

DESEMPENHO RADICULAR DE MUDAS DE EUCALIPTO PRODUZIDAS EM DIFERENTES RECIPIENTES E SUBSTRATOS¹

Teresa A. S. de Freitas², Deborah G. Barroso³, José G. de A. Carneiro³, Ricardo M. Penchel⁴, Kelly R. Lamônica⁵ e Daniele de A. Ferreira⁵

RESUMO – O trabalho teve como objetivo verificar o desempenho, em sacolas, de clones de eucalipto, produzidos em diferentes recipientes e substratos, com ênfase na persistência das deformações radiculares originadas no viveiro e na produção de raízes. As mudas foram produzidas em tubetes (50 cm³) e em blocos prensados (40 x 60 x 7 cm – 16.800 cm³), sendo utilizados como substratos: casca de arroz carbonizada com casca de eucalipto, bagaço de cana com torta de filtro; e turfa. As mudas, com 90 dias, foram transplantadas para sacos plásticos (20 L), com solo da área de plantio. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 7, constituído por dois clones (híbridos naturais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *E. saligna* Smith) e sete tratamentos, com variação de recipientes e substrato, com quatro repetições, constituídas por quatro plantas. Dois meses após o transplante, as plantas foram avaliadas quanto ao crescimento em diâmetro ao nível do solo, altura da parte aérea, número de raízes emitidas, comprimento, área superficial e deformação do sistema radicular. As plantas originadas de mudas produzidas em blocos prensados apresentaram melhor desempenho nas avaliações realizadas em relação às dos tubetes. As deformações radiculares causadas por recipientes de paredes rígidas tendem a persistir após a fase de viveiro.

Palavras-chave: Raiz, deformação e *Eucalyptus*.

ROOT PERFORMANCE OF EUCALYPTUS STECKLINGS, PRODUCED IN DIFFERENT CONTAINERS AND SUBSTRATES

ABSTRACT – The objective of this work was to evaluate the performance after the planting of eucalyptus stecklings, produced in different containers and substrates, with emphasis in root production and deformations. The stecklings were produced in tubes (50 cm³) and in pressed blocks (40 x 60 x 7cm -16800 cm³), and used as substrates: carbonized rice husk and eucalyptus husk; sugarcane bagasse and sugarcane filter cake; and peat. At ninety days the stecklings were transplanted to plastic bags (20 L), with soil from the planting area. This experiment was set in a completely randomized design, arranged in a 2 x 7 factorial, constituted by two clones (natural hybrid of *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden and *E. saligna* Smith) and seven treatments, with variation of containers and substrates, with four replicates, constituted by four plants. At two months, the cuttings were evaluated considering their root collar diameter, height, number, length and superficial area of emitted roots, and system root deformations. The plants originated of stecklings produced in pressed blocks presented better performance than the tubes ones. The root deformations caused by containers persist after the nursery stage.

Keywords: Root, deformation and *Eucalyptus*.

¹ Recebido em 16.09.2004 e aceito para publicação em 10.08.2005.

² LFIT/CCTA/UENF, Av. Alberto Lamego, 2000 – Horto, 28013-602 Campos-RJ. E-mail: <tfreitas@uenf.br>.

³ LFIT/CCTA/UENF. E-mail: <deborah@uenf.br>; <carneiro@uenf.br>.

⁴ ARACRUZ Celulose. E-mail: <rp@aracruz.com.br>.

⁵ Bolsista IC, LFIT/CCTA/UENF. E-mail: <krlamonica@bol.com.br>; <danielealvarenga@mailbr.com.br>.

1. INTRODUÇÃO

A utilização de recipientes na produção de mudas, quando comparada com o sistema de raiz nua, apresenta inúmeras vantagens de naturezas biológica, técnica, econômica e física (ABBOTT, 1982; HARRIS, 1982; GULDIN, 1982a,b; SILANDER, 1984; CARNEIRO e PARVIAINEN, 1988), como: proteção do sistema radicular, controle nutricional e fácil manuseio no viveiro e no plantio.

Recipientes cujas paredes não são perfuráveis poderão, entretanto, formar mudas com deformações radiculares que, segundo Schmidt-Vogt (1984), são mantidas após a fase de viveiro, destacando-se a importância de priorizar metodologias de produção de mudas que não provoquem deformações em suas raízes. Também Carneiro (1987), Parviainen e Tervo (1989), Mattei (1993), Novaes (1998) e Barroso et al. (2000c) observaram a persistência das deformações radiculares em mudas de diferentes espécies florestais após o plantio, por exemplo *Pinus* e *Eucalyptus* sp.

A restrição do sistema radicular limita o crescimento e o desenvolvimento de várias espécies, em virtude da redução da área foliar, altura e produção de biomassa (REIS et al., 1989; TOWNEND e DICKINSON, 1995; CAMPOSTRINI, 1997).

A inibição do crescimento da parte aérea de mudas sob restrição radicular é, provavelmente, um processo regulado por sinais hormonais enviados pelas raízes, nos quais os fatores nutricionais ou relações hídricas das plantas podem ou não desempenhar papel secundário (REIS et al., 1989; MARSCHNER, 1995).

A persistência das deformações radiculares após o plantio e o plantio de mudas menores em função da restrição no viveiro podem reduzir, ou atrasar, o crescimento das plantas no campo, o que acarreta maiores custos com o controle de plantas daninhas e o retardamento da produção esperada.

Mudas robustas e que apresentam maior porcentual de emissão de raízes são mais aptas a condições de estresse ambiental, garantindo maiores taxas de sobrevivência no campo.

Nos últimos anos, alguns pesquisadores, testando a viabilidade técnica da produção de mudas de espécies florestais no sistema finlandês de blocos prensados, obtiveram maiores valores em características indicadoras de qualidade, na fase de viveiro e no comportamento

pós-plantio (CARNEIRO e PARVIAINEN, 1988; CARNEIRO e BRITO, 1992; LELES et al., 2000; NOVAES, 1998; BARROSO, 1999, MORGADO et al., 2000; SCHIAVO e MARTINS, 2002). Esse sistema também foi testado para produção de mudas de espécies frutíferas (SCHIAVO e MARTINS, 2003; SERRANO, 2003) e de café (SILVA, 2003). Permite também o livre crescimento do sistema radicular, sem que ocorram deformações e, além dessa vantagem em relação aos recipientes de paredes rígidas, permite também a mecanização do processo, maximizando a produção.

Na individualização das mudas produzidas em blocos prensados ocorre uma ou mais podas do sistema radicular, o que favorece a ramificação mais intensa das raízes e, conseqüentemente, maior enraizamento após o plantio. Essa característica é fundamental para o bom desempenho das mudas após o plantio em condições adversas.

Considerando a produção crescente de mudas de eucalipto via miniestaquia nas empresas florestais, sua importância na formação de povoamentos homogêneos e o potencial apresentado pelo sistema de blocos prensados para a produção em larga escala, este trabalho teve como objetivo verificar o desempenho pós-plantio de mudas de clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *E. saligna* Smith, produzidas em diferentes recipientes e substratos, com ênfase na persistência das deformações radiculares originadas no viveiro e na produção de novas raízes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na empresa Aracruz Celulose S.A., no município de Aracruz, região litorânea do Estado do Espírito Santo e localizada a 19°48' S e 40° 17' W, em área de produção de mudas da empresa. A precipitação no período de condução do experimento foi de 81,5 mm, na temperatura média do ar de 24,6 °C, sendo a mínima de 21,1 °C e a máxima de 29,7 °C e a umidade relativa média do ar de 73,9%, em condições naturais.

Para a produção de mudas foram utilizados os recipientes tubetes e blocos prensados, sendo utilizados os seguintes substratos: 1) composto de bagaço de cana-de-açúcar e torta de filtro de usina açucareira – BT (com relação em volume de 3:2); 2) composto de casca de eucalipto decomposta e casca de arroz carbonizada – AR (com relação em volume de 7:3),

substrato utilizado pela Aracruz Celulose S.A.; 3) turfa: substrato prensado, adquirido na Finlândia há aproximadamente 15 anos, compondo os seguintes tratamentos: T1 - tubete com o substrato AR e adubação; T2 - tubete com substrato BT e adubação; T3 - tubete com substrato BT; T4 - bloco com o substrato AR e adubação; T5 - bloco com substrato BT e adubação; T6 - bloco com substrato BT; e T7 - bloco prensado com turfa (finlandês).

A adubação utilizada, na produção de mudas, foi o produto comercial denominado Osmocote, com a formulação NPK 19-6-10, na dose de 1,5 kg m⁻³ de substrato, conforme empregado pela empresa.

As características dos substratos são apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Quadro 1 – Propriedades físicas dos substratos casca de arroz carbonizada e casca de eucalipto (AR), bagaço de cana, torta de filtro (BT) e turfa

Table 1 – Physical properties of substrates: sugarcane bagasse and filter cake (BT), eucalyptus bark and carbonized rice husk (AR) and peat

| Característica | | Substrato | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------|------|------|------|-------|--|
| | | AR | | BT | | Turfa | |
| | | P | NP | P | NP | P | |
| Porosidade total | (m ³ m ⁻³) | 0,91 | 0,89 | 0,91 | 0,92 | 0,89 | |
| Macroporosidade | (m ³ m ⁻³) | 0,54 | 0,70 | 0,51 | 0,78 | 0,47 | |
| Microporosidade | (m ³ m ⁻³) | 0,36 | 0,18 | 0,40 | 0,15 | 0,42 | |
| Densidade | (Mg m ⁻³) | 0,26 | 0,32 | 0,21 | 0,19 | 0,13 | |
| Densidade de partículas | (Mg m ⁻³) | – | 4,00 | – | 2,45 | 1,14 | |

O material prensado foi obtido após o umedecimento dos substratos.
P = substrato prensado e NP - substrato sem prensagem.

Quadro 2 – Propriedades químicas dos substratos casca de arroz carbonizada + casca de eucalipto (AR), bagaço de cana + torta de filtro (BT) e turfa

Table 2 – Chemical properties of substrates: sugarcane bagasse + cane sugar filter cake (bt), carbonized rice husk + eucalyptus bark (ar) and peat

| Característica | | Substrato | | |
|----------------|---------------------------------------|-----------|--------|-------|
| | | AR | BT | Turfa |
| CE | (μS cm ⁻¹) | 1,10 | 1,40 | 0,24 |
| PH | - | 5,61 | 5,36 | 4,60 |
| N | (g kg ⁻¹) | 12,01 | 23,78 | 9,87 |
| P | (mg dm ⁻³) | 59,77 | 60,07 | 46,14 |
| K | (mmol _c dm ⁻³) | 52,35 | 85,00 | 36,00 |
| S | (g kg ⁻¹) | 1,94 | 3,67 | 4,51 |
| Ca | (mmol _c dm ⁻³) | 41,00 | 66,92 | 55,5 |
| Mg | (mmol _c dm ⁻³) | 40,44 | 106,76 | 74,53 |

*CE: condutividade elétrica, N= método de Nessler, S= turbidimetria
P e K: extrator de Mehlich-1, Ca e Mg= extrator de KCL 1M.

Aos 90 dias, quatro mudas de cada parcela foram transplantadas para sacolas plásticas de 20 L, com 40 cm de altura, tendo como substrato solo obtido na área de plantio (Argissolo Amarelo distrófico) e sendo adubado conforme a adubação utilizada pela empresa (120 g por cova do formulado N-P₂O₅-K₂O 06-30-06 + 1% de Zn).

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 7, constituído por dois clones (miniestacas obtidas de híbridos naturais de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *E. saligna* Smith) e os sete tratamentos descritos, cada tratamento com quatro repetições.

No Quadro 3 estão mostrados os valores médios de altura e diâmetro das mudas, quando transplantadas para as sacolas.

Quadro 3 – Altura e diâmetro médios das mudas de eucalipto, no momento do transplante para as sacolas plásticas (20 L)

Table 3 – Height and diameter of the eucalyptus seedlings at the time of transplanting to the plastic bags (20 L)

| Tratamento | Altura (cm) | | Diâmetro (mm) | |
|------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | <i>E. grandis</i> | <i>E. saligna</i> | <i>E. grandis</i> | <i>E. saligna</i> |
| TUB+AR | 18,6 | 17,7 | 2,0 | 1,8 |
| TUB+BT+A* | 15,7 | 12,3 | 1,7 | 1,7 |
| TUB+BT | 10,4 | 8,4 | 1,4 | 1,2 |
| BL+AR | 18,1 | 18,5 | 1,7 | 1,8 |
| BL+BT+A* | 32,7 | 32,6 | 2,8 | 2,9 |
| BL+BT | 22,0 | 19,6 | 2,1 | 2,1 |
| BL+TURFA | 22,9 | 22,9 | 2,1 | 2,4 |

*(A) Adubo de liberação lenta: Osmocote (19-6-10) 1,5 kg m⁻³ de substrato. Substratos: AR= casca de arroz carbonizada + casca de eucaliptos e adubação. BT= bagaço de cana e torta de filtro. Recipientes: TUB=tubete. BL= bloco prensado.

Após dois meses, as plantas foram medidas, quanto ao diâmetro do colo, por meio de um paquímetro digital e, quanto à altura, com régua milimetrada. Nessa ocasião, em duas sacolas de cada parcela foram retiradas amostras de volume conhecido (450 cm³), com a utilização de um trado retangular, a 20 cm de profundidade. As amostras foram lavadas em água corrente, sobre peneira, para separação das raízes. Estas raízes foram digitalizadas para avaliação do comprimento por meio do programa “QuantRoot”, desenvolvido por professores do Departamento de Solos da Universidade Federal Viçosa², que realiza medição de raízes nas imagens digitalizadas em escala real, em que o programa cria linhas de igual comprimento ao das raízes.

As mudas das outras duas sacolas de cada parcela tiveram suas raízes lavadas e avaliadas quanto ao número de raízes emitidas na base da estaca e ao número de deformações observadas nas raízes. Esses dados foram obtidos através da contagem, e a partir desses valores foram determinadas as porcentagens de deformação do sistema radicular.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos Quadros 4 e 5 são apresentados os contrastes entre os tratamentos.

Os clones, quando produzidos em blocos prensados, apresentaram maior altura e diâmetro do colo aos dois meses após o plantio (Quadro 4). O número de raízes emitidas a partir da estaca, bem como o comprimento e a área superficial dessas raízes, também foi maior no sistema de blocos prensados (Quadro 5). Nota-se também, no Quadro 4, que nos dois clones houve elevado porcentual de deformação nas raízes laterais quando estes foram produzidos em sistemas de tubetes, o que pode evidenciar o efeito da restrição radicular no viveiro sobre o crescimento inicial das mudas após o plantio nas sacolas de 20 litros. Resultados semelhantes foram observados nos trabalhos de Novaes (1998), em mudas de *Pinus taeda*, e Morgado et al. (2000), Barroso et al. (2000c) e Leles et al. (2001), em mudas de *Eucalyptus* ssp. Também Carneiro (1987), Parviainen e Tervo (1989) e Mattei (1993), estudando espécies do gênero *Pinus*,

observaram a persistência das deformações radiculares após o plantio no campo, como resultado da restrição imposta no viveiro. Barroso et al. (2000c) observaram, em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn e *E. urophylla* ST Blake, que as deformações radiculares podem ser responsáveis pelo menor crescimento inicial do povoamento implantado.

Dentro do sistema de blocos, a utilização da turfa finlandesa não alterou o comportamento das mudas em altura, diâmetro, porcentagem de deformações radiculares e número de raízes laterais emitidas a partir das estacas após o transplântio, exceto em *E. saligna* Smith (Quadro 4), cujas mudas produzidas nesse substrato apresentaram pequena redução do crescimento em altura.

Observou-se ainda que o *E. saligna* Smith produzido em turfa apresentou menor comprimento e área superficial de raízes. Já o *E. grandis* Hill ex Maiden não exibiu diferenças quanto ao número e comprimento de raízes entre os substratos no sistema de blocos, entretanto mostrou maior área superficial de raízes laterais com a utilização da turfa.

A quantidade de raízes finas no sistema radicular é um dos fatores que podem interferir no desempenho inicial das mudas no campo, uma vez que mudas que apresentam grande produção dessas raízes são mais aptas a condições de estresse ambiental, garantindo maiores taxas de sobrevivência e crescimento inicial após o plantio. De acordo com Laclau et al. (2001), a alta densidade de raízes finas aumenta o contato da água com a serapilheira, aumentando também a habilidade do povoamento em absorver água e nutrientes sobre a superfície, por ocasião de chuvas curtas durante a estação seca. Entretanto, as diferenças observadas nas raízes de *E. grandis* Hill ex Maiden entre os substratos no sistema de blocos não afetaram o crescimento em altura e diâmetro nos primeiros dois meses após o transplântio para sacolas. Comportamento diferente foi observado em *E. saligna* Smith, em que a maior área superficial das raízes, representada pelo maior comprimento nos substratos AR (casca de arroz carbonizada + casca de eucaliptos e adubação) e BT (bagaço de cana e torta-de-filtro), resultou em plantas com maior crescimento inicial em altura, com relação à produção em turfa no sistema de blocos.

² Fornecido pelo professor Elpidio Inácio Fernandes Filho

Quadro 4 – Altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (D), porcentagem de deformação do sistema radicular (%DF), em mudas de clones de *eucalipto*, produzidas em tubetes (TUB) e blocos prensados (BL) com diferentes substratos, dois meses após o plantio

Table 4 – Height of the aerial part (H), diameter (D), deformation percentage in root system (%DF), for eucalyptus seedlings, produced in tubes (TUB) and pressed blocks (BL) with different substrates, two months after transplanting

| Contrastes | <i>E. grandis</i> | | | | | | | | |
|---|-------------------|----------------|----------|----------------|----------------|----------|----------------|----------------|----------|
| | H | | | D | | | %DF | | |
| | M ₁ | M ₂ | fcal | M ₁ | M ₂ | fcal | M ₁ | M ₂ | fcal |
| 4T ₁ + 4T ₂ + 4T ₃ - 3T ₄ - 3T ₅ - 3T ₆ - 3T ₇ | 0,78 | 0,98 | -5,91 * | 8,58 | 10,61 | -6,42 * | 112,08 | 5,39 | 13,87 * |
| T ₄ + T ₅ + T ₆ - 3T ₇ | 0,96 | 1,04 | -1,63 ns | 10,69 | 10,36 | -0,69 ns | 6,31 | 2,64 | 0,32 ns |
| 2T ₁ -T ₂ - T ₃ | 0,79 | 0,78 | 0,13 ns | 8,65 | 8,55 | 0,19 ns | 109,72 | 113,26 | 0,28 ns |
| 2T ₄ - T ₅ - T ₆ | 0,83 | 1,03 | -3,77 * | 8,84 | 11,62 | -5,48 * | 4,27 | 7,33 | 0,25 ns |
| T ₂ - T ₃ | 0,90 | 0,66 | 3,88 * | 9,23 | 7,87 | 2,33 * | 121,46 | 105,06 | 1,15 ns |
| T ₅ - T ₆ | 1,03 | 1,03 | 0,06 ns | 11,33 | 11,90 | -0,98 ns | 8,43 | 6,27 | 0,16 ns |
| Contrastes | <i>E. saligna</i> | | | | | | | | |
| | H | | | D | | | %DF | | |
| | M ₁ | M ₂ | fcal | M ₁ | M ₂ | fcal | M ₁ | M ₂ | fcal |
| 4T ₁ + 4T ₂ + 4T ₃ - 3T ₄ - 3T ₅ - 3T ₆ - 3T ₇ | 0,76 | 1,09 | -9,81 * | 9,24 | 11,34 | -6,64 * | 98,47 | 10,17 | 11,81 * |
| T ₄ + T ₅ + T ₆ - 3T ₇ | 1,14 | 0,96 | 3,43 * | 11,51 | 10,83 | 1,41 ns | 8,43 | 15,37 | -0,60 ns |
| 2T ₁ -T ₂ - T ₃ | 0,74 | 0,77 | -0,59 ns | 9,49 | 9,12 | 0,72 ns | 105,00 | 95,20 | 0,79 ns |
| 2T ₄ - T ₅ - T ₆ | 1,00 | 1,21 | -3,88 * | 10,36 | 12,08 | -3,41 * | 5,13 | 10,08 | -0,40 ns |
| T ₂ - T ₃ | 0,83 | 0,72 | 1,68 ns | 9,50 | 8,74 | 1,29 ns | 100,00 | 90,40 | 0,67 ns |
| T ₅ - T ₆ | 1,27 | 1,14 | 2,10 * | 13,22 | 10,95 | 3,87 * | 4,49 | 15,68 | -0,79 ns |

* Significativo em nível de 5% de probabilidade.

T₁: TUB+AR; T₂: TUB+BT+A*; T₃: TUB+BT; T₄: BL+AR; T₅: BL+BT+A*; T₆: BL+BT; T₇: e BL+TURFA. *(A) Adubo de liberação lenta: Osmocote (19-6-10) 1,5 kg m⁻³ de substrato 1,5 kg m⁻³ de substrato. Recipientes: TUB= tubete. Substratos: AR: casca de arroz carbonizada + casca de eucaliptos e adubação. BL= bloco prensado. BT= bagaço de cana e torta de filtro.

Quadro 5 – Número de raízes emitidas a partir das estacas (NR), comprimento de raízes (CR) e área superficial (AS) de mudas de clones de *eucalipto*, produzidas em tubetes (TUB) e blocos prensados (BL) com diferentes substratos, dois meses após o plantio

Table 5 – Number of emitted roots from the cuttings (NR), root length (CR), superficial area (AS) for eucalyptus seedlings, produced in tubes (TUB) and pressed blocks (BL) with different substrates, two months after transplanting

| Contrastes | <i>E. grandis</i> | | | | | | | | |
|---|-------------------|----------------|----------|----------------|----------------|----------|----------------|----------------|----------|
| | NR | | | CR | | | AS | | |
| | M ₁ | M ₂ | fcal | M ₁ | M ₂ | fcal | M ₁ | M ₂ | fcal |
| 4T ₁ + 4T ₂ + 4T ₃ - 3T ₄ - 3T ₅ - 3T ₆ - 3T ₇ | 4,54 | 14,25 | -11,71 * | 1670,14 | 1836,27 | -1,16 ns | 160,30 | 198,78 | -4,81 * |
| T ₄ + T ₅ + T ₆ - 3T ₇ | 14,33 | 14,00 | 0,27 ns | 1845,33 | 1809,10 | 0,17 ns | 192,55 | 217,47 | -2,06 * |
| 2T ₁ -T ₂ - T ₃ | 5,25 | 4,19 | 0,80 ns | 1579,55 | 1715,43 | -0,59 ns | 141,97 | 169,47 | -2,14 * |
| 2T ₄ - T ₅ - T ₆ | 13,63 | 14,69 | -0,80 ns | 1166,11 | 2184,93 | -4,43 * | 134,82 | 221,42 | -6,75 * |
| T ₂ - T ₃ | 3,88 | 4,50 | -0,41 ns | 1872,41 | 1558,44 | 1,18 ns | 153,77 | 185,16 | -2,12 * |
| T ₅ - T ₆ | 12,38 | 17,00 | -3,01 * | 2209,92 | 2159,94 | 0,19 ns | 211,14 | 231,71 | -1,39 ns |
| Contrastes | <i>E. saligna</i> | | | | | | | | |
| | NR | | | CR | | | AS | | |
| | M ₁ | M ₂ | fcal | M ₁ | M ₂ | fcal | M ₁ | M ₂ | fcal |
| 4T ₁ + 4T ₂ + 4T ₃ - 3T ₄ - 3T ₅ - 3T ₆ - 3T ₇ | 4,79 | 12,84 | -9,72 * | 1334,57 | 1809,27 | -3,31 * | 125,75 | 159,49 | -4,21 * |
| T ₄ + T ₅ + T ₆ - 3T ₇ | 13,42 | 11,13 | -1,83 ns | 2041,10 | 1113,76 | 4,28 * | 179,16 | 100,49 | 6,50 * |
| 2T ₁ -T ₂ - T ₃ | 4,75 | 4,81 | -0,05 ns | 1836,89 | 1083,41 | 3,28 * | 153,90 | 111,67 | 3,29 * |
| 2T ₄ - T ₅ - T ₆ | 12,63 | 13,81 | -0,89 ns | 1846,14 | 2138,58 | -1,27 ns | 177,16 | 180,16 | -0,23 ns |
| T ₂ - T ₃ | 5,25 | 4,38 | 0,57 ns | 1343,64 | 823,19 | 1,96 ns | 112,60 | 110,74 | 0,13 ns |
| T ₅ - T ₆ | 14,38 | 13,25 | 0,73 ns | 2452,37 | 1824,79 | 2,36 * | 181,05 | 179,27 | 0,12 ns |

* Significativo em nível de 5% de probabilidade. T₁: TUB+AR; T₂: TUB+BT+A*; T₃: TUB+BT; T₄: BL+AR; T₅: BL+BT+A*; T₆: BL+BT; T₇: e BL+TURFA. *(A) Adubo de liberação lenta: Osmocote (19-6-10) 1,5 kg m⁻³ de substrato 1,5 kg m⁻³ de substrato. Recipientes: TUB= tubete. Substratos: AR= casca de arroz carbonizada + casca de eucaliptos e adubação. BL= bloco prensado. BT= bagaço de cana e torta de filtro.

No Quadro 4, observa-se que houve efeito no desempenho da parte aérea das mudas das duas espécies florestais, em razão do substrato no sistema de blocos prensados, ao se compararem mudas produzidas em BT e AR, sendo as maiores médias obtidas em mudas produzidas em BT. Com relação ao *E. saligna* Smith nesse sistema, a espécie não teve o crescimento radicular afetado por essa variação dos substratos, entretanto o *E. grandis* Hill ex Maiden apresentou maior comprimento e área superficial de raízes em mudas produzidas em BT.

Apenas as mudas de *E. saligna* Smith apresentaram maior parte aérea após o transplantio, como resultado da produção em substrato BT adubado, com maior crescimento em altura e diâmetro, quando produzidos em sistemas de blocos prensados. Nesse sistema, a adubação no substrato BT não alterou as características avaliadas no *E. grandis* Hill ex Maiden, exceto no número de raízes, que foi maior nas plantas provenientes de mudas produzidas na ausência de adubação.

No sistema tradicional de produção de mudas em tubetes, as espécies não apresentaram diferenças na parte aérea, número e deformações radiculares em função dos substratos, aos dois meses após o transplantio. Entretanto, plantas de *E. saligna* Smith provenientes de mudas produzidas em substrato AR exibiram maior comprimento e área superficial de raízes, com relação às produzidas em BT. Já o *E. grandis* Hill ex Maiden teve menor área superficial de raízes em plantas provenientes de mudas produzidas em AR.

A presença de raízes finas é muito importante para o desempenho inicial dessas mudas no campo, pelo papel que desempenham na absorção de água e nutrientes. Laclau et al. (2001) observaram alta capacidade de absorção de cálcio pelas raízes, tanto do solo quanto da serapilheira, necessária para a sustentabilidade das árvores adultas, quando pesquisaram povoamentos de *Eucalyptus* spp. com alta densidade de raízes finas.

A diferença na produção de raízes finas entre espécies foi observada no trabalho de Harmand et al. (2004), com *Acacia polyacantha*, *Senna siamea* e *Eucalyptus camaldulensis*, em que a espécie *Senna siamea* apresentou maior produção de raízes finas, seguida pela *Acacia polyacantha*, sendo a menor produção observada no *Eucalyptus camaldulensis* Dehn.

Embora não tenham sido verificado diferenças na

altura e diâmetro das mudas entre os substratos no sistema de tubetes (Quadro 4), as mudas dos dois clones produzidas nesse recipiente, tendo como substrato o composto de bagaço de cana-de-açúcar + torta de filtro (BT), apresentaram os menores valores em diâmetro e altura em relação ao mesmo substrato com acréscimo da adubação, com diferença significativa apenas no *E. grandis* Hill ex Maiden.

A adubação do substrato BT para a produção de mudas no sistema de tubetes resultou em maior crescimento em altura e diâmetro do *E. grandis* Hill ex Maiden após o transplantio.

Morgado et al. (2000), trabalhando com mudas de *E. grandis* Hill ex Maiden; Leles et al. (2000), com *E. camaldulensis* Dehn, *E. grandis* Hill ex Maiden e *E. pellita* F. Muell; e Barroso et al. (2000a), com *E. camaldulensis* Dehn e *E. urophylla* ST Blake, constataram que o substrato BT não foi adequado para a produção de mudas no sistema de tubetes.

No sistema de blocos prensados, no entanto, o menor crescimento em altura e diâmetro após o transplantio das duas espécies foi observado com a utilização do substrato AR. Em mudas de *E. saligna* Smith, maior crescimento em altura e em diâmetro foi verificado quando os blocos foram confeccionados com BT e adubados, diferentemente do *E. grandis* Hill ex Maiden, cujo crescimento nesse substrato não foi influenciado pela adubação. Pode-se observar, no Quadro 2, que esse substrato possui elevados níveis de macronutrientes.

De modo geral, o maior crescimento em altura de mudas, nas duas espécies, ocorreu no sistema de blocos prensados, evidenciando-se o efeito da restrição no sistema radicular na fase de viveiro sobre o crescimento inicial em altura das mudas após o transplantio para as sacolas de 20 litros. O mesmo comportamento foi constatado por Novaes (1998), com *Pinus taeda*; Leles et al. (2000), com *Eucalyptus* spp; e Barroso et al. (2000c), com *E. camaldulensis* Dehn e *E. urophylla* ST Blake.

Os valores obtidos indicaram também que o crescimento em diâmetro das mudas foi influenciado pelos recipientes, sendo o *E. grandis* Hill ex Maiden mais sensível à restrição radicular do que o *E. saligna* Smith, apresentando diferenças acentuadas e

significativas. O mesmo comportamento foi observado por Leles et al. (2001), em que o *E. grandis* Hill ex Maiden apresentou maior sensibilidade à restrição radicular quando comparado com o *E. camaldulensis* Dehn. Também Reis et al. (1989), Leles et al. (2000) e Moroni et al. (2003), trabalhando com diferentes espécies de eucalipto, observaram que algumas espécies são mais sensíveis que outras à restrição do sistema radicular, e essa restrição condicionada por recipientes inadequados afeta a parte aérea das mudas.

Freitas (2003) observou o mesmo comportamento em altura e diâmetro do colo em mudas de eucaliptos no momento da expedição, sendo tais valores superiores nas mudas dos clones produzidas em sistema de blocos prensados, em comparação com as mudas produzidas em tubetes.

Pode-se constatar que as mudas que apresentaram maior crescimento em altura, diâmetro do colo, enraizamento e emissão de raízes a partir de estaca foram aquelas que apresentaram, também, maiores dimensões na época do transplantio para as sacolas (Quadro 1). Morgado (1998), Leles (1998) e Barroso et al. (2000 a b c) verificaram que mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em blocos prensados exibiram maior altura e diâmetro no viveiro, maior potencial de regeneração de raízes e melhor desempenho inicial após o plantio, em comparação com as mudas de tubete.

4. CONCLUSÕES

As plantas originadas de mudas produzidas em blocos prensados apresentaram maior crescimento em diâmetro e altura, maior número de raízes emitidas e menor número de deformações do sistema radicular em relação às dos tubetes.

As deformações radiculares causadas pela parede rígida dos tubetes, em mudas de *Eucalyptus saligna* Smith e *E. grandis* Hill ex Maiden, tenderam a persistir após a fase de viveiro.

O substrato composto por bagaço de cana e torta de filtro mostrou-se adequado para o sistema de blocos.

As espécies se comportaram de maneira diferente com a adubação do substrato composto por bagaço de cana e torta-de-filtro nos dois sistemas de produção, sendo benéfico no sistema de tubetes para o *E. grandis* Hill ex Maiden e no sistema de blocos para o *E. saligna* Smith.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBOTT, J.E. Operational planting of container grown slash pine seedlings on problem sites. In: SOUTHERN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLINGS CONFERENCE. 1981, Savannah. **Proceedings...** New Orleans: 1982. p.115-116. (USDA. For. Serv. Gen. Tech. Rep. SO. N.37).
- BARROSO, D.G.; CARNEIRO, J.G. A.; LELES, P.S. S. Qualidade de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla*, produzidas em tubetes e em blocos prensados, com diferentes substratos. **Floresta e Ambiente**, v. 7 , n.1, p.238-250, 2000a.
- BARROSO, D.G. et al. Regeneração de raízes de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Scientia Agricola**, v.57, n.2, p.229-237, 2000b.
- BARROSO, D.G. et al. Efeitos do recipiente sobre o desempenho pós-plantio de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla*. **Revista Árvore**, v.24, n.3, p.291-296, 2000c.
- BARROSO, D.G. **Qualidade de mudas de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. urophylla* produzidas em tubetes e blocos prensados com diferentes substratos.** 1999. 77f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1999.
- CAMPOSTRINI, E. **Comportamento de quatro genótipos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) sob restrição mecânica ao crescimento do sistema radicular.** 1997. 166f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1997.
- CARNEIRO, J.G. A.; BRITO, M.A.R. Nova metodologia para a produção mecanizada de mudas de *Pinus taeda* L. em recipientes com raízes laterais podadas. **Floresta**, v.22, n.1/2, p.63-67, 1992.
- CARNEIRO, J.G.A.; PARVIAINEN, I.V. Comparison of production methods for containerized pine (*Pinus elliottii*) seedlings in southern Brazil. **Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja**, v.302, p.6-24, 1988.



CARNEIRO, J.G.A. **Influência de recipientes e de estações de semeadura sobre o comportamento do sistema radicular e dos parâmetros morfológicos de mudas de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii***. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1987. 81p.

FREITAS, T.A.S. **Sistema de blocos prensados para a produção de mudas clonais de eucalipto**. 2003. 115f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2003.

GULDIN, R. W. Nursery costs and benefits of container-grown southern pine seedlings. **Southern Journal of Applied Forestry**, v.6, n.2, p93-99, 1982a.

GULDIN, R. W. What does it cost to grow seedlings in containers? **Tree Planters' Notes**, v.33, n.1, p34-37, 1982b.

HARMAND, J. M. et al. Aboveground and belowground biomass, productivity and nutrient accumulation in tree improved fallows in the dry tropics of Cameroon. **Forest Ecology and Management**, v.188, p.249-265, 2004.

HARRIS, H.G. Bare root versus containerized seedlings: a comparison of production problems and methods. In: SOUTHERN CONTAINERIZED FOREST TREE SEEDLINGS CONFERENCE. 1981: Savannah. **Proceedings...** New Orleans: 1982. p.77-80. (USDA. For. Serv. Gen. Tech. Rep. SO., 37).

LACLAU, J.P. et al. Spatial distribution of *Eucalyptus* roots in a deep sandy soil in the Congo: relationships with the ability of the stand to take up water and nutrients. **Tree Physiology**, v.21, p.129-136, 2001.

LELES, P. S.S. **Produção de mudas de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. pellita* em blocos prensados e em tubetes**. 1998. 76f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1998.

LELES, P.S.S. et al. Qualidade de mudas de *Eucalyptus* spp. produzidas em blocos prensados e em tubetes. **Revista Árvore**. v.24, n.1, p.13-20, 2000.

LELES, P. S.S. et al. Crescimento e arquitetura radicular de plantas de Eucalipto oriunda de mudas produzidas em blocos prensados e em tubetes, após o plantio. **Cerne**, v.7, n.1, p.10-19, 2001.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Sand Diego: Academic Press, 1995. 889p.

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

MORGADO, I.F. **Resíduos agroindustriais prensados como substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Saccharum* spp.** 1998. 102f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 1998.

MORGADO, I.F. et al. Nova metodologia de produção de mudas de *E. grandis* Hill ex Maiden utilizando resíduos prensados como substratos. **Revista Árvore**, v.24, n.1, p.27-33, 2000.

MORONI, M. T.; NORLEDGE, D.; BEADLE, C.L. Root distribution of *Eucalyptus nitens* and *E. globulus* in irrigated and droughted soil. **Forest Ecology and Management**, v.177, p.399-407, 2003.

NOVAES, A.B. **Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L., produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes**. 1998. 118f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1998.

PARVIAINEN, I.V., TERVO, L. A new approach for production of containerized coniferous seedlings using peat sheets coupled with root pruning. **Forestry Supplement**, v. 62, p.87- 94, 1989.

REIS, G. G. et al. 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.

SCHIAVO, J.A.; MARTINS, M.A. Produção de mudas de acácia com micorrizas e rizóbio em diferentes recipientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p. 173-178, 2003.

SCHIAVO J.A.; MARTINS, M.A. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.), inoculadas com o fungo micorrízico arbuscular *glomus clarum*, em substrato agro-industrial. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.2, 423-519p. 2002.

SCHMIDT -VOGT, H. Morpho-physiological quality of forest tree seedlings: the present international status of research. In: Métodos de produção e controle de qualidade de sementes e mudas florestais. SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MÉTODOS DE PRODUÇÃO E CONTROLE DE QUALIDADE DE SEMENTES E MUDAS FLORESTAIS, 1984, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1984. p.366-378.

SERRANO L. A. L. **Sistemas de produção e doses de adubo de liberação lenta na formação de porta-enxerto cítrico (*Citrus limonia* Osbeck cv.)**. 2003. 97f. Tese (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2003.

SILANDER, V. Zanzibar forest tree nurseries. Report and Guidelines. **Metsantutkimuslaitoksen Tiedonantoja**, v. 127, p.1-52, 1984.

SILVA, J.I. **Produção de mudas de café (*Coffea canephora*) em diferentes recipientes e substratos**. 2003. 51f. Tese (Mestrado em produção Vegetal). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2003.

TOWNEND, J.; DICKINSON, A.L. A comparison of rooting environments in containers of different sizes. **Plant and Soil**, v.175, p.139-146, 1995.