

Estercos de origem animal em substratos para a
produção de mudas florestais: atributos físicos e químicosAnimal manure on substrate for forest
seedling production: physical and chemical attributesPaulo André Trazzi¹, Marcos Vinicius Winckler Caldeira², Rogério Colombi³,
Leonardo Peroni⁴ e Tiago de Oliveira Godinho⁵

Resumo

O presente trabalho teve por objetivo avaliar química e fisicamente os substratos formulados com esterco de origem animal avaliando sua importância na produção de mudas florestais. Os tratamentos se caracterizaram por usar proporções (v:v:v) de 15, 25 ou 35% de esterco bovino, cama de frango ou esterco de codorna associados à terra de subsolo (60, 50 ou 40%, respectivamente) e a 25% de substrato comercial (volume fixo), formando nove tratamentos, e um tratamento testemunha formulado apenas com substrato comercial. As análises físicas compreenderam o volume total de poros, macro e microporosidade e densidade aparente. Para a análise química foram usados os métodos de determinação dos teores totais e disponíveis dos macro e micronutrientes. Os resultados mostraram que o uso dos esterco proporcionou melhoria nos atributos químicos dos substratos, aumentando os teores totais e disponíveis de nutrientes e ainda um acréscimo na capacidade de troca de cátions, soma de bases e saturação por bases à medida que se elevou a proporção dos esterco no substrato. Para os atributos físicos, foi possível observar que à medida que se aumentou a proporção dos esterco nos tratamentos houve aumento na macroporosidade dos substratos e também ocorreu diminuição da densidade aparente do substrato quando foi usada cama de frango como componente de substrato. Para comprovar a potencialidade dos substratos formulados com esterco de origem animal, recomenda-se testar mudas florestais como indicadores biológicos.

Palavras-chave: esterco bovino, esterco de codorna, cama de frango, nutrientes.

Abstract

This study aimed at evaluating chemical and physical attributes of substrates formulated with animal manure, by analyzing its importance in the production of forest seedlings. The treatments were characterized by using proportions (v:v:v) of 15, 25 or 35% of cattle manure, poultry litter or quail manure associated with the subsoil (60, 50 or 40%, respectively) and 25 % of commercial substrate (fixed volume), forming nine treatments; the control treatment was formulated only with commercial substrate. The physical analysis comprised the total volume of pores, macro and micro porosity and bulk density. For the chemical analysis, the methods to determine the total and available levels of macro and micronutrients were used. The results showed that the use of manure improved the chemical properties of substrates, increasing the total and available levels of nutrients and an increase in the cation exchange capacity, sum of bases and base saturation as the proportion of manure in the substrate was raised. For physical attributes, it was observed that as the proportion of manure was raised in the treatments there was an increase in the macro porosity of the substrates and also there was a decrease of bulk density when poultry litter was used as a substrate component. To test the potential of substrates formulated with animal dung, it is recommended to test forest tree seedlings as biological indicators.

Keywords: cattle manure, quail manure, poultry litter, nutrients.

¹Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Florestais, Doutorando em Engenharia Florestal, Departamento de Ciências Florestais. UFPR - Universidade Federal do Paraná - Rua Prof. Lhotário Meissner, 900, Jardim Botânico, 80210-170 - Curitiba, PR. - E-mail: patrazzi@hotmail.com

²D.Sc. Profº Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, Centro de Ciências Agrárias. UFES - Universidade Federal do Espírito Santo. Alto Universitário, s/n - Guararema. CP 16, CEP: 29500-00 - Alegre/ES. - E-mail: caldeiramv@pq.cnpq.br. Bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq.

³Engenheiro Florestal, Centro de Ciências Agrárias. UFES - Universidade Federal do Espírito Santo. Alto Universitário, s/n - Guararema. CP 16, CEP: 29500-00 - Alegre/ES. - E-mail: colombiflorestal@hotmail.com

⁴Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias. UFES - Universidade Federal do Espírito Santo. Alto Universitário s/n. Caixa Postal: 16, CEP: 29500-000. Alegre/ES. - E-mail: leo_peroni2007@hotmail.com

⁵Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Florestais, Doutorando em Recursos Florestais, Departamento de Ciências Florestais. USP - Universidade de São Paulo, ESALQ - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Pesquisador, INCAPER, BR 101, km151, Caixa Postal 62, CEP 29915-140, Linhares, ES. - E-mail: godinhoto@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A qualidade de mudas florestais está diretamente ligada ao substrato em que estas são produzidas. Mudanças de qualidades são fundamentais para implantação de projetos florestais, estando relacionadas ao sucesso da produtividade da floresta.

Os estercos de origem animal usados como substratos podem contribuir para a redução dos custos de produção de mudas florestais. Desde que sejam formulados com produtos de boa qualidade, estes estercos podem se tornar ainda importante componente de substratos para a nutrição de mudas florestais.

A diversidade de substratos é grande, sendo encontrados diversos tipos prontos para o uso, puros ou misturados, tendo características próprias de preço e qualidade. No entanto, não há um substrato perfeito para todas as condições e espécies. É sempre aconselhável utilizar componentes de um substrato em forma de mistura, já que os mesmos podem apresentar características indesejáveis à planta, quando usados isoladamente (CALDEIRA *et al.*, 2011a; WENDLING *et al.*, 2006).

O substrato deve apresentar boas características químicas e físicas, porém, segundo Gomes e Paiva (2004), os atributos físicos são os mais importantes, pois os químicos podem ser facilmente corrigidos pelo viveirista (CALDEIRA *et al.*, 2011b). De acordo com Carneiro (1995), os principais atributos físicos para produção de mudas florestais são a densidade aparente e a porosidade total, consequentemente a macroporosidade e microporosidade. Os principais atributos químicos estudados nos substratos geralmente são: o potencial de hidrogênio (pH), a capacidade de troca de cátions, a salinidade e o teor de matéria orgânica (CALDEIRA *et al.*, 2011b; SCHMITZ *et al.*, 2002).

A matéria orgânica permite o desenvolvimento de microrganismos benéficos, aumentando a disponibilidade de nutrientes ao longo do tempo da produção das mudas, aumentando ainda o pH e a capacidade de troca catiônica, porém essas alterações dependem da quantidade e da qualidade do produto utilizado (WENDLING; GATTO, 2002; CALDEIRA *et al.*, 2011b). Trigueiro e Guerrini (2003) destacam que a matéria orgânica além de propiciar o aumento na capacidade de retenção de água e nutrientes do substrato, propicia ainda redução na densidade aparente e aumento da porosidade do meio.

O esterco estabilizado biologicamente é um componente que pode fornecer ao substrato características interessantes. O esterco bovino perdeu o prestígio com a introdução da adubação mineral (BLAISE *et al.*, 2005), no entanto sua importância foi retomada nas últimas décadas com o crescimento da preocupação com o ambiente. O esterco de aves quando bem curtido, apresenta-se bem farelado, escuro e frio, muito rico em nitrogênio e matéria orgânica (WEINÄRTNER *et al.*, 2006), tornando-se um material bastante interessante na composição de um substrato.

O uso de esterco de origem animal para a produção de mudas demanda ainda de mais estudos que viabilizem sua utilização como componente de substratos, assim o presente trabalho teve por objetivo avaliar química e fisicamente os substratos formulados com estercos de origem animal, analisando sua importância na produção de mudas florestais.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização, caracterização e delineamento estatístico

O experimento foi realizado no Viveiro Florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES), no município de Alegre, ES. O clima enquadra-se no tipo Cwa (inverno seco e verão chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen, (citar) com precipitação anual média de 1104 mm e temperatura média anual de 24,1 °C, com máximas diárias de 31 °C e mínimas de 20,2 °C (MAIA *et al.*, 2007).

Para composição dos tratamentos foram usados os seguintes estercos de origem animal: esterco bovino, cama de frango e esterco de codorna. Estes foram combinados com diferentes proporções de terra de subsolo. Para dar mais consistência e porosidade ao substrato, foi utilizada uma fração de 25% de substrato comercial (à base de casca de pinus bioestabilizada) para todas as combinações entre os materiais renováveis e terra de subsolo (Tabela 1).

O esterco bovino e o esterco de codorna foram coletados na Área Experimental I do CCA/UFES. A cama de frango foi doada pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, campus de Alegre-ES. O esterco bovino, a cama de frango e o esterco de codorna passaram por processo de estabilização biológica no Viveiro Florestal, durante (cerca de) 30, 60

Tabela 1. Substratos formulados (v:v:v) com esterco bovino, cama de frango e esterco de codorna associados à terra de subsolo e ao substrato comercial.

Table 1. Substrates formulated (v:v:v) with cattle manure, poultry litter and quail manure added to subsoil and commercial substrate.

Tratamentos	Substrato comercial	Terra de subsolo	Esterco bovino	Cama de frango	Esterco de codorna
B1	25%	40%	35%	-	-
B2	25%	50%	25%	-	-
B3	25%	60%	15%	-	-
F4	25%	40%	-	35%	-
F5	25%	50%	-	25%	-
F6	25%	60%	-	15%	-
C7	25%	40%	-	-	35%
C8	25%	50%	-	-	25%
C9	25%	60%	-	-	15%
SC	100% Substrato comercial				

e 90 dias, respectivamente, onde permaneceram depositados em local aberto. Depois de curtidados passaram por peneiras de 3 mm de malha.

A terra de subsolo utilizada como componente de substrato foi um Latossolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2006) coletado na profundidade de 20-40 cm, na Área Experimental I do CCA/UFES. Para compor o substrato, a terra de subsolo foi peneirada em malha de 3 mm.

Análise química dos substratos

Aparentemente não existindo um padrão para análises químicas de substratos, e considerando que os compostos formados são orgânicos, optou-se por realizar dois tipos de análises químicas: método que determina os teores totais dos elementos contidos nos materiais e método que determina a quantidade de nutrientes disponíveis nos substratos. Ambas as análises foram realizadas no Laboratório de Recursos Hídricos do CCA/UFES, em Jerônimo Monteiro, ES.

A determinação dos teores totais de macro e micronutrientes dos substratos foi realizada segundo metodologia da EMBRAPA (2009). Seguindo a mesma metodologia, também foram determinados os teores disponíveis de macronutrientes, pH, alumínio trocável (Al), acidez trocável (H+Al), capacidade de troca de cátions a pH 7 (CTC a pH 7,0), soma de bases (SB), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) dos esterco de origem animal.

Análise física dos substratos

Para as análises físicas, os substratos de cada tratamento foram incubados em tubetes cilíndricos cônicos de polipropileno com dimensões de 19 cm de comprimento, 5,2 cm de diâmetro de abertura superior, 1,3 cm de diâmetro

de abertura inferior, e capacidade volumétrica de 280 cm³. Foram separados três tubetes de cada tratamento, preenchidos com suas respectivas formulações. Esses substratos permaneceram na casa de sombra durante 90 dias, sendo irrigados 3-4 vezes ao dia, por sistema de irrigação automático. Em dias chuvosos, a irrigação foi interrompida.

Após esse período, os tubetes foram identificados, serrados com serra de arco, formando anéis de altura por volta de 5 cm e contidos com tecido tipo "filó" de malha fina enlaçados com elástico de borracha.

No Laboratório de Recursos Hídricos, os anéis foram saturados, colocados em placas de cerâmica e submetidos à pressão de -6kPa no extrator de Richards (EMBRAPA, 2009), até atingir a drenagem máxima da água proporcionada por esta pressão. As análises físicas realizadas foram densidade aparente (DENS), macroporosidade (MAC), microporosidade (MIC) e volume total de poros (VTP), sendo determinados seguindo metodologia da EMBRAPA (2009).

Os atributos analisados foram submetidos à análise estatística através de comparação de médias pelo teste Scott-Knott a nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos físicos

A análise de variância revelou que o uso de esterco bovino, cama de frango ou esterco de codorna como componente de substrato apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) para o volume total de poros, macroporosidade, microporosidade e densidade aparente nos tratamentos avaliados. Os valores médios destes atributos são encontrados na Tabela 2.

Tabela 2. Volume total de poros (VTP), macroporosidade (MAC), microporosidade (MIC) e densidade aparente (DENS) dos substratos formulados com estercos de origem animal.

Table 2. Total volume of pores (VTP), macroporosity (MAC), microporosity (MIC) and bulk density (DENS) of substrates formulated with animal manure.

Tratamentos ²	VTP	MAC	MIC	DENS
		%		g.cm ⁻³
B1	58,12 b ¹	27,76 a	30,36 c	0,80 a
B2	56,79 b	21,33 b	35,46 b	0,81 a
B3	50,15 b	18,63 b	31,53 c	0,84 a
F4	53,69 b	23,85 a	29,84 c	0,71 b
F5	58,08 b	22,17 b	35,90 b	0,75 b
F6	49,42 b	18,64 b	30,78 c	0,87 a
C7	51,81 b	19,26 b	32,55 c	0,89 a
C8	58,87 b	21,84 b	37,03 b	0,81 a
C9	49,80 b	13,12 c	36,68 b	0,84 a
SC	75,30 a	29,65 a	45,65 a	0,32 c
CV (%)	9,35	14,34	10,16	6,72

¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

²TS (terra de subsolo), EB (esterco bovino), CF (cama de frango), EC (esterco de codorna), SC (substrato comercial): B1 - 40% TS + 35% EB + 25% SC, B2 - 50% TS + 25% EB + 25% SC, B3 - 60% TS + 15% EB + 25% SC, F4 - 40% TS + 35% CF + 25% SC, F5 - 50% TS + 25% CF + 25% SC, F6 - 60% TS + 15% CF + 25% SC, C7 - 40% TS + 35% EC + 25% SC, C8 - 50% TS + 25% EC + 25% SC, C9 - 60% TS + 15% EC + 25% SC.

Os valores do volume total de poros para os substratos produzidos com os estercos ficaram entre 49,42 e 58,87%, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos. O tratamento com substrato comercial foi superior a todos os tratamentos apresentando média de volume total de poros igual a 75,30%.

Com relação à densidade aparente, os valores ficaram entre 0,71 a 0,89 g cm⁻³ para os substratos formados com os estercos. As menores médias foram obtidas quando o substrato foi formado com 25 e 35% de cama de frango (tratamento F5 e F4), mostrando que este resíduo é capaz de promover a redução da densidade aparente. O substrato comercial apresentou média igual a 0,32 g cm⁻³, sendo estatisticamente inferior aos demais tratamentos.

Segundo Fageria *et al.* (1999), o decréscimo da densidade aparente e aumento de porosidade total, a mudança na distribuição do tamanho dos agregados e o aumento da capacidade de adsorção do solo (substrato) são os principais efeitos da matéria orgânica na mudança das características de retenção de água para o substrato.

A macroporosidade foi estatisticamente superior nos tratamentos B1 (40%TS + 35%EB) e F4 (40%TS + 35%CF), juntamente com o tratamento substrato comercial. Os demais tratamentos obtiveram médias inferiores a estes tratamentos, no entanto, não se diferenciando estatisticamente entre si. Os valores de macroporosidade permaneceram entre 13,12 a 29,65%. Contudo, a microporosidade variou de 29,84 a 37,03% nos tratamentos formulados com os estercos de origem animal, sendo que os

maiores valores foram obtidos nos tratamentos com 25% de cada esterco (tratamentos B2, F5 e C8), juntamente com o tratamento com 60%TS + 15% EC, diferenciando estatisticamente dos demais. A microporosidade no substrato comercial (SC) foi estatisticamente superior aos tratamentos com os estercos, apresentando média igual a 45,65%. De acordo com Fermino e Kämpf (2006), à medida que aumenta a proporção de microporos, diminui-se o espaço de aeração e aumenta-se a retenção de água e nutrientes. Assim, o tratamento com substrato comercial apresentou maior capacidade de retenção de água e nutrientes que os substratos formulados com os estercos.

A porosidade é muito importante para o crescimento das mudas, visto que a elevada formação de raízes exige um alto fornecimento de oxigênio e uma rápida saída do gás carbônico formado, assim o substrato deve ser suficientemente poroso, para permitir trocas gasosas eficientes, evitando falta de ar para a respiração das raízes e para a atividade dos microrganismos no meio (KÄMPF, 2005).

O fato dos tratamentos com os estercos serem constituídos por 40, 50 e 60% de terra de subsolo e uma quantidade fixa de 25% de substrato comercial, proporcionou a estes substratos atributos físicos semelhantes entre os tratamentos. Para Valeri e Corradini (2000), as características físicas adequadas para substratos para produção de mudas florestais devem apresentar densidade aparente, porosidade total, macroporosidade e microporosidade entre 0,45-0,55 g.cm⁻³, 75-85%, 35-45% e 45-55%, respectiva-

mente. Assim, apenas o tratamento com substrato comercial se enquadrando dentro da classificação considerada ideal pelos autores.

Atributos Químicos

Os valores de pH, teores disponíveis de macronutrientes, alumínio trocável, acidez trocável, capacidade de troca de cátions, soma de bases, saturação por bases e saturação por alumínio dos substratos formulados com esterco de origem animal são apresentados na Tabela 3.

O pH obtido nos tratamentos com os esterco variou entre 6,1 a 7,2. Os maiores valores foram obtidos nos tratamentos com esterco bovino e os menores com cama de frango. Como o pH da terra de subsolo utilizada pode ser considerada alto (SOUZA *et al.*, 2007), os resíduos orgânicos pouco contribuíram para variação do pH dos substratos formados. No entanto, os tratamentos formulados com os esterco de origem animal apresentaram maiores médias que o tratamento com substrato comercial cujo valor de pH foi igual 4,6. Substratos com pH abaixo de 5,0 podem provocar deficiências de macronutrientes, enquanto que em pH acima de 6,5 são esperados deficiências de P, Fe, Mn, Zn e Cu (MEURER, 2007; WENDLING *et al.*, 2006). Possivelmente, os altos valores de pH dos tratamentos com os esterco foi influenciado pelos teores de sódio nestes substratos. De acordo com Malavolta (2006),

o sódio presente no meio é adsorvido fracamente às partículas do solo, e na presença de água, forma uma base (NaOH) forte que se dissocia com facilidade, elevando o pH.

Os teores de fósforo dos substratos variaram de 76 a 897 mg dm⁻³, sendo o maior valor encontrado no tratamento C7 (40%TS + 35%EC) e o menor no tratamento B3 (60%TS + 15%EB). De acordo com Valeri e Corradini (2000), os níveis de fósforo disponíveis nos tratamentos formulados com esterco bovino (B1, B2 e B3) podem ser classificados como "baixo", os tratamentos com 25 ou 35% de esterco de codorna ou cama de frango (F4, F5, C7 e C8) como "alto". O fósforo é particularmente importante na transferência de energia nas plantas, e por isso, sua deficiência pode ocasionar uma acentuada redução no crescimento das mesmas (ARAÚJO; MACHADO, 2006).

Para potássio, os tratamentos apresentaram valores entre 399 a 1590 mg dm⁻³, sendo o esterco bovino o material que proporcionou maior disponibilidade de potássio nos substratos. Os níveis de potássio disponíveis, para todos os tratamentos, podem ser classificados como "altos" (VALERI; CORRADINI, 2000). O potássio é essencial para o crescimento e desenvolvimento vegetal, no entanto uma concentração em excesso do nutriente pode ocasionar salinidade afetando o crescimento das plantas (MEURER, 2006).

Tabela 3. Teores disponíveis de macronutrientes, pH, alumínio trocável (Al), acidez trocável (H+Al), capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) dos substratos formulados com esterco de origem animal.

Table 3. Available levels of macronutrients, pH, exchangeable aluminum (Al), exchangeable acidity (H+Al), cation exchange capacity (CTC), bases sum (SB), base saturation (V) and aluminum saturation (m) of substrates formulated with animal manures.

Tratamentos ¹	pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC	SB	V	m
		mg dm ⁻³			cmolc dm ⁻³							
B1	7,1	157	1590	80	5,6	4,5	0,0	1,3	15,9	14,5	91,6	0,0
B2	6,9	86	1255	65	5,2	3,0	0,0	1,0	12,7	11,7	92,1	0,0
B3	7,2	76	739	32	5,4	2,9	0,0	0,7	11,1	10,3	93,2	0,0
F4	6,1	589	838	70	5,3	6,4	0,0	6,3	20,4	14,1	69,0	0,0
F5	6,5	592	694	60	5,7	5,6	0,0	3,0	16,3	13,3	81,6	0,0
F6	6,4	286	491	40	5,6	4,6	0,0	4,2	15,9	11,7	73,3	0,0
C7	6,9	897	1180	180	5,5	4,8	0,0	3,2	17,4	14,1	81,3	0,0
C8	6,7	619	862	119	5,1	6,2	0,0	2,5	16,5	14,0	84,9	0,0
C9	6,5	371	546	72	4,8	2,7	0,0	3,5	12,8	9,3	72,6	0,0
SC	4,6	337	399	15	10,2	6,6	0,3	10,3	28,2	17,9	63,4	1,6
TS	6,9	17	21	5	2,9	1,0	0,0	0,7	4,72	4,0	84,1	0,0
EB	8,3	532	4825	205	5,1	5,4	0,0	0,0	23,8	23,8	100	0,0
CF	6,3	2847	785	90	5,4	8,2	0,0	12,8	28,8	15,9	55,4	0,0
EC	7,6	2525	3585	545	3,7	6,2	0,0	3,3	24,7	21,4	86,5	0,0

¹TS (terra de subsolo), EB (esterco bovino), CF (cama de frango), EC (esterco de codorna), SC (substrato comercial): B1 - 40% TS + 35% EB + 25% SC, B2 - 50% TS + 25% EB + 25% SC, B3 - 60% TS + 15% EB + 25% SC, F4 - 40% TS + 35% CF + 25% SC, F5 - 50% TS + 25% CF + 25% SC, F6 - 60% TS + 15% CF + 25% SC, C7 - 40% TS + 35% EC + 25% SC, C8 - 50% TS + 25% EC + 25% SC, C9 - 60% TS + 15% EC + 25% SC.

O uso de esterco de origem animal provavelmente proporcionou aumento na salinidade dos substratos. À medida que aumentou a quantidade dos esterco obteve-se aumento dos teores de Na, sendo mais evidente nos tratamentos com esterco de codorna. Viana *et al.* (2001) enfatiza que a salinização provoca desequilíbrio nutricional, uma vez que o excesso de sais (sódio e cloro) na solução do solo levam à um distúrbio na absorção de nutrientes, (alterando as concentrações de nutrientes). Assim, o esterco de codorna na composição do substrato pode causar salinidade no mesmo, podendo ocasionar perda de crescimento na muda.

Os níveis de cálcio disponíveis mantiveram-se semelhantes nos tratamentos com esterco bovino e cama de frango, enquanto que o esterco de codorna proporcionou maior disponibilidade deste nutriente no substrato. Os teores disponíveis de magnésio aumentaram com a maior proporção de esterco bovino e cama de frango no substrato, ao passo que a disponibilidade deste nutriente não foi linear para o esterco de codorna. Como mencionado, o uso de esterco de animais como componente de substrato, proporcionou aumento dos teores disponíveis de cálcio e magnésio, mostrando a importância destes materiais para o fornecimento de nutrientes essenciais para as plantas, uma vez que cálcio e magnésio exercem funções estruturais e de regulação enzimática na planta (MALAVOLTA, 2006).

Para a acidez trocável, seguindo classificação de Alvarez V. *et al.* (1999), o substrato comercial pode ser classificado como “muito alta”, o tratamento F4 (40%TS + 35%CF) como “alta”, e para os demais tratamentos como “média”. A CTC pode ser considerada “média” para quase todos os tratamentos, segundo Valeri e Corradini (2000), que aceitam essa classificação quando os valores de CTC permanecem entre 10-20 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Somente o tratamento F4 (40%TS + 35%CF), cuja CTC foi de 20,4 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, deve ser classificado com “alta”.

Os teores totais de macronutrientes, micronutrientes, matéria orgânica e a relação C/N dos substratos formulados com os resíduos de animais são encontrados na Tabela 4.

Os teores totais de nitrogênio dos tratamentos formulados com os esterco ficaram abaixo do tratamento com substrato comercial, com valores entre 1,8 a 3,9 g kg^{-1} , próximos aos teores encontrados por Melo *et al.* (2008), que observaram valores médios iguais a 1,1 g kg^{-1} para esterco bovino, 3,3 g kg^{-1} para esterco de codorna e 4,6 g kg^{-1} para esterco de galinha, respectivamente. Não houve variação dos teores de nitrogênio total entre os tratamentos formulados com esterco bovino (B1, B2 e B3). Entretanto, os tratamentos com cama de frango (F4, F5 e F6) e esterco de codorna (C7, C8 e C9) houve uma tendência de aumento nos teores de nitrogênio em razão do aumento da quantidade desses resíduos no substrato.

Tabela 4. Teores totais de macro e micronutrientes, matéria orgânica (MO) e relação C/N dos substratos formulados com esterco de origem animal.

Table 4. Total content of macro and micronutrients, organic matter (MO) and C/N ratio of substrates formulated made with animal manures.

Tratamentos ¹	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹					MO g kg ⁻¹	C/N
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu	B		
B1	2,1	1,1	2,2	6,1	2,6	0,07	52	32640	154	10	4	33,1	9,1
B2	1,8	0,9	1,7	7,2	3,5	0,06	47	31520	118	7	4	30,4	9,8
B3	1,8	0,9	1,4	9,3	3,4	0,06	40	32400	109	8	4	26,5	8,5
F4	3,9	3,0	1,4	6,7	2,5	0,06	110	29160	138	22	7	34,1	5,1
F5	2,5	1,6	1,4	13,0	2,2	0,06	69	34680	125	14	2	27,1	6,3
F6	2,5	1,6	1,4	4,5	1,9	0,06	66	35280	109	16	5	24,3	5,6
C7	3,2	3,0	1,8	19,1	2,3	0,07	94	33240	121	17	9	36,8	6,7
C8	2,1	2,1	1,7	14,2	2,2	0,07	79	36160	128	14	6	32,5	9,0
C9	2,5	1,3	1,3	4,9	1,3	0,07	61	37560	91	14	7	25,0	5,8
SC	8,8	1,6	1,2	8,3	4,1	0,06	44	9200	199	10	14	145,9	9,6
TS	0,4	0,5	0,8	11,4	2,2	0,06	39	37880	83	11	9	7,0	10,2
EB	4,6	1,6	4,5	12,7	5,1	0,05	68	12560	216	11	10	84,0	10,6
CF	7,7	4,6	2,4	14,2	5,7	0,06	256	7600	259	40	18	81,0	6,1
EC	7,7	4,8	4,3	35,7	4,8	0,09	219	9720	197	25	17	107,7	8,1

¹TS (terra de subsolo), EB (esterco bovino), CF (cama de frango), EC (esterco de codorna), SC (substrato comercial): B1 - 40% TS + 35% EB + 25% SC, B2 - 50% TS + 25% EB + 25% SC, B3 - 60% TS + 15% EB + 25% SC, F4 - 40% TS + 35% CF + 25% SC, F5 - 50% TS + 25% CF + 25% SC, F6 - 60% TS + 15% CF + 25% SC, C7 - 40% TS + 35% EC + 25% SC, C8 - 50% TS + 25% EC + 25% SC, C9 - 60% TS + 15% EC + 25% SC.

Os tratamentos com os esterco apresentaram teores totais de fósforo entre 0,9 a 3,0 g kg⁻¹, sendo o maior teor para os tratamentos F4 (40%TS + 35%CF) e C7 (40%TS + 35%EC), evidenciando a importância da cama de frango e do esterco de codorna para o fornecimento deste nutriente. Lucena *et al.* (2007) encontraram teores totais de fósforo de 1,5 g kg⁻¹ para esterco de frango e de 0,6 g kg⁻¹ para esterco bovino, (quando analisados puramente).

No que se refere aos teores totais de potássio, magnésio e enxofre, os mesmos permaneceram semelhantes entre os tratamentos. Fato esse que não ocorreu para o cálcio, este apresentou teores entre 4,5 a 19,1 g kg⁻¹, sendo os tratamentos com esterco de codorna (C7, C8 e C9) os valores mais expressivos. Os teores de zinco, manganês, cobre e boro foram mais expressivos quando os esterco se apresentaram em maiores proporções nos substratos, confirmando a importância desses materiais para o fornecimento de alguns micronutrientes.

A matéria orgânica nos substratos formulados com resíduos de animais apresentou valores entre 24,3 a 36,8 g.kg⁻¹. Foi observado que com o aumento da proporção desses materiais no substrato ocorreu uma elevação dos níveis matéria orgânica do mesmo. A matéria orgânica é fonte de nutrientes para as plantas, principalmente de nitrogênio, enxofre e fósforo, quando esta é mineralizada pelos microrganismos (MEURER, 2007).

A relação C/N dos tratamentos variou de 5,1 a 9,8, o que reflete uma rápida decomposição do material, liberando rapidamente o nitrogênio incorporado nos resíduos (CANTARELLA, 2007).

Analisando esterco puros, Melo *et al.* (2008), encontraram em esterco bovino, de frango e de codorna teores de matéria orgânica de 255, 453 e 466 g kg⁻¹, respectivamente. Os mesmos autores observaram que a relação C/N desses resíduos variou de 4 a 11, sendo o maior valor para o esterco bovino, devido à menor quantidade de nitrogênio presente no esterco bovino.

Levando em consideração os teores de matéria orgânica no esterco bovino, esterco de codorna e cama de frango puros do presente estudo, observa-se que não houve semelhança com os resultados obtidos por Melo *et al.* (2008). Essa diferença nos resultados pode ser em função no processo de compostagem, processo de estabilização biológica e alimentação dos animais geradores destes resíduos. Contudo, os valores da relação C/N obtidos neste estudo foram semelhantes aos obtidos pelo autor acima.

CONCLUSÕES

O uso dos esterco de origem animal proporcionou melhoria nos atributos químicos dos substratos. Houve incremento nos teores totais e disponíveis de nutrientes e aumento na capacidade de troca de cátions, soma de bases e saturação por bases à medida que se aumentou a proporção dos esterco nos substratos.

O acréscimo na proporção dos esterco de origem animal nos tratamentos proporcionou aumento na macroporosidade dos substratos. A cama de frango proporcionou diminuição da densidade aparente do substrato.

Para comprovar a potencialidade dos substratos formulados com esterco de origem animal, recomenda-se testar mudas florestais como indicadores biológicos.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V.,V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T. G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ed. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.25-32.
- ARAÚJO, A.P.; MACHADO, C.T.T. Fósforo. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.253-280.
- BLAISE, D.; SINGH, J.V.; BONDE, A.N.; TEKALE, K. U; MAYEE, C.D. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fibre quality and nutrient balance of rainfed cotton (*Gossypium hirsutum*). **Bioresource Technology**, Essex, v.96, n.3, p.345-349, 2005.
- CALDEIRA, M.V.W.; WENDLING, I.; PENCHEL, R.M.; GONÇALVES, E.O.; KRATZ, D.; TRAZZI, P.A. Principais tipos e componentes de substratos para produção de mudas de espécies florestais. In: CALDEIRA, M.V.W.; GARCIA, G.O.; GONÇALVES, E.O.; ARANTES, M.D.C; FIEDLER, N.C. (Ed). **Contexto e perspectivas da área florestal no Brasil**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011a. v.1, p.51-100.
- CALDEIRA, M.V.W.; WENDLING, I.; PENCHEL, R.M.; GONÇALVES, E.O.; KRATZ, D.; TRAZZI, P.A. Propriedades de substratos para produção de mudas florestais. In: CALDEIRA, M.V.W.; GARCIA, G.O.; GONÇALVES, E.O.; ARANTES, M.D.C; FIEDLER, N.C. (Ed) **Contexto e perspectivas da área florestal no Brasil**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011b. v.1, p.142-160.

- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p.375-470.
- CARNEIRO, J.G.A. **Produção e Controle de Qualidade de Mudas Florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEE, 1995. 451p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Embrapa informação Tecnológica. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2009. 627p.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. ; SANTOS, A.B. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 294p.
- FERMINO, M.H.; KÄMPF, A.N. Impedância mecânica de substratos para plantas submetidos a diferentes tensões hídricas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.12, p.25-30, 2006.
- GOMES, J.M.; PAIVA, H.N. **Viveiros florestais (propagação sexuada)**. Viçosa: Editora UFV, 2004. (Caderno didático, 72).
- KÄMPF, A.N. Substrato. IN: _____. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2ed. Guaíba: Agrolivros, 2005. p. 45-72.
- LUCENA, A.M.A.; CHAVES, L.H.G.; GUERRA, H.O.C. Desenvolvimento de mudas de cássia e tamboril em diferentes composições de substratos. **Revista Verde**, Mossoró, v.2, n.1, p.78-84, 2007.
- MAIA, A.R.; LOPES, J.C.; TEIXEIRA, C.O. Efeito do envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.3, p.678-684, 2007.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638p.
- MELO, L.C.A.; SILVA, C.A.; DIAS, B.O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.101-110, 2008.
- MEURER, E.J. Fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 65-90.
- MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição mineral de Plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.281-298.
- 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.
- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p.205-274.
- TRIGUEIRO, R.M.; GUERRINI, I. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.64, p150-162, 2003.
- VALERI, S.V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.168-190
- VIANA, A.P.; BRUCKNER, C.H.; MARTINEZ, H.E.P.; HUAMAN, C.A.M.; MOSQUIM, P.R. Teores de Na, K, Mg e Ca em porta-enxertos de videira em solução salina. **Scientia agricola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.187-191, 2001.
- WEINÄRTNER, M.A.; ALDRIGHI, C.F.S.; MEDEIROS, C.A.B. **Adubação Orgânica**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006
- WENDLING, I., GATTO, A. **Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002.
- WENDLING, I.; DUTRA, L.F.; GROSSI, F. **Produção de mudas de espécies lenhosas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. (Embrapa Florestas Documentos, 130).

Recebido em 29/09/2011

Aceito para publicação em 04/09/2012