

PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus dunnii* EM SUBSTRATOS RENOVÁVEIS

Dagma Kratz¹, Ivar Wendling²

¹Eng^a Florestal, M.Sc., Doutoranda em Engenharia Florestal, UFPR, Curitiba, PR, Brasil - dagkratz@yahoo.com.br

²Eng. Florestal, Dr., Embrapa Florestas, Colombo, PR, Brasil - ivar.wendling@embrapa.br

Recebido para publicação: 25/02/2012 – Aceito para publicação: 18/02/2013

Resumo

A necessidade premente de aumento no número de mudas plantadas anualmente e a variabilidade de matérias-primas tradicionais para composição de substratos têm levado à necessidade de desenvolvimento de estudos que visem à avaliação da viabilidade técnica e econômica desses materiais. Com base nisso, o presente estudo objetivou avaliar a viabilidade técnica da utilização de vermiculita média (VM) e dos componentes renováveis à base de fibra de coco (FC), casca de arroz carbonizada (CAC) em diferentes granulometrias e dois substratos comerciais compostos por casca de pínus semidecomposta (SC) na composição de substratos para a produção de mudas de *Eucalyptus dunnii*, e avaliar a correlação das propriedades físicas e químicas dos substratos com a qualidade das mudas. Foram formulados 14 tratamentos, sendo a semeadura realizada em tubetes de 55 cm³. Com base nos resultados obtidos, o substrato que proporcionou maior crescimento das mudas de *Eucalyptus dunnii* foi o CAC combinado com VM, seguido dos SC, enquanto aqueles à base de CAC em diferentes granulometrias, combinadas ou não com FC, proporcionaram baixo crescimento. Quanto às propriedades dos substratos, verificou-se que densidade aparente, porosidade total, macroporosidade, pH e capacidade de troca catiônica apresentaram correlação com o crescimento das mudas.

Palavras-chave: Eucalipto; casca de arroz carbonizada; fibra de coco; casca de pínus.

Abstract

Seedlings of Eucalyptus dunnii grown in renewable substrate. The pressing need to increase the number of seedlings planted annually and variability of raw materials for traditional composition of substrates have led to the need to develop studies aimed at evaluating these materials, technically and economically feasible. Based on this, the present study aimed to evaluate the technical feasibility of using fine vermiculite (VF) and component-based renewable coconut fiber (FC), rice hulls (CAC) in different grain sizes and two commercial substrates composed by pine bark semidecomposta (SC) in the composition of substrates for the production of seedlings of *Eucalyptus dunnii*, and assess the correlation between the physical and chemical properties of the substrates with the quality of the seedlings. 14 treatments were formulated, and the sowing in tubes of 55 cm³. Based on these results, the substrate that provided greater seedling growth of *Eucalyptus dunnii* CAC was combined with VF, followed by the SC, while those based CAC in different particle sizes, combined or not with CF, gave low growth. Regarding the properties of the substrates, it was identified that the bulk density, total porosity, macroporosity, pH and cation exchange capacity correlated with seedling growth.

Keywords: *Eucalyptus*; rice hulls; coconut fiber; pine bark.

INTRODUÇÃO

Atualmente, no Brasil, a produção de mudas de *Eucalyptus* é feita principalmente por meio da clonagem, a qual procura garantir a manutenção das características da planta-matriz selecionada e a implantação de talhões uniformes de elevada produtividade, incluindo resistência a doenças (ALFENAS *et al.*, 2004). Porém espécies indicadas para o plantio em regiões subtropicais apresentam baixos índices de enraizamento, o que, segundo Assis e Mafia (2007), deve-se à elevada recalcitrância aos processos rizogênicos em comparação com as espécies de *Eucalyptus* tropicais, justificando dessa forma a produção de mudas via seminal.

O *Eucalyptus dunnii* Maiden, segundo Leite *et al.* (1973), tem se destacado na região Sul do

Brasil, devido ao seu rápido crescimento e tolerância a injúrias causadas por geadas. Segundo dados levantados por Paludzyszyn Filho *et al.* (2006), as espécies de eucalipto economicamente importantes para as condições mais frias do Brasil constituem um grupo muito restrito, e entre elas, o *Eucalyptus dunnii* apresenta boa aptidão, principalmente no que se refere à produção de madeira para fins energéticos e sólidos madeiráveis.

Ao levar em consideração o estabelecimento de povoamentos florestais, a produção de mudas, tanto em quantidade quanto em qualidade, representa uma das fases mais importantes. Nesse sentido, muitos esforços têm sido realizados para melhorar a qualidade e reduzir os custos de produção das mudas, e entre os fatores que influenciam a qualidade delas está o substrato (GONÇALVES; POGGIANI, 1996). A principal função do substrato é sustentar a muda e fornecer condições adequadas para o crescimento e funcionamento do sistema radicial, assim como os nutrientes necessários ao crescimento da planta, devendo ser isento de sementes de plantas invasoras, pragas e fungos patogênicos, evitando-se assim a necessidade de sua desinfestação (HARTMANN *et al.*, 2011; GONÇALVES *et al.*, 2000).

O desenvolvimento do setor florestal teve como consequência a geração de um grande volume de subprodutos, entre os quais a casca de pínus, que passou a ser utilizada como substrato para produção de mudas, após ser decomposta, seca e moída. Devido às suas boas características físicas e químicas, esse substrato obteve bons resultados na produção de mudas, conquistando o mercado, sendo atualmente utilizado em grande escala e como substrato padrão na maioria dos viveiros florestais do Brasil. Contudo, a área plantada de *Pinus* spp. vem decrescendo nos últimos anos (TETTO, 2008; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF), 2010), em vista da preferência dos produtores pela cultura de eucalipto, que apresenta maior crescimento em ciclo de curta rotação e alta produtividade florestal, reduzindo dessa forma a geração do resíduo casca de pínus.

As cascas de pínus têm ampla utilização na queima direta para atender diferentes processos de geração de energia (ABRAF, 2010). Assim, além do decréscimo da área plantada de pínus, existe a concorrência pela casca para uso como fonte de energia, resultando na diminuição da disponibilidade desse produto como fonte para produção de substratos, o que, conseqüentemente, ocasiona queda na produção de substratos à base de casca de pínus e aumento do preço dos mesmos.

Nesse sentido, devem-se aumentar os estudos em relação aos substratos, a fim de apresentar novas possibilidades de formulação desse produto, como a utilização de resíduos agroindustriais, industriais florestais e urbanos para a produção de mudas, representando uma alternativa viável, pois grandes volumes desses produtos são gerados, representando um problema ambiental se não for apresentado um destino final adequado.

Com base na importância do substrato e da utilização de materiais renováveis para sua formulação, objetivou-se avaliar a viabilidade técnica da utilização de diferentes granulometrias de casca de arroz carbonizada, fibra de coco e casca de pínus semidecomposta para produção de mudas de *Eucalyptus dunnii*.

MATERIAL E MÉTODOS

Produção de mudas

O experimento foi instalado em setembro de 2008, no Laboratório de Propagação de Espécies Florestais da Embrapa Florestas, localizado em Colombo, Paraná, situada a 25°19'17" de latitude S e 49°09'39" de longitude W. O clima da região, de acordo com o Sistema Internacional de Köppen, é do tipo Cfb (clima subtropical úmido).

Foram utilizados 2 substratos comerciais compostos por casca de pínus semidecomposta/vermiculita (90/10, v:v) (SC1 e SC2), casca de arroz carbonizada íntegra (CAC), casca de arroz carbonizada com granulometria maior que 2 mm (CAC1), casca de arroz carbonizada com granulometria entre 1-2 mm (CAC2), casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5-1 mm (CAC3), casca de arroz carbonizada com granulometria menor que 0,5 mm (CAC4), fibra de coco granulada/fibrosa (FC) e vermiculita média (VM), para a formulação de 14 substratos, conforme as seguintes composições: T1 = 50 CAC/50 VM; T2 = SC1; T3 = SC2; T4 = 100 FC; T5 = 100 CAC; T6 = 100 CAC1; T7 = 100 CAC2; T8 = 100 CAC3; T9 = 100 CAC4; T10 = 50 CAC2/50 FC; T11 = 50 CAC3/50 FC; T12 = 90 CAC3/10 FC; T13 = 75 CAC4/25 FC; T14 = 90 CAC4/10 FC. Para a obtenção das granulometrias de casca de arroz carbonizada, foram utilizadas quatro peneiras com as

seguintes malhas: maior que 2 mm, entre 1 e 2 mm, de 0,5 a 1 mm e menor que 0,5 mm.

Os materiais foram misturados manualmente, juntamente com a adubação de base (1,5 kg.m⁻³ de substrato do fertilizante de liberação lenta de 6 meses, da formulação 15:10:10, além de 3,5% de Ca, 1,5% de Mg, 3,0% de S, 0,05% de Zn, 0,02% de B, 0,05% de Cu, 0,1% de Mn, 0,5% de Fe e 0,004% de Mo).

Realizou-se semeadura direta em tubetes de 55 cm³, com sementes de *Eucalyptus dunnii*. Para tanto, utilizou-se um semeador manual, com cada tubete recebendo em torno de 4 sementes, as quais foram cobertas com uma camada (em torno de 0,5 cm) de vermiculita fina. Após a semeadura, as bandejas foram acondicionadas em estufa de vidro (3 irrigações diárias de 10 minutos com vazão de 144 L.hora⁻¹), onde permaneceram por 60 dias, seguindo para área de rustificação (quatro irrigações diárias de 30 minutos com vazão de 97 L.hora⁻¹), sendo expostas diretamente ao sol por 30 dias. Vinte dias após a semeadura, foi realizado o raleamento, deixando-se como remanescente a muda mais centralizada no tubete e com maior crescimento da parte aérea.

Aos 30 dias, iniciou-se a adubação de crescimento (4 g.L⁻¹ de ureia, 3 g.L⁻¹ de superfosfato simples, 0,25 g.L⁻¹ de FTE BR 10 (7% Zn, 4% Fe, 4% Mn, 0,1% Mo, 2,5% B, 0,8% Cu) e 3 g.L⁻¹ de cloreto de potássio), realizada a cada sete dias até os 60 dias, momento de transferência das mudas para a área de pleno sol, onde se realizou adubação de rustificação (4 g.L⁻¹ de sulfato de amônio, 10 g.L⁻¹ de superfosfato simples, 4 g.L⁻¹ de cloreto de potássio, 1 g.L⁻¹ de FTE BR 10), realizada também a cada sete dias até os 90 dias.

Para a avaliação da qualidade das mudas, foi mensurada a altura da parte aérea (régua) e o diâmetro de colo (paquímetro digital), a cada 30 dias até o final do experimento (90 dias). Na última avaliação, foram realizadas análises destrutivas em cinco plantas por repetição, sendo elas: biomassa seca da parte aérea e radicial (48 horas em estufa a 65 °C), pesadas em balança analítica de precisão 0,001 g, facilidade de retirada do tubete e agregação das raízes ao substrato. Para as avaliações de facilidade de retirada das mudas do tubete e agregação das raízes ao substrato, foi utilizada a metodologia descrita em Wendling *et al.* (2007). Esse método consiste em atribuir notas de zero a dez às variáveis, sendo zero a dificuldade máxima e dez a facilidade máxima de retirada das mudas com as mãos, após três batidas na parte superior do tubete no canto da bandeja e/ou mesa. Quanto à agregação das raízes ao substrato, as mudas sem os tubetes foram soltas em queda livre a um metro do solo, sendo atribuída ao torrão uma nota de zero a dez, sendo zero para a muda totalmente esboroada e dez para o torrão 100% íntegro.

Também foram calculados os índices morfológicos: relação altura e diâmetro de colo (H/DC) e o índice de qualidade de Dickson (IQD). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições de 10 plantas (unidade amostral) e 14 tratamentos.

Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett ($p < 0,05$), a fim de verificar a condição de homogeneidade de variância e, em seguida, à análise de variância (ANOVA) ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), prosseguindo para o teste de Scott-Knott ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), a fim de se observarem as diferenças entre as médias. Foi realizada a análise de correlação de Pearson entre as variáveis biométricas e as características físicas e químicas dos substratos.

Para realização das análises química e física dos substratos, foi retirada uma amostra de cada tratamento, isentas de adubação, as quais foram levadas ao Laboratório de Solos da Embrapa Florestas, onde se procedeu à análise de suas propriedades físicas e químicas, com base na Instrução Normativa nº 17 da Secretaria de Defesa Agropecuária (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA), 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de mudas

A análise de variância revelou efeito significativo do substrato para todas as variáveis analisadas (Tabela 1).

Em se tratando da altura das mudas aos 90 dias, pode-se observar superioridade do tratamento 50 CAC/50 VM em relação aos demais substratos, sendo que apenas esse tratamento proporcionou a altura mínima indicada para o plantio (15 cm), segundo Wendling e Dutra (2010) (Tabela 2). No entanto, esse resultado não inviabiliza a utilização dos demais substratos utilizados, devendo apenas haver adequação no manejo de adubação, visto as boas características físicas apresentadas por eles. Deve-se

ressaltar que se adotou uma adubação padrão para todos os substratos, o que pode ter omitido o potencial de crescimento de alguns deles.

Tabela 1. Análise de variância para altura (H90), diâmetro de colo (DC90), relação altura e diâmetro de colo (H/DC), biomassa seca aérea (BSA), biomassa seca radicial (BSR), índice de qualidade de Dickson (IQD), facilidade de retirada do tubete (FRT) e agregação das raízes ao substrato (AG) de mudas de *Eucalyptus dunnii* produzidas em diferentes substratos aos 90 dias.

Table 1. Analysis of variance for height (H90), stem diameter (DC90), height/stem diameter ratio (H/DC), dry stem biomass (BSA), root dry biomass (BSR), Dickson quality index (IQD), ease of removal of the cartridge (FRT) and the substrate root aggregation (AG) of seedlings of *Eucalyptus dunnii* grown in different substrates at 90 days after sowing.

Causa da variação	GL	Quadrados médios							
		H90	DC90	H/DC	BSA	BSR	IQD	FRT	AG
Substrato	13	33,77**	0,37**	2,30**	2,81**	0,01**	1x10 ^{-3**}	9,89**	10,26**
Resíduo	56	1,96	0,01	0,65	0,01	2x10 ⁻⁵	1x10 ⁻⁴	0,40	1,31
Média	-	9,61	1,25	7,60	0,20	0,07	0,02	8,05	6,52
CV _{exp.} (%)	-	14,60	9,87	10,66	3,37	6,64	9,16	7,90	17,60

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade de erro pelo teste F. GL: graus de liberdade; CV_{exp.}: coeficiente de variação experimental.

Quanto aos tratamentos com uso de SC, ambos apresentaram o mesmo comportamento, embora o SC2 tenha se mostrado superior para o D90, BSA, BSR e IQD. No que diz respeito às diferentes granulometrias de CAC, verificou-se um pequeno incremento no crescimento das mudas produzidas nas duas menores granulometrias, CAC3 e CAC4, enquanto que CAC1 e CAC2 não diferiram da CAC em sua forma íntegra, não justificando seu peneiramento (Tabela 2).

Para Kratz (2011), em mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage, não ocorreu diferença entre o SC e os substratos compostos por diferentes granulometrias de CAC combinadas com FC, apresentando altura média de 18,24 cm. No entanto, assim como neste estudo, o autor constatou maior crescimento em altura (20,74 cm) das plantas quando foi utilizado o substrato 50 CAC/50 VM.

Para o diâmetro de colo aos 90 dias, SC2 e 50 CAC/50 VM apresentaram crescimento superior aos demais substratos, seguidos do SC1, com os demais tratamentos apresentando diâmetro de colo muito inferior ao mínimo indicado para o eucalipto (2 mm), segundo Wendling e Dutra (2010) (Tabela 2).

Resultados semelhantes foram verificados por Kratz (2011) em mudas de *Eucalyptus benthamii* quando utilizou o SC, observando diâmetro de 1,60 mm, enquanto que aquelas produzidas em substratos compostos de CAC em diferentes granulometrias e FC apresentaram diâmetro médio de 1,53 mm.

Apesar de apresentar diâmetros inferiores ao recomendado, os valores encontrados neste estudo estão próximos aos observados em outras pesquisas. Trigueiro e Guerrini (2003) verificaram diâmetro de colo médio de 1,85 mm aos 90 dias em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden produzidas em substrato comercial à base de casca de pinus. Bonnet (2001) observou, aos 106 dias, diâmetro médio de 1,51 mm em mudas de *Eucalyptus viminalis* Labill. produzidas em substrato contendo 70% de substrato comercial combinado com 30% de biossólido compostado com resíduo verde, e Freitas *et al.* (2005) observaram diâmetro de 2,0 mm em mudas de *Eucalyptus grandis* e 1,80 mm em *Eucalyptus saligna* Sm. produzidas em substrato à base de casca de arroz carbonizada e casca de eucalipto (50/50).

No que se refere à relação H/DC, apenas o substrato 50 CAC/50 VM apresentou-se fora da faixa considerada adequada (5,4-8,1) por Carneiro (1995). Porém esse substrato foi o que proporcionou o maior crescimento das mudas em diâmetro e altura (Tabela 2). Logo, conclui-se que essa faixa recomendada não é a mais indicada para o eucalipto, conforme já observado em outros trabalhos, onde a relação H/DC sempre aparece como superior a 8. Em trabalho com mudas de *Eucalyptus benthamii*, Kratz (2011) verificou H/DC variando de 10,89 a 13,14; Bonnet (2001), de 13 em *Eucalyptus viminalis*; e Guerrini e Trigueiro (2004), para *Eucalyptus grandis*, entre 10,74 e 13,90. Conforme observado por Gomes *et al.* (2002), a relação H/DC não é um índice de grande importância, visto que apresentou contribuição relativa de apenas 0,66% para a avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, sendo, dessa forma, dispensável.

Tabela 2. Altura (H90), diâmetro de colo (DC90), relação altura e diâmetro de colo (H/DC), biomassa seca aérea (BSA), biomassa seca radicial (BSR), índice de qualidade de Dickson (IQD), facilidade de retirada do tubete (FRT) e agregação das raízes ao substrato (AG) de mudas de *Eucalyptus dunnii* produzidas em diferentes substratos aos 90 dias.

Table 2. Height (H90), stem diameter (DC90), height/stem diameter ratio (H/DC), dry stem biomass (BSA), root dry biomass (BSR), Dickson quality index (IQD), ease of removal of the cartridge (FRT) and the substrate root aggregation (AG) of seedlings of *Eucalyptus dunnii* grown in different substrates at 90 days after sowing.

Substrato	H90 (cm)	DC90 (mm)	H/DC	BSA	BSR	IQD	FRT	AG
				(mg)			Peso	
SC1	11,43 b	1,57 b	7,27 b	0,24 c	0,10 c	0,03 c	9,00 a	9,00 a
SC2	13,15 b	1,79 a	7,35 b	0,45 b	0,11 b	0,05 b	9,60 a	8,20 a
50 CAC/50 VM	16,02 a	1,79 a	8,95 a	0,56 a	0,19 a	0,06 a	9,60 a	8,90 a
FC	9,72 c	1,33 c	7,36 b	0,13f	0,07 e	0,02 e	9,00 a	7,40 b
CAC	7,46 d	1,05 e	7,05 b	0,12 g	0,05 g	0,02 f	7,80 b	5,40 d
CAC1	6,44 d	0,99 e	6,52 b	0,10 i	0,04 g	0,02 g	8,60 a	4,80 d
CAC2	8,17 d	1,02 e	7,83 a	0,12 g	0,05 g	0,02 g	8,80 a	5,00 d
CA3	9,86 c	1,18 d	8,35 a	0,16 e	0,07 e	0,02 e	9,20 a	6,40 c
CAC4	9,40 c	1,15 d	8,16 a	0,19 d	0,08 d	0,03 d	6,00 c	6,00 c
50 CAC2/50 FC	7,19 d	1,05 e	6,82 b	0,11 h	0,04 h	0,02 g	7,80 b	5,40 d
50 CAC3/50 FC	7,12 d	1,02 e	6,97 b	0,11 h	0,03 h	0,01 g	7,40 b	6,40 c
90 CAC3/10 FC	9,25 c	1,14 d	8,09 a	0,14 f	0,06 f	0,02 f	7,60 b	6,60 c
75 CAC4/25 FC	10,66 c	1,31 c	8,16 a	0,19 d	0,07 e	0,02 d	7,80 b	7,00 b
90 CAC4/10 FC	8,74 c	1,15 d	7,60 b	0,14 f	0,05 g	0,02 f	4,60 d	4,80 d

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. SC 1, SC 2: substrato comercial composto de casca de pínus/vermiculita; CAC: casca de arroz carbonizada íntegra; CAC1: casca de arroz carbonizada com granulometria maior que 2 mm; CAC2: casca de arroz carbonizada com granulometria entre 1-2 mm; CAC3: casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5-1 mm; CAC4: casca de arroz carbonizada com granulometria menor que 0,5 mm; FC: fibra de coco.

A biomassa seca aérea e a radicial apresentaram comportamento semelhante, em que o substrato 50 CAC/50 VM proporcionou maior crescimento, seguido do SC2, sendo que o SC1 e os substratos à base de CAC em diferentes granulometrias combinadas ou não com FC proporcionaram baixo crescimento (Tabela 2).

Para Gomes *et al.* (2002), as mudas devem estar endurecidas no momento do plantio, ou seja, com maior biomassa, apresentando com isso maior resistência às condições adversas do campo, promovendo maior sobrevivência e evitando gastos com replantios. A quantificação da biomassa radicular, segundo Novaes (1998), sob o ponto de vista fisiológico, é de grande importância, uma vez que está diretamente ligada à sobrevivência e crescimento inicial em campo, devido à sua função de absorção de água e nutrientes. Essa informação foi comprovada por Gomes *et al.* (2002), os quais verificaram uma contribuição relativa de 43,39% da biomassa seca total, seguida da biomassa seca aérea (28,60%) e da biomassa seca radicial (11,78%), para a avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*.

Quanto ao IQD, os maiores valores foram observados no substrato 50 CAC/50 VM, seguidos do SC2 (Tabela 2). Segundo a recomendação de Gomes e Paiva (2004), o IQD deve ter o valor mínimo de 0,20, de modo que nenhum tratamento analisado está dentro do ideal. Porém deve-se lembrar que o valor daquele índice foi baseado na qualidade de mudas das espécies *Pseudotsuga menziessi* (Mirbel) Franco e *Picea abies* (L.) Karst., podendo não ser o mais indicado para a espécie em questão. Conforme observado em outros trabalhos realizados com diferentes espécies de eucalipto, o IQD ideal depende da espécie em uso, com Binotto (2007) observando IQD de 0,05 em *Eucalyptus grandis* aos 120 dias, Oliveira Júnior (2009) de 0,11 para *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake produzidas em SC aos 100 dias e Kratz (2011) um IQD médio de 0,17 em mudas de *Eucalyptus benthamii*.

Em se tratando da facilidade de retirada do tubete, observou-se que a maioria dos tratamentos apresentaram altos (acima de 8) e médios valores (6-7), enquanto que apenas o substrato CAC4 e 90 CAC4/10 FC apresentaram baixa facilidade (Tabela 2). A dificuldade apresentada na extração das

mudas produzidas nos substratos CAC4 e 90 CAC4/10 FC está relacionada a uma possível compactação do substrato, visto a baixa granulometria desses materiais, aliada à pequena biomassa radicial (Tabela 2). Na tabela 3, pode-se observar que a facilidade de retirada do tubete apresentou correlação positiva com a altura ($R = 0,44^*$), diâmetro do colo ($R = 0,50^*$), biomassa seca aérea ($R = 0,45^*$), biomassa seca radicial ($R = 0,42^*$) e agregação das raízes ao substrato ($R = 0,56^*$), indicando que as mudas com maior crescimento apresentaram também maior facilidade de retirada do tubete.

Tabela 3. Correlações entre as variáveis: altura (H 90), diâmetro do colo (DC 90), facilidade de retirada das mudas do tubete (FRT), agregação das raízes ao substrato (AG), biomassa seca aérea (BSA) e biomassa seca radicial (BSR) aos 90 dias em mudas de *Eucalyptus dunnii*.

Table 3. Correlations between the variables: height (H90), stem diameter (DC90), dry stem biomass (BSA), root dry biomass (BSR), ease of removal of the cartridge (FRT) and the substrate root aggregation (AG) of seedlings of *Eucalyptus dunnii* grown in different substrates at 90 days after sowing.

	H90	DC90	FRT	AG	BSA	BSR
H90	1,00**					
D90	0,95**	1,00**				
FRT	0,44*	0,50*	1,00**			
AG	0,85**	0,89**	0,56*	1,00**		
BSA	0,94**	0,92**	0,45*	0,75**	1,00**	
BSR	0,96**	0,89**	0,42*	0,77**	0,95**	1,00**

* e **: significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente.

Quanto à correlação existente entre a facilidade de retirada do tubete e agregação das mudas ao substrato, resultados semelhantes foram encontrados por Wendling *et al.* (2007) com mudas de *Ilex paraguariensis* St.-Hil., denotando, dessa forma, que um substrato que promove boa agregação das raízes resulta em melhorias no processo de expedição das mudas produzidas para o local definitivo, em vista da maior agilidade no processo, com menores perdas de raízes durante o processo de retirada.

A agregação das raízes ao substrato foi maior no substrato 50 CAC/50 VM, SC1 e SC2, enquanto que os substratos à base de CAC nas diferentes granulometrias, combinada ou não com FC, apresentaram baixos valores de agregação. Isso está relacionado à falta estrutura da casca de arroz carbonizada peneirada, apresentando-se como um material muito solto, contribuindo negativamente para a agregação, conforme verificado por Kratz (2011) em mudas de *Eucalyptus benthamii*. Correlações dessa variável com a altura ($R = 0,85^{**}$), diâmetro ($R = 0,89^{**}$), biomassa seca aérea ($R = 0,75^{**}$), biomassa seca radicial ($R = 0,77^{**}$) e facilidade de retirada do tubete ($R = 0,56^*$) (Tabela 3) indicam que as mudas com maior crescimento apresentaram maior agregação das raízes, formando um torrão coeso e facilitando o processo de expedição das mudas ao campo.

Para Wendling e Delgado (2008), o substrato deve proporcionar uma boa agregação das raízes ao substrato, formando um torrão firme, que não se desintegre quando a embalagem for retirada para plantio ou transporte, ocasionando exposição das raízes ao ressecamento, o que dificulta o pegamento e a sobrevivência no plantio definitivo.

Propriedades físico-químicas dos substratos

No que se refere às propriedades físicas, pode-se observar que a redução no tamanho das partículas de CAC proporcionou um aumento da densidade aparente e microporosidade e uma diminuição proporcional na porosidade total e macroporosidade. Ao mesmo tempo, a adição de FC nas diferentes granulometrias de CAC proporcionou diferentes respostas, dependendo da granulometria do material, podendo diminuir ou aumentar a densidade e porosidade (Tabela 4), corroborando com a informação de que as propriedades químicas e físicas da mistura resultante não são sempre iguais à soma das suas partes (HANDRECK; BLACK, 1994; REED, 1996).

Quanto à densidade aparente, observa-se na tabela 5 que a ela apresentou correlação com as variáveis biométricas das mudas de *Eucalyptus dunnii* altura ($R = 0,78^{**}$), diâmetro de colo ($R = 0,84^{**}$), biomassa seca aérea ($R = 0,72^{**}$), biomassa seca radicial ($R = 0,68^{**}$) e agregação das raízes ao substrato ($R = 0,65^{**}$) (Tabela 5). De maneira geral, isso pode indicar que os substratos que proporcionaram maior

crescimento das mudas apresentaram maior densidade. No entanto, deve-se observar que o substrato 50 CAC/50 VM apresentou densidade semelhante a outros que não proporcionaram um bom crescimento (Tabela 3 e 4), sendo, essa correlação, portanto, válida apenas para os SC.

Tabela 4. Resultado da análise de substratos. Densidade aparente (Dap), porosidade total (Pt), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e capacidade de troca catiônica (CTC).

Table 4. Results of analysis of substrates. Density (Da), total porosity (PT), macroporosity (Macro) and microporosity (Micro), potential hydrogen (pH), electrical conductivity (CE) and cation exchange capacity (CTC).

Substrato	Dap (g/cm ³)	Pt	Macro (%)	Micro	pH (H ₂ O)	CE mS.cm ⁻¹	CTC (mmol _c .dm ⁻³)
100 SC1	0,49	49,31	14,38	42,93	6,06	0,76	438,40
100 SC2	0,42	47,81	3,45	44,37	5,30	1,21	359,00
50 CAC/50 VM	0,36	60,32	16,57	43,75	8,12	1,10	127,20
100 FC	0,41	58,67	21,61	37,05	5,81	0,74	257,60
100 CAC	0,29	72,03	27,74	44,29	8,58	1,48	37,60
100 CAC1	0,19	53,08	30,25	22,83	8,51	1,26	85,60
100 CAC2	0,26	63,17	32,08	31,10	8,47	1,30	68,80
100 CAC3	0,33	54,33	11,27	43,06	8,47	1,68	79,60
100 CAC4	0,32	51,98	5,32	46,66	8,44	1,94	79,80
50 CAC2/50 FC	0,27	53,51	7,62	45,88	6,63	0,71	259,20
50 CAC3/50 FC	0,24	54,85	14,42	40,44	6,99	0,46	210,00
90 CAC3/10 FC	0,23	60,38	14,48	45,89	7,72	0,29	116,20
75 CAC4/25 FC	0,34	62,79	7,15	55,63	7,34	0,41	125,20
90 CAC4/10 FC	0,38	61,73	5,60	56,13	7,78	0,25	103,00

SC1, SC2: substrato comercial composto de casca de pinus/vermiculita; CAC: casca de arroz carbonizada íntegra; CAC1: casca de arroz carbonizada com granulometria maior que 2 mm; CAC2: casca de arroz carbonizada com granulometria entre 1-2 mm; CAC3: casca de arroz carbonizada com granulometria entre 0,5-1 mm; CAC4: casca de arroz carbonizada com granulometria menor que 0,5 mm; FC: fibra de coco.

Tabela 5. Correlações entre as propriedades físicas e químicas dos substratos e variáveis biométricas das mudas de *Eucalyptus dunnii*. Altura (H90), diâmetro do colo (DC90), biomassa seca aérea (BSA), biomassa seca radicial (BSR), facilidade de retirada do tubete (FRT), agregação das raízes ao substrato (AG), densidade aparente (Dap), porosidade total (Pt), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e capacidade de troca catiônica (CTC).

Table 5. Correlations between physical and chemical properties of substrates and biometric variables of seedlings of *Eucalyptus dunnii*. Height (H90), stem diameter (DC90), dry stem biomass (BSA), root dry biomass (BSR), ease of removal of the cartridge (FRT) and the substrate root aggregation (AG), density (Da), total porosity (PT), macroporosity (Macro) and microporosity (Micro), potential hydrogen (pH), electrical conductivity (CE) and cation exchange capacity (CTC).

	H90	DC90	BSA	BSR	FRT	AG
Dap	0,78**	0,84**	0,72**	0,68**	0,22 ^{ns}	0,65**
Pt	-0,43*	-0,43*	-0,54*	-0,49*	-0,27 ^{ns}	-0,35 ^{ns}
Macro	-0,47*	-0,37 ^{ns}	-0,40*	-0,42*	0,34 ^{ns}	-0,33 ^{ns}
Micro	0,30 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,51*	0,19 ^{ns}
pH	-0,59*	-0,63**	-0,62**	-0,54**	-0,34*	-0,58**
CE	0,04 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,24 ^{ns}	-0,06 ^{ns}
CTC	0,62**	0,72**	0,73**	0,57**	0,44*	0,61**

* e **: significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade de erro, respectivamente; ^{ns}: não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Em se tratando da porosidade total, verificou-se correlação negativa com as variáveis biométricas altura (R = -0,43*), diâmetro de colo (R = -0,43*), biomassa seca aérea (R = -0,54*) e

biomassa seca radicial ($R = -0,49^{**}$), sugerindo que as mudas produzidas nos substratos com menor porosidade apresentaram maior crescimento (Tabela 5). No entanto, essa correlação deve-se aos SC, não se ajustando ao substrato 50 CAC/50 VM.

Para a CAC, valores semelhantes para a porosidade total e pH foram encontrados por Guerrini e Trigueiro (2004), porém, para as características macro (56,6%) e microporosidade (24,1%), os resultados desse autor foram o inverso daqueles observados neste trabalho. Segundo Almeida (2005), as propriedades físicas da CAC podem variar conforme o manejo adotado na sua carbonização e a procedência do material. Para Stringheta *et al.* (1997), a porosidade total foi de 64%, enquanto que para Almeida (2005) foi de 87,6% e para Gonçalves e Poggiani (1996), de 82%. Tal fato pode estar relacionado ao tamanho das partículas dos materiais analisados, o qual está diretamente associado ao tempo de carbonização da casca, sendo que, quanto maior este, menor será o tamanho das partículas e, conseqüentemente, maior a porosidade. As características químicas também podem variar conforme o manejo adotado no processo de carbonização. Baitell *et al.* (2008) observaram que, com o aumento no tempo de carbonização da casca de arroz, ocorre elevação no pH do substrato formado, variando de 4,37 no menor tempo (18 min.) até 9,05 no maior tempo (53 min.), devido ao aumento dos teores de óxidos.

Em relação aos SC, Wendling *et al.* (2007) encontraram diferentes valores para as características físicas e pH quando comparados com o presente trabalho. Em seu estudo, os autores citam a porosidade total com 74,5%, macroporosidade de 48,4%, microporosidade de 31,0% e pH 4,8. Essa grande variação pode estar associada ao preparo do substrato na indústria, principalmente devido ao tempo de compostagem do material.

Para a macroporosidade, nenhum dos substratos analisados enquadrou-se dentro da faixa considerada adequada (35-45%), com a maioria apresentando baixos valores (<20) (GONÇALVES; POGGIANI, 1996) e correlação negativa com as variáveis biométricas altura ($R = -0,47^*$), biomassa seca aérea ($R = -0,40^*$) e biomassa seca radicial ($R = -0,42^*$) (Tabela 5).

Quanto à microporosidade, apenas o substrato CAC1 apresentou baixo valor ($<25\%$), com os demais tratamentos ficando dentro ou próximos da faixa considerada adequada (45-55%) (GONÇALVES; POGGIANI, 1996). Segundo Gonçalves *et al.* (2000), substratos com maior microporosidade (maior capacidade de retenção de água) requerem maior rigor no controle de irrigação, com o intuito de evitar o encharcamento.

Os resultados obtidos com as diferentes granulometrias de CAC corroboram Fermino (2003), que cita que o tamanho das partículas tem influência determinante sobre o volume de água e ar do substrato, sendo que altas proporções de partículas maiores tornam o meio com alto espaço de aeração, enquanto partículas menores fecham os poros, aumentando a microporosidade e diminuindo a macroporosidade. Nesse sentido, a adição de FC a substratos com menor capacidade de retenção de água pode reduzir substancialmente a necessidade de irrigações ao longo do dia, principalmente no inverno, quando a taxa de transpiração é menor. Schmitz *et al.* (2002) observaram que a adição de CAC à turfa reduziu o excesso de água, amenizando os problemas com excesso de umidade apresentados por esse material orgânico. No entanto, altas proporções de CAC tornam-se inviáveis, devido ao alto consumo de água para irrigação (GUERRINI; TRIGUEIRO, 2004).

Em relação às propriedades químicas, observou-se que os substratos à base de diferentes granulometrias de CAC apresentaram pH mais elevado, enquanto que para a FC e os SC verificaram-se os menores valores. A diminuição das granulometrias de CAC ocasionou um pequeno aumento nos valores de condutividade elétrica e capacidade de troca catiônica, sendo que, para esta última variável, os maiores valores foram verificados no SC e naqueles substratos à base de FC (Tabela 4).

Quanto ao pH, observa-se que, segundo a recomendação de Gonçalves e Poggiani (1996), apenas SC1, SC2 e FC estão dentro da faixa adequada (5,5-6,5) (Tabela 4), e, segundo a recomendação de Kämpf (2005) (5,2 e 5,5), apenas o SC2 apresentou pH adequado. No entanto, segundo Bailey *et al.* (2000), quando se utilizam substratos orgânicos, sem solo, a recomendação é trabalhar em um intervalo de 4,4 a 6,2 para a maioria dos substratos. Segundo Valeri e Corradini (2000), em substratos com pH abaixo de 5,0 pode ocorrer deficiência de nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e boro, enquanto que em pH acima de 6,5 são esperadas deficiências de fósforo, ferro, manganês, zinco e cobre.

Com relação às variáveis biométricas altura ($R = -0,59^*$), diâmetro ($R = -0,63^{**}$), biomassa seca aérea ($R = -0,62^{**}$) e biomassa seca radicial ($R = -0,54^{**}$), é possível observar, na tabela 5, que elas apresentaram correlação negativa com o pH, indicando, de maneira geral, que os substratos com menores

valores de pH, como SC1 e SC2, proporcionaram o maior crescimento, não sendo aplicada essa correlação ao substrato 50 CAC/50 VM, que, apesar de apresentar alto pH, foi o substrato que conferiu maior crescimento às mudas (Tabelas 2 e 3).

Em se tratando da condutividade elétrica, verificaram-se, para todos os substratos avaliados, baixos valores (Tabela 4). Os valores de condutividade elétrica variam entre espécies, cultivares e clones, mas, de maneira geral, para as espécies florestais devem estar entre 1,5 e 3,0 mS/cm. Os altos valores de condutividade elétrica, representados por níveis altos de salinidade, podem danificar as raízes e os pelos radiculares, impedindo a absorção de água e nutrientes, afetando a atividade fisiológica e favorecendo a incidência e severidade de alguns patógenos (BUNT, 1988; RODRIGUES, 2002).

No que se refere à capacidade de troca catiônica (Tabela 4), todos os substratos contendo apenas CAC e o CAC/VM apresentaram baixa CTC (abaixo de 100 mmol_c/dm³), enquanto que os substratos com a presença de FC, o SC1 e o SC2 apresentaram CTC adequada (acima de 200 mmol_c/dm³), segundo a recomendação de Gonçalves e Poggiani (1996). A CTC de um substrato é um indicativo de capacidade de manutenção de nutrientes e de fertilidade do substrato, visto que muitos cátions presentes no substrato são nutrientes (ALMEIDA, 2005). Conforme citado por Kämpf (2005), problemas de substratos com falta ou excesso de retenção de nutrientes podem ser contornados, em parte, pelo uso de misturas com componentes que apresentem maior valor de CTC, conforme observado nos substratos com maior CTC, devido à presença de FC.

Conforme observado na tabela 5, a CTC apresentou correlação positiva com as variáveis biométricas altura ($R = 0,62^{**}$), diâmetro ($R = 0,72^{**}$), biomassa seca aérea ($R = 0,73^{**}$) e biomassa seca radicial ($R = 0,57^{**}$) de mudas de *Eucalyptus dunnii*, aos 90 dias. Essas correlações podem indicar que, de maneira geral, os substratos com maior CTC proporcionaram maior crescimento das mudas. No entanto, apesar de apresentar baixa CTC, o substrato CAC/VM proporcionou um bom crescimento das mudas.

CONCLUSÕES

Baseado nos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

- O substrato formado por casca de arroz carbonizada e vermiculita fina (50 CAC/50 VM), seguido dos substratos comerciais à base de casca de pínus semidecomposta/vermiculita proporcionaram maior crescimento das mudas de *Eucalyptus dunnii*.
- Os substratos compostos por casca de arroz carbonizada em todas as granulometrias, combinadas ou não com fibra de coco, proporcionaram baixo crescimento das mudas.
- A produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* nos substratos à base de casca de arroz carbonizada e fibra de coco não deve ser descartada, sendo necessários, apenas, ajustes no manejo do viveiro, visto as boas características físicas e químicas desses substratos.
- As propriedades físicas densidade aparente, porosidade total e macroporosidade apresentaram correlação com as variáveis biométricas das mudas, assim como as químicas (pH e capacidade de troca catiônica).

REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: Editora UFV, 2004. 442 p.

ALMEIDA, L. S. **Avaliação morfológica de mudas de *Allophylus edulis* (A. ST.-HIL., A. JUSS. & CAMBESS.) RADL. (Vacum) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira) produzidas em diferentes substratos**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

ASSIS, T. F. de; MAFIA, R. G. Hibridação e clonagem. In: BORÉM, A. (ed.). **Biotecnologia florestal**. Viçosa: Suprema Gráfica e Editora, 2007. p. 93 - 121.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico da ABRAF 2010, ano base 2009/ABRAF**. Brasília, 2010. 140 p.

- BAILEY, D. A.; FONTENO, W. C.; NELSON, P. V. **Greenhouse substrates and fertilization**. Raleigh: North Caroline State University, 2000. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/floriculture/plugs/ghsubfert.pdf>>. Acesso em: 11/04/2011.
- BAITEL, D. P.; CALDEIRA, M. V. W.; LOMBARDI, K. C. Carbonização de casca de arroz para uso em substratos: influência do tempo de processamento na variação de pH. In: FERTIBIO 2008, Londrina. **Resumo expandido...** Londrina: Editora Universidade Estadual de Londrina, 2008.
- BINOTTO, A. F. **Relação entre variáveis de crescimento e o índice de qualidade de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Pinus elliottii* var. *elliottii* – Engelm.** 2007. 53 f.: Il. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2007.
- BONNET, B. R. P. **Produção de mudas de *Eucalyptus viminalis* Lambill. (Myrtaceae), *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) e *Mimosa scabrella* Benth. (Mimosaceae) em substrato com lodo de esgoto anaeróbico digerido alcalinizado e compostado.** 135 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.
- BUNT, A. C. **Media and mixes for container -grown plants: a manual on the preparation and use of growing media for pot plants.** London: Unwin Hyman, 1988. 309 p.
- CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais.** Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995.
- FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização física de substratos.** 89 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- FREITAS, T. A. S.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. de A.; PENCHEL, R. M.; LAMÔNICA, K. R.; FERREIRA, D. de A. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 853 - 861, 2005.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 655 - 664, 2002.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais (propagação sexuada).** Viçosa: Editora UFV, 2004. (Caderno Didático, 72).
- GONÇALVES, J. L. M.; SANTARELLI, E. D.; MORAES NETO, S. P. de; MANARA, M. P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (eds.). **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2000. p. 309 - 350.
- GONÇALVES, L. M; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13. Águas de Lindoia, 1996. **Resumos...** Piracicaba, Sociedade Latino-Americana de Ciência do Solo, 1996. CD-ROM.
- GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 1069 - 1076, 2004.
- HANDRECK, K. A.; BLACK, N. D. **Growing media for ornamental plants and turf.** University of New South Wales Press, Randwick, Australia, 1994.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. **Plant propagation: principles and practices.** 8. ed. Boston: Prentice-Hall, 2011. 915 p.
- KÄMPF, A. N. Substrato. In: KAMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais.** 2. ed., Guaíba: Agrolivros, 2005. p. 45 - 72.
- KRATZ, D. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage e *Mimosa scabrella* Benth.** 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LEITE, N. B.; FERREIRA, M.; RAMOS, P. G. D. Efeito de geadas sobre diversas espécies e procedências de *Eucalyptus* spp. introduzidas na região de Lages, Santa Catarina. Piracicaba, IPEF, 1973. p. 123. (**Circular Técnica 7**).

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Instrução Normativa SDA Nº 17**. Diário Oficial da União - Seção 1, nº 99, 24 de maio de 2007. Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. Brasília, 2007.

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

OLIVEIRA JÚNIOR, O. A. de. **Qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos**. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2009.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos; FERREIRA, C. A. **Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas CNPF, 2006. 45 p. (Documentos, 129).

REED, D. W. **A grower's guide to water, media and nutrition for greenhouse crops**. Ball Publishing, Batavia, USA, 1996. 314 p.

RODRIGUES, L. R. F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 762 p.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D.; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 937 - 944, 2002.

STRINGHETA, A. C. O.; RODRIGUES, L. A.; FONTTES, L. E. F.; COSTA, C. A. Caracterização física de substratos contendo composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada como condicionadores. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 155 - 159, 1997.

TETTO, A. F. Produtos Florestais. In: PARANÁ, Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (Org.). **Análise da conjuntura agropecuária safra 2008/09**. Curitiba, 2008, v. 1, 15 p. Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/produtos_florestais_0809.pdf>>. Acesso em: 17/01/2011.

TRIGUEIRO, R. de M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 64, p. 150 - 162, 2003.

VALERI, S. V., CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 167 - 189.

WENDLING, I.; DELGADO, M. E. Produção de mudas de araucária em tubetes. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 8 p. (**Comunicado Técnico 201**, Embrapa Florestas).

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. **Produção de mudas de eucalipto**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. p. 13 - 47.

WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DEDECEK, R. Características físicas e químicas de substratos para produção de mudas de *Ilex paraguariensis* St.-Hil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, p. 209 - 220, 2007.

