

## Uso de bio sólido como substrato para produção de mudas de eucalipto

### Use of biosolids as substrate for *Eucalyptus* seedlings production

Rodrigo de Menezes Trigueiro  
Iraê Amaral Guerrini

---

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade do uso de bio sólidos como componente do substrato para produção de mudas de eucalipto. Para tanto, foram testadas as seguintes proporções de bio sólido/casca de arroz carbonizada: 80/20; 70/30; 60/40; 50/50 e 40/60, as quais foram comparadas ao substrato comumente usado em viveiro florestal (Multiplant®). A espécie usada foi o *Eucalyptus grandis* e foram avaliados os seguintes parâmetros relativos ao crescimento das mudas: altura de planta, diâmetro de colo, acúmulo de matéria seca de parte aérea e raiz, análise química do tecido vegetal de parte aérea e raiz, área foliar e teor de clorofila. Os resultados revelaram que mudas de eucalipto desenvolvidas em substrato contendo bio sólido na proporção de 50% apresentaram resultados semelhantes à testemunha quanto aos parâmetros avaliados, concluindo-se que o uso desse resíduo para produção de mudas é viável e promissor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bio sólido, Substrato, Produção de mudas, *Eucalyptus grandis*

**ABSTRACT:** The objective of this study was to evaluate the feasibility of the biosolids used as substrate component for seedlings production of *Eucalyptus*. This way, different proportions of biosolid/carbonized rice (80/20, 70/30, 60/40, 50/05 and 40/60) were tested as substrates in mixture, which were compared to the common substrate used by forest nursery (Multiplant®), as control. The experiment was established with *Eucalyptus grandis* where growth seedlings-related parameters were assessed: shoot height, collar diameter, accumulation of dry matter on the shoot and root, chemical analysis of the vegetal tissue of aerial part and root, foliar area and chlorophyll content. The results revealed that Eucalypts seedlings developed in substrate with 50% biosolid were similar to the control in relation to the evaluated parameters, concluding that the use of biosolids for seedlings production is quite promising.

**KEYWORDS:** Biosolid, Substrate, Nursery, *Eucalyptus grandis*, Seedlings

---

## INTRODUÇÃO

Diversos estudos foram feitos a respeito do uso de bio sólido na agricultura e ótimos resultados foram comprovados. Uma das aplicações deste material compreende o forneci-

mento de matéria orgânica na composição de substratos para a formação de mudas frutíferas e florestais, entre outras.

Na escolha de um meio de crescimento deve-se observar, basicamente, suas caracte-

rísticas físicas e químicas, a espécie a ser plantada, além de considerar os aspectos econômicos. Os substratos para a produção de mudas podem ser definidos como sendo o meio adequado para sua sustentação e retenção das quantidades suficientes e necessárias de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica adequada. A fase sólida do substrato deve ser constituída por uma mistura de partículas minerais e orgânicas. O estudo do arranjo percentual desses componentes é importante, já que eles poderão ser fonte de nutrientes e atuarão diretamente sobre o sistema. Portanto, em função do arranjo quantitativo e qualitativo dos materiais minerais e orgânicos empregados, as mudas serão afetadas quanto ao suprimento de nutrientes, água disponível e oxigênio (Rosa Júnior et al., 1998).

Testando diversos componentes de substrato para a formação de mudas de eucalipto em tubetes, Aguiar et al. (1989) observaram que apesar do baixo peso de matéria seca da parte aérea e raiz, a utilização de casca de arroz carbonizada proporcionou um bom desenvolvimento de altura e diâmetro de colo das mudas e, em mistura com turfa palhosa e vermiculita, resultou no substrato mais eficiente.

A matéria orgânica é outro componente fundamental para que os substratos cumpram a sua finalidade básica que, de acordo com Cordell e Filer Jr. (1984), citados por Rosa Júnior et al. (1998), seria aumentar a capacidade dos mesmos em reter água e nutrientes para as mudas. Deve-se, ainda, considerar outras vantagens desse componente sobre o desenvolvimento vegetal, tais como redução na densidade aparente e global e aumento da porosidade do meio, características que podem ter ampla participação positiva dos materiais orgânicos.

Usando diferentes proporções de composto de lixo urbano e palha de arroz carbonizada adicionados como condicionadores da mistura de solo mais areia, na proporção volumétrica 2:1:4 (solo-areia-condicionador), Stringheta et al. (1999) concluíram que a produção de matéria seca e fresca das folhas de crisântemo aumentou com a elevação do teor de lixo urbano no substrato, e a concentração máxima de N e P nas folhas foram atingidas com aproximadamente 33% de composto de lixo urbano e 66% de palha de arroz carbonizada.

Maia (1999), em experimento utilizando solo, lodo biológico (proveniente da ETE de uma fábrica de papel e celulose) e casca de pinus como substrato, comprovou que a presença de solo no substrato é dispensável, e o lodo, por sua vez, não deve ser usado puro, apesar de sua relativa fertilidade, devido provavelmente à sua baixa porosidade. Em função disso, a mistura desses componentes com casca de pinus melhorou a porosidade e a aeração do substrato.

O biossólido é comprovadamente um excelente fornecedor de matéria orgânica, capaz de melhorar as propriedades físicas do solo (Jorge et al., 1991), rico em fósforo e nitrogênio, além de outros nutrientes presentes em menores quantidades (Silva et al., 1998), podendo ser benéficamente reciclado dentro de ambientes florestais (Henry et al., 1994).

Bettiol et al. (1986), em estudo sobre a influência do uso de acículas de pinus e biossólidos em substrato na formação de ectomicorrizas em mudas de pinus, verificaram que as doses utilizadas (de 0 a 10%, v/v) não afetaram a formação de ectomicorrizas, nem o desenvolvimento das mudas de *P. caribaea* var. *hondurensis* inoculadas artificialmente com o fungo *T. terrestris*. Entretanto, a formação de ectomicorrizas pelo fungo *P. tinctorius* foi inibida pelas fontes de matéria orgânica em todas as doses usadas,

sendo o biossólido maior inibidor que as acículas. Apesar da inibição na formação de micorrizas, o biossólido e as acículas não afetaram o desenvolvimento das mudas.

Em trabalho realizado por Morais et al. (1997), comparando esterco bovino, biossólido e acículas de pinus, ficou comprovado que o melhor crescimento em diâmetro do colo e altura total para mudas de Cedro (*Cedrela fissilis* Vell) na fase de viveiro foi obtido em mudas que continham a mistura 70% solo sem adubação + 30% biossólido, seguido pelo tratamento 70% solo sem adubação + 30% esterco bovino. Em relação à produção de matéria seca, esses mesmos tratamentos obtiveram os maiores ganhos, concluindo-se que o uso do biossólido durante a fase de viveiro é uma alternativa viável como substrato orgânico em mudas de Cedro.

Assim, este trabalho vê como objetivo avaliar a eficiência do biossólido como componente de substratos na produção de mudas de eucalipto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no viveiro de produção de mudas do Departamento de Recursos Naturais / Ciências Florestais, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista - FCA/UNESP, no município de Botucatu, São Paulo. Este trabalho foi conduzido no período de agosto a dezembro de 2001.

Com base nas características dos materiais, na realização de estudos preliminares e nas recomendações de mistura de componentes para composição de substratos sugeridas por Gonçalves et al. (2000), optou-se por trabalhar com as seguintes proporções dos componentes biossólido (BIO) e casca de arroz carbonizada (CAC):

Tratamento 01 - 80% BIO e 20% CAC;

Tratamento 02 - 70% BIO e 30% CAC;

Tratamento 03 - 60% BIO e 40% CAC;

Tratamento 04 - 50% BIO e 50% CAC;

Tratamento 05 - 40% BIO e 60% CAC.

Testemunha - Substrato comercial Multiplant® (60% de composto de casca de *Pinus*, 15% de vermiculita e 25% de húmus e terra vegetal).

O biossólido usado no experimento foi doado pela SABESP e produzido na Estação de Tratamento de Esgoto - ETE de Franca, SP. Esse biossólido é classificado pelo Ministério da Agricultura como condicionador de solo, com denominação comercial de Sabesfértil e registrado sob o número SP-09599 00001-0. É um produto resultante da digestão anaeróbia do lodo de esgoto residencial e industrial da cidade de Franca. No processo de desidratação, é usado um polieletrólito catiônico adicionado à massa do biossólido em torno de 3,2% a 4,3% (1 kg de polieletrólito por 100 kg de biossólido seco), resultando em um material com teor de sólidos variando entre 17,2% e 19,5%. O biossólido produzido na ETE de Franca é classificado como de excepcional qualidade para o uso agrícola, segundo a norma norte americana EPA 40 CFR Part 503, por apresentar baixa concentração de metais pesados (Tabela 1) (Vanzo et al., 2001).

Para caracterização do substrato comercial (Multiplant®), bem como das misturas que constituíram os tratamentos deste experimento, foram feitas análises químicas realizadas pelo Laboratório de Análise de Fertilizantes e Corretivos do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, usando a metodologia para análise de fertilizantes orgânicos, de acordo com o Ministério da Agricultura (1988). Os resultados dos teores totais de nutrientes contidos nos materiais estão apresentados nas Tabelas 2a e 2b.

**Tabela 1**

Concentração de metais pesados poluentes em biossólido usado no experimento.  
(Heavy metal content in the biosolid used in the experiment)

Metal pesado poluente	Concentração em mg/kg, base seca <sup>(1)</sup>	Biossólido de excepcional qualidade (EPA 40 CFR Part 503)	Limite máximo para uso agrícola (EPA 40 CFR Part 503)
Arsênio	ND	41	75
Cádmio	0,25	39	85
Cobre	241	1500	4300
Chumbo	0,59	300	840
Mercúrio	ND	17	57
Molibdênio	ND	ND	75
Níquel	3,90	420	420
Selênio	ND	100	100
Zinco	911	2800	7500

ND = Não detectado

<sup>(1)</sup>Resultados obtidos neste trabalho.

Adaptado de Vanzo et al. (2001).

Os resultados das análises químicas indicaram que o biossólido (BIO) contém altos teores de nutrientes, com destaque para nitrogênio e fósforo, enquanto que a casca de arroz carbonizada (CAC) possui teor de potássio mais elevado. Ambos componentes possuem alto percentual de carbono, sendo que os substratos com maiores quantidades de CAC apresentaram relação C/N mais alta, devido ao baixo teor de nitrogênio apresentado por este componente. Na análise de micronutrientes, o BIO apresenta teores mais elevados de Zn, Cu e Fe, enquanto que a CAC apresenta teor mais elevado apenas para o Mn. Todos os tratamentos apre-

sentaram valores de pH dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento de mudas, que é de 5,5 a 6,5, segundo Valeri e Corradini (2000).

Para a caracterização das propriedades físicas dos substratos, usou-se a metodologia proposta por Silva (1998). Os resultados obtidos (Tabela 3) mostram que à medida que se elevou a dose de biossólido no substrato ocorreu um aumento da sua densidade e, conseqüentemente, redução da macroporosidade e aumento da microporosidade do substrato, o que proporcionou maior capacidade em reter água.

**Tabela 2a**

Atributos químicos dos substratos nos diversos tratamentos.  
(Chemical attributes of the substrate in the several treatments)

Tratamento	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MO	C	Ca	Mg	S	C/N
					(%)				
80/20 <sup>1</sup>	5,14	2,48	0,13	61,00	33,90	1,41	0,21	1,39	7/1
70/30	4,87	2,26	0,15	59,50	32,95	1,37	0,20	0,88	7/1
60/40	4,92	2,09	0,23	60,00	33,40	1,30	0,16	1,09	7/1
50/50	4,75	1,99	0,22	59,50	33,10	1,11	0,18	1,37	8/1
40/60	4,51	1,76	0,23	58,75	32,67	1,23	0,16	0,67	8/1
Multiplant®	0,63	0,41	0,15	28,50	15,85	0,82	0,15	0,15	28/1

<sup>1</sup> BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada

**Tabela 2b**

Atributos químicos dos substratos nos diversos tratamentos.  
(Chemical attributes of the substrate in the several treatments)

Tratamento	Na	Zn	Cu	Mn	Fe	CE	pH
						Ext. 1:5	
						mS cm <sup>-1</sup>	
mg Kg <sup>-1</sup>							
80/20 <sup>1</sup>	0,113	810,98	202,13	171,60	18040	3,02	6,30
70/30	0,103	789,53	190,58	181,50	16335	2,96	6,33
60/40	0,115	782,10	189,75	187,28	14671	2,73	6,38
50/50	0,115	660,00	153,45	197,18	12348	2,48	6,38
40/60	0,110	720,23	169,95	219,45	12664	1,68	6,28
Multiplant®	0,095	154,28	33,00	169,95	3039	1,54	5,03

<sup>1</sup> BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada

Os recipientes usados foram tubetes cilindro-cônicos de polipropileno com ranhuras e capacidade volumétrica de 50 cm<sup>3</sup>. Como suporte para os tubetes, foram usadas bandejas de polipropileno com capacidade para 176 tubetes. Cada bandeja comportou duas parcelas.

Desta forma, os tubetes foram preenchidos com técnica empregada pelo viveiro florestal da FCA, que consistiu em encher os tubetes com substrato umedecido, realizando leve compactação manualmente, de forma que o substrato se acomodasse dentro do tubete e, em seguida, completando-se o volume dos tubetes. Feito isto, o substrato foi umedecido novamente, estando apto à realização da semeadura.

Foi usado um delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis tratamentos

e quatro repetições, sendo cada repetição constituída de 30 plantas.

O experimento foi estabelecido usando-se sementes de *Eucalyptus grandis* Hill Ex Maiden, procedência de Anhembi, SP (lote An503, talhão T11B41, PSC), fornecidas pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais - IPEF/ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

Foi realizada semeadura direta no tubete. Estes foram cobertos com fina camada de substrato peneirado, permanecendo assim em câmara de germinação até o período de germinação se completar, com 80% de umidade relativa e luminosidade controlada. Completada a germinação, as bandejas foram transferidas para casa de vegetação onde se aplicou, por meio de duas irrigações diárias via aspersão, uma lâmina de 7 mm de água dia<sup>-1</sup>.

**Tabela 3**

Atributos físicos dos substratos nos diversos tratamentos.  
(Physical attributes of the substrate in the several treatments)

Tratamento	Macro poros	Micro poros	Porosidade Total	Capacidade de retenção	Densidade Aparente	g de água retida por g de substrato
	(%)	(%)	(%)	ml 50cm <sup>-3</sup>	g cm <sup>-3</sup>	
80/20 <sup>1</sup>	16,09	48,69	64,79	24,25	0,53	0,93
70/30	21,77	44,36	67,18	22,09	0,48	0,92
60/40	22,81	45,05	66,82	22,43	0,47	0,97
50/50	22,85	46,79	69,64	23,30	0,44	1,07
40/60	32,00	41,78	73,78	20,80	0,40	1,06
Multiplant®	20,42	53,61	74,03	26,67	0,28	1,89

<sup>1</sup> BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada

Os desbastes foram realizados no momento em que as mudas atingiram cerca de 3 cm de altura, deixando-se apenas uma planta por tubete, selecionando-se a mais central e robusta.

A adubação foi diferenciada para os tratamentos contendo biossólido e a testemunha. O substrato usado como testemunha (Multiplant®) não contém adubação de base e, portanto, as mudas foram adubadas já nos primeiros estádios de desenvolvimento. Desta forma, foram realizadas duas aplicações semanais de nitrato de potássio e nitrato de amônio na dose de 2 g L<sup>-1</sup> de cada fertilizante, sendo aplicado 1 L de solução por parcela, via irrigação. A adubação da testemunha iniciou-se na 3ª semana após a semeadura. Para os substratos com biossólido, em função desse material já conter nutrientes, a adubação iniciou-se na 12ª semana após a semeadura, com as mesmas doses usadas para a testemunha.

Para determinar os parâmetros relativos ao crescimento, foram medidos mensalmente, com início aos 60 dias após a semeadura, a altura linear das mudas, distância entre o colo e o ápice das plantas, com auxílio de régua graduada, e também o diâmetro do colo utilizando-se paquímetro digital STARRET® (0-150 mm). A leitura de área foliar foi realizada com material ainda fresco, medindo-se a área de quatro mudas de cada tratamento, usando-se o aparelho medidor de área foliar Portable Area Meter - Model LI 3000A - LI-COR. O teor de clorofila foi obtido através do clorofilômetro Minolta SPAD-502/Minolta Camera CO.LTD, Japan. A leitura foi realizada em todas as plantas no par de folhas situado na região mediana de cada muda, realizando-se uma leitura por folha.

Foi feita a determinação da massa de matéria seca da parte aérea e das raízes de todas as mudas de cada parcela. Esses componentes foram lavados e acondicionados em sacos de papel e colocados para secar em estufa com

temperatura de 60°C, por 48 horas. Do material resultante da determinação da massa de matéria seca, foi retirada uma amostra para a análise química de tecido vegetal da parte aérea e das raízes para determinação da concentração e acúmulo de nutrientes. Essa análise foi realizada com espectrofotômetro de absorção atômica, com determinação em extrato nítrico-perclórico segundo metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). Nenhum tratamento fúngico foi usado durante o experimento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Parâmetros de crescimento

Os resultados de altura e diâmetro do colo das mudas são apresentados na Tabela 4. Aos 60 dias após a semeadura, as mudas dos tratamentos com biossólido revelaram um crescimento em altura muito superior em relação às mudas da testemunha, provavelmente pelo fato desses substratos apresentarem altos teores de N e P. De acordo com Novais et al. (1980) e Novais et al. (1982), o N e P são nutrientes altamente requeridos nos estádios iniciais de desenvolvimento das mudas de eucalipto.

Na segunda medição aos 90 dias, as plantas da testemunha equipararam-se às dos tratamentos 60/40, 50/50 e 40/60 para altura e apresentaram um maior diâmetro de colo em relação aos demais tratamentos. Aos 120 dias, apenas o tratamento 50/50 apresentou mudas bem formadas, com altura e diâmetro de colo não diferindo da testemunha.

Em geral, as mudas de eucalipto apresentaram maiores incrementos no desenvolvimento em altura do que em diâmetro de colo e, conseqüentemente, os valores apresentados para a relação H/D em todos os tratamentos, inclusive a testemunha, foram acima da faixa considerada ideal por Carneiro (1995). Segundo esse autor, a relação H/D, parâmetro que

exprime qualidade em qualquer fase do período de produção de mudas, deve situar-se entre os limites de 5,4 a 8,1.

Segundo Daniel et al. (1997) e Carneiro (1995), o parâmetro diâmetro de colo, em geral, é o mais observado para indicar a capacidade de sobrevivência da muda no campo e, portanto, é o mais usado para auxiliar na definição das doses de fertilizantes a serem aplicadas na produção de mudas. Portanto, também nesse caso, os tratamentos mais indicados seriam a testemunha, 50/50 e 40/60.

As mudas de eucalipto que se desenvolveram no tratamento 80/20 apresentaram crescimento inferior aos dos demais tratamentos durante toda a fase de produção no viveiro.

Com relação à produção de matéria seca da parte aérea (Tabela 5), o Multiplant® foi superior aos tratamentos 80/20, 70/30 e 40/60, sendo que não houve diferença entre os demais tratamentos. Com relação às raízes, o Multiplant® promoveu maior produção de matéria seca do que os compostos de biossólido.

A superioridade do tratamento Multiplant® em relação ao tratamento 40/60 ocorreu, provavelmente, devido à menor capacidade de re-

tenção de água deste último substrato, proporcionada pela maior quantidade de casca de arroz carbonizada. Essa composição de substrato deve ter causado um estresse hídrico a ponto de afetar negativamente o desenvolvimento das mudas de eucalipto, as quais se apresentavam murchas durante os períodos mais quentes do dia.

A relação de matéria seca de raiz/matéria seca de parte aérea das mudas mostrou valores abaixo do considerado ideal em todos os tratamentos para o eucalipto, incluindo a testemunha, revelando um maior desenvolvimento da parte aérea em relação à raiz em todos os substratos testados. Caldeira et al. (2000) defendem que a razão deva ser de 0,5 para mudas de eucalipto produzidas em tubetes de 50 cm<sup>3</sup>.

As mudas do tratamento 40/60 apresentaram menor área foliar em relação à testemunha, indicando ser consequência de uma menor capacidade de retenção de água do substrato com 60% de CAC. O efeito do estresse hídrico sobre a redução da área foliar e alterações morfológicas de folhas em mudas de eucalipto foi também reportado por Silva (1998).

**Tabela 4**

Parâmetros de crescimento em mudas de eucalipto.  
(Growth parameters in eucalyptus seedlings)

Tratamento	H		D		H		D		H/D
	60 dias		90 dias		120 dias				
	cm	mm	cm	mm	cm	mm			
80/20 <sup>1</sup>	4,41 b	0,89	12,21 d	1,36 c	20,76 d	1,94 b		10,74	
70/30	5,01 ab	0,93	15,82 c	1,52 bc	26,56 c	2,10 b		12,73	
60/40	5,04 ab	0,96	16,09 bc	1,46 bc	25,68 c	2,08 b		12,41	
50/50	5,49 a	1,00	19,24 a	1,62 b	31,57 ab	2,28 ab		13,90	
40/60	5,91 a	1,06	17,84 abc	1,56 b	27,04 bc	2,23 ab		10,57	
Multiplant®	4,19 b	0,90	18,81 ab	1,85 a	32,68 a	2,57 a		12,81	
F	**	ns	**	**	**	**		ns	
D.M.S.	0,96	0,18	2,91	0,20	4,70	0,35		3,86	
C.V. (%)	8,51	8,34	7,76	5,72	7,63	7,09		14,08	

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada

ns = Não significativo (P>0,05); \*\* = significativo (P<0,01)

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

**Tabela 5**

 Massa de matéria seca, área foliar, teor de clorofila, índice de sobrevivência e qualidade do torrão em mudas de eucalipto. (Dry matter mass, foliar area, chlorophyll content, survival and aggregation of the substrate in *Eucalyptus* seedlings)

Tratamento	M.S.	M.S.	Relação raiz/p.a.	Clorofila mg 100 cm <sup>-2</sup>	Área foliar cm <sup>2</sup>	Sobrevivência		Torrão	
	p.a.	raiz				germinação %	expedição %	extração	firmeza
	g	g							
80/20 <sup>1</sup>	0,86 b	0,20 c	0,23 c	6,29 a	124,78 ab	56,67 b	56,67 b	2,4 b	2,0 b
70/30	0,93 b	0,25 bc	0,27 bc	6,14 a	120,98 ab	82,50 a	85,33 a	4,3 a	3,4 ab
60/40	1,00 ab	0,28 bc	0,29 bc	6,13 a	122,36 ab	86,67 a	85,00 a	4,8 a	2,7 b
50/50	1,10 ab	0,33 b	0,30 bc	6,16 a	135,59 ab	96,67 a	94,17 a	5,0 a	3,3 ab
40/60	0,94 b	0,33 b	0,35 ab	6,05 a	114,65 b	90,00 a	88,33 a	5,0 a	3,6 ab
Multiplant®	1,23 a	0,52 a	0,42 a	4,51 b	149,47 a	96,67 a	97,50 a	4,6 a	4,4 a
F	**	**	**	**	*	**	**	**	**
D.M.S.	11,54	12,03	13,57	5,96	11,78	11,74	12,40	1,33	1,60
C.V. (%)	0,22	0,09	0,09	0,79	33,86	22,39	23,57	13,63	22,05

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada

\* e \*\* = significativos, respectivamente, (P&lt;0,05) e (P&lt;0,05)

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P&gt;0,05)

O teor de clorofila (Tabela 5) nas folhas de eucalipto foi significativamente maior nos tratamentos com biossólido em relação à testemunha, estando este fato associado com a maior quantidade de N presente nos substratos contendo biossólido (80/20 e 70/30) (Tabela 6). Visualmente, as plantas dos tratamentos com biossólido apresentaram coloração verde intenso nas folhas, enquanto que as mudas da testemunha apresentaram a coloração mais clara comumente observada em mudas de eucalipto.

Em relação à sobrevivência (Tabela 5), apenas o tratamento 80/20 foi extremamente prejudicial à germinação das sementes e à sobrevivência das mudas por ocasião da expedição, devido às características desse substrato, tais como baixa quantidade de macroporos e alta densidade aparente.

A qualidade do torrão foi afetada pela quantidade de biossólido presente no substrato. A extração do tubete foi altamente prejudicada no tratamento 80/20, devido ao baixo enraizamento nele observado. Apesar de não apresentar diferença significativa, a testemunha (Multiplant®) apresentou maiores problemas

para extração, devido ao melhor enraizamento dessa espécie no substrato comercial, dificultando a liberação da muda. De forma geral, o aumento na dose de biossólido influenciou negativamente na extração do tubete, principalmente em mudas de eucalipto que apresentaram sistema radicular mais delicado.

Os torrões formados em mudas de eucalipto apresentaram firmeza bem inferior à testemunha, sendo os tratamentos 80/20 e 60/40 os piores nesse aspecto. Em geral, o enraizamento do eucalipto nos tratamentos com biossólido foi inferior ao obtido na testemunha, devido ao baixo desenvolvimento de raízes laterais, não se obtendo uma boa agregação, como observado também por Aguiar e Monogios (1988) em trabalho com mudas de *E. citriodora* produzidas em vermiculita e esterco de bovinos.

#### Avaliação do estado nutricional das mudas de eucalipto

Nas Tabelas 6, 7, 8 e 9 são apresentados os efeitos dos substratos nos teores e nas quantidades de nutrientes da parte aérea e raízes das mudas. As concentrações de Ca, S, Cu, Fe e

Zn na parte aérea e de N, P, Ca, S, Cu, Fe e Zn nas raízes foram estatisticamente superiores nos tratamentos com biossólido, quando comparados à testemunha.

Os maiores teores de P encontrados nos substratos com biossólido (Tabela 2a) não influenciaram a concentração desse nutriente na parte aérea das mudas destes tratamentos (Tabela 6). Entretanto, a concentração de P nas raízes dos tratamentos em questão foi estatisticamente maior do que na testemunha (Tabela 8). Poggiani et al. (2000) encontraram concentrações de P nas folhas significativamente superiores no tratamento com adubação mineral em relação aos adubados com biossólido em experimento de campo com *E. grandis*, sugerindo a baixa disponibilidade do P nesse resíduo.

A concentração de Mn dos tratamentos com biossólido foi superior à testemunha apenas na parte aérea. Com relação ao teor de B na parte aérea, não houve diferença significativa entre testemunha e tratamentos com biossólido, enquanto que na raiz se observou uma tendência de maior concentração desse nutriente nas mudas dos tratamentos com biossólido.

As plantas que se desenvolveram em substratos com maior quantidade de Ca, ou seja, na presença de biossólido (Tabela 2a), apresentaram menor concentração de K na parte aérea (Tabela 5) devido ao efeito antagônico entre esses elementos. Guerrini et al. (2000) obtiveram resultados semelhantes com a aplicação de resíduos de fábrica de celulose e papel em plantios de eucalipto, onde o alto teor de Ca nesses resíduos reduziu significativamente a absorção de K em três solos diferentes. Entretanto, esse efeito antagônico não foi observado nas raízes das mudas.

As concentrações de nutrientes na parte aérea das mudas da testemunha foram, em geral, muito semelhantes aos valores obtidos por Locatelli (1984), Haridasan (1985) e Borges (1986) para P, K, Ca, Mg, S e Fe. Os tratamentos com biossólidos apresentaram concentrações de N, Ca, Mg, S, Fe, Mn e Zn superiores aos valores encontrados por esses autores, enquanto que as concentrações de P e K foram semelhantes.

Os acúmulos de P, K e Mg na parte aérea e de K, Mg e Mn nas raízes das mudas dos tratamentos com biossólido foram significativamente inferiores aos da testemunha. O S, Cu e Zn apresentaram tendência de maior acúmulo na parte aérea e nas raízes dos tratamentos com biossólido. O maior acúmulo de P na parte aérea da testemunha acompanhou o maior acúmulo de Mg nesse mesmo tratamento, indicando haver um efeito sinérgico entre esses nutrientes, conforme observado por Assis (1995).

Não se verificou, durante a fase de viveiro, nenhum sintoma de deficiência ou de toxidez causada, respectivamente, pela falta ou excesso de nutrientes nos substratos testados. Os teores de Cu na parte aérea das mudas dos tratamentos com biossólido estão próximos da faixa considerada excessiva por Soares (1999) para o crescimento de *E. urophylla* e *E. maculata*.

O teor de Zn encontrado nos tecidos vegetais foi superior ao limite considerado adequado para o desenvolvimento de plantas estabelecido por Kabata-Pendias e Pendias (1985). Esses autores apresentaram, sem considerar a espécie vegetal, uma faixa de concentração fitotóxica de 60-125 mg kg<sup>-1</sup> para Cu e 70-400 mg kg<sup>-1</sup> para o Zn na superfície do solo, e de 20-100 mg kg<sup>-1</sup> para Cu e 100-400 mg kg<sup>-1</sup> para o Zn no tecido foliar.

**Tabela 6**

Concentração de macro e micronutrientes na parte aérea de mudas de eucalipto.  
(Macro and micronutrients concentration in the aerial part of eucalyptus seedlings)

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
80/20 <sup>1</sup>	33 a	2,6 b	15 b	13 ab	2,8 a	2,4 a	34	11 a	81 a	353 a	104 c
70/30	33 a	2,7 ab	18 b	14 a	2,6 a	2,0 ab	28	12 a	78 a	267 b	138 b
60/40	30 ab	2,6 b	18 b	14 a	2,3 bc	1,9 b	33	12 a	79 a	229 bc	150 ab
50/50	31 ab	2,7 ab	18 b	13 ab	2,1 c	2,0 ab	25	13 a	75 ab	271 b	151 ab
40/60	30 ab	2,7 ab	19 b	12 bc	2,0 c	1,9 b	23	12 a	74 ab	286 ab	158 a
Multipiant®	27 b	2,9 a	24 a	10 c	2,5 ab	1,1 c	27	4 b	49 b	167 c	36 d
F	*	**	**	**	**	**	ns	**	*	**	**
D.M.S.	5,15	0,24	4,01	1,67	0,30	0,41	13,53	4,04	26,79	78,49	19,41
C.V. (%)	7,39	3,90	9,49	5,73	5,57	9,61	21,19	16,54	16,38	13,31	7,02

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada

ns = Não significativo (P>0,05); \* e \*\* = significativos, respectivamente, (P<0,05) e (P<0,05)

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

**Tabela 7**

Acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea de mudas de eucalipto.  
(Macro and micronutrients accumulation in the aerial part of eucalyptus seedlings)

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
80/20 <sup>1</sup>	29	2,2 b	13 b	11 ab	2,4 b	2,1 ab	0,030	0,010 ab	0,07	0,30	0,09 bc
70/30	30	2,6 b	17 b	13 ab	2,4 b	1,9 ab	0,025	0,010 ab	0,07	0,25	0,13 ab
60/40	30	2,6 b	18 b	15 a	2,3 b	1,9 ab	0,033	0,013 a	0,08	0,23	0,15 a
50/50	34	2,9 ab	20 b	14 ab	2,4 b	2,2 a	0,030	0,015 a	0,08	0,30	0,16 a
40/60	28	2,6 b	17 b	11 b	1,9 b	1,8 ab	0,020	0,010 ab	0,07	0,27	0,15 a
Multipiant®	34	3,5 a	31 a	13 ab	3,1 a	1,4 b	0,033	0,003 b	0,06	0,21	0,05 c
F	ns	**	**	*	**	*	*	**	ns	ns	**
D.M.S.	8,50	0,77	8,40	3,36	0,60	0,70	0,01	0,01	0,034	0,13	0,05
C.V. (%)	12,21	12,48	19,34	11,50	11,09	16,57	21,21	37,27	20,95	22,04	17,03

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada

ns = Não significativo (P>0,05); \* e \*\* = significativos, respectivamente, (P<0,05) e (P<0,05)

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

**Tabela 8**

Concentração de macro e micronutrientes nas raízes de mudas de eucalipto.  
(Macro and micronutrients concentration in the root of eucalyptus seedlings)

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
80/20 <sup>1</sup>	25 a	3,4 a	17	13 ab	3,8 a	3,9 a	45 a	54 a	3920 a	94 ab	890 a
70/30	22 ab	3,6 a	18	14 a	3,1 ab	2,9 b	40 ab	57 a	4045 a	74 b	1160 a
60/40	21 ab	3,2 a	16	13 a	2,8 b	2,7 bc	45 a	51 a	3710 a	74 b	1010 a
50/50	23 a	3,8 a	17	13 ab	2,5 bc	2,6 bc	43 ab	62 a	4105 a	91 ab	1265 a
40/60	18 bc	3,6 a	16	10 bc	2,0 c	2,3 c	43 ab	57 a	4315 a	92 ab	1080 a
Multipiant®	16 c	2,6 b	17	8 c	3,3 ab	1,1 d	29 b	15 b	1230 b	124 a	182 b
F	**	**	ns	**	**	**	*	**	**	*	**
D.M.S.	4,56	0,61	5,43	2,75	0,81	0,55	14,21	19,11	2433,6	42,917	442,53
C.V. (%)	9,61	8,06	14,33	10,28	12,27	9,40	15,47	17,16	30,47	20,84	21,14

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada

ns = Não significativo (P>0,05); \* e \*\* = significativos, respectivamente, (P<0,05) e (P<0,05)

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P>0,05)

**Tabela 9**

Acúmulo de macro e micronutrientes nas raízes de mudas de eucalipto.  
 (Macro and micronutrients accumulation in the root of eucalyptus seedlings)

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
80/20 <sup>1</sup>	5,0 c	0,7 c	3,5 d	2,6 c	0,8 b	0,8 ab	0,010	0,010	0,78	0,02 b	0,18 dc
70/30	5,5 c	0,9 bc	4,5 bcd	3,5 ab	0,8 b	0,7 ab	0,010	0,015	1,01	0,02 b	0,29 bc
60/40	5,9 bc	0,9 bc	4,3 cd	3,6 ab	0,8 b	0,8 ab	0,013	0,015	1,07	0,02 b	0,27 bc
50/50	7,6 ab	1,3 a	5,7 b	4,2 a	0,8 b	0,9 a	0,013	0,020	1,35	0,03 b	0,42 a
40/60	6,0 bc	1,2 ab	5,2 bc	3,4 bc	0,7 b	0,8 ab	0,015	0,020	1,43	0,03 b	0,35 ab
Multiplant®	8,4 a	1,3 a	8,5 a	4,1 ab	1,7 a	0,6 b	0,018	0,010	0,64	0,06 a	0,09 d
F	**	**	**	**	**	*	ns	*	*	**	**
D.M.S.	2,09	0,33	1,40	0,81	0,32	0,27	0,01	0,01	0,82	0,21	0,12
C.V. (%)	14,50	14,33	11,84	10,11	15,42	15,86	32,90	31,43	34,93	30,75	19,70

<sup>1</sup>BIO/CAC = Biossólido/Casca de arroz carbonizada

ns = Não significativo ( $P > 0,05$ ); \* e \*\* = significativos, respectivamente, ( $P < 0,05$ ) e ( $P < 0,05$ )

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ( $P > 0,05$ )

### Economia de fertilizantes

Comparando-se as quantidades de adubo usadas nos tratamentos com biossólidos e com Multiplant® para a produção das mudas, obteve-se uma economia de fertilizantes da ordem de 64% quando as mudas foram produzidas com biossólidos. Sugere-se maiores estudos sobre a disponibilização dos nutrientes contidos no biossólido, de forma a se atender as reais necessidades das plantas durante sua fase de viveiro, para que assim, possam ser estabelecidos índices ainda maiores de economia de fertilizantes. Portanto, além do benefício ambiental, o uso de biossólido como componente de substrato para produção de mudas é uma opção de grande interesse econômico.

### CONCLUSÕES

- ✓ Doses iguais ou superiores a 70% de biossólidos na composição do substrato foram prejudiciais ao desenvolvimento de mudas de eucalipto, recomendando-se uma proporção de 40 a 50% desse material em mistura com casca de arroz carbonizada;
- ✓ O tratamento com 50% de biossólido e 50% de casca de arroz carbonizada (50/50), seguiu

do pelo tratamento 40/60, promoveu desenvolvimento satisfatório de eucalipto, onde os parâmetros altura de planta, diâmetro de colo e massa de matéria seca da parte aérea foram estatisticamente semelhantes ao substrato comercial Multiplant® (testemunha);

- ✓ O uso de biossólido como componente de substratos é uma alternativa viável para a disposição final deste resíduo, tendo em vista a economia de fertilizantes que esse material pode proporcionar, além do benefício ambiental.

### AUTORES

RODRIGO DE MENEZES TRIGUEIRO é Doutorando em Agronomia, Área de Concentração: Energia na Agricultura - UNESP/ FCA / Departamento de Recursos Naturais / Ciência do Solo - Caixa Postal 237 - Fazenda Lageado - Botucatu, SP - 18603-970 - E-mail: [trigueiro@fca.unesp.br](mailto:trigueiro@fca.unesp.br)

IRAÊ AMARAL GUERRINI é Professor Adjunto do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, UNESP/ FCA - Caixa Postal 237 - Fazenda Lageado - Botucatu, SP - 18603-970 - E-mail: [iguerrini@fca.unesp.br](mailto:iguerrini@fca.unesp.br)

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, I.B.; MONOGIOS, G.M. Efeito de substratos à base de vermiculita na produção de mudas de *Eucalyptus citrodora* Hook em bandejas de isopor. **Científica**, v.16, n.1, p.133-140, 1988.
- AGUIAR, I.B.; VALERI, S.V.; BANZATO, D.A.; CORRADINI, L.; ALVARENGA, S.F. Seleção de componentes de substrato para produção de mudas de eucalipto em tubetes. **IPEF**, n.41/42, p.37-42, 1989.
- ASSIS, R.P. **Nutrição mineral e crescimento de mudas de dendezeiro (*Elaeis guineensis* Jacq.) em função de diferentes relações entre K, Ca e Mg na solução nutritiva**. Lavras, 1995. 41p. Tese (Mestrado). Universidade Federal de Lavras
- BETTIOL, W.; AUER, C.G.; KRUNER, T.L.; PREZOTTO, M.E.M. Influência de lodo de esgoto e de acículas de pinus na formação da ectomicorrizas em mudas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* pelos fungos *Pisolithus tinctorius* e *Thelephora terrestris*. **IPEF**, n.34, p.41-46, 1986.
- BORGES, E.N. **Resposta da soja e do eucalipto a camadas compactadas de solo**. Viçosa, 1986. 74p. Tese (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculante: métodos oficiais**. Brasília, 1988. 110p.
- CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; BARRICHELLO, L.R.; VOGET, 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.
- CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1995. 451p.
- DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T.; ALOVISI, A.A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A.M.; PINHEIRO, E.R.; SOUZA, E.F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Willd. **Revista árvore**, v.21, n.2, p.163-168, 1997.
- GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES NETO, S.P.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V., ed. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.309-350.
- GUERRINI, I.A.; VILLAS BÔAS, R.L.; BENEDETTI, V.; COMÉRIO, J.; MORO, L. Application of wood ash and pulp and paper sludge to *Eucalyptus grandis* in three Brazilian soils. In: **Principles and practice of residuals use**. Seattle: College of Forest Resources, University of Washington, 2000. p.127-131.
- HARIDASAN, M. Accumulation of nutrients by *Eucalyptus* seedlings from acidic and calcareous soils of the cerrado region of Central Brazil. **Plant soil**, v.86, p.35-45, 1985.
- HENRY, C.L.; COLE, D.W.; HARRISON, R.B. Use of municipal sludge to restore and improve site productivity in forest: the pack forest sludge research program. **Forest ecology and management**, v.66, p.137-149, 1994.
- JORGE, J.A.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. Condições físicas de um Latossolo vermelho - escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. **Revista brasileira de ciências do solo**, v.15, p.237-240, 1991.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 1985. 315p.
- LOCATELLI, M. **Efeito de formas, fontes e doses de nitrogênio sobre o crescimento e composição mineral de mudas de *Eucalyptus grandis* W.Hill (ex Maiden)**. Viçosa, 1984. 64p. Tese (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa
- MAIA, C.M.B.F. Uso de casca de *Pinus* e lodo biológico como substrato para a produção de mudas de *Pinus taeda*. **Boletim de pesquisa florestal**, n.39, p.81-92, 1999.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.
- MORAIS, S.M.J.; ATAIDE, P.R.V.; GARCIA, D.C.; KURTZ, F.C.; OLIVEIRA, O.S.; WAZLAWICK, L.F. Uso do lodo de esgoto da Corsan - Santa Maria (RS), comparado com outros substratos orgânicos. **Sanare**, v.6, n.6, p.44-49, 1997.
- NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.; COUTO, C. Níveis críticos de fósforo no solo para o eucalipto. **Revista árvore**, v.6, n.1, p.29-37, 1982.
- NOVAIS, R.F.; RÉGO, A.K.; GOMES, J.M. Nível crítico de potássio no solo e na planta para o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden e de *Eucalyptus cloëziana* F.Muell. **Revista árvore**, v.4, n.1, p.14-23, 1980.

- POGGIANI, F.; GUEDES, M.C.; BENEDETTI, V. Aplicabilidade de biossólido em plantações florestais: 1- reflexo no ciclo de nutrientes. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A., ed. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.163-178.
- ROSA JÚNIOR, E.J.; DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T.; SANTOS FILHO, V.C. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill, em tubetes. **Revista de ciências agrárias**, v.1, n.2, p.18-22, 1998.
- SILVA, F.C.; BOARETTO, A.E.; BERTON, R.S.; ZOTELLI, H.B.; PEXE, C.A.; MENDONÇA, E. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.33, n.1, p.1-8, 1998.
- SILVA, M.R. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico**. Curitiba, 1998. 105p. Tese (Mestrado). Universidade Federal do Paraná
- SOARES, C.R.F.S. **Toxidez de zinco, cobre, cádmio e chumbo para eucalipto em solução nutritiva**. Lavras, 1999. 132p. Tese (Mestrado). Universidade Federal de Lavras
- STRINGHETA, A.C.O.; MARTINEZ, H.P.; CARDOSO, A.A.; FONTES, L.E.F. Teor de macronutrientes em folhas de crisântemo, cultivado em substratos contendo composto de lixo urbano e casca de arroz carbonizada. In CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 12, 1999, Jaboticabal. **Resumos**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Floricultura e Plantas Ornamentais, 1999. p.71
- VALERI, S.V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V., ed. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.168-190.
- VANZO, J.E.; MACEDO, L.S.; TSUTIYA, M.T. Registros da produção de biossólidos: o caso da ETE de Franca. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. p.227-242.