

Caracterização de substratos para produção de mudas de espécies florestais elaborados a partir de resíduos orgânicos

Shizuo Maeda⁽¹⁾, Renato Antonio Dedecek⁽¹⁾, Raul Bortolotto Agostini⁽¹⁾, Guilherme de Castro Andrade⁽¹⁾, Helton Damin da Silva⁽¹⁾

⁽¹⁾Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, Caixa Postal 319, CEP 83411-000, Colombo-PR. E-mail: maeda@cnpf.embrapa.br, dedecek@cnpf.embrapa.br, andrade@cnpf.embrapa.br, helton@cnpf.embrapa.br, raulbortolotto@gmail.com

Resumo - Considerando a necessidade de viabilizar opções de destinação de resíduos das atividades agropecuárias e agroindustriais, caracterizaram-se química e fisicamente resíduos das indústrias madeireira e cervejeira e da caprinocultura previamente compostados, com potencial para utilização como substratos para produção de mudas de espécies florestais. Foram avaliadas as seguintes combinações (v:v): S1) substrato comercial (Plantmax Florestal®) + casca de pínus parcialmente decomposta (CP) (1:1); S2) bagaço de malte + serragem (1:4); S3) lodo celulósico + serragem (1:1); S4) composto do tratamento 3 + CP (1:1); S5) lixívia celulósica + serragem (4:1); S6) lixívia celulósica + serragem (3:2); S7) composto do tratamento 6 + CP (1:1) e, S8) esterco de caprino. As variáveis físico-químicas avaliadas foram: pH CaCl₂, teores de P, C, N, K, Ca, Mg, Al, H+Al, Na; CTC, m e C/N; macroporosidade, microporosidade, densidade de partículas e água disponível. Os substratos formulados com as misturas de Plantmax Florestal® + casca de pínus (1:1); bagaço de malte + serragem (1:4); lodo celulósico + serragem (1:1) misturado com casca de pínus (1:1) e esterco de caprino compostado podem ser utilizados na produção de mudas de espécies florestais tolerantes à acidez, adotando os protocolos de manejo recomendados, tanto para irrigação quanto para a fertilização.

Termos para indexação: Lodo celulósico, lixívia celulósica, lixívia negro, bagaço de malte, esterco de caprino, características físico-químicas.

Characterization of Substrates Elaborated with Organic Residues to Produce Forest Species Seedlings

Abstract - Considering the need for viable options for destination of waste from agricultural and agriindustries activities waste from logging and brewing industries and goat dregs previously composted, with potential for use as substrates for the production of seedlings of trees were characterized chemically and physically. The treatments had consisted of the following mixtures: S1) commercial product for substratum (Plantmax® Florestal) + pinus bark partially decomposed – PB (1:1); S2) residue of malt with wooden sawdust – WS (1:4); S3) cellulosic mud with WS (1:1); S4) mixture of treatment S3 product with PB (1:1); S5) black-liquor with WS (4:1); S6) black-liquor with WS (3:2); S7) mixture of the product of treatment 6 with PB (1:1); S8) goat dregs. The following variable were evaluated: pH CaCl₂; P, C, N, K, Ca, Mg, Al, H+Al and Na concentrations; CEC, Al saturation and C/N; total porosity, macroporosity, microporosity, density and available water. The substrates made with mixtures of Plantmax Florestal® + PB (1:1); residue of malt with wooden sawdust – WS (1:4); cellulosic mud with WS (1:1) mixed with PB (1:1) and goat dreg composted can be used in the production of seedlings of forest species tolerant to acidity, adopting the protocols of management recommended, both for irrigation as for fertilization.

Index terms: Cellulosic mud, black-liquor, residue of malt, goat's grits, physicist-chemistries characteristic

Introdução

As sobras geradas nos processamentos mecânico e químico da madeira pelas indústrias de base florestal, genericamente denominadas de “resíduos”, em geral,

apresentam alto teor de matéria orgânica e podem conter compostos prejudiciais ao ambiente, necessitando, desta forma, de medidas adequadas para a sua disposição.

Para se ter uma dimensão do problema, na produção de celulose e papel, que se constitui em uma das principais formas de utilização da madeira, para cada

100 Mg de celulose produzidas são gerados aproximadamente 48 Mg de resíduos. De acordo com Bracelpa (2003), em 2002 foram produzidos oito milhões de Mg de celulose no Brasil. Além de resíduos tecnicamente denominados de “dregs” e “grits”, no processo “kraft” para extração de celulose, são geradas a lama de cal e o lodo orgânico resultantes do tratamento de efluentes líquidos, enquanto no branqueamento da celulose, são gerados, em maior quantidade, cinza de caldeira, resíduo celulósico e lama de cal (BERGAMIN et al., 1994; MORO, 1994, citado por BELLOTE et al., 1998, p. 100). A necessidade de cuidados especiais no manuseio destes resíduos, devido aos riscos ambientais existentes, resulta na inviabilidade para a disposição dos mesmos em aterro sanitário, em função dos altos custos para sua implantação e manutenção.

Por sua vez, além de cascas e maravalha, no desdobro da madeira em serrarias, fábricas de compensados e laminados, são gerados resíduos como costaneiras e serragem, os quais têm sido usados como fonte energética e mais recentemente para o fabrico de placas como MDF. Contudo, devido à grande quantidade gerada, a sua localização descentralizada ou ainda às grandes distâncias dos potenciais consumidores, requerendo altos custos para seu transporte, tais resíduos não são integralmente utilizados, encontrando-se armazenados nos locais de geração e apresentando-se em diversos estágios de decomposição. A sua queima a céu aberto ou a sua combustão espontânea é relativamente comum, provocando reações adversas na população devido à emissão de gases e particulados para a atmosfera.

Da mesma forma, no processo de produção de cerveja, resíduos são gerados tais como bagaço de malte, torta de filtração (“trub” fino e grosso), levedura excedente e cerveja residual. Lima (1993), citado por Santos Filho (1999), estima em aproximadamente 2 mil Mg ano⁻¹ a disponibilidade desses resíduos no Brasil, sendo que expressiva porção dos mesmos é reaproveitada no processo de produção e como ração animal, (CABRAL FILHO, 1999; RIBEIRO; SANTOS, 2005).

Conforme Anualpec (2004), citado por Embrapa Caprinos (2005) p.13, o rebanho caprino brasileiro é de cerca de 9,7 milhões de animais, concentrados na Região Nordeste, com cerca de 93,7 % dos animais, seguidas pelas regiões Sudeste, Sul, Norte e Centro-Oeste, respectivamente com 2,09; 1,72; 1,42 e 1,03 %. Em geral,

a forma de criação é extensiva, o que resulta numa distribuição dos excrementos de forma dispersa, embora, em situações onde ocorra a estabulação dos animais no período noturno, haja uma concentração de dejetos, os quais necessitam de destinação adequada. Mesmo relativo a ovinos, os dados apresentados por Composição ... (1999), mostram que os excrementos apresentam teores de matéria orgânica superiores aos de outras espécies criadas pelo homem (bovinos, eqüinos, suínos e aves) enquanto que os teores de N, P₂O₅ e K₂O são similares. Caprinos e ovinos apresentam similaridades nos seus processos digestivos, sendo ambos ruminantes.

Assim, o passivo ambiental gerado principalmente pela atividade florestal, no processamento industrial da madeira, necessita de novas alternativas viáveis de destinação em relação à disposição em aterros sanitários que sejam técnica e economicamente viáveis e ambientalmente aceitáveis.

A utilização de resíduos oriundos da atividade florestal ou de outras origens, na cadeia do negócio florestal, como componentes de substratos para a produção de mudas de espécies florestais, pode ser uma alternativa viável de destinação de parte desses resíduos. Para tanto, há necessidade de se conhecer suas características físico-químicas.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da *Embrapa Florestas*. Os resíduos avaliados foram oriundos do processamento mecânico (serragem do desdobro da madeira) e químico (lixívia negra, gerada no processo de cozimento da madeira para extração de celulose), lodo de estação de tratamento de esgoto de indústria de reciclagem de papel, composto principalmente de fibra celulósica rompida (lodo celulósico); resíduo de cervejaria (bagaço de malte) e esterco de caprino. Os tratamentos consistiram das seguintes combinações (em v:v): S1) substrato comercial (Plantmax Florestal®) + casca de pínus parcialmente decomposto - CP (1:1); S2) bagaço de malte + serragem (1:4); S3) lodo celulósico + serragem (1:1); 4) composto do tratamento S3 + CP (1:1); S5) lixívia celulósica + serragem (4:1); S6) lixívia celulósica + serragem (3:2); S7) composto do tratamento S6 + CP (1:1) e, S8) esterco de caprino compostado.

Os componentes dos tratamentos S2, S3, S5 e S6 foram previamente submetidos à compostagem durante

três meses em condições de aeração natural, antes de sua utilização neste estudo. O volume total de substrato preparado para a avaliação de cada tratamento foi de 6 L.

Para a avaliação da qualidade dos substratos, foram determinados o pH em CaCl_2 0,01 M (1:2,5); P, K e Na extraídos por Mehlich-1; Ca, Mg e Al extraídos com KCl 1 M; C pelo método Walkley-Black descrita em Embrapa Solos (1999) e N por digestão ácida a quente e determinação pelo método semi-micro-Kjeldahl, descrito em Malavolta et al. (1997). A densidade do substrato, a macro e microporosidade e a quantificação da água retida pelos produtos estudados foram realizados segundo a metodologia descrita em Claessen (1997). As amostras analisadas foram compostas por cinco subamostras coletadas aleatoriamente. Na avaliação física, a amostra de cada tratamento foi analisada em triplicata, enquanto na química foi realizada sem repetição.

Para a interpretação dos resultados analíticos, utilizaram-se como referência valores publicados em Raij et al. (1997), Tomé Júnior (1997) e Embrapa Solos (1999), calibrados para a interpretação de resultados analíticos de amostras de solo; em Barros e Novais (1999), calibrado para interpretação de resultados analíticos de amostras de solo utilizado como substrato para produção de mudas de eucalipto e em Valeri e Corradini (2000), para substratos constituídos basicamente de composto orgânicos, com ou sem outros componentes.

Foi aplicado o teste de correlação linear de Pearson entre as variáveis físicas analisadas nas amostras.

Resultados e Discussão

Tendo-se como referência limites estabelecidos para a interpretação de resultados de análise de substratos constituídos de compostos orgânicos e utilizados para produção de mudas em tubetes (VALERI; CORRADINI, 2000), pode-se observar que os substratos formulados com as misturas de bagaço de malte + serragem - S2, lixívia celulósica + serragem (1:4) - S5 e lixívia celulósica + serragem (3:2) misturado com casca de pínus (1:1) - S7 apresentaram baixo pH; Plantmax Florestal® + casca de pínus (1:1) - S1, lodo celulósico + casca de pínus (1:1) misturado com casca de pínus (1:1) - S4, lixívia celulósica + serragem (3:2) - S6 e esterco de caprino compostado - S8 pH médio e o substrato composto da mistura de lodo celulósico + casca

de pínus (1:1) - S3 alto pH (Tabela 1). Apesar do pH do substrato composto da mistura de lodo celulósico + casca de pínus (1:1) - S3 enquadrar-se em valor considerado alto, o mesmo encontra-se na faixa considerada adequada pelos mesmos autores, e no valor de pH observado no substrato composto da mistura de lodo celulósico + casca de pínus (1:1) - S3, a disponibilidade de micronutrientes pode ser reduzida pela insolubilização dos mesmos. A utilização de substratos com acidez muito alta ou alta pode não ser limitante para a produção de mudas de *Pinus* ou *Eucalyptus*, em razão da tolerância das espécies desses gêneros a elevados níveis de Al e Mn (RAIJ et al., 1997). Essas situações geralmente ocorrem em condições de elevada acidez do solo, o que não é o caso para o Al nos substratos avaliados, em que o teor de Al trocável foi baixo nos substratos compostos pelas misturas de Plantmax Florestal® + casca de pínus (1:1) - S1, lodo celulósico + serragem (1:1) - S3, lodo celulósico + serragem (1:1) + serragem (1:1) - S4, lixívia celulósica + serragem (1:1) misturado com casca de pínus (1:1) - S7 e esterco de caprino compostado - S8 e médio nos substratos compostos pelas misturas de bagaço de malte + serragem (1:4) - S2, lixívia celulósica + serragem (4:1) - S5 e lixívia celulósica + serragem (3:2) - S6 (TOMÉ JÚNIOR, 1997), e a saturação do Al na CTC efetiva foi baixa em todos os substratos ($m = 0$ a 15 %), conforme Malavolta (1989), citado por Tomé Júnior (1997, p. 134). Deve-se ressaltar que o maior consumo de substratos ocorre em viveiros de produção de mudas de *Eucalyptus* e de *Pinus*, por serem essas as espécies florestais mais plantadas no Brasil.

Com relação ao Ca e ao Mg, todos os substratos apresentaram teores enquadrados como altos para a produção de mudas de *Eucalyptus*, cujos valores são 0,20 e 0,05 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, respectivamente, conforme Barros e Novais (1999).

Tabela 1. Resultados de análise química dos substratos estudados.

Subs. ^a	Variáveis														
	pH CaCl ₂	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	Na ⁺	CTC	V ^b	m ^c	Na	P	C	N	C:N
		cmol _c dm ⁻³				dm ⁻³				%		mg dm ⁻³	g kg ⁻¹		
S1	5,1	1,8	15,0	6,2	0,4	4,8	0,26	28,0	83	1,9	0,9	465,0	268	6,4	42,0
S2	3,8	0,6	5,5	6,5	1,4	6,4	0,21	19,2	66	9,5	1,1	1139,0	317	20,2	15,7
S3	6,5	0,6	12,9	6,3	0,0	2,2	0,51	22,5	90	0,0	2,3	599,0	249	13,5	18,4
S4	5,5	1,0	12,1	6,7	0,2	3,2	0,26	23,3	83	0,8	1,1	405,0	317	9,5	33,3
S5	4,9	0,4	8,6	3,1	0,5	2,5	0,08	14,6	83	3,6	0,5	7,5	297	10,7	27,6
S6	5,2	0,4	10,8	6,3	0,6	2,4	0,19	20,0	88	3,5	0,9	8,2	338	10,3	32,9
S7	4,9	2,1	11,1	3,0	0,4	4,1	0,29	20,5	80	2,4	1,3	295,0	171	10,1	16,9
S8	5,0	4,1	13,0	3,5	0,2	3,2	1,91	25,7	87	0,7	7,4	251,0	181	16,9	10,7

^a Substrato - S1) produto comercial para substrato (Plantmax florestal®) + casca de pínus parcialmente decomposto - CP (1:1); S2) bagaço de malte + serragem (1:4); S3) lodo celulósico + serragem (1:1); S4) composto do tratamento 3 + CP (1:1); S5) lixívia celulósica + serragem (4:1); S6) lixívia celulósica + serragem (3:2); S7) composto do tratamento 6 + CP (1:1) e, S8) esterco de caprino compostado.

^b Saturação por bases na CTC a pH 7,0.

^c Saturação por Al na CTC efetiva

^d Saturação por sódio na CTC a pH 7,0

Embora os teores de Ca e Mg também tenham se enquadrado em níveis considerados adequados por Valeri e Corradini, (2000), deve-se atentar que, dependendo do volume de substrato utilizado, da espécie de interesse, do tempo de desenvolvimento da muda e do seu porte, a quantidade de Ca e Mg e outros nutrientes pode não ser suficiente para que a muda tenha a qualidade adequada para a sobrevivência e o desenvolvimento após o plantio no campo. Além disso, podem ocorrer perdas de nutrientes por lixiviação, provocadas por irrigação das mudas no viveiro, fazendo com que seja necessária a aplicação de nutrientes em cobertura para complementar as necessidades das plantas.

Os teores de K em todos os substratos enquadraram-se como adequados ($< 0,026 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), conforme Barros e Novais (1999) e, por Valeri e Corradini (2000), que categorizam como adequados teores de K entre 0,3 -1,0 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Com relação ao P, os substratos compostos pelas misturas de lixívia celulósica + serragem (4:1) - S5 e lixívia celulósica + serragem (3:2) - S6 apresentaram teores abaixo do crítico, considerando tanto valores para solos argilosos ($< 60 \text{ mg dm}^{-3}$) quanto para solos arenosos ($< 80 \text{ mg dm}^{-3}$) a serem utilizados como substratos para produção de mudas de *Eucalyptus*, de acordo com Barros e Novais (1999). Nos demais substratos, os teores de P foram superiores em 3,1 a 14,2 vezes ao teor crítico de P, considerando-se substratos elaborados a partir de solos arenosos.

A saturação por Na mais elevada foi observada no substrato composto por esterco de caprino compostado - S8, e que confere um “caráter solódico” ao substrato (EMBRAPA SOLOS, 1999), o que poderia ser

prejudicial ao desenvolvimento de mudas de plantas sensíveis à salinidade elevada. No entanto, a intensa irrigação a qual normalmente as mudas são submetidas em viveiros, principalmente quando se utiliza tubetes, devido ao pequeno volume de substrato utilizado, promove a lixiviação de sais solúveis, como é o caso do sódio. Provavelmente, a presença de sódio nos teores observados no substrato S8 seja devida à utilização de produtos na alimentação de caprinos que contenham o elemento. Nos demais substratos, a saturação por Na foi reduzida.

Tomando-se o valor 18 para a razão na relação C:N, como referência para a indicação de uma adequada compostagem dos resíduos utilizados como substrato neste estudo, conforme Especificações... (1999), pode-se observar que os substratos compostos pelas misturas de Plantmax Florestal® + casca de pínus (1:1) - S1, lodo celulósico + serragem (1:1) misturado com casca de pínus (1:1) - S4, lixívia celulósica + serragem (4:1) - S5 e lixívia celulósica + serragem (3:2) - S6 apresentaram valores da relação C:N superiores ao de referência, indicando a possibilidade de ocorrer deficiência de N, principalmente no período inicial de desenvolvimento das mudas, quando não se aplica N na adubação de base ou mesmo em cobertura. Considerando a escala de valores mencionada por Valeri e Corradini (2000), apenas o substrato composto por esterco de caprino - S8 apresenta adequada relação C:N (8 a 12). Esta limitação pode ser superada, mesmo quando não se aplica N, com a continuidade do processo de decomposição do material orgânico do substrato com o decorrer do tempo, mineralizando e disponibilizando o N imobilizado para as mudas. Embora a continuidade do processo de

decomposição do material do substrato possa provocar certa instabilidade do mesmo, esta pode ser compensada pelo melhor desenvolvimento do sistema radicular, visto que a estabilidade do substrato é, também, o resultado da combinação dos fatores mencionados.

Além de adequada fertilidade, para a obtenção de mudas de boa qualidade, o substrato deve apresentar boas características físicas como adequada proporção de ar e umidade após drenagem natural; rápida drenagem do excesso de água e, adequada taxa de infiltração de água proveniente de irrigação ou de chuva, conforme Walkentin (1984), citado por Carneiro (1995, p. 252). Pode-se mencionar, além dessas características, a quantidade de água retida a baixas tensões, após a drenagem do excesso de água, que poderia ser considerada como disponível às plantas. Tais características são, primariamente, mais importantes do que as químicas, uma vez que as mesmas não são facilmente modificadas. Conforme pode ser observado na Tabela 2, a quantidade de água disponível a tensões entre -3 e -100 kPa foi mais elevada nos substratos compostos pelas misturas de lixívia celulósica + serragem (4:1) - S5, lixívia celulósica + serragem (3:2) - S6 e lixívia celulósica + serragem (3:2) misturado com casca de pínus (1:1) - S7. A maior capacidade de armazenamento de água a baixas tensões pode proporcionar uma pequena vantagem competitiva na economia de água de irrigação. Apesar disso, considerando padrões estabelecidos em Valeri e Corradini (2000), mesmo nos substratos com maior capacidade de retenção de água, a quantidade de água retida em tensões disponíveis para as plantas são categorizadas como de nível baixo (< 15 mL 50 cm⁻³), sendo que o nível adequado varia de 20-30 mL 50 cm⁻³. Desta forma, considerando que o volume de substrato utilizado na produção de mudas de espécies florestais em tubetes normalmente é reduzido, podem se fazer necessárias irrigações freqüentes para a manutenção dos teores de umidade em níveis adequados para o bom desenvolvimento das mudas.

Tabela 2. Resultados de análises de densidade, porosidade (macro, micro e total) e água disponível nos substratos estudados.

Substrato ^a	Variáveis				
	Densidade	Porosidade			Água disponível ^b
		Micro	Macro	Total	
- g cm ⁻³	cm ³ cm ⁻³	cm ³ cm ⁻³	cm ³ cm ⁻³	-- cm ³ cm ⁻³ --	
S1	0,272	0,398	0,361	0,759	0,034
S2	0,129	0,305	0,538	0,843	0,031
S3	0,175	0,409	0,386	0,796	0,059
S4	0,211	0,408	0,402	0,810	0,036
S5	0,141	0,475	0,357	0,832	0,152
S6	0,142	0,464	0,321	0,785	0,148
S7	0,203	0,492	0,353	0,845	0,124
S8	0,264	0,343	0,400	0,742	0,042

^a Substrato - S1) produto comercial para substrato (Plantmax florestal®) + casca de pínus parcialmente decomposto - CP (1:1); S2) bagaço de malte + serragem (1:4); S3) lodo celulósico + serragem (1:1); S4) composto do tratamento S3 + CP (1:1); S5) lixívia celulósica + serragem (4:1); S6) lixívia celulósica + serragem (3:2); S7) composto do tratamento S6 + CP (1:1) e, S8) esterco de caprino compostado.

^b entre -3 kPa e -100 kPa

Com relação à densidade global, os substratos compostos pelas misturas de Plantmax Florestal® + casca de pínus (1:1) - S1 e esterco de caprino compostado - S8, são categorizados como de média densidade (0,25-0,50 g cm⁻³), enquanto os demais são de baixa densidade (VALERI; CORRADINI, 2000). Quanto à porosidade total, à exceção do substrato S8, os demais foram categorizados como de adequada porosidade (0,75-0,85 cm³ cm⁻³); a macroporosidade foi média no substrato S6 e adequada nos demais (0,35-0,45 cm³ cm⁻³), enquanto a microporosidade foi adequada nos substratos S5, S6 e S7 (0,45-0,55 cm³ cm⁻³) e média nos demais substratos.

De acordo com os resultados da análise de correlação de Pearson, apresentados na Tabela 3, pode-se inferir que os microporos (r = 0,84, significativo a 5 % de probabilidade) são os que mais contribuem no armazenamento de água em tensões que possibilitem a sua absorção pelas plantas (água disponível em tensões entre -3 e -100 kPa). O coeficiente de correlação, para a relação entre a água disponível nos substratos estudados e a macroporosidade, foi negativa e não significativa, indicando que os macroporos pouco contribuem para o armazenamento de água no substrato (r = -0,62 ns). Por outro lado, as relações entre densidade do substrato e porosidade total (r = -0,69 ns), microporosidade (r = -0,17 ns), macroporosidade (r = -0,23 ns) e água disponível (r = -0,52 ns) indicam que substratos com maior densidade têm menor capacidade de reter água a baixas tensões e que, portanto, está disponível para as mudas (Tabela 3).

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson^a estabelecidos entre a densidade, porosidade (total, macro e microporosidade) e água disponível a tensões entre -3 kPa e -100 kPa dos substratos avaliados.

	Água disponível	Porosidade total	Microporosidade	Macroporosidade	Densidade
Água disponível	-	0,35 ns	0,84 **	-0,62 ns	-0,52 ns
Porosidade total	-	-	0,28 ns	0,31 ns	-0,69 ns
Microporosidade	-	-	-	-0,83 **	-0,17 ns
Macroporosidade	-	-	-	-	-0,23 ns
Densidade	-	-	-	-	-

^a Substrato - S1) produto comercial para substrato (Plantmax florestal[®]) + casca de pínus parcialmente decomposto - CP (1:1); S2) bagaço de malte + serragem (1:4); S3) lodo celulósico + serragem (1:1); S4) composto do tratamento 3 + CP (1:1); 5) lixívia celulósica + serragem (4:1); S6) lixívia celulósica + serragem (3:2); S7) composto do tratamento S6 + CP (1:1) e, S8) esterco de caprino compostado.

^b entre -3 kPa e -100 kPa

^a nível de significância = 5 %

utilizados para a produção de mudas é prática rotineira em viveiros, principalmente naqueles que utilizam tubetes como recipientes para o desenvolvimento das mudas, em função da pequena quantidade de nutrientes disponíveis mesmo em substratos com teores adequados de nutrientes, em razão do pequeno volume utilizado e do tempo necessário para a produção de mudas com a qualidade requerida para o estabelecimento e sobrevivência das mudas no campo. Portanto, considerando que sejam aceitáveis limitações, superáveis por meio da adoção de medidas de fácil aplicação e de baixo custo, como são os casos da aplicação calcário e de adubação de base, mesmo os substratos com problemas de acidez, baixo teores de P e alta relação C:N, poderiam ser utilizados, sendo, no entanto, necessário realizar estudos para a calibração de doses econômicas de fertilizantes e corretivos da acidez. O mesmo é válido para substratos com baixos teores de água disponível a tensões entre -3 kPa e -100 kPa, considerando que a irrigação é indispensável no processo, devido ao reduzido volume de substrato acondicionado nos recipientes e a grande demanda de água pelas mudas.

Embora as considerações do parágrafo anterior sejam válidas, pela dependência de estudos adicionais, os substratos compostos pelas misturas de lixívia celulósica + serragem (4:1) - S5 e lixívia celulósica + serragem (3:2) - S6 não seriam adequados para a produção de mudas de *Pinus* e *Eucalyptus* em razão dos baixos teores de P, e o substrato composto pela mistura de lodo celulósico + serragem (1:1) - S3 em função do elevado valor de pH em CaCl₂, pela possibilidade da insolubilização de micronutrientes. Não se detectou

problemas que impossibilitassem a indicação dos demais substratos para a produção de mudas de espécies florestais tolerantes à acidez.

No entanto, na escolha de componentes para a formulação dos substratos, devem ser considerados, além de características técnicas, aspectos relacionados como a sazonalidade na oferta, a localização da fonte geradora do resíduo e a concorrência por componentes do substrato para outros fins. Em algum nível, a maioria dos componentes dos substratos pode apresentar restrição na sua disponibilidade. No caso da lixívia celulósica, a maioria das indústrias encontra-se preparada para recuperar seus componentes para reutilizá-los no processo industrial, não ocorrendo a sua recuperação apenas ocasionalmente, o que resulta em oferta descontínua da mesma. Com relação à serragem, a sua utilização para outros fins, como a geração de energia e como matéria prima para a composição de aglomerados, pode contribuir na elevação do seu valor, inviabilizando seu uso para a formulação de substratos. Por sua vez, o esterco de caprino pode ter problemas de oferta em quantidade requerida para a formulação de grande quantidade de substrato. Por fim, a própria casca de pínus, em função de seu uso na geração de energia em caldeiras, também pode apresentar alguma restrição em sua oferta.

Em estudo conduzido por Maeda et al. (2006), onde foram avaliados os mesmos substratos desse trabalho na formação de mudas de *Eucalyptus badjensis*, observou-se que os substratos compostos pelas misturas de Plantmax Florestal[®] + casca de pínus (1:1) - S1, bagaço de malte + serragem (1:4) - S2 e esterco de caprino compostado - S8 foram os melhores

com ou sem adubação de base formulado com macro e micronutrientes e que os mesmos não apresentaram respostas à aplicação dos nutrientes. Por outro lado, o substrato composto por lodo celulósico + serragem (1:1) misturado com casca de pínus (1:1) - S4 apresentou comportamento semelhante aos substratos compostos pelas misturas de Plantmax Florestal® + casca de pínus (1:1) - S1, bagaço de malte + serragem (1:4) - S2 e esterco de caprino compostado - S8 quando aplicado adubação na base.

Conclusões

Os substratos com menores restrições químicas para espécies florestais tolerantes à acidez são os formulados com as misturas de bagaço de malte + serragem (1:4); lodo celulósico + serragem (1:1); lixívia celulósica + serragem (1:1) misturado com casca de pínus (1:1) e o esterco de caprino compostado;

Os substratos formulados com as misturas de Plantmax Florestal® + casca de pínus (1:1); lodo celulósico + serragem (1:1) misturado com casca de pínus (1:1); lixívia celulósica + serragem (4:1) e lixívia celulósica + serragem (3:2) apresentam restrição na relação C:N pela possibilidade de ocorrer deficiência de N;

Os substratos formulados com a mistura de lixívia celulósica + serragem (4:1) e lixívia celulósica + serragem (3:2) além da restrição na relação C:N, apresentam baixos teores de P;

Com relação à quantidade de água disponível a tensões entre -3 kPa e -100 kPa, os melhores substratos são os formulados com as misturas de lixívia celulósica + serragem (4:1); lixívia celulósica + serragem (3:2) e o lixívia celulósica + serragem (3:2) misturado com casca de pínus (1:1) e

Os substratos formulados com as misturas de Plantmax Florestal® + casca de pínus (1:1); bagaço de malte + serragem (1:4); lodo celulósico + serragem (1:1) misturado com casca de pínus (1:1) e esterco de caprino compostado podem ser utilizados na produção de mudas de espécies florestais tolerantes à acidez, adotando os protocolos de manejo recomendados, tanto para irrigação quanto para a fertilização.

Referências

- BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de. Eucalipto. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 303-305.
- BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. da; FERREIRA, C. A.; ANDRADE, G. de. C. Resíduos da indústria de celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 37, p. 99-106, jul./dez. 1998.
- BERGAMIN, F. N.; ZINI, C. A.; GONZAGA, J. V.; BORTOLAS, E. Resíduo de fábrica de celulose e papel: lixo ou resíduo? In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1994, Botucatu. **Anais**. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 1994. p. 97-120.
- BRACELPA. Produção de pastas celulósicas – 2002 (ton). In: ESTATÍSTICAS: segmento de celulose e papel. São Paulo: SBS, 2003. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/estatisticas.htm>>. Acesso em: 12 jun. 2006.
- CABRAL FILHO, S. L. S. **Avaliação do resíduo de cervejaria em dietas de ruminantes através de técnicas nucleares e correlatas**. 1999. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- CARNEIRO, J. G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná: FUPEF; Campos: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 1995. 451p.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- COMPOSIÇÃO média de alguns adubos orgânicos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 353. Apêndice. Quadro 8A
- EMBRAPA CAPRINOS. **III Plano Diretor Embrapa Caprinos: 2004-2007**. Sobral, 2005. 43 p. (Embrapa Caprinos. Documentos, 56).
- EMBRAPA SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação, 1999. 412 p.
- ESPECIFICAÇÕES dos fertilizantes organominerais e “compostos” - extrato da legislação vigente. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 352. Apêndice. Quadro 6A.

MAEDA, S.; ANDRADE, G. de C.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. da; AGOSTINI, R.B. Avaliação de substratos para produção de mudas de *Eucalyptus badjensis* obtidos da compostagem de resíduos das indústrias madeireira e cervejeira e da caprinocultura. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 59, p. 3-20, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; ABREU, C. A. de. Interpretação de resultados de análise de solo. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p. 8-13. (IAC. Boletim técnico, n. 100).

RIBEIRO, F. de M.; SANTOS, M. S. dos. **Cervejas e refrigerantes**. São Paulo: CETESB, 2005. 60 p. (Série P + L). Disponível em: <http://www.crq4.org.br/downloads/cervejas_refrigerantes.pdf>. Acesso em: 20 maio 2007.

TOMÉ JÚNIOR., J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247 p.

VALERI, S. V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiros para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J. L. de M., BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 167-190.

Recebido em 10 de janeiro de 2007 e aprovado em 29 de maio de 2007