante da relevância que as raízes apresentam em sua íntima relação com as demais atividades fisiológicas e garantia de maior desempenho das plantas em campo (Bacon, 1979; Carneiro, 1995). Stone et al. (1962) e Ritchie (1985) conceituam esse parâmetro como a combinação do potencial de iniciação de crescimento de raízes laterais com o potencial de seu alongamento, representando a capacidade da muda, num intervalo de tempo, iniciar e desenvolver novas raízes. Como atributo, antevê a taxa de sobrevivência e o crescimento das mudas após o plantio (Parviainen, 1981).

Dentro do rol dos benefícios do P.R.R., ainda está sua estreita relação com o vigor, tolerância à seca, danos físicos decorrentes da retirada das mudas dos canteiros, armazenamento e o plantio (Brissette et al., 1988), bem como sua condição essencial para o crescimento, quando estiver sob algum estresse ambiental (Brissette e Ballanger, 1985; Carneiro, 1995). As vantagens delimitadas por esse método se resume à maior rapidez em obtenção dos dados e menor custo (Feret et al., 1985). Alguns desses benefícios foram confirmados em estudos, por exemplo, a

sobrevivência de mudas de *Pinus ponderosa* (McTague e Tinus 1996) e de *Pinus taeda* sob condições de estresse (Barden et al., 1986), correlações positivas entre o comprimento total e o número de novas raízes com a altura e diâmetro (Novaes et al., 2002), assim como a correlação entre alto P.R.R. e maior taxa de crescimento no campo de plantas de eucalipto (Barroso et al., 2000).

Os procedimentos para determinação do P.R.R. são sugeridos por vários autores, a exemplo de Stone (1967), que recomenda a padronização dos comprimentos de todas as raízes laterais após a remoção cuidadosa das mudas dos canteiros, posteriormente acondicionadas em recipientes com areia ou outro material para seu livre desenvolvimento.

Böhm (1979) sugere que esses procedimentos sejam realizados por meio de recipientes chamados Rizotrons (caixas, aquários e tubos), através da contagem do número total de extremidades e pelo seu comprimento total. Carneiro (1995) propõe a padronização do sistema radicial realizando poda das raízes laterais a aproximadamente 4,0 cm de distância do eixo da raiz principal, em seguida as mudas devem ser transplantadas em recipientes contendo substratos para favorecer o evento da regeneração. Ainda sobre determinação de P.R.R., Novaes et al. (1998) prescrevem a possibilidade dessa avaliação ocorrer em distribuição horizontal e vertical das raízes através da divisão em quadrantes, onde o substrato utilizado deva consistir em areia, solo ou substrato comercial para não haver impedimentos à livre regeneração das raízes. Santos (2018) confirma a efetividade desse método ao determinar, com auxílio de Tubos, o número total, distribuição espacial e vertical das extremidades de novas raízes visíveis nas paredes dos Tubos.

### **2.3 Recipientes e produção de mudas**

Por volta dos anos 70, em vários países, verificou-se maior atenção às mudas produzidas em recipientes, pois se observou que o recipiente utilizado reflete diretamente na qualidade final. Os valores atribuídos aos recipientes estão em suas funções de suporte, nutrição, e, principalmente, de proteção das raízes contra os danos mecânicos (Gomes et al., 2003), sendo considerado como grandes problemas

em viveiro.

Já nos anos 90, mais de vinte modelos de recipientes foram testados para a produção de mudas. Os sacos de polietileno se destacaram em termos de utilização, logo após os tubetes de polietileno rígido (Gomes et al., 1991). Desde então, os sacos plásticos têm sido os mais utilizados em pequenos viveiros, em razão de sua maior disponibilidade e menor preço (Gomes et al., 1990); e os tubetes plásticos como o principal recipiente na produção de mudas para reflorestamentos e fins comerciais (Carneiro, 1995).

Os tubetes predominam na produção de mudas dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* no Brasil, tendo em vista as facilidades de automação das operações e aumento do volume de mudas produzidas (Lisboa et al., 2012).

No entanto, alguns estudos realizados detectaram que recipientes com paredes rígidas como os tubetes provocam deformações no sistema radicial (Novaes, 1998). A utilização desse tipo de recipiente implica na necessidade de sua remoção no ato do plantio e o retorno para higienização, tal procedimento corresponde a 10,9% dos custos de produção de mudas de eucalipto (Simões e Silva, 2010). Além do menor tempo de depreciação, que é de 10 anos (Dias et al., 2011), esses recipientes induzem a deformações radiciais, um dos grandes problemas detectados nas mudas produzidas (Brachtvogel e Malavasi, 2009).

Caso haja restrições ao desenvolvimento normal das raízes, ocorrerão má formação e distribuição das mesmas, e a tendência é que essas deformações persistam após o plantio, prejudicando o desempenho em campo (Novaes, 1998). Plantas com o sistema radicial deformado apresentam menor capacidade de absorção de nutrientes e resistência ao movimento de água (Reis et al., 1991), desbalanço de reguladores de crescimento, limitação hídrica (Hameed et al., 1987) e produção de biomassa (Barroso et al., 2000). Por esse motivo, as pesquisas voltaram a testar outros modelos de recipientes e alguns países escandinavos chegaram até obter sucesso com o sistema de produção de mudas em blocos prensados, testados no Brasil por Carneiro (1995) e Novaes (1998).

A alternativa atual para substituir os tubetes são os recipientes biodegradáveis (Zaccheo et al., 2013; Santos, 2018). A preferência pelo uso dos

recipientes biodegradáveis, entre outras vantagens técnicas importantes, está na preservação ambiental, visto que é um produto que se degrada em menor tempo no solo, quando comparado aos demais recipientes plásticos, e eliminam custos relativos ao retorno e desinfecção. Nesse sentido, uma tendência atual tem sido o uso do *Paperpot*, recipiente biodegradável de parede perfurada, constituído de composto celulósico degradável com formato cilíndrico e certificado pelo FSC (*Forest Stewardship Council*) (Ipef, 2011).

A adoção desse recipiente oferece algumas vantagens, como possibilitar o desenvolvimento mais rápido das mudas e com menor estresse no momento do plantio, tendo em vista a sua capacidade em manter a integridade das raízes e sua passagem facilitada na parede porosa do material (Santos, 2018). Apresenta também característica muito importante aos viveiristas que é a redução no ciclo da muda, ou seja, reduz o seu tempo de produção ou permanência em viveiro, conferindo um ganho econômico no processo produtivo (Iatauro, 2004; Viégas, 2015).

Outra característica do recipiente *Paperpot* é a facilidade de introduzir fungicidas e bactericidas na formulação para reduzir os problemas de viveiro (Iatauro, 2001), bem como a possibilidade de incorporar adubo ou fitorreguladores, oportunizando um outro desdobramento, que é a incorporação de complexos orgânicos e estimulantes de crescimento. Moreira et al. (2011) concluíram que os recipientes biodegradáveis são os mais indicados para a produção de mudas com características morfológicas desejadas. Viégas (2015) afirma que estes são os recipientes mais eficazes para substituir os tubetes, pois contribuíram positivamente na sobrevivência e desempenho das plantas no campo.

Em um trabalho mais recente, Santos (2018) observou maiores médias para altura, diâmetro de colo e relação H/D em mudas de eucalipto produzidas em *Paperpot*, chegando a apresentar 121% a mais de raízes, quando comparado aos tubetes convencionais.

## **2.4 Compostos orgânicos associados às mudas florestais**

Tem se tornado uma tendência mundial o emprego de novas práticas, técnicas e/ou produtos que sejam tão eficientes quanto os tradicionais químicos sintéticos (Tofanelli et al., 2018), que sejam menos poluentes e onerosos, e contribuam para melhoria das condições das propriedades físicas, químicas e biológicas do substrato, promovendo o desenvolvimento adequado das mudas (Gasparin et al., 2014). Dentre as tecnologias empregadas na otimização da produção de mudas florestais, alguns produtos sintéticos e biológicos vêm sendo estudados, uma vez que apresentam capacidade de promoção do crescimento direto ou indireto das plantas (Mafia et al., 2007).

Esses produtos podem atuar por meio do fornecimento de compostos reguladores do crescimento da planta, podendo até reduzir os efeitos negativos causados pela ação de organismos patogênicos ou variações ambientais (Andrade et al., 2006). Desse modo, os complexos orgânicos e/ou bioestimulantes se destacam por propiciar a ativação de mecanismos defensivos ou reguladores de crescimento (Steffen et al., 2011). Alguns autores mencionam que a ativação desses mecanismos resulta em maior desenvolvimento vegetal, seja por meio do biocontrole de patógenos, seja por resistência a fatores externos (Russo e Berlyn, 1990). Esses produtos contêm princípio ativo ou agente orgânico, e a capacidade de atuação pode ser sistêmica ou não, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas (Benicio et al., 2011). São constituídos de materiais oriundos de matérias primas industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal; e seu emprego contribui para a melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos, bem como para a ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta (Wangen et al., 2013). Estão dispostos na forma simples ou enriquecidos, e sua importância principal pode ser resumida como promotores da atividade biológica do solo e ativador enzimático do metabolismo vegetal (Prates e Medeiros, 2001). Essa ativação da atividade biológica do solo é importante, pois cria um microambiente mais oportuno para a formação e desenvolvimento do sistema radicular da planta como um todo, aumentando sua capacidade de absorção de água e nutrientes (Fan et al., 2014). Os benefícios desses compostos orgânicos adicionados ao substrato são conferidos na fase de viveiro e, principalmente, em campo, por meio dos aspectos fenotípicos, denominados

morfológicos (Gomes e Paiva, 2013). Diversos trabalhos têm reportado resultados positivos da aplicação dos complexos orgânicos sobre o crescimento de espécies vegetais. Caldeira et al. (2000) observaram maiores valores de altura, diâmetro do colo e biomassa radicial em *Eucalyptus saligna*.

Neto et al. (2013), na tentativa de atenuar os efeitos depressivos da salinidade às plantas, aplicaram diversos complexos orgânicos disponíveis no mercado e encontraram resultados positivos. Porém, os efeitos decorrentes da aplicação desses compostos variam de acordo com as condições climáticas, cultura explorada, frequência de aplicação, características químicas e físicas do substrato, e tipo de substrato (Casado-Vela et al., 2006).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização da área experimental**

O presente estudo foi conduzido em três etapas. Na primeira constou da produção das mudas no Viveiro Florestal da Tecnoplant, situado no município de Eunápolis, no sul da Bahia, localizado na latitude sul 16° 22' 39'' e 39° 34' 49'' e longitude oeste, com altitude de 183 metros. Segundo a classificação de Köppen, o clima do município é classificado como tropical (Aw), com base na temperatura média e pluviosidade anual de 23,8 °C e 1165 mm, respectivamente.

A segunda e terceira etapas foram executadas em Casa de Vegetação e no Laboratório de Silvicultura da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), no município de Vitória da Conquista-BA, coordenadas geográficas 14° 53' 2'' (latitude sul) e 40° 47' 56'' (longitude oeste) e altitude 923 m. A região apresenta temperatura média de 20°C, pluviosidade média anual de 760 mm, e o clima é tropical de altitude (Cwb), de acordo a classificação de Köppen.

#### **3.2 Recipientes, substratos e material genético utilizados**

Foram utilizados nesta pesquisa *Paperpots*, recipientes biodegradáveis da marca comercial Ellepot®, produzidos pela empresa Dinamarquesa Ellepot AS (Figura 1A). Esses recipientes apresentam as suas paredes constituídas de uma película de celulose degradável e, neste trabalho, foram utilizadas unidades com 12,0 cm de altura e 3,5 cm de diâmetro, com capacidade volumétrica para 116,0 cm<sup>3</sup>.

Também foram utilizados nas avaliações Tubetes, que é o recipiente convencionalmente utilizado para a produção de mudas do gênero *Eucalyptus*. Os Tubetes utilizados corresponderam ao modelo cônico, com paredes rígidas, nas dimensões de 12,0 cm de altura, 3,0 cm de diâmetro na parte interna superior e 1,0 cm de diâmetro na parte interna inferior, contendo quatro saliências internas, com capacidade volumétrica para 55 cm<sup>3</sup> (Figura 1B).



**Figura 1.** A - Recipientes biodegradáveis utilizados para a produção de mudas de *Eucalyptus* spp.; B - Tubete convencional (B).  
Fonte: Adaptado de Ramos (2012) (A) e FlorestalPlant (B).

Usou-se o mesmo substrato para a produção das mudas nos dois recipientes, correspondendo à mistura resultante do substrato comercial Carolina Soil® (Turfa Sphango, Vermiculita expandida, Calcário Dolomítico e Gesso agrícola), adicionado de fibra de coco na proporção 1:1.

O material genético utilizado correspondeu ao clone VCC-865 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), desenvolvido para o setor de celulose e papel, e utilizado em regiões com índices pluviométricos anuais oscilando entre 1200 mm e 1400 mm. Ressalta-se que este material foi selecionado por ser amplamente utilizado na região.

### **3.3 Experimento I**

#### **3.3.1 Produção das mudas no viveiro**

Para a produção das mudas, foram seguidos todos os procedimentos e métodos adotados pela empresa Tecnoplant. Inicialmente o substrato foi preparado

e submetido a uma fertilização de base, o qual consistiu na 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) por metro cúbico de substrato. Em seguida, foi submetido a uma completa homogeneização por meio de uma betoneira e uso de água. Os tubetes de plástico rígidos foram preenchidos com o auxílio de uma mesa vibradora. Para o seu suporte, utilizou-se bandejas de polipropileno, com capacidade para 187 mudas.

Quanto aos recipientes biodegradáveis, estes foram produzidos e preenchidos em processo único, por meio de uma máquina do sistema Ellepot® de propriedade do viveiro florestal Anauá, situado no município de Teixeira de Freitas-BA. Realizou-se o preenchimento dos respectivos recipientes com o mesmo substrato e adubação anteriormente mencionados e, em seguida, estes foram acondicionados em bandejas próprias com capacidade para 126 unidades. Após o preenchimento, os recipientes foram levados para o local de estaqueamento, com o objetivo de efetuar o transplante das miniestacas apicais diretamente no substrato, obtidas de minicepas produzidas a partir do minijardim clonal, pertencente à empresa Tecnoplant.

Ao final do estaqueamento, realizou-se o preparo e aplicação do complexo orgânico, considerando os seguintes procedimentos: preparou-se uma solução contendo 1,0 g do produto diluído em 100 mL de água não clorada, procedimento denominado de hidratação e/ou ativação. Decorrido 48 horas, a solução de 100 mL foi acondicionada em um borrifador com capacidade de um litro e teve seu volume completado com água não clorada (destilada). Após a diluição, o conteúdo assumiu um volume de 1000 mL, sendo posteriormente aplicado a cada 1000 mudas, então, cada recipiente recebeu aproximadamente 1,0 mL da solução.

Logo após esses procedimentos, os recipientes foram transferidos para a casa de vegetação climatizada (câmara de enraizamento) e mantidos sob temperatura constante de 36 °C, umidade de 80%, e irrigação via microaspersores, em intervalos de 5,0 minutos, com tempo de 15 segundos de duração, onde permaneceram por 20 dias. Posteriormente, as mudas foram transferidas para a área de aclimação a céu aberto, onde as irrigações ocorreram em intervalos de dez

minutos, com duração de 2,0 minutos, num período compreendido de dez dias.

**Tabela 1** - Características bioquímicas do composto orgânico Vitasoil

Potássio (K <sub>2</sub> O) solúvel em água	8,0 g 100 g <sup>-1</sup>
Nitrogênio (N) solúvel em água	0,7 g 100 g <sup>-1</sup>
Carbono orgânico total	39,4 g 100 g <sup>-1</sup>
Solubilidade em água	98%
Umidade (máx.)	2%
pH	9,8

Fonte: Ministério da Agricultura, 2020.

A etapa subsequente compreendeu a transferência das mudas para a área de crescimento, onde permaneceram por mais 30 dias; e a irrigação foi efetuada em intervalos de três horas, com duração de dez minutos. Ainda nesta etapa, executou-se a operação de raleamento, que consiste na diminuição da densidade para 50% da capacidade das bandejas.

Ao final desse período, as mudas foram transportadas para a área de rustificação e submetidas a cinco adubações diárias, via fertirrigação com Nitrato de Cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), na dosagem de 0,003 kg l<sup>-1</sup> de água, permanecendo por mais 40 dias, totalizando 100 dias decorridos do estaqueamento.

### 3.3.2 Procedimentos e determinação dos parâmetros morfológicos

Ao final da etapa de estaqueamento, aos 90 dias, visando determinar os parâmetros morfológicos, as mudas foram retiradas aleatoriamente dos seus respectivos recipientes. Em seguida, realizou-se uma lavagem cuidadosa do sistema radicial para retirada de todos os resíduos de substrato presos às raízes. Logo após esse processo, foi realizada uma avaliação do sistema radicial de uma muda por repetição, objetivando-se a contagem visual do número de raízes

laterais e número de raízes fisiologicamente ativas (Figura 2).



**Figura 2.** Aspectos de raízes fisiologicamente ativas.

Posteriormente, as mudas foram postas sobre folhas de papel na bancada do Laboratório de Silvicultura da UESB, por um período de 12 horas, período necessário para perda de água superficial sem se desidratar. Em seguida, foram mensurados a altura da parte aérea por meio de uma régua graduada e o diâmetro de colo através de paquímetro digital. Também se realizou a contagem visual no número de folhas totalmente expandidas e acumuladas na haste principal de cada muda.

Em seguida, procedeu-se a separação entre a haste e o sistema radicial das mudas individualmente. Para determinação da biomassa fresca e seca da parte aérea, raízes e total, registrou-se a massa fresca de cada parte mencionada, com auxílio de uma balança digital.

Quanto à secagem do material, estas foram acondicionadas em duas embalagens de papel, uma contendo a parte aérea e outra o sistema radicial. Depois de etiquetadas, foram colocadas em estufa previamente aquecida, a 75°C, durante 72 horas, quando se atingiu a massa seca constante. As embalagens permaneceram abertas para facilitar a perda de umidade, depois

que se atingiu a massa seca constante. Após o resfriamento do material, foram efetuadas as pesagens de biomassa seca.

Os parâmetros avaliados nessa fase foram:

- a) Número de raízes laterais;
- b) Número de raízes fisiologicamente ativas;
- c) Altura da parte aérea (cm);
- d) Diâmetro de colo (mm);
- e) Relação altura da parte aérea/diâmetro do colo (H/D);
- f) Biomassa fresca da parte aérea, do sistema radicial e total (g);
- g) Biomassa seca da parte aérea, do sistema radicular e total (g);
- h) Número de folhas.

### ***3.3.3 Procedimentos e determinação do Potencial de Regeneração de Raízes (P.R.R.)***

Para a avaliação do P.R.R., as mudas foram retiradas aleatoriamente dos seus respectivos recipientes, submetidas a uma lavagem cuidadosa e, em seguida, suas raízes laterais foram podadas a uma distância aproximada de 3,0 cm do eixo principal.

Logo depois, as mudas foram transferidas para recipientes confeccionados a partir de garrafas Pet transparentes, sem gargalos, padronizadas com altura e diâmetro, apresentando, respectivamente, 25,0 e 10,0 cm; e 2,0 litros de capacidade volumétrica (Figura 3A). Para avaliar a distribuição espacial e vertical das raízes, efetuou-se quatro marcações nas paredes externas do Tubo, no sentido longitudinal e transversal, dividindo-o em quadrantes (Figura 3B).

Esse modelo de recipiente transparente foi adotado a fim de permitir o desenvolvimento das raízes e para facilitar a contagem do número de raízes novas regeneradas e a avaliação de sua distribuição nos tubos. Para o preenchimento dos recipientes, usou-se o substrato da marca comercial Bioplant® à base de casca de pinus bioestabilizada.

Depois que os recipientes estavam prontos, as mudas, com as suas raízes podadas, foram transplantadas. Realizado o plantio das mudas, os recipientes foram revestidos com plásticos de coloração escura, em razão das raízes apresentarem fototropismo negativo (Figura 3C). As regas foram realizadas diariamente, de forma homogênea em todo o experimento.



**Figura 3.** Tubo sem o gargalo (A) e com as ranhuras (B). Aspectos do experimento instalado em Tubos, visando à determinação do Potencial de Regeneração de Raízes (P.R.R.) (C).

Esse modelo de recipiente transparente foi adotado a fim de permitir o desenvolvimento das raízes e para facilitar a contagem do número de raízes novas regeneradas e a avaliação de sua distribuição nos tubos. Para o preenchimento dos recipientes, usou-se o substrato da marca comercial Bioplant® à base de casca de pinus bioestabilizada.

Depois que os recipientes estavam prontos, as mudas, com as suas raízes podadas, foram transplantadas. Realizado o plantio das mudas, os recipientes foram revestidos com plásticos de coloração escura, em razão das raízes apresentarem fototropismo negativo (Figura 3C). As regas foram realizadas diariamente, de forma homogênea em todo o experimento.

O P.R.R. foi avaliado em dias alternados, no período de 25 dias, por meio da determinação dos seguintes parâmetros:

- a) Distribuição espacial de raízes nos quatro quadrantes dos recipientes;
- b) Número total de raízes regeneradas e tocadas nas paredes dos recipientes;
- c) Comprimento das raízes regeneradas.



**Figura 4.** Raízes regeneradas tocando as paredes do Tubo.

## **3.5 Experimento II**

### ***3.5.1 Crescimento inicial das mudas em vasos***

Esta etapa foi executada na Estufa e no Laboratório de Silvicultura da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB). Foram utilizadas, nesta etapa, mudas com idade de 90 dias, produzidas pela empresa Tecnoplant.

Para instalação desse experimento, os vasos com capacidade volumétrica de 13 L foram preenchidos com solo retirado de uma camada arável (0-20 cm), proveniente da área experimental da UESB. Uma amostra composta desse solo foi encaminhada ao Laboratório de Solos para análise química. Os resultados dessas análises estão disponíveis no Apêndice 1A.

A adubação do solo ocorreu de acordo com os resultados obtidos da

análise química. Realizou-se a adubação, por vaso, com 4,47 g do formulado NPK (10-18-25) que contém em sua formulação 0,02235 g de cobre, boro e zinco. Posteriormente, as mudas foram transplantadas de forma manual para cada vaso, seguida da aplicação do complexo orgânico de marca comercial Vitasoil.

Quanto ao preparo e aplicação do complexo orgânico, considerou-se os seguintes procedimentos: o preparo de uma solução contendo a diluição de 2,0 g do produto em 200 mL de água não clorada, procedimento denominado de hidratação e/ou ativação; e, decorridas 48 horas, foram pipetados os volumes de 24 mL, 36 mL, 48 mL e 60 mL, que corresponderam às dosagens de 1,0 L.ha<sup>-1</sup>, 1,5 L.ha<sup>-1</sup>, 2,0 L.ha<sup>-1</sup> e 2,5 litros.ha<sup>-1</sup>.

As soluções pipetadas foram acondicionadas em recipientes individuais com capacidade volumétrica de 5,0 litros e teve seu volume completado com água não clorada (destilada). Após a diluição, cada planta recebeu 200 mL do conteúdo diluído, conforme a recomendação do fabricante para situações de campo. Ao final do experimento, decorridos 90 dias de sua instalação, foram avaliados os seguintes parâmetros:

- a) Altura da parte aérea;
- b) Diâmetro de colo;
- c) Número de folhas;
- d) Índice SPAD;
- e) Profundidade e comprimento da raiz principal;
- f) Número de raízes laterais;
- g) Deformações radiciais;
- h) Biomassa fresca da raiz;
- i) Volume de raiz.

Para a determinação do Índice SPAD, utilizou-se um clorofilômetro portátil da marca Minolta, modelo SPAD502. Para cada planta, em quatro folhas completamente expandidas e fisiologicamente maduras, considerou-se

como índice SPAD a resultante da média aritmética de três leituras das respectivas folhas.

Quanto às deformações radiciais, foi realizada a contagem do número de dobras, espiralamentos e estrangulamentos. Foi considerado como dobra, o ângulo formado pelas raízes laterais a partir do qual tomou direcionamento vertical. Como espiralamento, o desenvolvimento circular das raízes laterais que se contornou no seu interior. Já como estrangulamento, a superposição de raízes. Realizou-se também o cálculo dos coeficientes de deformações radiciais (número de deformações radiciais/número de raízes laterais).

Em relação à determinação do volume de raiz, utilizou-se o método de deslocamento de água, com auxílio de uma régua graduada acoplada numa caixa de vidro. O recipiente foi preenchido com água, e, após inserção das raízes, considerou-se como volume a diferença obtida entre a graduação inicial e final, marcada na régua pelo deslocamento da água.

### **3.6 Procedimentos estatísticos**

O experimento, correspondente à primeira etapa, foi instalado obedecendo-se a um delineamento experimental inteiramente casualizado cujos tratamentos constaram de um arranjo fatorial 2 x 2, com dois sistemas de produção (Tubete 55 cm<sup>3</sup> e *Paperpots* 116 cm<sup>3</sup>) e duas concentrações de complexo orgânico, compreendendo quatro tratamentos, cinco repetições e um total de 20 parcelas, constituídas de 30 mudas, perfazendo um total de 600 mudas avaliadas.

Quanto à etapa de avaliação do Potencial de Regeneração de Raízes – P.R.R., foram avaliados os quatro tratamentos da fase de viveiro, sendo que cada tratamento tinha oito repetições e uma muda por parcela, perfazendo um total de 32 mudas. Esse experimento foi desenvolvido em Tubos, contendo, cada um, uma muda, sendo considerado como uma unidade experimental.

A terceira etapa foi desenvolvida com o objetivo de simular o desempenho das mudas no campo, produzidas em Tubetes. Utilizou-se mudas

com 90 dias de idade e o experimento foi conduzido em vasos e mantidos em casa de vegetação. O delineamento experimental utilizado constou de blocos ao acaso, com cinco tratamentos, correspondentes às cinco concentrações do complexo orgânico, 0,0 L.ha<sup>-1</sup>, 1,0 L.ha<sup>-1</sup>, 1,5 L.ha<sup>-1</sup>, 2,0 L.ha<sup>-1</sup> e 2,5 L.ha<sup>-1</sup>, em quatro blocos, totalizando 20 parcelas com seis plantas cada uma, perfazendo um total de 120 plantas avaliadas em todo o experimento.

Para todos os resultados obtidos na primeira e segunda etapas, os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, para a normalidade; e de Bartlett, para homogeneidade entre as variâncias. Em seguida, após a análise de variância (ANOVA), as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 95% de probabilidade, pelo programa estatístico SAEG. Os coeficientes da correlação de Pearson foram calculados com base nas médias dos tratamentos avaliados entre todas as variáveis, e as análises foram realizadas com o auxílio do programa Office Excel 2013. Quanto aos resultados obtidos na terceira etapa, as análises de regressão foram realizadas usando-se a técnica dos polinômios ortogonais, processadas pelo programa estatístico SAEG.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Parâmetros morfológicos

#### 4.1.1 Altura da parte aérea, diâmetro de colo e relação H/D

As análises de variância permitiram observar diferenças significativas entre os tratamentos e as interações entre os dois fatores para altura da parte aérea, diâmetro de colo, biomassa fresca da parte aérea e total, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade. Para as demais características avaliadas, não houve interação entre os fatores, indicando o efeito independente sobre essas características.

As médias das variáveis, altura da parte aérea e diâmetro de colo, encontram-se na Tabela 2. As mudas produzidas em Tubetes 55 cm<sup>3</sup> apresentaram as maiores médias para altura da parte aérea em relação àquelas produzidas em *Papeports*. Ainda que os Tubetes condicionem a restrição radicial, condição que reduz a taxa de crescimento das mudas, algumas espécies podem desenvolver mecanismos de tolerância ao confinamento imposto pelo recipiente, durante a fase de rustificação em viveiro, de modo que o desenvolvimento da planta não seja totalmente comprometido. Essa constatação é condizente com a citação de Carneiro (1995), que afirma que o gênero *Eucalyptus* apresenta um grau de tolerância à restrição radicial. O crescimento superior da variável altura, para mudas produzidas em Tubetes, também foi observado por Mendonça et al. (2016), que constataram em seu trabalho crescimento superior em altura para mudas de *E. camaldulensis*, produzidas em Tubetes em relação a mudas da mesma espécie, produzidas em recipientes biodegradáveis.

Verificou-se que o efeito do composto orgânico contribuiu para o crescimento da altura da parte aérea, quando aplicados em mudas produzidas em Tubetes. O menor volume de substrato em Tubetes foi proporcional à concentração aplicada do composto orgânico, de modo que essas substâncias tiveram sua atividade maximizada nessas condições, estimulando o maior crescimento em altura, quando comparadas àquelas produzidas em *Paperpot*,

recipiente de maior volume.

**Tabela 2.** Valores médios de altura da parte aérea de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em *Paperpots* e Tubetes, associadas com a aplicação de composto orgânico, três meses após o estaqueamento

Recipiente	Altura da parte aérea (H) (cm)	
	Complexo orgânico	
	Presença	Ausência
<i>Paperpot</i>	35,93 Ba	33,52 Aa
Tubete	40,08 Aa	31,48 Ab
C.V. (%)	7,31	

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O enriquecimento do substrato via aplicação dos compostos orgânicos, na fase de formação das mudas de eucalipto, promove o maior crescimento em altura das mesmas, em razão de sua atividade promover o aumento no volume radicial, maior disponibilidade e aproveitamento de nutrientes. Esses efeitos já foram verificados por outros pesquisadores, a exemplo de Abreu et al. (2017) que, ao estudarem o efeito de compostos da mesma natureza em mudas de aroeira produzidas em substrato comercial, constataram que essas substâncias têm papel fundamental no arranque inicial do crescimento da parte aérea, justificando as maiores médias encontradas para as mudas produzidas em Tubetes. Busato et al. (2016) verificaram que esses compostos aumentam a qualidade das mudas em viveiro devido a sua capacidade de estimular o crescimento exponencial de microrganismos rizosféricos, benéficos ao crescimento vegetal. Caldeira et al. (2013) comprovaram que os complexos orgânicos melhoram as características físicas do substrato, o que provavelmente reflete positivamente na qualidade e crescimento das mudas produzidas.

Quanto ao diâmetro de colo, os maiores valores foram encontrados para as mudas produzidas em *Paperpot*, na presença e ausência do complexo orgânico, ainda que para a presença não tenha havido diferença estatística

(Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores médios de diâmetro do colo de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em *Paperpots* e Tubetes, associadas com a aplicação de composto orgânico, três meses após o estaqueamento

Recipiente	Diâmetro do colo (DC) (mm)	
	Complexo orgânico	
	Presença	Ausência
<i>Paperpot</i>	4,27 Aa	4,55 Aa
Tubete	3,39 Ba	2,67 Bb
C.V. (%)	10,68	

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

A parede porosa do *Paperpot* permitiu o livre desenvolvimento das raízes, condições que contribuíram para o crescimento em diâmetro, tendo em vista que as características físicas desse recipiente, associadas ao maior volume comparado aos Tubetes, possibilitaram que a arquitetura do sistema radicial se assemelhasse às condições naturais de crescimento da planta em campo, pois quando há redução na proporção de deformações radiciais, logo, as mudas apresentam maior capacidade de absorção de nutrientes e água. Resultados semelhantes foram observados por Freitas et al. (2006a) ao comparar o desempenho das mudas de eucalipto em diferentes sistemas de produção, onde o menor desenvolvimento em diâmetro foi atribuído aos Tubetes em razão das condições de confinamento promovida por esse recipiente. Santos (2018), avaliando a qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus*, notou que as mudas produzidas em *Paperpot*, com volume de 116 cm<sup>3</sup>, apresentaram maiores médias de diâmetro de colo em relação àquelas produzidas em Tubetes com volume de 55 cm<sup>3</sup>.

Barroso et al. (2000), Leles et al. (2000) e Morgado et al. (2000) também relatam o menor crescimento em diâmetro das mudas de eucalipto produzidas em Tubetes, quando comparado a outros sistemas de produção. O

crescimento reduzido para a variável diâmetro de colo pode representar dificuldades para que as mudas permaneçam eretas em campo, resultando em tombamento e consequente morte das plantas (Reis et al., 2008).

No que diz respeito ao complexo orgânico, ainda que os Tubetes tenham restringido o desenvolvimento das raízes, a atividade desses compostos resultou em maior ganho diamétrico das mudas produzidas. Em contrapartida, as mudas produzidas nesses recipientes sem aplicação apresentaram as menores médias. O complexo orgânico tem os ácidos húmicos como parte de sua composição, e sua atividade no substrato criou um microambiente mais oportuno para o enraizamento, estimulando a emissão de raízes laterais e raízes novas. Essas características resultaram no crescimento em diâmetro, pois o ganho diamétrico está intimamente relacionado com o volume de raízes, relação que pode ser verificada na Correlação de Person entre o diâmetro de colo e as biomassas da raiz, constantes na Tabela 8. Resultados similares foram obtidos por Steffen et al. (2011) ao estudar os efeitos da incorporação de compostos orgânicos em substrato para produção de mudas de *Eucalyptus saligna* em Tubete. Peroni et al. (2012) verificaram a contribuição de compostos orgânicos no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis*. Para Medeiros et al. (2011), o principal efeito dos compostos orgânicos pode ser observado no sistema radicial das mudas, contribuindo ativamente para o crescimento da planta como um todo. Todos esses benefícios são obtidos em função da melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do substrato, proporcionada pela atividade desses compostos (Araújo et al., 2008).

Os dados referentes à relação H/D constam na Tabela 4 e demonstraram a superioridade das mudas produzidas em Tubetes, quando comparadas ao *Paperpot*. Porém, esses valores superiores da relação H/D em Tubetes apontam que houve um maior crescimento da parte aérea em detrimento do diâmetro de colo, indicando desequilíbrio no crescimento, que pode acarretar no tombamento e consequente morte das mudas após o plantio, diante de condições adversas que possam ser encontradas no campo.

**Tabela 4.** Valores médios obtidos para a Relação H/D de mudas produzidas em diferentes sistemas de produção e sob aplicação de composto orgânico, três meses após o estaqueamento

<b>Tratamentos</b>	<b>Relação H/D</b>
<i>Paperpot</i>	7,97 b
Tubete	11,84 a
Complexo orgânico (Presença)	10,12 a
Complexo orgânico (Ausência)	9,65 a
C.V.(%)	10,33

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Embora as mudas produzidas em *Paperpot* tenham apresentado as menores médias para a variável altura, a relação H/D expressa um maior equilíbrio e demonstra o crescimento em altura compatível com o diâmetro. Reis et al. (2008) também observaram médias entre 7,76 e 10,44 para mudas de eucalipto, classificando-as como aptas para o plantio. José et al. (2005) reportam que mudas florestais de alta qualidade devem apresentar relação H/D menor que 10, como foi observado neste trabalho, para as mudas produzidas em *Paperpot*. Para Carneiro (1995), é importante que as mudas apresentem médias dentro desse intervalo mencionado anteriormente, pois a baixa relação H/D corresponde à baixa taxa de tombamento e indica maior robustez, características que contribuem para a sobrevivência em campo. Segundo o mesmo autor, o ideal é que o crescimento em diâmetro seja sempre compatível com suas respectivas alturas, o que ocorreu conforme os resultados obtidos para as mudas produzidas em *Paperpot*.

#### **4.1.2 Biomassas das partes aérea, radicial e total**

##### **4.1.2.1 Biomassa fresca**

As análises de variância referentes às biomassas fresca, seca e total, das partes aérea e radicial, demonstraram haver interação entre os fatores apenas

para a biomassa da parte aérea e total.

Em relação à biomassa fresca da parte aérea e total, as maiores médias foram observadas em mudas produzidas em *Paperpot* (Tabela 5) em decorrência do aumento das raízes laterais, possibilitado pelas paredes porosas desse recipiente, por ter maximizado a translocação de água e nutrientes na parte aérea. A permeabilidade das paredes desses recipientes também evitou o acúmulo excessivo de água e consequente oxigenação do substrato, bem como o aumento do número de raízes fisiologicamente ativas cuja função é maximizar a absorção de água e nutrientes. Essas características contribuíram para o acúmulo do peso de matéria fresca da parte aérea e total, além de permitir que a arquitetura radicular das mudas se assemelhasse à disposição natural das raízes que ocorre em campo, com a presença mínima de deformação e restrição. Duarte et al. (2012) afirmam que as taxas adequadas de umidade, fornecimento de nutrientes e volume do substrato, aliado ao desenvolvimento ideal das raízes, contribuem para acúmulo de peso fresco da parte aérea. Esses atributos influenciam positivamente para maior produção de biomassa fresca, especialmente das raízes (Reis et al., 1989). Santos (2018) obteve resultados semelhantes com mudas produzidas em recipientes biodegradáveis que apresentaram maiores médias para as biomassas frescas em relação às mudas produzidas em Tubetes.

**Tabela 5.** Valores médios das biomassas frescas da parte aérea (BFPA) e total (BFT) de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em *Paperpots* e Tubetes, associadas com a aplicação de composto orgânico, três meses após o estaqueamento

Recipiente	BFPA (g)		BFT (g)	
	Complexo orgânico		Complexo orgânico	
	Presença	Ausência	Presença	Ausência
<i>Paperpot</i>	5,91 Aa	6,39 Aa	2,70 Aa	2,89 Aa
Tubete	3,31 Ba	1,45 Bb	2,01 Ba	1,38 Bb
C.V. (%)	28,52		13,90	

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto aos efeitos do complexo orgânico, este contribuiu para o aumento da biomassa fresca da parte aérea e total das mudas produzidas em Tubetes, em comparação a sua ausência (Tabela 5), demonstrando que a incorporação desses compostos nos substratos promoveu o maior crescimento vegetal. Certamente, a melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do substrato, promovida pela atividade dessas substâncias, proporcionou ganhos de biomassa fresca. Rocha et al. (2002) atribuíram os ganhos de biomassa fresca em mudas de pinheira à atividade de substâncias orgânicas no substrato, conforme obtido na presente pesquisa. Oliveira (2017) reportou os mesmos resultados em mudas de angico-vermelho, observando as maiores médias de biomassa fresca em mudas que continham compostos orgânicos nos substratos. Dessa maneira, é provável que o complexo orgânico, quando aplicado no substrato, tenha estimulado a expressão da tolerância das mudas aos efeitos da restrição radicial e contribuído para o acúmulo de biomassa.

Esse complexo orgânico não estimulou a maior produção de biomassa fresca da parte aérea e total nas mudas produzidas em *Paperpot*. Certamente, a concentração aplicada não foi adequada para o maior volume de substrato existente e, por isso, não resultou em maior produção de biomassa, quando comparado aos Tubetes. A efetividade das substâncias húmicas como agentes de crescimento vegetal relaciona-se com a concentração desses compostos e o volume do substrato aplicado (Busato et al., 2016).

Quanto à biomassa fresca do sistema radicial, houve diferenças significativas entre os recipientes avaliados, destacando-se o *Paperpot* com as maiores médias, enquanto que a aplicação do complexo orgânico na concentração administrada não influenciou no ganho em biomassa de raiz (Tabela 6).

Com os resultados para biomassa fresca das raízes, comprova-se o efeito de recipientes nesta variável na qual o *Papeport* se destacou no aumento do volume radicial. Outrossim, um sistema radicial com essas características dispõe de maior número de ápices radiciais (Reis et al., 1989), confirmado no presente estudo pelo número de raízes fisiologicamente ativas, obtidas das mudas

produzidas em *Paperpot*. Essas raízes exercem papel importante no processo de absorção com influência direta na sobrevivência em campo. Santos (2018) obteve resultados similares empregando os mesmos recipientes em mudas clonais de eucalipto. Lopes et al. (2005) observaram menores valores de biomassa fresca em mudas de eucalipto produzidas em Tubetes. Para Lopes et al. (2014), os Tubetes restringem o sistema radicial e provocam a redução do número de raízes fisiologicamente ativas, o que culminou nas menores médias observadas.

**Tabela 6.** Valores médios da biomassa fresca de raiz (BFR) de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em *Paperpots* e Tubetes, associadas a aplicação de composto orgânico, três meses após o estaqueamento

<b>Tratamentos</b>	<b>BFR (g)</b>
<i>Paperpot</i>	1,82 a
Tubete	0,63 b
Complexo orgânico (Presença)	1,13 a
Complexo orgânico (Ausência)	1,32 a
C.V.(%)	21, 32

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.1.2.2 Biomassa seca

Os resultados referentes à biomassa seca da parte aérea, raiz e total mostraram não haver interação entre os fatores, porém apontam diferenças significativas entre os recipientes e a incorporação com o composto orgânico. Observa-se que as maiores médias obtidas de biomassa seca ocorreram quando as mudas foram produzidas em *Paperpot* (Tabela 7). Os maiores valores dessa variável na parte aérea e total das mudas produzidas nos recipientes biodegradáveis podem ter ocorrido em função de suas características físicas, atrelado ao seu maior volume. Essas condições contribuíram para o fornecimento adequado de água e nutrientes translocado para a parte aérea,

maximizado pela expansão do sistema radicial. Observação semelhante foi feita por Fonseca et al. (2002) que afirmam que o maior acúmulo de peso seco é alcançado quando as mudas têm disponibilidade de água e nutrientes suficientes para seu desenvolvimento.

**Tabela 7.** Valores médios das biomassas secas das partes aérea, raiz e total de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em *Paperpots* e Tubetes, associadas com a aplicação de composto orgânico, três meses após o estaqueamento

Tratamentos	Biomassa seca		
	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Total (g)
<i>Paperpot</i>	2,07 a	0,70 a	2,77 a
Tubete	1,19 b	0,32 b	1,50 b
Complexo orgânico (Presença)	1,88 a	0,56 a	2,44 a
Complexo orgânico (Ausência)	1,37 b	0,46 a	1,83 a
C.V. (%)	29,49	39,67	30,96

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O volume adequado de biomassa seca na parte aérea é um indicativo de qualidade e rusticidade das mudas, enquanto a biomassa seca da parte radicial é um indicativo da capacidade de sobrevivência das mudas no campo (Gomes e Paiva, 2013), assim, os dados obtidos para biomassa seca da parte aérea e radicial das mudas, produzidas com o recipiente *Paperpot*, indicam que estas têm boa qualidade, rusticidade e boa probabilidade de sobrevivência em condições de campo.

A má formação e distribuição das raízes, provocada pelo uso dos Tubetes bem como o espaço reduzido deste tipo de recipiente, ocasionou a menor produção de biomassa seca, em comparação com as mudas produzidas no recipiente *Paperpot*. As características do recipiente *Paperpot* possibilitaram que as mudas mantivessem a maior parte da integridade de suas raízes e preservassem sua arquitetura natural, culminando no aumento da matéria seca.

Os complexos orgânicos aparentemente contribuíram apenas para o acúmulo de biomassa seca da parte aérea. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira (2017), que observou que o maior peso seco da parte aérea das mudas foi obtido com a incorporação dos compostos orgânicos.

#### 4.1.3 Correlação entre os parâmetros morfológicos

Os coeficientes relativos à Correlação de Pearson entre os parâmetros morfológicos avaliados constam na Tabela 8, com destaque para os valores significativos, variando de 0,37 a 0,80.

A altura da parte aérea apresentou correlação positiva com o diâmetro de colo, biomassa fresca e seca da parte aérea e totais. Neste estudo, observou-se que a altura da parte aérea apresenta relação com o ganho em diâmetro em 37% (Tabela 8). Essas estimativas demonstram que as mudas produzidas não deverão ter problemas com estiolamento. Outrossim, a correlação positiva entre essas variáveis indica que, com o desenvolvimento adequado em altura da parte aérea, houve aumento na produção de reguladores de crescimento, o que pode ter contribuído em maior ganho em diâmetro de colo. Souza et al. (2017) confirmam que a correlação entre altura e diâmetro atestam sobre o equilíbrio de crescimento das mudas. Para Mota et al. (2012), mudas com maior altura têm aumento potencial no crescimento em diâmetro.

**Tabela 8.** Coeficientes de correlação de Pearson entre os parâmetros morfológicos: altura da parte aérea (H), diâmetro de colo (D), biomassas frescas da parte aérea (BFPA), radicial (BFR) e total (BFT), e as respectivas biomassas secas das partes aérea (BSPA), sistema radicial (BSR) e total (BST) de mudas de *Eucalyptus* spp.

	D	BFPA	BFR	BFT	BSPA	BSR	BST	NF
H	0,371*	0,393*	0,222 <sup>ns</sup>	0,358*	0,559*	0,318 <sup>ns</sup>	0,500*	0,090 <sup>ns</sup>
D	1	0,802*	0,700*	0,793*	0,705*	0,715*	0,725*	-0,004 <sup>ns</sup>

\*significativo a 5% de probabilidade

<sup>ns</sup>não significativo

Em relação às mudas com maiores valores de biomassas fresca e seca da parte aérea e totais, estas correspondem às plantas de maior altura. Provavelmente, o crescimento em altura evitou o sombreamento das mesmas e, conseqüentemente, contribuiu para o acúmulo de peso de matéria fresca e seca. Esses resultados podem ser atribuídos às condições favoráveis disponíveis ao desenvolvimento das mudas, como disponibilidade adequada de luz, água e nutrientes (Almeida et al., 2014).

Observou-se que o ganho em diâmetro de colo corresponde, em média, 75% da elevação nos valores de peso fresco e seco da parte aérea, radicial e total. Essa correlação positiva com as biomassas, principalmente radiciais, permite afirmar que esta é uma das principais características avaliadas em relação ao desenvolvimento das mudas, pois são diretamente proporcionais. De acordo com Freitas et al. (2017), correlações acima de 75% entre as variáveis dependentes indicam que a observação de uma possibilita inferir seguramente sobre as demais. Com base nesses resultados, é possível afirmar que o diâmetro do colo é confiável na determinação da qualidade de mudas de eucalipto, pois apresenta correlação forte com as variáveis morfológicas.

## **4.2 Parâmetros Fisiológicos**

### **4.2.1 Número de folhas**

Na Tabela 9 constam os dados para esta variável, na qual se verificou que as mudas produzidas em *Paperpot* apresentaram resultados superiores, estatisticamente significativos. Um sistema radicial bem desenvolvido, como foi constatado neste trabalho para as mudas produzidas no recipiente *Paperpot*, apresenta maior produção de citocinina (Raven et al., 2001), hormônio cuja atividade estimula o aumento do número de folhas e a capacidade fotossintética das plantas (Camargo, 2016). As menores médias relacionadas ao número de folhas foram determinadas para as mudas produzidas em Tubetes, conforme já foi discutido nos itens anteriores. As limitações impostas pelas características físicas e estruturais deste tipo de recipiente ocasionaram redução na emissão de

novas raízes, restringindo a arquitetura radicial e, conseqüentemente, o número de folhas. Conforme Reis et al. (2006), a redução do número de folhas está relacionada à menor produção de raízes, conforme discussão já apresentada anteriormente.

Quanto aos efeitos do complexo orgânico incorporado no substrato, é provável que este tenha maximizado a atividade dos microrganismos rizosféricos. Dessa forma, criou-se um microambiente mais oportuno para a formação e desenvolvimento do sistema radicial e planta como um todo, por ter os ácidos húmicos como parte de sua constituição, substâncias essas responsáveis por estimular a emissão de raízes laterais e raízes novas. Todos esses benefícios são conferidos na fase de viveiro por meio dos aspectos morfológicos e fisiológicos, como o número de folhas. Esse crescimento em número de folhas se deve aos efeitos positivos dessas substâncias, pois, quando presentes no substrato, promovem ganho do volume radicial mediante o aumento da taxa de atividade microbiológica. Garcia et al. (2010) observaram a influência positiva da aplicação de doses crescentes de biocompostos no número de folhas em mudas de eucalipto. Já Peroni et al (2012) verificaram que a presença de composto orgânico na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* permitiu o maior crescimento da parte aérea.

**Tabela 9.** Número de folhas por tratamento de mudas de eucalipto produzidas em diferentes sistemas de produção e sob aplicação de composto orgânico

<b>Tratamentos</b>	<b>Número de folhas</b>
<i>Paperpot</i>	34,72 a
Tubete	24,42 b
Complexo orgânico (Presença)	32,53 a
Complexo orgânico (Ausência)	26,61 b
C.V. (%)	17,78

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.2.2 Número de raízes fisiologicamente ativas

Os dados referentes a essas variáveis encontram-se na Tabela 10 e foram avaliadas de acordo com a estatística não paramétrica. O aumento total de raízes foi proporcional ao aumento de raízes fisiologicamente ativas, ou seja, as plantas que dispunham de grande volume radicial também apresentaram maior número de raízes fisiologicamente ativas, conforme se verificou nos resultados das mudas produzidas em *Paperpot* e tratadas com complexos orgânicos.

**Tabela 10.** Número total de raízes formadas e fisiologicamente ativas de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em *Paperpots* e Tubetes, três meses após o estaqueamento

Tratamentos	Parâmetros radiciais	
	Nº total de raízes laterais	Raízes fisiologicamente ativas
<i>Paperpot</i>	22,28	11,94
Tubete	20,44	8,54
Complexo orgânico (presença)	21,66	10,20
Complexo orgânico (ausência)	21,06	10,28

As paredes permeáveis dos *Paperpots* propiciaram o livre crescimento das raízes, conseqüentemente, houve maior exploração do substrato por meio das raízes fisiologicamente ativas cuja função compreende na maximização da capacidade absorviva. À medida que as raízes atravessam as paredes desses recipientes e entram em contato com o ar, ocorre a poda natural, evento que estimula o aumento do volume radicial, a partir da emissão de duas ou mais raízes novas, por meio de cada extremidade podada.

Em relação ao uso do complexo orgânico, conforme já foi apresentado e discutido nos itens anteriores, os dados obtidos indicam o crescimento das raízes, confirmando a citação de Conceição et al. (2008), na qual afirmam que

essas substâncias promovem o crescimento vegetal ao estimular a maior emergência de raízes laterais. De acordo com Zandonadi et al. (2010), o principal efeito nas raízes ao entrar em contato com os complexos orgânicos envolve alterações na sua morfologia, facilmente observada pela maior emissão de raízes laterais, conforme verificadas no presente estudo.

#### 4.2.3 Potencial de Regeneração de Raízes (P.R.R.)

Houve interação significativa entre os fatores apenas para o número total das raízes regeneradas, demonstrando que existe uma dependência entre os fatores para a variável testada.

Os dados correspondentes ao número total de raízes regeneradas encontram-se na Tabela 11, apontando diferença estatística entre os tratamentos avaliados. As maiores médias foram oriundas de mudas produzidas em *Paperpot*, com 266,12% de raízes novas regeneradas, quando comparadas aos Tubetes.

**Tabela 11.** Valores médios do número total de raízes regeneradas em Tubos, três meses após o transplante

Recipiente	Número total	
	Complexo orgânico	
	Presença	Ausência
<i>Paperpot</i>	124,00 Aa	60,11 Ab
Tubete	33,00 Ba	62,78 Aa

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

As características físicas dos recipientes biodegradáveis permitiram melhor desenvolvimento do sistema radicial com maior número de raízes formadas e, conseqüentemente, maior quantidade de novas raízes emitidas após a poda. Esses resultados apontam para uma provável condição de alta *performance* no campo dessas mudas. Freitas et al. (2009) observaram grande

volume radicial em função do aumento de novas raízes emitidas em mudas de eucalipto. Para Serpa et al. (2017), é importante mensurar a quantidade de raízes regeneradas, pois estas permitem prognosticar, ainda em viveiro, o desempenho e crescimento das mudas em campo. Novaes et al. (2002) também confirmaram que a maior capacidade de regeneração das raízes foi eficiente no prognóstico do desenvolvimento das mudas em campo, e indicam esse parâmetro fisiológico como variável confiável na determinação da qualidade de mudas.

As menores médias foram obtidas de mudas produzidas em Tubetes e se devem, provavelmente, à grande restrição radicial imposta por estes recipientes, provocando deformações radiciais associadas ao menor volume de substrato, que provocaram redução na formação de novas raízes, bem como no seu alongamento. Esses resultados corroboram a citação de Carneiro (1995), ao reportar que os recipientes de menores dimensões, tipo tubetes de plástico rígido, promovem a redução da emissão de novas raízes e o seu crescimento ao longo da formação das mudas no viveiro. Alguns autores encontraram resultados semelhantes, como Santos (2018), ao reportar que mudas clonais de *Eucalyptus* spp., produzidas em tubetes com a mesma capacidade volumétrica dos tubetes usados neste trabalho, apresentaram baixo percentual de novas raízes. Barroso et al. (2000) verificaram que mudas produzidas em Tubetes apresentaram menor P.R.R. e sobrevivência em campo, quando comparadas com recipientes biodegradáveis.

Quanto ao complexo orgânico, este contribuiu para o aumento do número total de raízes regeneradas, principalmente em mudas produzidas em *Paperpot*. Esse composto estimulou a maior emissão de raízes laterais, que foram potencializadas pelas características físicas desses recipientes, favorecendo o ganho em volume radicial, principalmente pelo livre crescimento das raízes. As substâncias húmicas que constituem o complexo orgânico forneceram condições rizosféricas favoráveis ao desenvolvimento radicial, a partir da acidificação da rizosfera, que incorre na maximização da capacidade de absorção de nutrientes, conforme aponta Busato et al. (2016). Desse modo, o evento da regeneração foi potencializado pela atividade desses compostos incorporados no substrato das

mudas, aliado às condições desejáveis do *Paperpot*. Mudas com essas características de alto potencial de regeneração apresentam no campo melhor crescimento inicial, pois, de acordo com Serpa et al. (2017), a emissão de novas raízes é de extrema importância para o desenvolvimento inicial das mudas e, conseqüentemente, para sua sobrevivência, como afirmam Barroso et al. (2000) e Novaes et al. (2002).

Quanto ao comprimento total de raízes regeneradas por planta, observou-se que houve diferença estatística entre os tratamentos avaliados (Tabela 12). As mudas produzidas em *Paperpot* apresentaram maior comprimento de raízes em comparação às mudas produzidas em Tubetes. Esses resultados obtidos ocorreram em função da menor proporção de deformações radiciais impostas por esse recipiente. Provavelmente, as menores médias de comprimento das raízes obtidas em Tubetes deveu-se à restrição radicial induzida por esse recipiente, que induzem o crescimento natural das raízes para baixo, promovendo o aparecimento das deformações, limitando o seu crescimento. Tschaplinski e Blake (1985) também relataram resultados semelhantes, em que a restrição radicial provocou redução no comprimento das raízes.

**Tabela 12.** Comprimento total de raízes por planta de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em diferentes sistemas de produção e sob aplicação de composto orgânico

<b>Recipientes</b>	<b>Comprimento total de raízes por muda</b>
<i>Paperpot</i>	17,07 a
Tubete	15,15 b
Complexo orgânico (Presença)	16,91 a
Complexo orgânico (Ausência)	15,30 a
C.V.(%)	16,72

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.2.3.1 Correlações entre o P.R.R. e os Parâmetros Morfológicos

Os coeficientes da Correlação de Pearson entre o P.R.R. e os parâmetros morfológicos apontaram significância estatística para as biomassas fresca e seca, com valores variando de 0,38 a 0,51 (Tabela 13), indicando correlação moderada entre a taxa de emissão de novas raízes com o incremento em parte aérea e volume radicial.

**Tabela 13.** Coeficientes de correlação de Pearson entre o P.R.R. e comprimento total das raízes regeneradas (CTR) com os parâmetros morfológicos: biomassas frescas das partes aérea (BFPA), radicial (BFR) e total (BFT); e as respectivas biomassas secas das partes aérea (BSPA), sistema radicial (BSR) e total (BST) de mudas de *Eucalyptus* spp.

Correlação	BFPA	BFR	BFT	BSPA	BSR	BST
P.R.R. Total	0,379*	0,424*	0,399*	0,512*	0,431*	0,500*
CTR	0,314 <sup>ns</sup>	0,280 <sup>ns</sup>	0,312 <sup>ns</sup>	0,262 <sup>ns</sup>	0,285 <sup>ns</sup>	0,275 <sup>ns</sup>

\*significativo a 5% de probabilidade

<sup>ns</sup>não significativo

A correlação positiva entre o P.R.R. e a biomassa fresca é diretamente proporcional, 40% da regeneração de raízes é resultante do peso de matéria fresca e vice-versa. A biomassa fresca da parte aérea possibilita a maior produção de fotoassimilados, fator que impulsionou o processo da regeneração das raízes. Esses resultados corroboram as observações de Oliveira Júnior et al. (2011), que também estudaram a relação entre o P.R.R. e os parâmetros morfológicos em *Eucalyptus urophylla*, e concluíram que as biomassas, principalmente a matéria seca das partes aérea, radicial e total, foram os parâmetros que mais tiveram relação com o potencial de regeneração de raízes. Em se tratando da correlação positiva entre a biomassa seca da parte aérea e a regeneração das raízes, tal relação assume grande importância no desenvolvimento das mudas, pois se refere à eficiência de absorção dos nutrientes pelas raízes e a respectiva translocação e acúmulo na parte aérea,

conforme foi descrito por Knifer e Fricke (2011).

Quanto às biomassas radiciais, houve correlação positiva com o potencial de regeneração das raízes, aproximadamente de 42,4% e 43,1%, respectivamente, tanto para o peso de matéria fresca quanto de matéria seca. Já em relação às biomassas frescas e secas totais, a correlação foi positiva, em torno de 39,9% e 50%. Esses coeficientes significativos indicam uma relação moderada entre os parâmetros avaliados, demonstrando que o incremento dessas biomassas é oriundo do maior potencial de emissão de novas raízes. A importância da determinação do P.R.R. se resume em sua relação com os demais parâmetros morfológicos, além de estar intrinsecamente associada às atividades fisiológicas das mudas no complexo ambiente-solo-água-planta, conforme aponta Carneiro (1995). José et al. (2005) obtiveram resultados semelhantes na produção de mudas de aroeira, verificando a correlação entre evento da regeneração radicial com as demais variáveis.

#### 4.2.3.2 Análise e distribuição de raízes regeneradas

Os dados de distribuição horizontal das raízes regeneradas constam na Tabela 14. Observou-se que as mudas produzidas em *Paperpot*, com a incorporação do complexo orgânico, tiveram um maior número de emissão de raízes e melhor homogeneidade de distribuição de raízes novas, quando comparadas com mudas produzidas nestes mesmos recipientes sem a presença desses compostos e, também, com mudas produzidas em Tubetes. Esses dados indicam que a aplicação do composto orgânico favorece o aumento da emissão de raízes novas e a formação de uma estrutura radicial adequada. Essas características permitem prever a eficiência e capacidade de maior exploração do solo por essas plantas, após o plantio, de modo a aumentar o fluxo de absorção de água e nutrientes. A exemplo do que foi explicado anteriormente, as boas características físicas do *Paperpot* permitiram o livre desenvolvimento horizontal das raízes.

Quando não houve aplicação dos complexos orgânicos, notou-se a

tendência de concentração das raízes no quadrante B das mudas produzidas em *Paperpot*, porém percebeu-se que, sob a atividade dessas substâncias, há o aumento do volume radicial e a redistribuição homogênea nos quadrantes A, B, C, D. Então, é possível afirmar que os complexos orgânicos, ao promover o aumento do volume radicial, também contribuem para a distribuição igual das raízes, otimizando os processos de absorção. Portanto, o ideal é que as raízes se desenvolvam livres de impedimentos e bem distribuídas, assumindo, dessa forma, uma arquitetura semelhante ao que ocorre naturalmente em campo e, conseqüentemente, possibilitando maior índice de sobrevivência e crescimento inicial (Carneiro et al., 2007).

Quanto às mudas produzidas em Tubetes, o composto orgânico exerceu efeitos positivos para o aumento de raízes regeneradas, mesmo com restrições radiciais. Notou-se uma tendência de distribuição horizontal desuniforme em torno de 32,3% das raízes em um único quadrante (A), o que pode implicar em baixo desempenho dessas mudas no campo, citando ainda que, além da distribuição indesejada, a restrição radicial, além das conseqüências elencadas e discutidas anteriormente, também impõe resistência ao movimento de água e acarreta em deficiência hídrica. O uso de recipientes inadequados é uma das causas principais à má formação do sistema radicial das mudas e distribuição irregular das raízes laterais (Eloy et al., 2013).

**Tabela 14.** Número total de raízes regeneradas, em cada quadrante horizontal, de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em *Paperpot* e tubete, 90 dias após o transplante em Tubos

Tratamentos	Quadrantes			
	A	B	C	D
<i>Paperpot</i> /Com Composto orgânico	34,11	26,78	29,89	32,22
<i>Paperpot</i> /Sem Composto orgânico	14,89	20,33	14,67	10,22
Tubete/Com Composto orgânico	20,33	18,56	12,56	11,33
Tubete/Sem Composto orgânico	8,56	7,68	8,67	8,11

Em relação ao efeito do composto orgânico nas mudas produzidas em Tubetes, o maior número de raízes regeneradas foi observado quando na presença do composto, o qual estimulou a maior emissão de raízes laterais. Entretanto, mesmo que tenha estimulado o aumento do volume radicial, esse se concentrou em apenas um quadrante (A), deixando claro os efeitos do confinamento das raízes, provocados pelas paredes dos Tubetes.

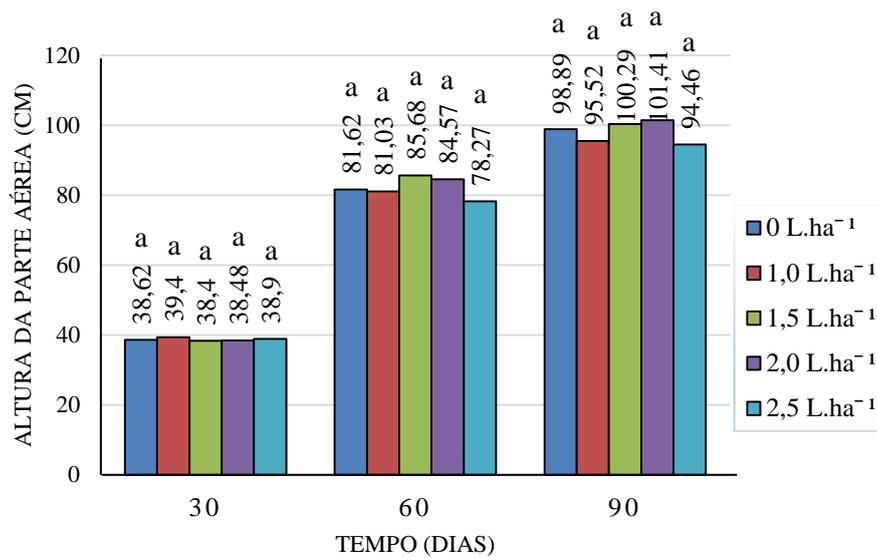
### **4.3 Crescimento inicial das mudas em vasos**

#### ***4.3.1 Altura da parte aérea e diâmetro ao nível do solo***

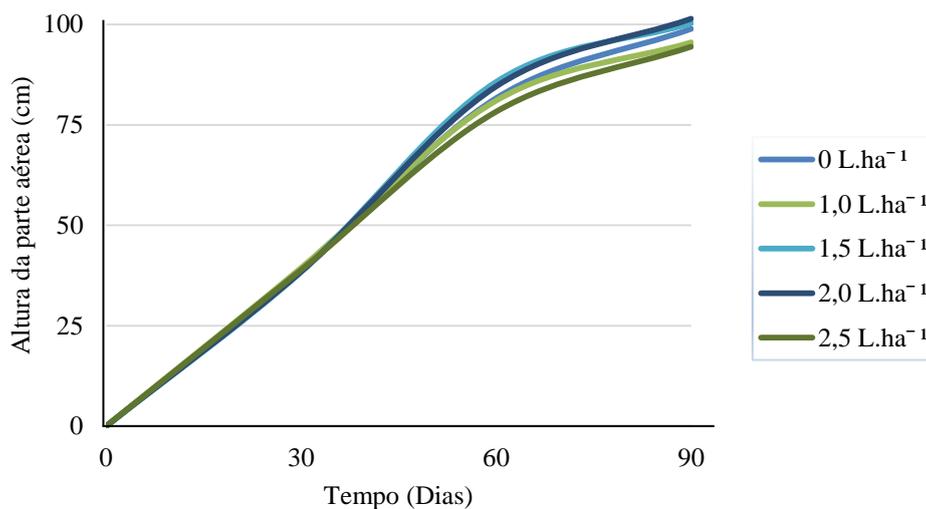
Os dados referentes à avaliação de crescimento inicial das mudas para essas variáveis encontram-se nas Figuras 5 e 7, indicando não haver diferenças estatísticas entre os tratamentos. Quanto ao ritmo de crescimento (Figuras 6 e 8), as análises de regressão demonstraram não haver diferenças entre as concentrações, indicando que nenhum modelo de regressão foi significativo para explicar a tendência de crescimento das mudas.

Aos 60 e 90 dias, conforme mostra a Figura 5, as mudas submetidas à concentração de 1,5 L.ha<sup>-1</sup> do Vitasoil demonstraram uma tendência mínima de incremento em altura da parte aérea, ainda que não tenham diferido estatisticamente dos demais tratamentos. Entretanto, pressupõe-se que as concentrações administradas do composto orgânico não foram suficientes para estimular o maior crescimento das raízes, não resultando em desenvolvimento expressivo da altura da parte aérea.

Os dados obtidos para a altura permitiram avaliar o ritmo de crescimento das plantas no período compreendido de 90 dias (Figura 6), sendo possível observar que, nos primeiros, e imediatamente após os 30 dias, não foram detectadas diferenças no ritmo de crescimento, todavia, a partir desse período, houve efeitos dessas concentrações, destacando-se os tratamentos correspondentes a 1,5 e 2,0 L.ha<sup>-1</sup> com pequena superioridade para os demais, sugerindo que essas concentrações, para além desse período, provavelmente, poderão contribuir para o melhor desempenho das plantas em campo.



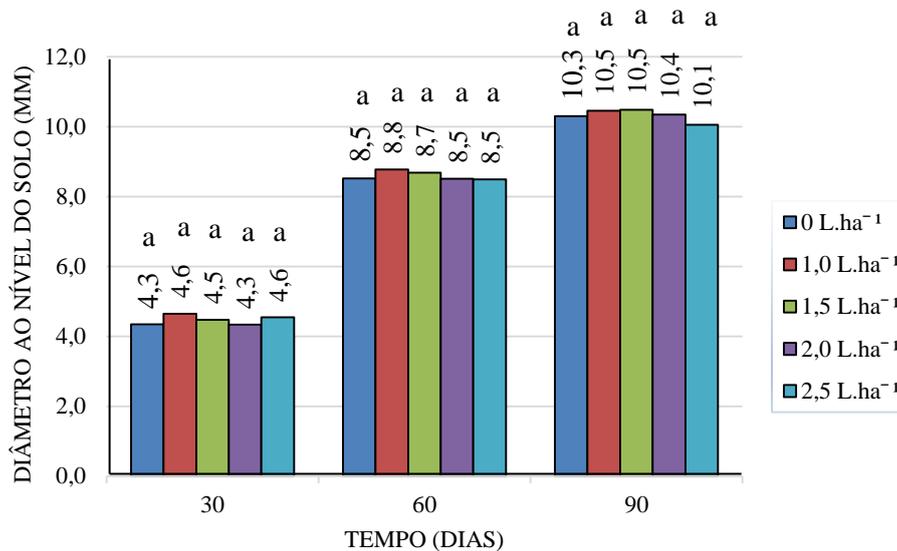
**Figura 5.** Valores médios de altura da parte aérea, relativos às doses do composto orgânico, no período de 90 dias após o plantio.



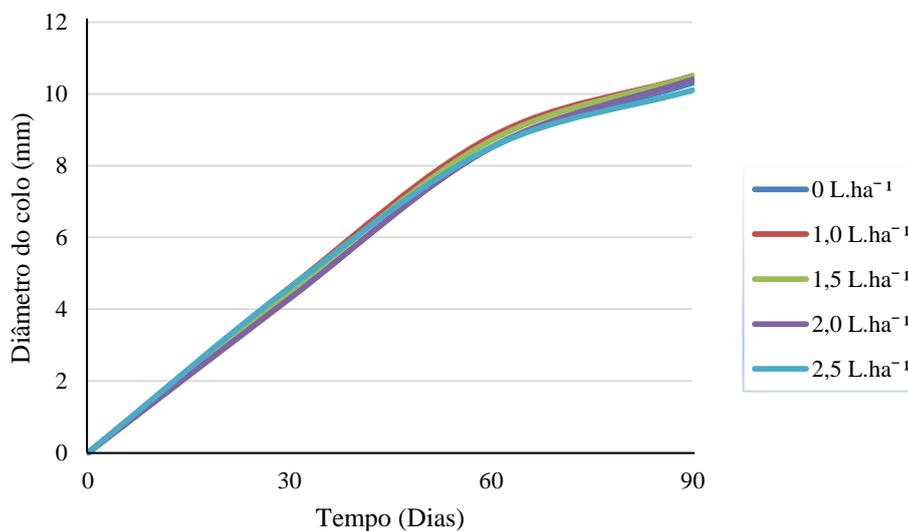
**Figura 6.** Ritmo de crescimento em altura das mudas de eucalipto, relativos às doses do composto orgânico, no período de 90 dias após

Para o diâmetro altura do solo, o crescimento também foi homogêneo, indicando não haver efeitos dos tratamentos sob o desenvolvimento das plantas (Figura 7). Provavelmente, as concentrações e tempo de avaliação foram testados num intervalo curto ou não foi suficiente para estimular a atividade dos microrganismos rizosféricos, dessa forma, as médias para essa variável foram

muito próximas, não sendo possível identificar diferenças estatísticas entre si. Neto et al. (2013) encontraram resultados semelhantes ao estudar o efeito de compostos orgânicos em mudas de oiticica, em que o diâmetro das plantas não sofreu influência da aplicação dos complexos orgânicos e nenhum modelo de regressão se ajustou às doses testadas.



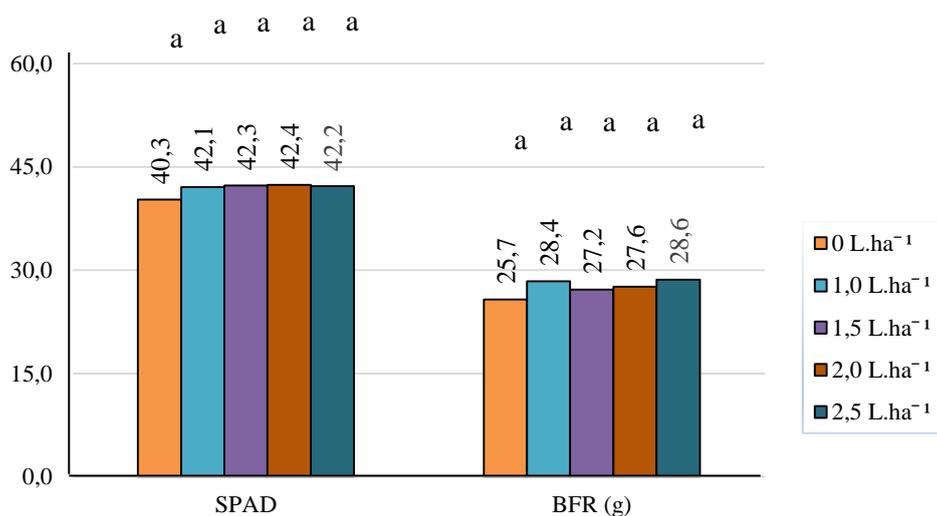
**Figura 7.** Valores médios de diâmetro ao nível do solo, relativos às concentrações do composto orgânico, no período de 90 dias após o plantio.



**Figura 8.** Ritmo de crescimento em diâmetro das mudas de eucalipto, relativos às concentrações do complexo orgânico, no período de 90 dias após o plantio.

Os dados referentes a essas variáveis encontram-se na Figura 9. As análises de regressão demonstraram não haver diferenças entre as concentrações, indicando que nenhum modelo de regressão foi significativo para explicar a tendência de crescimento das mudas e o efeito dos tratamentos.

Quanto às variáveis índice SPAD e biomassa fresca, também não resultaram em diferença estatística entre os tratamentos (Figura 9) o que evidenciou uma semelhança no efeito das concentrações para todas as variáveis. Quando a atividade dos microrganismos rizosféricos é estimulada por compostos orgânicos, alguns nutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta podem tornar-se disponíveis. Porém, é comum que em solos previamente adubados, o emprego de baixas concentrações de compostos orgânicos possa não contribuir ao crescimento vegetal, haja vista a eficiência dos adubos químicos.



SPAD: ÍNDICE SPAD; BFR: BIOMASSA FRESCA DA RAIZ.

**Figura 9.** Valores médios de índice SPAD e biomassa fresca da raiz, relativos às doses do complexo orgânico, no período de 90 dias após o plantio.

Em relação ao índice SPAD, ainda que não tenha apresentado diferença estatística, os tratamentos com 1,5 e 2,0 L.ha<sup>-1</sup> do composto orgânico expressaram médias maiores que os demais. O composto orgânico aplicado é constituído de alguns nutrientes, a exemplo do nitrogênio, que tem estreita

relação com os teores de clorofila estimados pelo índice SPAD, parâmetro que indica o estado nutricional e de desenvolvimento das plantas. Nesse sentido, o composto orgânico também atuou como fonte secundária de nutrientes às mudas e contribuíram ligeiramente para o aumento do conteúdo de clorofila. Esta suposição é confirmada no trabalho de Silva Júnior et al. (2013), os quais determinaram que fontes de nutrientes adicionais favorecem o desenvolvimento das mudas e, com isso, seu índice SPAD. Ainda que o SPAD se configure como uma medida indireta da clorofila, é uma técnica que fornece informações a respeito do status nutricional das plantas (Buzetti et al., 2008).

Para biomassa fresca da raiz, não houve diferença estatística entre os tratamentos, no entanto, analisando a tendência de crescimento das plantas tratadas com as concentrações 1,0 e 2,5 L.ha<sup>-1</sup> do complexo orgânico, estas poderão contribuir para o incremento em acúmulo de biomassa fresca da raiz.

#### ***4.3.3 Quantificação de raízes, distribuição e deformações e radiciais***

Na Tabela 15 constam os dados relativos ao comprimento e número de raízes, na qual se observou que as concentrações de 1,0 e 2,5 L.ha<sup>-1</sup> do complexo orgânico apresentaram as maiores médias, ressaltando-se que, para o comprimento, a concentração de 1,5 L.ha<sup>-1</sup> se destacou entre as maiores médias. O maior comprimento de raízes também possibilita a absorção de nutrientes e água das camadas mais profundas do solo, características fundamentais para a resistência das plantas em condições limitantes de crescimento. Segundo Silva & Delatorre (2009), o maior aprofundamento do sistema radicial associado ao número de raízes laterais contribuem para maior eficiência de exploração do solo.

Quanto à avaliação de deformações radiciais, as maiores médias corresponderam às mudas submetidas à concentração 2,0 L.ha<sup>-1</sup> do composto orgânico. Já as menores médias foram obtidas de mudas oriundas dos tratamentos 1,0, 1,5 e 2,5 L.ha<sup>-1</sup>. Observou-se que, nessas concentrações, o complexo orgânico propiciou o aumento do volume radicial, por outro lado

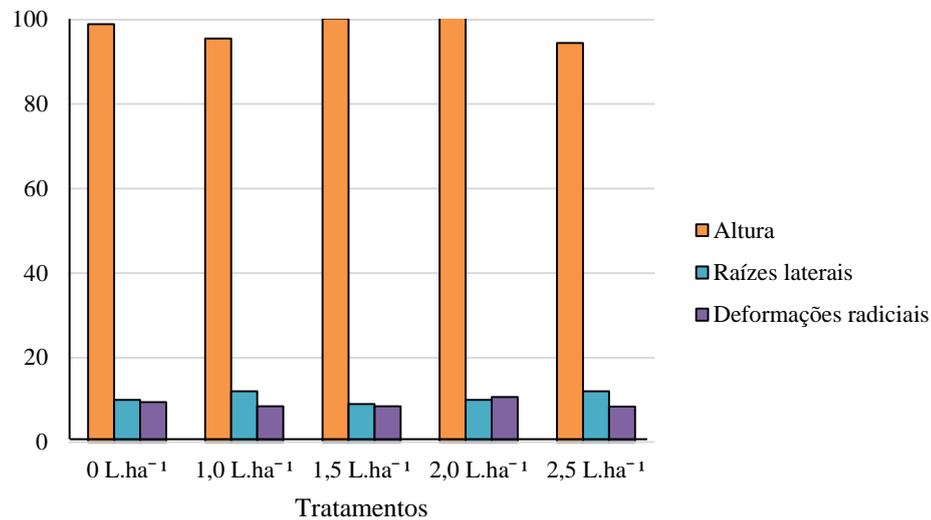
induziram, proporcionalmente, a ocorrência de maior taxa de deformações radiciais. Certamente, a restrição ao livre crescimento das raízes, provocada ainda em viveiro pelas paredes rígidas dos Tubetes, associadas ao menor volume de substrato disponível ao grande aumento das raízes, resultou nas maiores médias de deformações radiciais, conforme verificado nos resultados obtidos para as mudas tratadas com a concentração 2,0 L.ha<sup>-1</sup>. Vale ressaltar que as deformações provocadas ainda em viveiro persistem após o plantio (Novaes, 1998), culminando nos resultados observados na presente pesquisa. O aumento do volume radicial e as respectivas deformações encontradas nas raízes podem ser conferidas nas Figuras 11 e 12. As mudas de maior volume radicial e deformações corresponderam às tratadas com a concentração 2,0 L.ha<sup>-1</sup> do complexo orgânico. De acordo com Freitas et al. (2009), a redução das deformações radiciais é importante, pois resulta em melhor qualidade e crescimento das mudas no campo.

**Tabela 15.** Número de raízes (NRAIZ), comprimento do sistema radicial (COMP), volume de raízes (VOL) e deformações radiciais (DEF) de mudas de *Eucalyptus* spp. avaliadas em 90 dias após o plantio em vasos

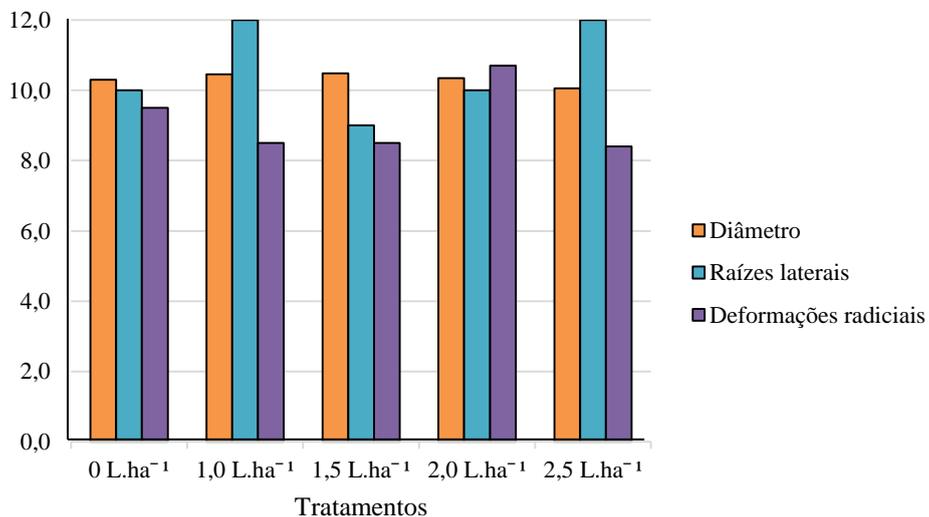
<b>Tratamentos</b>	<b>NRAIZ</b>	<b>COMP (cm)</b>	<b>VOL (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>DEF</b>
0 L.ha <sup>-1</sup>	10	31	65,0	9,5
1,0 L.ha <sup>-1</sup>	12	33	65,1	8,5
1,5 L.ha <sup>-1</sup>	9	39	58,9	8,5
2,0 L.ha <sup>-1</sup>	10	31	77,7	10,7
2,5 L.ha <sup>-1</sup>	12	33	74,2	8,4

De acordo com as Figuras 11 e 12, houve redução no desenvolvimento em altura da parte aérea, diâmetro da altura do solo e número de raízes laterais à medida que o coeficiente de deformação aumentou. Nesse sentido, comprova-se que a restrição radicial limitou o crescimento das raízes laterais em vasos, fator que pode ter comprometido o desenvolvimento da planta em parte aérea e

diâmetro, como verificado no presente estudo. Essas deformações refletem na qualidade das mudas e seu respectivo desempenho no campo, conforme afirma Santos (2018), e também reportado por Novaes (1998), em mudas de *Pinus taeda*.



**Figura 10.** Altura da parte aérea, número de raízes laterais e deformações radiciais de plantas de eucalipto submetidas às concentrações do composto orgânico.



**Figura 11.** Diâmetro ao nível do solo, número de raízes laterais e deformações radiciais de plantas de eucalipto submetidas às concentrações de composto orgânico.

## 5 CONCLUSÕES

Considerando as condições em que esta pesquisa foi desenvolvida e os objetivos ensejados, após análise detalhada dos resultados e discussões, conclui-se que:

A incorporação do complexo orgânico contribuiu para o ganho da qualidade morfológica e radicial das mudas produzidas em viveiro.

Mudas produzidas em *Paperpot* (recipientes biodegradáveis) apresentaram qualidade morfológica e radiciais superiores às aquelas produzidas em Tubetes.

O parâmetro fisiológico, Potencial de Regeneração de Raízes (P.R.R.), dentre os outros parâmetros avaliados, demonstrou maior segurança ao prognosticar o crescimento inicial das mudas em vasos.

As concentrações 1,5 e 2,0 L.ha<sup>-1</sup> do complexo orgânico utilizado não contribuíram para um melhor crescimento inicial das mudas em vasos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF. Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011. Brasília: p. 149, 2012. Disponível em: <http://www.abaf.org.br/wp-content/uploads/2016/04/anuario-de-silvicultura-2016.pdf>. Acesso em: nov. 2020.
- Abreu, A.H.M.; Leles, P.S.S.; Melo, L.A.; Oliveira, R.R.; Ferreira, D.H.A.A. Caracterização e potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1179-1190, 2017.
- Almeida, E.I.B.; Corrêa, M.C.M.; Crisostomo, L.A.; Araújo, N.A.; Silva, J.C.V. Nitrogênio e potássio no crescimento de mudas de *Hylocereus undatus*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 4, p. 1018-1027, 2014.
- Alves, F.J.B.; Freire, A.L.O. Crescimento inicial e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos) produzidas em diferentes substratos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 3, p. 195-202, 2017.
- Andrade, W.F. de; Almeida, M. de; Gonçalves, A.N. Multiplicação in vitro de *Eucalyptus grandis* sob estímulo com benzilaminopurina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 12, p. 1715-1719, 2006.
- Araújo, J.B.S.; Carvalho, G.J.; Guimarães, R.J.; Morais, A.R.; Cunha, R.L. Composto orgânico e biofertilizante supermagro na formação de cafeeiros. **Coffee Science**, v. 3, n. 2, p. 115-123, 2008.
- Araújo, W.F.; Sousa, K.T.S.; Viana, T.V.A.; Azevedo, B.M.; Barros, M.M.; Marcolino, E. Resposta da alfaca a adubação nitrogenada. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 5, n. 1, p. 12-17, 2011.
- Atroch, E.M.A.C.; Soares, A.M.; Alvarenga, A.A.; Castro, E.M. Crescimento, teor de clorofila, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link submetidos a diferentes condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 4, p. 853-862, 2001.
- Bacon, G. J. Seedling morphology as an indicator of planting stock quality in conifers. In: Workshop on techniques for evaluating planting stock quality. **Proceedings**, New Zealand, 1979.
- Barden, J.C.; Feret, P.P.; Kreh, R.E. Root growth potential and out planting performance of loblolly pine seedlings raised at 2 nurseries. **Proceedings**, v. 1, n. 1, p. 237-244, 1986.
- 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. 1983. 2p.

- Barroso, D.G.; Barroso, D.; Carneiro, A.A.; Novaes, A.B. Efeitos do recipiente sobre o desempenho pós-plantio de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *E. urophylla* S.T. Blake. **Revista Árvore**, v. 24, n. 3, p. 291-296, 2000.
- Bellote, A.J.F.; Silva, H.D. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: Gonçalves, J.L.M.; Benedetti, V. Nutrição e fertilização florestal. **IPEF**, p. 135-166, Piracicaba, 2000.
- Benicio, L.P.F.; Silva, L.L.; Lima, S.O. Produção de mudas de couve sob efeito de diferentes concentrações de biofertilizante. **Revista Acta Tecnológica**, v. 6, n. 2, 2011.
- Binotto, A.F. **Relação entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maid e *Pinnus elliotti* var. *Elliotti* – Engelm.** 2007. 56p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Binotto, A.F.; Lúcio, A.D.; Lopes, S.J. Correlations between growth variables and the dickson quality index in forest seedlings. **Cerne**, v. 16, n. 4, p. 457-464, 2010.
- Böhm, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer - Verlag, 188p, 1979.
- Brachtvogel, E.L.; Malavasi, U.C. Volume do recipiente, adubação e sua forma de mistura ao substrato no crescimento inicial de *Peltophorum dubium* Sprengel) Taubert em viveiro. **Revista Árvore**, v. 34, n. 2, 223-232, 2009.
- Brissette, J.C.; Ballanger, L. Using root growth potential for comapring the quality of loblolly pine seedlings from two nurseries in Arkansas. **Proceedings**, New Orleans. USDA. For. Serv., 1985.
- Brissette, J.C.; Barnett, J.P.; Gramling, C.L. Root growth potential of southern pine seedlings grown at the Washe nursery. **Proceedings**, v. 1, n. 1, p. 173-183, 1988.
- Busato, J.G.; Zandonadi, I.M.; Marinho, E.B.; Dobbss. L.B.; MÓL, A.R. Efeito do extrato húmico solúvel em água e biofertilizante sobre o desenvolvimento de mudas de *Callophyllum brasiliense*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 86, p. 161-168, 2016.
- Buzetti, S.; Andreotti, M.; Furlani Júnior, E.; Vilas-Boas, R.L. Perspectivas de uso de métodos diagnósticos alternativos: medida indireta de clorofila. In: Prado, R.M.; Rozane, D.E.; Vale, D.W.; Correia, M.A.M.; Souza, H.A. (Org.). **Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas**. Jaboticabal: FCAV/Capes/Fundunesp, 2008. p. 135-160.
- Caldeira, M.V.W.; Schumacher, M.V.; Barichiello, L.R.; VOGEL, H.L.M.; Oliveira, L.S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função

de diferentes doses de vermicomposto. **Floresta**, v. 28, n. 1-2, p. 19-30, 2000.

Caldeira, M.V.W.; Blumb, H.; Baldinotc, R.; Lombardi, K.C. Uso do resíduo do algodão no substrato para produção de mudas florestais. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 191-202, 2008.

Caldeira, M.V.; Delarmelina, W.M.; Peroni, L.; Gonçalves, E.O.; Silva, A.G. Logo de esgoto e vermiculita na produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 155-163, 2013.

Camargo, R.B. **Citocinina, piraclostrobina, e putrescina: influência no desenvolvimento de mudas de três cultivares de videira em diferentes ambientes**. 2016. 92p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade do Estado de São Paulo, São Paulo.

Canellas, L.C., Santos, G.A. **Humosfera: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. 2005. UENF 309p.

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

Carneiro, J. G. A.; Barroso, D. G.; Soares, L.M.S. Crescimento de mudas em raiz nua de *Pinus taeda* L., sob cinco espaçamentos em viveiro e seu desempenho em campo. **Revista Brasileira Agrociências**, v. 13, n. 3, p. 305-310, 2007.

Carvalho, A.J.C. de; Martins, D.P.; Monnerat, P.H.; Bernando, S.; Silva, J.A. Teores de nutrientes foliares no maracujazeiro-amarelo associados à estação fenológica, adubação potássica e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 403-408, 2001.

Casado-Vela, J.; Sellés, S.; Navarro, J. Evaluation of composted sewage aludge as nutritional source for horticultural soils. **Waste Management**, v. 26, p. 946-952, 2006.

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

Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Brasil é um dos maiores produtores de florestas plantadas do mundo. Disponível em: <http://www.cnabrazil.org.br/noticias/o-brasil-e-um-dos-maiores-produtores-de-florestas-plantadas-do-mundo>. Acesso em: fev. 2020.

Cogo, F.D.; Lopes, F.A.B.; Pires, F.R.; Almeida, S.L.S; Campos, K.A. Parâmetros de crescimento de mudas de café: meta-análise. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 4, n. 33, 2018.

Conceição, P.M., Vieira, H. D., Canellas, L.P., Júnior, R.B.M., Olivares, F.L. Recobrimento de sementes de milho com ácidos húmicos e bactérias

diazotróficas endofíticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 4, p. 545-548, 2008.

Costa, E.; Santos, L.C.R.; Carvalho, C.; Leal, P.A.M.; Gomes, V.A. Volumes de substratos comerciais, solo e composto orgânico afetando a formação de mudas de maracujazeiro-amarelo em diferentes ambientes de cultivo. **Revista Ceres**, v. 58, n. 2, p. 216-222, 2011.

Cruz, C.A.F.; Paiva, H.N.; Cunha, A.C.M.C.M.; Neves, J.C.L. Produção de mudas de canafístula cultivadas em latossolo vermelho amarelo álico em resposta a macronutrientes. **Cerne**, v.18, n.1, p.87-98, 2012.

Danner, M.A.; Cidadan, I.; Fernando Junior, A. de A.; Assmann, A.P.; Mazaro, S.M.; Sasso, S.A.Z. Formação de mudas de jaboticabeira (*Plinia* sp.) em diferentes substratos e tamanhos de recipientes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 179-182, 2007.

Delarmina, W.M.; Caldeira, M.V.W.; Faria, J.C.T.; Gonçalves, E.O. Uso de lodo de esgoto e resíduos orgânicos no crescimento de mudas de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Revista Agro@ambiente**, v. 7, n. 2, p. 184-192, 2013.

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

Du, H.; Zeng, F.; Peng, W.; Wang, K.; Zhang, H.; Liu, L.; Song, T. Carbon storage in a Eucalyptus plantation chronosequence in Southern China. **Forests**, v. 6, p. 1763-1778, 2015.

Duarte, D.M.; Nunes, U.R. Crescimento inicial de mudas de *Bauhinia forficata* em diferentes substratos. **Revista Cerne**, v. 18, n. 2, p. 327-334, 2012.

Eloy, E.; Schmidt, D.; Behling, A.; Schwers, L.; Elli, E.F. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 373-384, 2013.

Fan, H.; Xiao-Wen, W.; Sun, X.; Li, Y.; Xian-Zhi, S.; Zheng, C. Effects of humic acid derived from sediments on growth, photosynthesis and chloroplast ultrastructure in chrysanthemum. **Scientia Horticulturae**, v. 177, p. 118-123, 2014.

Feret, P.P.; Kreh, R.E. Seedling root growth potential as and indicator of loblolly pine field performance. **Forest Science**, 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**, v. 24, n. 2, p. 277-287, 2014.

Filho, J.A.M. **Condutividade hidráulica (raiz e folha) e capacidade fotossintética de mudas de clones de *Coffea canefora* Pierre ex. A. Froehner**. 2017. 64p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro.

Finger, C.A.G.; Schineider, P.R.; Garlet, A.; Eleotério, J.R.; Berger, R. Estabelecimento de povoamento de *Pinus elliottii* E. pela semeadura direta no campo. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 107-113, 2003.

Fisher, A.; Silva, S.C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. *In*: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais [...]**, ESALQ, Piracicaba, n. 38, p. 733-754, 2001.

Fisher, A.; Zylbersztajn, A. O fomento como alternativa de suprimento de matéria-prima na indústria brasileira de celulose. **Revista Eletrônica de Administração**, v. 72, p.494-520, 2012.

Fonseca, E.P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. E *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2000. 113p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Fonseca, E.P.; Valéri, S.V.; Miglioranza, E.; Fonseca, N.A.N.; Couto, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 515-523, 2002.

Freitas, T.A.S.; 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 substrato. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 853-861, 2006a.

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**, v. 30, n. 4, p. 519-528, 2006b.

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**, v. 19, n. 1, p. 1-6, 2009.

Freitas, E.C.S.; Paiva, H.N.; Leite, H.C.; Neto, S.N.O. Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e calagem. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 509-519, 2017.

Gasparin, E.; Ávila, A.L.; Araújo, M.M.; Filho, A.C.; Dorneles, D.U.; Foltz, D.R.B. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das

mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 553-563, 2014.

Garcia, G.O.; Gonçalves, I.Z.; Madalão, J.C.; Nazário, A.A.; Reis, E.F. Crescimento de mudas de eucalipto submetidas à aplicação de biossólidos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 87-94, 2010.

Gomes, J.M.; Borges, R.C.G.; Freitas, S.C. Influência do tamanho da embalagem plástica na produção de mudas de Ipê (*Tabebuia serratifolia*) de Copaíba (*Copaifera langsdorffii*) e de Angico Vermelho (*Piptadenia peregrina*). **Revista Árvore**, v. 14, n. 1, p. 26-34, 1990.

Gomes, J.M.; Couto, L.; Borges, R.G.C. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, em “Win-Strip”. **Revista Árvore**, v. 15, n. 1, p. 35-42, 1991.

Gomes, J.M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e dosagens de N-P-K**. 2001. 164p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

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**, v. 27, n. 2, p. 113-127, 2003.

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

Gonçalves, J.C., Oliveira, A.D., Carvalho, S.P.C., Gomide, L.R., Análise econômica da rotação florestal de povoamentos de eucalipto utilizando a simulação de Monte Carlo. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1339-1347, 2017.

Guimarães, V.F.; Echer, M.M.; Minami, K. Métodos de produção de mudas, distribuição de matéria seca e produtividade de plantas de beterraba. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 03, p. 505-509, 2002.

Gullo, M.J.M. **Uso de condicionador de solo a base de ácido húmico na cultura de cana-deaçúcar (*Saccharum spp.*)**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2007.

Hameed, M.A.; Reid J.B.; Rowe, R.N. Root confinement and its effects on the water relations, growth and assimilate partitioning of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Annals of Botany**, v. 59, n. 6, 685-692, 1987.

Himmelbauer, M.L.; Loiskandl, W.; Kastanek, F. Estimating length, average diameter and surface area of root use two different image analyses systems. **Plant and soil**, v. 260, n. 1, p. 111-120, 2004.

Iatauro, R.A. **Avaliação de tubetes biodegradáveis para a produção e o acondicionamento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden.** 2001. 33p. (Monografia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Iatauro, R.A. **Avaliação energética da substituição de tubetes de plástico por tubetes biodegradáveis na produção de mudas de aroeira- *Schinus terebinthifolius* Raddi.** 2004. 73p. Dissertação (Mestrado em Energia na agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ. (Brasília, DF). **Relatório 2017:** ano base 2016-2017. Disponível em:  
[http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2017.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf). Acesso em: fev. 2020.

Ieri, F.; Cecchi, L.; Gianinni, E.; Clemente, C.; Romani, A. Determination of the volatile composition of essential oils and hydrosols (by-products) from four *Eucalyptus* species cultivated in Tuscany. **Molecules**, v. 24, p. 226, 26, 2019.

José, A.C.; Davide, A.C.; Oliveira, S.L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para a recuperação de áreas degradadas pela mineração de bauxita. **Cerne**, v. 11, n. 2, p. 187- 196, 2005.

Knipfer, T., Fricke, W. Water uptake by seminal and adventitious roots in relation to whole-plant water flow in barley (*Hordeum vulgare* L.). **Journal of Experimental Botany**, v. 62, n. 2, p. 717–733, 2011.

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.

Lima, P.R.; Malavasi, U.C.; Dranski, J.A.L.; Malavasi, M.M.; Borsol, A.; Ecco, M. Estímulo químico e mecânico na rustificação de mudas de eucalipto. **Revista Ceres**, v. 65, n. 5, p. 424-432, 2018.

Lisboa, A.C.; Santos, P.S.; Neto, S.N.O.; Castro, D.N.; Abreu, A.H.M. Efeito do volume de tubetes na produção de mudas de *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata*. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p. 603-609, 2012.

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.** 2005. 82p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

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**, v. 44, n. 4, p.

589-596, 2014.

Mafia, R.G.; Alfenas, A.C.; Siqueira, L.; Ferreira, E.M.; Leite, H.G.; Cavallazzi, J.R.P. Critério técnico para determinação da idade ótima de mudas de eucalipto para plantio. **Revista Árvore**, v. 29, n. 6, p. 947-953, 2005.

Mafia, R.G.; Alfenas, A.C.; Ferreira, E.M.; Teixeira, D.A.; Zauza, E.A.V. Indução do enraizamento e crescimento do eucalipto por rizobactérias: efeito da adição de fonte alimentar e da composição do substrato de enraizamento. **Revista Árvore**, v. 31, n. 4, p. 589-597, 2007.

Marana, J.P.; Miglioranza, E.; Fonseca, E.P. Qualidade de mudas de jaracatiá submetidas a diferentes períodos de sombreamento em viveiro. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 275-282, 2015.

Mataruco, S.M.C.; Royer, M.R.; Bittencourt, P.R.S.; Peres, W.V.; Mataruco, G.H. Controle de coliformes em efluentes com a utilização de óleo de *Eucalyptus citriodorus* ou extrato de semente da *Moringa oleifera*. **Revista Conhecer Online**, v. 1, p. 87-107, 2019.

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

McTague, J.P.; Tinus, R. The effects of seedlings quality and forest site weather on field survival of ponderosa pine. **Tree Planters Notes**, n. 1, v. 47, p. 16-23, 1996.

Medeiros, R.F.; Cavalcante, L.F.; Mesquita, F.O.; Rodrigues, R.M.; Sousa, G.G.; Diniz, A.A. Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.5, p.505-511, 2011.

Mendonça, A.V.R.; Ribeiro, L.G.; Assunção, J.R.A.; Freitas, T.A.S. Recipientes de fibras de *Attalea funifera* para produção de mudas de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 87, p. 245-252, 2016.

Moreira, E.J.C.; Mayrinck, R.C.; Melo, L.A.; Teixeira, L.A.F.; Davide, A. C. Desenvolvimento de mudas de angico vermelho no campo produzidas em tubetes biodegradáveis. *In: X Congresso de Ecologia do Brasil*, São Lourenço/MG. **Resumos**, São Lourenço, Sociedade de Ecologia do Brasil, 2011.

Morgado, I.F.; Carneiro, J.G.A.; Leles, P.S.S.; Barroso, D.G. Resíduos agroindustriais prensados como substrato para a produção de mudas de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, v. 57, p. 709-712, 2000.

Mota, L.H.S.; Scalon, S.P.Q.; Heinz, R. Sombreamento na emergência de

plântulas e no crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 423-431, 2012.

Natale, W.; Prado, R.M.; Leal, R.M.; Franco, C.F. Efeitos da aplicação de zinco no desenvolvimento, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 310-314, 2004.

Neto, M.A.D.; Silva, I.F.; Cavalcante, L.F.; Diniz, B.L.M.T.; Silva, J.C.A.; Silva, E.C. Mudanças de oiticica irrigadas com águas salinas no solo com biofertilizante bovino e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 10-18, 2013.

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.

Nogueira, A.C.; Souza, P.G.; Kratz, D.; Bassaco, M.V.M. Adição de maravalha a substratos comerciais na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Ambiência**, v. 10, n. 2, p. 527-538, 2014.

Novaes, A. B. **Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes**. 1998. 133p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

Novaes, A.B.; Carneiro, J.G.A.; Barroso, D.G.; Leles, P.S.S. Avaliação do potencial de regeneração de raízes de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em diferentes tipos de recipientes, e seu desempenho em campo. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 675-681, 2002.

Oliveira Junior, O.A.; Cairo, P.A.R.; Novaes, A.B. de. Características morfofisiológicas associadas à qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos. **Revista Árvore**, v. 35, n. 6, p. 1173-1180, 2011.

Oliveira, J.C. **Qualidade de mudas de angico-vermelho produzidas em diferentes substratos e seu desempenho no campo**. 2017. 94p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

Otieno, N.E.; Analo, C. Local indigenous knowledge about some medicinal plants in and around Kakamega forest in western Kenya. **F1000 Research**, v. 1, p. 40, 2012.

Parviainen, J.O. 1981. O desenvolvimento radicular das mudas florestais no viveiro e no local de plantio. In: Anais FUPEF - Seminário de sementes e viveiros florestais. **Anais [...]**, Curitiba, v. 2, p. 111-130.

Peroni, L. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus grandis***. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Prates, H.S.; Medeiros, M.B. 2001. **Entomopatógenos e biofertilizantes na citricultura orgânica**. Campinas: SAA/ Coordenação de defesa Agropecuária. Folder.

Raven P.H.; Evert, R.F.; Eichhorn, S.E. Regulando o crescimento e o desenvolvimento: Os hormônios vegetais. In: Raven, P.H.; Evert, R.F.; Eichhorn, S.E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Ed. New York: W.H. Freeman, 2001. p. 649-674.

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**, v. 13, n. 1, p. 1-18, 1989.

Reis, M.G.F.; Reis, G.G.; Regazzi, A.J.; Leles, P.S.S. Crescimento e forma de fuste de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* Fr. Allem.) sob diferentes níveis de sombreamento e tempo de cobertura. **Revista Árvore**, v. 15, n.1, p. 23-34, 1991.

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, E.R.; Lúcio, A.D.C.; Fortes, F.O.; Lopes, S.J.; Silveira, B.D. Período de permanência de mudas de *Eucalyptus grandis* em viveiro baseado em parâmetros morfológicos. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 809-814, 2018.

Ritchie, G.A.; Dunlap, J.R. Root growth potential: its development and expression on forest tree seedling. **Forest Science**, n. 1, p.218-248, 1985.

Rocha, A.M.M.R.; Araújo, J.F.; Rocha, E.M.M.; Vianna, M.C. Influência de Diferentes substratos no desenvolvimento de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.). In: XVII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17p, 2002, Belém: **Anais** [...], Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura.

Rudek, A.; Garcia, F.A.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**, v. 9, n. 17, p. 3765-3775, 2013.

Russo, R.O.; Berlyn, G.P. The use of organica biostimulants to help low input sustainable agriculture. **Journal Sustainable Agriculture**, v. 1, n. 2, 1990.

Santana, R.C.; Barros, N.F.; Leite, H.G.; Comerford, N.B.; Novais, R.F.

Estimativa de biomassa de plantios de eucalipto no Brasil. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 697-706, 2008.

Santos, R.A. **Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus* spp. produzidas nos sistemas Ellepot® e Tubetes**. 2018. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

Santos, Y.Q.; Careli, G.S.C.; Veras, B.O.; Batista, V.C.; França, A.F.J.; Silva, M.V.; Santos, E.A. Antitryptical, anticoagulant and hemagglutinating activities of *Eucalyptus* sp. seeds. **F1000 Research**, v. 8, p. 28, 2019.

Serpa, M.F.P.; Cairo, P.A.R.; Lacerda, J.J.; Novaes, A.B. Root system growth and eucalyptus clones performance in Vitória da Conquista, Bahia, Brazil. **Nativa**, v. 5, n. 6, p. 428-433, 2017.

Silva, A.A.; Delatorre, C.A. Alterações na arquitetura da raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 8, n. 2, p. 152-163, 2009.

Silva, F.L.B.; Lacerda, C.F.; Sousa, G.G.; Neves, A.L.R.; Silva, G.L.; Sousa, C.H.C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n. 4, p. 383- 389, 2011.

Simões, D.; Silva, M.R. Análise técnica e econômica das etapas de produção de mudas de eucalipto. **Cerne**, v. 16, n. 3, p. 359-366, 2010.

Sosnowski, J.; Malinowska, E.; Jankowski, K.; Król, J.; Redzik, P. An estimation of the effects of synthetic auxin and cytokinin and the time of their application on some morphological and physiological characteristics of *Medicago x varia* T. Martyn. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.10, n.16, p.1–8. 2016.

Sousa, A.N.; Almeida, D.M.; Braga, R.S.S.; Júnior, V.C.B.; Santana, J.A.S.; Canto, J.L. Produção de mudas de *Moringa oleifera* em diferentes concentrações de lodo de esgoto. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 5, p. 1504-1522, 2020.

Souza, B.R.; Freitas, I.A.S.; Lopes, V.A.; Rosa, V.R.; Matos, F.S. Growth of eucalyptus plants irrigated with saline water. **African Journal of Agricultural**, v. 10, n. 10, p. 191-196, 2015.

Souza A.G.; Smiderle, O.J.; Muraro, R.E.; Bianchi, V.J. Morphophysiological quality of seedlings and grafted peach trees: effects of nutrient solution and substrates. **Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture**, v. 9, n. 2, p. 10-018, 2017.

Stanturf, J.A.; Vance, E.D.; Fox, T.R.; Kirst, M. Eucalyptus beyond its

native range: Environmental issues in exotic bioenergy plantations. **International Journal Forest Research**, v. 1, p. 1-5, 2013.

Steffen, R.B.; Antonioli, Z.I.; Steffen, G.P.K. Efeito estimulantes do óleo essencial de eucalipto na germinação e crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, 2011.

Stone, E.C.; Jenkinson, J.L.; Kruemah, S.L. Root regenerating potential of Douglas-fir seedling lifted at different times of the year. **Forest Science**, v. 5, p. 228-297, 1962.

Taiz, L.; Zeiger, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

Trautenmuller, J.W.; Borella, J.; Minatti, M.; Júnior, S.C.; Woycikiewicz, A.P.F.; Balbinot, R.; Sanquetta, C.R. Avaliação de plantas de *Cordia americana* em viveiro utilizando caracteres morfológicos. **Biofix**, v. 2, n. 2, p. 65-70, 2017.

Trazzi, P.A.; Caldeira, M.V.; Colombi, R.; Gonçalves, E.O. Qualidade de mudas de *Murraya paniculata* produzidas em diferentes substratos. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 621-630, 2012.

Tschaplinski, T.J.; Blake, T.J. Effects of root restriction on growth correlations, water relations and senescence of alder seedlings. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 64, p. 167-176, 1985.

Tofaneli, M.B.D.; Santos, R.T.; Kogeratski, J.F. Complexo hidrosolúvel na formação de mudas do porta-enxerto limoeiro 'Cravo'. **Revista Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 4, 2018.

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

Vieira, C.R.; Weber, O.L.S. Produção de mudas de eucalipto em diferentes composições de substratos. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 18, n. 2, p. 25-34, 2016.

Vignolo, G.K.; Picolotto, L.; Gonçalves, M.A.; Pereira, I.S.; Antunes, L.E.C. Presença de folhas no enraizamento de estacas de amoreira-preta. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 467-472, 2014.

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

Wangen, D.R.B.; Mendes, L.F.; Sagata, E.; Hellen, C.S.; Shimamoto, G.F. Fertilizante orgânico na produção de couve-da-malásia, *Brassica chinensis* var. *parachinensis* (Bailey) Sinskaja. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.

Wendling, I.; Gatto, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002, 166p.

Wilson, B.C.; Jacobs, D.F. Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. **New Forests**, v. 31, n. 3, p. 417-433, 2006.

Zaccheo, P.V.C.; Aguiar, R.S.; Stenzel, N.M.C.; Neves, C.S.V.J. Tamanho de recipientes e tempo de formação de mudas no desenvolvimento e produção de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 2, p. 603-607, 2013.

Zandonadi, D.B.; Santos, M.P.; Dobboss, L.B.; Olivares, F.L.; Canellas, L.P.; Binzel, M.L.; Façanha, A.L.O.; Façanha, A.R. Nitric oxide mediates humic acids-induced root development and plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activation. **Planta**, v. 231, n. 5, p. 1025-1036, 2010.

## **APÊNDICES**

**APÊNDICE A** – Tabelas de análises de variância das características morfológicas avaliadas em viveiro

**Apêndice 1A.** Análise química e física da amostra do solo utilizado no experimento

<b>pH</b>	<b>P</b>	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>H<sup>+</sup></b>	<b>S.B.</b>	<b>t</b>	<b>T</b>	<b>V</b>	<b>m</b>
H <sub>2</sub> O	mg.dm <sup>-3</sup>	-----cmol.dm <sup>-3</sup> -----					---%--				
5,0	1	0,13	0,9	0,6	0,5	2,1	1,6	2,1	4,2	39	23
Terra fina		Areia grossa		Areia fina		Silte		Argila		Classe Textural	
< 2 mm		2-0.20 mm		0.20-0.05 mm		0.05-0.002 mm		< 0.002 mm			
-----g kg-----											
100		585		155		50		210		Franco Argilo Arenosa	

S.B.= soma de bases trocáveis; t= CTC efetiva; T= CTC a pH 7,0; V= saturação de bases; m= saturação por alumínio.  
 Fonte: Laboratório de Solos, UESB (2020).

**APÊNDICE B** – Tabelas de análises de variância das características morfológicas avaliadas em viveiro

**Apêndice 1B** – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (DC), relação altura/diâmetro (H/D), número de folhas (NF), biomassa fresca da parte aérea (BFPA)

Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		H	DC	H/D	NF	BFPA
Recipientes (R)	1	5,54 <sup>ns</sup>	9,52*	75,09*	530,93*	71,05*
Complexo orgânico (CO)	1	151,66*	0,25 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	175,27*	1,61 <sup>ns</sup>
R x CO	1	48,03*	1,25*	1,48 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	4,66*
(Tratamentos)	3	-	-	-	-	-
Resíduo	16	6,31	0,17	1,05	27,64	1,48
C.V.(%)		7,31	10,68	10,33	17,78	28,52

\*significativo a 5% de probabilidade

<sup>ns</sup>não significativo

**Apêndice 2B** – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação das características biomassa fresca da raiz (BFR) e total (BFT), biomassa seca da parte aérea (BSPA), raiz (BSR) e total (BST)

Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		BFR	BFT	BSPA	BSR	BST
Recipientes (R)	1	7,09*	6,01*	3,89*	0,74*	8,03*
Complexo orgânico (CO)	1	0,18 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	1,30*	0,05 <sup>ns</sup>	1,83 <sup>ns</sup>
R x CO	1	1,14 <sup>ns</sup>	0,86*	0,20 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>
(Tratamentos)	3	-	-	-	-	-
Resíduo	16	5,51	0,97	0,23	0,04	0,44
C.V.(%)		21,32	13,90	29,49	39,67	30,96

\*significativo a 5% de probabilidade

<sup>ns</sup>não significativo

**APÊNDICE C** – Tabelas de análise de variância do Potencial de Regeneração de Raízes (P.R.R.)

**Apêndice 1C** – Resumo da análise de variância e coeficientes de variação do número e comprimento total de raízes regeneradas em Tubos, 90 dias após o transplante

Fonte de variação	GL	Quadrados médios	
		Número total	Comprimento total
Recipientes (R)	1	58,89*	0,35*
Complexo orgânico (CO)	1	3,41 <sup>ns</sup>	0,12*
R x CO	1	61,01*	0,19 <sup>ns</sup>
(Tratamentos)	3	-	-
Resíduo	16	3,44	0,44
C.V.(%)		23,29	16,72

\* significativo a 5% de probabilidade

<sup>ns</sup> não significativo

**APÊNDICE D** – Tabelas de análises de variância das características morfológicas de mudas de eucalipto em casas de vegetação

**Apêndice 1D** – Resumo da análise de variância das características altura da parte aérea e diâmetro do colo avaliadas aos 30, 60 e 90 dias após o plantio em vasos

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		ALTURA			DIÂMETRO		
		30D	60D	90D	30D	60D	90D
Regressão linear	1	0,012 <sup>ns</sup>	1,77 <sup>ns</sup>	3,78 <sup>ns</sup>	0,014 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>	0,088 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	0,032 <sup>ns</sup>	57,82 <sup>ns</sup>	13,24 <sup>ns</sup>	0,029 <sup>ns</sup>	0,170 <sup>ns</sup>	0,361 <sup>ns</sup>
Regressão cúbica	1	2,14 <sup>ns</sup>	75,47 <sup>ns</sup>	128,1 <sup>ns</sup>	0,234 <sup>ns</sup>	0,056 <sup>ns</sup>	0,016 <sup>ns</sup>
Desvios de regressão	1	0,439 <sup>ns</sup>	4,67 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,003 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>
(Tratamentos)	4	2,62	34,93	36,34	0,070	0,061	0,116
Resíduo	12	2,95	27,65	63,64	0,051	0,188	0,187

\*significativo a 5% de probabilidade

<sup>ns</sup>não significativo

**Apêndice 2D** – Resumo da análise de variância das características de índice SPAD, biomassa fresca e volume de raiz avaliados aos 90 dias, após o plantio em vasos

Fonte de variação	GL	Quadrados médios		
		SPAD	BFR	VOL
Regressão linear	1	12,23 <sup>ns</sup>	12,35 <sup>ns</sup>	316,63 <sup>ns</sup>
Regressão quadrática	1	0,242 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>	164,96 <sup>ns</sup>
Regressão cúbica	1	6,53 <sup>ns</sup>	6,48 <sup>ns</sup>	36,74 <sup>ns</sup>
Desvios de regressão	1	0,069 <sup>ns</sup>	1,07 <sup>ns</sup>	418,42 <sup>ns</sup>
(Tratamentos)	4	4,79	5,28	234,19
Resíduo	12	5,34	15,63	396,88

\* significativo a 5% de probabilidade

<sup>ns</sup> não significativo