

Atributos químicos de um solo degradado após aplicação de composto orgânico e crescimento de *Mabea fistulifera* Mart.

Chemical attributes recovery of a degraded soil using pulp manufacture organic compound and planting *Mabea fistulifera* Mart.

Rômulo Guimarães Giácomo^I, Marlene Cristina Alves^{II}, Otton Garcia de Arruda^{III}, Sebastião Nilce Souto^{IV}, Marcos Gervasio Pereira^V, Mário Luiz Teixeira de Moraes^{VI}

Resumo

Com a produção de papel e celulose, as indústrias deste setor têm gerado diariamente grandes quantidades de resíduos sólidos e efluentes, constituindo-se em grande preocupação ambiental e econômica. Tendo como objetivo pesquisar possibilidades do uso destes subprodutos de forma sustentável, neste estudo foi testada a eficácia de um composto orgânico advindo de resíduos da extração da celulose, na recuperação de atributos químicos de um solo degradado e avaliar o desenvolvimento de *Mabea fistulifera* Mart. O experimento foi instalado em uma área remanescente da construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria - MS, em 2010, seguindo um delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, com 6 tratamentos: SI – área sem intervenção; D₀ – sem adubação; D_{AM} – adubação mineral de acordo com a necessidade da cultura; D₁₀ – adubação com composto de acordo com a necessidade da cultura; D₁₅ e D₂₀ – 15 Mg ha⁻¹ e 20 Mg ha⁻¹ do composto, respectivamente. Os atributos químicos do solo foram avaliados 12 meses após o plantio, em quatro camadas (0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m) e o crescimento inicial das espécies, trimestralmente até o período de 15 meses. Os resultados foram analisados efetuando-se a análise de variância dos dados e o teste de Scott-Knott, para comparação de médias e regressão entre as diferentes doses de composto a 5% de significância. Conclui-se que a dose de 20 Mg ha⁻¹ foi a mais eficaz para melhorar a qualidade química do solo, até a camada de 0,20 m. Porém, foi observada uma elevação acentuada nos valores de pH no tratamento D₂₀ nas camadas 0,0-0,05, 0,05-0,10 m, o que pode ter influenciando negativamente no desenvolvimento da espécie arbórea.

Palavras-chave: Resíduos da extração de celulose; Área degradada; Qualidade do solo

Abstract

With the production of pulp and paper, industries have daily generated large quantities of solid waste and effluent, constituting a major environmental and economic concern. With the objective of addressing the possibility of using these products in a sustainable way, the aims of this work were to test the effectiveness of an organic compound waste arising from the extraction of cellulose, to consider the recovery of chemical attributes of degraded soil, and to assess the development of *Mabea fistulifera* Mart. The experiment was installed in an area of the Single Island Power Plant construction located in Selvíria-MS in 2010, following randomized complete blocks with split plots, using six treatments: SI—without intervention; D₀—without fertilization; D_{AM}—mineral fertilizer according to crop need; D₁₀—composted manure according to crop need; and D₁₅ and D₂₀—15 Mg ha⁻¹ and 20 Mg ha⁻¹ of the compound, respectively. The soil's chemical properties were studied 12 months after planting in four layers (at 0.00–0.05, 0.05–0.10, 0.10–0.20, and 0.20–0.40 m), along with the development of species, and at three-monthly intervals for a period of 15 months. The results were analyzed by performing analysis of variance, Scott-Knott test for comparison of means, and regression between the different doses of compound at five percent significance level. We conclude that a dose of 20 Mg ha⁻¹ was more effective in improving the chemical quality of the soil in the 0.20 m layer. However, we observed a sharp increase in pH in the D₂₀ treatment in the 0.0–0.05 and 0.05–0.10 m layers, which can have negative influence on the development of tree species.

Keywords: Pulp extraction waste; Degraded area; Soil quality

^I Engenheiro Florestal, Dr., Engenheiro Florestal da Companhia Municipal de Limpeza Urbana – COMLURB, Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, Rua Afonso Cavalcanti, 455, Cidade Nova, CEP 20211-110, Rio de Janeiro (RJ), Brasil. romuloflorestal@gmail.com

^{II} Engenheira Agrônoma, Dra., Professora do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Av. Brasil, 56, Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira (SP), Brasil. mcalves@agr.feis.unesp.br (ORCID: 0000-0002-5903-6046).

^{III} Engenheiro Agrônomo, MSc., Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Av. Brasil, 56, Centro, CEP:15385-000, Ilha Solteira (SP), Brasil. otton.garcia@gmail.com

^{IV} Engenheiro Agrônomo, Msc., doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho, Av. Brasil, 56, Centro, CEP 15385-000, Ilha Solteira (SP), Brasil. sebastiaosouto@ibest.com.br

^V Engenheiro Agrônomo e Doutor em Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465 Seropédica, CEP 23851-970, Rio de Janeiro (RJ), Brasil. gervasio@ufrj.br

^{VI} Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor Titular, Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia, Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho, Av. Brasil, 56, Centro, CEP:15385-000, Ilha Solteira (SP), Brasil. teixeira@agr.feis.unesp.br (ORCID: 0000-0002-1076-9812)



Introdução

A partir da década de 60, com a crescente demanda de energia elétrica, grandes investimentos foram direcionados ao setor energético, redundando em um aumento de construções de usinas hidroelétricas. Apesar de estas produzirem a chamada energia limpa, as obras causaram grandes impactos nas áreas circunvizinhas, tendo sido requeridas, para a construção, grandes volumes de solo, principalmente para fundação e terraplanagem da barragem, ocasionando a degradação de extensas áreas (COLODRO, 2005). Como consequência, os solos destas áreas encontram-se em geral muito compactados com elevados valores de densidade do solo, baixas taxas de infiltração e capacidade de armazenamento de água, deficientes em oxigênio, apresentando alta resistência à penetração de raízes e com reduzidos teores de matéria orgânica (MOREIRA, 2004). Uma das maneiras de se buscar a recuperação destes solos seria pela adição de matéria orgânica e nutrientes e o plantio de espécies arbóreas.

Nos processos industriais que envolvem a madeira, usualmente, geram-se resíduos com alto percentual de matéria orgânica. As fábricas de papel e celulose geram em torno de 48 Mg de resíduos para cada 100 Mg de celulose produzida e se deparam com problemas de ordem ambiental para a destinação desses resíduos (BELLOTE *et al.*, 1998). Em geral, há dois tipos de resíduos de celulose. O lodo primário, que é formado por fibras de resíduos de madeira, possui alto nível de carbono e baixo nível de nutrientes, agindo como um consumidor de nitrogênio em potencial e o lodo secundário, que é rico em biomassa microbiana, que libera nutrientes para o solo durante a sua decomposição (HARRISON *et al.*, 2003). Porém, estes resíduos possuem alta relação C/N necessitando que ocorra sua completa decomposição para serem utilizados no solo como fertilizante orgânico (BELLOTE *et al.*, 1998). Dessa forma, a utilização de compostos provenientes de resíduos da extração da celulose pode ser uma alternativa em potencial.

O uso de espécies florestais na recuperação de áreas degradadas tem efeito catalisador na recuperação dessas áreas. Entre as principais funções da cobertura vegetal com espécies arbóreas destacam-se: proteção do solo aos agentes climáticos, manutenção e a adição de matéria orgânica no solo, mobilização e a reciclagem de nutrientes e favorecimento da atividade biológica do solo (PERIN, 2001; DUDA *et al.*, 2003). *Mabea fistulifera* Mart. é uma árvore com altura variando de 4 a 8 metros, decídua, pioneira, característica de vegetação secundária de terrenos arenosos, principalmente do cerrado e de sua transição para a floresta semidecídua (LORENZI, 2002). As características vegetativas da *Mabea fistulifera* permitem ocupar locais extremamente inóspitos, aliados a sua grande produção de néctar e pólen que funcionam como atrativos de um grande número de animais envolvidos em sua polinização. Estas características aparentemente tornam esta espécie potencialmente apta para ser utilizada na recuperação de áreas degradadas, tendo o papel de não somente melhorar as condições físicas e químicas do solo e as condições microclimáticas da área, mas também de permitir a recolonização da área por várias espécies animais que seriam dispersores potenciais de outras espécies vegetais para a área em recuperação (LEAL FILHO; BORGES, 1992).

Tendo como objetivo pesquisar possibilidades de uso de compostos orgânicos de forma sustentável, o objetivo desse trabalho foi testar a eficácia de um composto orgânico advindo de resíduos da extração da celulose na recuperação de atributos químicos de um solo degradado e avaliar o desenvolvimento de *Mabea fistulifera* Mart.

Material e métodos

O experimento foi implantado em uma área da qual foi retirada uma camada de solo com espessura média de 8,60 m para utilização na terraplanagem e fundação da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira - SP, a qual teve sua construção iniciada na década de 1960. O substrato da área de estudo está exposto desde 1969. Mesmo após a retirada dessa espessa camada de solo, este apresenta horizonte B remanescente, sobre o qual o experimento foi instalado. A vegetação nativa da área de estudo era o Cerrado.

A área localizada no município de Selvíria - MS, à margem direita do rio Paraná, encontra-se entre as coordenadas geográficas de 51°22' de longitude oeste de Greenwich e 20°22' de latitude sul, a 327 m de altitude. Apresenta médias anuais de precipitação pluvial de 1.370 mm; temperatura de 23, °C; e umidade relativa do ar entre 70 e 80 %. O tipo climático, segundo Köppen, é Aw (clima tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno). O período chuvoso se estende de outubro a março; os meses de dezembro, janeiro e fevereiro constituem o trimestre mais chuvoso e os meses de junho, julho e agosto (média de 27 mm), o trimestre mais seco. O relevo é suave a plano e o solo na sua condição original era um Latossolo Vermelho Distrófico, de acordo com a nomenclatura atual da EMBRAPA (2013), sendo que o mesmo foi classificado como muito profundo, textura média (200-350 g kg⁻¹ de argila), e a fração argila constituída por gibbsita e caulinita (DEMATTE, 1980).

O experimento foi realizado seguindo um delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, utilizando-se quatro repetições. A espécie arbórea cultivada foi a *Mabea fistulifera* Mart. (canudo-de-pito). Os tratamentos estudados foram: área sem intervenção (SI); sem adubação (D₀); adubação mineral de acordo com a necessidade da cultura (D_{AM}); adubação com composto de acordo com a necessidade da cultura (10 Mg ha⁻¹ - D₁₀); 15 e 20 Mg ha⁻¹ do composto (D₁₅ e D₂₀, respectivamente).

Para descompactação mecânica do solo foram realizadas, em dezembro de 2009, subsolagens cruzadas na profundidade de 0,40 m e gradagem leve (Figura 1). Em fevereiro de 2010, o composto foi distribuído manualmente ao longo de cada parcela e incorporado em área total com aração profunda. Além da subsolagem cruzada em área total, utilizou-se um subsolador com uma única haste de 0,50 m na linha de plantio.

O composto orgânico foi cedido pela Central de Compostagem do Grupo Ambitec, na O

Figura 1 – Momento da operação de subsolagem cruzada (A) e área após a gradagem leve (B), realizadas na área em dezembro de 2009, Selvíria - MS.

Figure 1 – Subsoiling (A) and the area after the light harrow (B), in December 2009, Selvíria - MS.



Fonte: Autores (2009)

Devido às poucas informações técnicas sobre as necessidades nutricionais de *Mabea fistulifera* utilizou-se a recomendação de adubação mineral utilizada pelo viveiro de mudas nativas da Companhia Energética de São Paulo (CESP), localizado na unidade Jupiá, fornecendo 100g da fórmula 8-28-16 por planta (166,70 kg ha⁻¹) e adubação de cobertura após 60 dias com, 48,8 gde ureia (81,45 kg ha⁻¹) e 16,70 g de KCl por planta (27,80 kg ha⁻¹). Devido às poucas informações

técnicas sobre as necessidades nutricionais de *Mabea fstulifera* utilizou-se a recomendação de adubação mineral utilizada pelo viveiro de mudas nativas da Companhia Energética de São Paulo (CESP), localizado na unidade Jupiá, fornecendo 100 g da fórmula 8-28-16 por planta (166,70 kg ha⁻¹) e adubação de cobertura após 60 dias com, 48,8 g de ureia (81,45 kg ha⁻¹) e 16,70 g de KCl por planta (27,80 kg ha⁻¹).

O composto orgânico foi cedido pela Central de Compostagem do Grupo Ambitec, na Unidade da International Paper em Mogi Guaçu - SP. Era constituído por uma mistura de dregs, grits, lama cal, cinzas e outros resíduos gerados ao longo do processo industrial de extração da celulose e passou por um processo de compostagem por 30 dias, exposto em leiras ao ar livre e com revolvimento mecânico periódico. A adubação com o composto orgânico foi calculada mediante a análise química do solo e do composto (Tabelas 1 e 2). Portanto, 10 toneladas do resíduo contêm 63 kg de nitrogênio (Tabela 2), 54,96 kg de P₂O₅ e 71,41 kg de K₂O desta forma estipulou-se então as doses de 10, 15 e 20 Mg ha⁻¹ do composto.

Tabela 1 – Teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio + alumínio (H+Al), alumínio (Al), matéria orgânica; valores de capacidade de troca de cátions (CTC), valor V% (V), pH e densidade do solo (DS) da caracterização geral do solo antes da implantação do experimento, Selvíria - MS.

Table 1 – Phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), hydrogen and aluminum (Al + H), aluminum (Al), organic matter, the values of the cation exchange capacity (CTC), V% value (V), pH and bulk density (DS) of the general characterization of the soil prior to establishment of the experiment, Selvíria - MS.

Camada m	pH	Ca	Mg	K	Al	H + Al	CTC	P - Resina			
								mg dm ⁻³	%	g dm ⁻³	kg dm ⁻³
0,0 - 0,05	5,4	10	10	2,2	0	16	38,2	3	58	14	1,67
0,05 - 0,10	5,4	9	8	1,3	0	15	33,3	3	55	12	1,58
0,10 - 0,20	5,6	7	5	0,7	0	13	25,7	3	49	8	1,65
0,20 - 0,40	6,1	6	5	0,7	0	12	23,7	3	49	5	1,70

Fonte: Autores (Ano)

A incorporação do composto foi realizada em área total no início de fevereiro de 2010, com a realização do plantio logo em seguida. O adubo mineral foi distribuído em linha no momento do plantio (Figura 2) e a adubação de cobertura foi realizada com distribuição de ureia e KCl ao redor de cada planta. Cada parcela foi constituída por 40 plantas de *Mabea fistulifera* e o espaçamento utilizado foi o de 3,0 x 1,5 (entrelinha x linha) (Figura 2A). Foram consideradas como úteis as três fileiras centrais (18 plantas), deixando as extremidades como bordadura. As mudas utilizadas foram doadas pela CESP de Três Lagoas - MS e foram produzidas em tubetes, a partir de sementes. A avaliação do crescimento das plantas foi realizada no mês de maio de 2011 (Figura 2B). Foi mensurada a altura total (ALT), com o auxílio de uma régua graduada, a diâmetro médio de copa (DC), obtida a partir da média aritmética de duas medidas da copa, com o auxílio de uma trena, e o diâmetro a altura do solo (DAS) com o auxílio de um paquímetro digital. As respectivas medidas foram tomadas de todos os vegetais presentes na área útil de cada tratamento.

Tabela 2 – Caracterização química do composto proveniente de resíduos da fabricação de celulose, utilizado na pesquisa.

Table 2 – Chemical characterization of compost from waste from pulp, used in the experiment.

Atributo químico	Unidade	Valor
pH		9,5
Relação C / N	---	29,7
C _{orgânico}		186
N		6,3
P	kg ⁻¹	2,4
K	kg ⁻¹	5,95
Ca		86,9
Mg		3,8
S		1,8
B		30,3
Cu		14,3
Fe	mg kg ⁻¹	5458
Mn	mg kg ⁻¹	845
Zn		27,9
Na		1348

Fonte: Autores (2019)

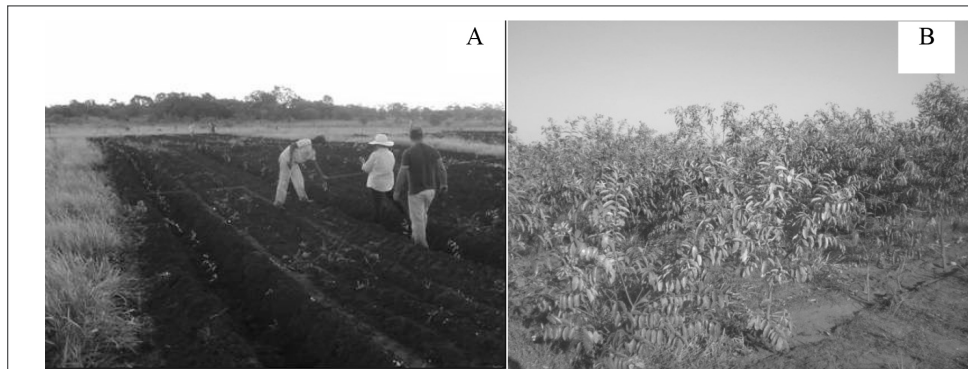
Os dados de precipitação foram obtidos da Estação Meteorológica da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, em Selvíria - MS. As normais climáticas utilizadas nesta pesquisa foram calculadas por meio da média dos dados de temperatura média e precipitação no período de janeiro de 1992 a dezembro de 2010 (Figura 3). Os valores utilizados estão disponíveis no Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, no endereço eletrônico: <http://www.agr.feis.unesp.br/clima.phpn>.

As amostras para análises dos atributos químicos do solo foram coletadas em fevereiro de 2011 (em 5 pontos ao acaso, por parcela para constituir uma amostra composta) nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. As análises químicas do solo foram realizadas de acordo com Raij *et al.* (2001).

Os dados de análise química do solo e crescimento da *Mabea fistulifera* foram analisados efetuando-se análise de variância, homogeneidade da variância e teste de Skott-Knott para as comparações das médias no nível de 5 % de probabilidade. Para os atributos químicos do solo, devido à heterogeneidade das variâncias, os dados originais foram transformados em \sqrt{x} , em que x é o valor original obtido. Foi realizada a análise de regressão entre as doses de composto considerando-se o controle como dose zero mais as doses de 10, 15 e 20 Mg ha⁻¹, no nível de 5% de probabilidade. O programa computacional utilizado para a realização das análises estatísticas foi o SISVAR (FERREIRA, 2008).

Figura 2 – Plantio de *Mabea fistulifera* (Foto A); *Mabea Fistulifera* 15 meses após o plantio (Foto B), Selvíria – MS.

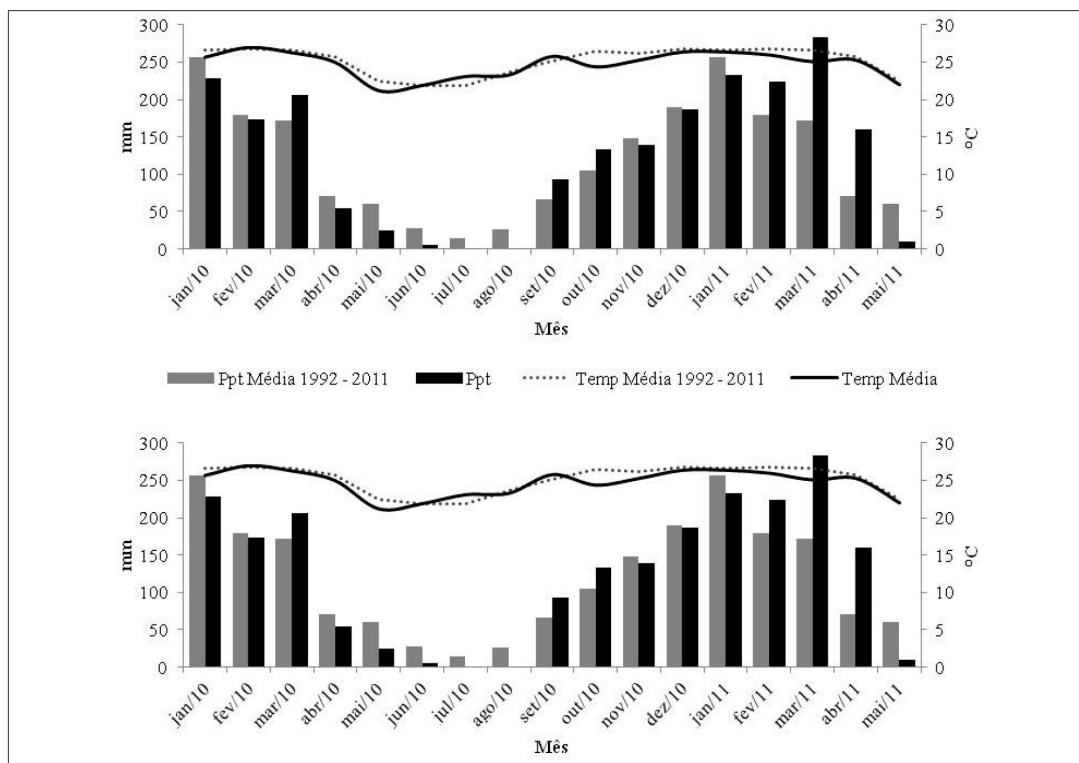
Figure 2 – Planting *Mabea fistulifera* (Photo A); *Mabea fistulifera* 15 months after planting (Photo B), Selvíria - MS.



Fonte: Autores (2011)

Figura 3 – Valores médios de temperatura e precipitação nos períodos de 01/01/1992 à 31/12/2011 e de 01/01/2010 à 31/05/2011, na Fazenda de Pesquisa e Ensino em Selvíria - MS.

Figure 3 – Mean values of temperature and precipitation during periods of 01/01/1992 to 12/31/2010, and 01/01/2010 to 05/31/2011, the Farm research and Teaching in Selvíria - MS.



Fonte: Autores (2011)

Resultados e discussão

Os teores de matéria orgânica no solo variaram de 9,8 g dm⁻³ a 17,5 g dm⁻³. Não foi verificada diferença significativa em relação ao teor de matéria orgânica entre os tratamentos nas diferentes camadas estudadas (Tabela 3). Também não foi observada, pelo teste de regressão, interação significativa entre adição de diferentes doses de composto e os teores de matéria orgânica, nas quatro camadas estudadas (Tabela 4). No tratamento SI, na camada 0,0-0,05 m, o teor de matéria orgânica foi igual a 17,5 g dm⁻³, valor 12 % maior do que a média das demais. Este fato provavelmente se deve à presença de braquiária e ao não revolvimento do solo nessa área, que contribuem para a manutenção do teor de matéria orgânica no solo. Pode-se notar, entretanto, que nas áreas em que houve revolvimento e adição de composto orgânico (D₁₀, D₁₅, D₂₀), nas camadas 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m, o teor de MO foi 15 % maior comparado aos tratamentos sem adição do composto (D₀ e D_{AM}). Resultados que não diferem estatisticamente, porém, vale salientar que se tratou de uma aplicação do composto e amostragem de solo após um ano. Os valores de matéria orgânica são próximos aos verificados por Arruda (2012). O autor estudando o uso deste mesmo composto, nas mesmas proporções, contudo, distribuídos na linha de plantio e em solo não degradado, após 12 meses do plantio de *Mabea fistulifera*, verificou teores de matéria orgânica do solo variando de 9 a 17 g dm⁻³.

Tabela 3 – Análise de solo do plantio de *Mabea fistulifera* nas profundidades de 0,0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m dos tratamentos: SI - sem intervenção; D₀ - sem adubação; D_{AM} - adubação mineral de acordo com a necessidade da cultura; D₁₀ - adubação com composto de acordo com a necessidade da cultura; D₁₅ - 15 Mg ha⁻¹ e D₂₀ - 20 Mg ha⁻¹ do composto, 12 meses após a implantação do experimento, Selvíria - MS, 2011.

Table 3 – Soil analysis of *Mabea fistulifera* planting at depths of 0.0-0.05, 0.05-0.10, 0.10-0.20 and 0.20-0.40 m of the treatments: SI - without intervention; D₀ - without fertilization; D_{AM} - mineral fertilization according to the need of the crop; D₁₀ - fertilization with compound according to the need of the crop; D₁₅ - 15 Mg ha⁻¹ and D₂₀ - 20 Mg ha⁻¹ of the compound, 12 months after implantation of the experiment, Selvíria - MS, 2011.

Trat.	Camada m	pH CaCl ₂	Ca	Mg	K	Al	H + Al	CTC	SB	P - Resina	V	MO
										mg dm ⁻³	%	g dm ⁻³
			mmol _c dm ⁻³									
SI	0,00 - 0,05	5,3 c	11,5 c	7,7 b	1,5 a	0	16,5 a	37,2 c	20,7 c	7,4 c	55,3 c	17,5 a
D ₀		5,3 c	8,0 c	7,2 b	1,3 a	0	15,5 a	32,0 c	16,5 c	5,5 c	51,1 c	13,8 a
D _{AM}		5,5 c	9,8 c	7,8 b	1,5 a	0	15,0 a	34,0 c	19,0 c	4,5 c	56,0 c	14,5 a
D ₁₀		6,7 b	35,0 b	10,5 a	1,9 a	0	11,0 b	58,4 b	47,4 b	10,7 b	79,6 b	15,2 a
D ₁₅		6,7 b	34,0 b	9,0 b	1,8 a	0	10,5 b	55,2 b	44,8 b	13,5 b	81,0 b	15,5 a
D ₂₀		7,4 a	100,0 a	12,5 a	1,5 a	0	8,8 b	123,0 a	114,0 a	32,8 a	92,4 a	15,8 a
CV%		0,64	22,07	13,3	13	----	1,14	14,89	18,79	13,76	3,03	12,24
SI	0,05 - 0,10	5,3 b	8,1 c	5,9 b	0,8 b	0	15,4 a	30,2 c	14,8 c	4,8 c	47,5 c	13,3 a
D ₀		5,4 b	8,8 c	7,3 b	0,9 b	0	14,5 a	31,4 c	16,9 c	5,0 c	53,4 b	12,3 a
D _{AM}		5,7 b	11,0 c	7,5 b	0,8 b	0	13,3 a	32,5 c	19,3 c	4,5 c	59,3 b	12,3 a

Continua...

Tabela 3 – Conclusão...

Table 3 – Conclusion...

Trat.	Camada m	pH CaCl ₂	Ca	Mg	K	Al	H + Al	CTC	SB	P - Resina	V	MO
			-----mmol _c dm ⁻³ -----							mg dm ⁻³	%	g dm ⁻³
SI	0,05 - 0,10	5,3 b	8,1 c	5,9 b	0,8 b	0	15,4 a	30,2 c	14,8 c	4,8 c	47,5 c	13,3 a
D ₁₀		7,1 a	42,5 b	9,8 a	1,5 a	0	9,5 b	63,2 b	53,7 b	12,3 b	84,4 a	14,0 a
D ₁₅		7,0 a	31,0 b	9,8 a	1,3 a	0	9,5 b	50,9 b	41,3 b	13,0 b	80,8 a	14,8 a
D ₂₀		7,5 a	64,3 a	11,0 a	1,2 a	0	8,0 b	84,5 a	76,5 a	28,3 a	89,8 a	14,3 a
CV%		2,42	3,87	13,01	14,87	----	5,54	4,18	5,2	6,97	3,48	13,1
SI	0,10 - 0,20	5,4 b	6,4 b	4,5 b	0,5 b	0	14,6 a	26,0 b	11,4 b	4,4 b	42,9 c	10,3 a
D ₀		5,8 b	7,8 b	6,8 b	0,8 b	0	13,0 a	28,3 b	15,3 b	4,0 b	53,7 b	11,3 a
D _{AM}		5,7 b	8,8 b	7,3 b	0,8 b	0	13,0 a	29,8 b	16,8 b	4,7 b	55,8 b	11,0 a
D ₁₀		6,5 a	19,8 a	11,3 a	1,0 a	0	11,0 b	43,0 a	32,0 a	5,8 b	72,9 a	11,5 a
D ₁₅		6,6 a	20,8 a	8,0 b	1,0 a	0	10,0 b	39,8 a	29,8 a	6,8 b	74,8 a	11,8 a
D ₂₀		7,0 a	23,7 a	10,3 a	1,2 a	0	9,3 b	44,4 a	35,1 a	14,3 a	78,8 a	10,5 a
CV%		4,33	8,89	7,65	24,72	----	7,73	5,67	8,19	16,85	4,83	13,03
SI	0,20 - 0,40	5,5 a	6,4 b	4,5 a	0,3 b	0	13,6 a	24,8b	11,2 b	4,1 a	44,2 a	11,8 a
D ₀		6,1 a	6,5 b	5,5 a	0,8 a	0	11,5 a	24,3 b	12,8 b	4,3 a	52,7 a	7,7 a
D _{AM}		5,5 a	8,7 a	5,3 a	0,7 a	0	13,3 a	27,8 a	14,6 b	5,0 a	52,3 a	12,3 a
D ₁₀		6,3 a	9,5 a	6,5 a	1,1 a	0	11,5 a	28,6 a	17,1 a	3,3 a	59,8 a	9,8 a
D ₁₅		6,3 a	9,3 a	6,3 a	0,8 a	0	11,3 a	27,6 a	16,3 a	4,0 a	59,1 a	10,3 a
D ₂₀		6,7 a	11,8 a	5,8 a	1,0 a	0	10,3 a	28,8 a	18,5 a	5,0 a	64,4 a	10,3 a
CV%		4,3	6,42	8,21	16,96	----	5,24	3,31	3,7	10,59	1,6	16,88

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de significância. CV (%) Coeficiente de variação entre tratamentos. Os dados foram transformados em \sqrt{x} para análise estatística.

Em relação à adição de diferentes doses de composto orgânico no solo, verificou-se que existe interação positiva entre quantidade de composto adicionado e teor de P no solo, nas três primeiras camadas. Os teores de fósforo variaram de 3,3 a 32,8 mg dm⁻³ nas camadas estudadas, sendo estes valores verificados nas camadas de 0,20-0,40 e 0,0-0,05 m para os tratamentos D₁₀ e D₂₀, respectivamente (Tabela 3). Nas camadas de 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m verificaram-se diferenças significativas entre os tratamentos. Nas camadas 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m, os menores valores foram observados nos tratamentos SI, D₀ e D_{AM} e valores intermediários nos tratamentos D₁₀ e D₁₅. Na camada 0,10-0,20 m, na dose D₂₀ foram quantificados os maiores teores de P, diferindo-se significativamente dos demais tratamentos. Para a camada de 0,20-0,40 m, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos. O modelo que melhor se adequou ao comportamento dos dados foi o linear ($y_{(0,0 - 0,05\ m)} = 0,151701x + 2,030294$, $R^2 = 83,78\ %$; $y_{(0,05 - 0,10\ m)} = 0,138416x + 2,085267$, $R^2 = 88,80\ %$; $y_{(0,10 - 0,20\ m)} = 0,074045x + 1,815615$, $R^2 = 80,44\ %$) (Tabela 4). Os teores de P no solo de forma geral estão variando de muito baixo (0 a 5 mg dm⁻³) a normais (15 a 20 mg dm⁻³) (SOUSA; LOBATO, 2004).

Os teores de potássio no solo variaram de 0,3 a 1,9 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ nas camadas de 0,20-0,40 e 0,0-0,05 m para área SI e o tratamento D₁₀, respectivamente. Na camada 0,0-0,05 m não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Nas camadas 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, os tratamentos que receberam adubação de composto apresentaram teores de K superiores aos demais. Na camada 0,20-0,40 m, o menor teor potássio foi observado no tratamento SI, já os demais tratamentos não se diferiram entre si (Tabela 3). Quando se observou a resposta deste nutriente no solo com a adição de diferentes quantidades de composto, verificou-se que houve interação significativa apenas nas camadas 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, sendo que, na camada 0,05-0,10 m, os teores de potássio ajustaram-se ao modelo quadrático ($y = -0,001724x^2 + 0,041731x + 0,935976$; $R^2 = 96,90\%$) com valor de máximo encontrado com a adição de 12 Mg ha^{-1} de composto. Já na camada 0,10-0,20 m, foi verificado um modelo linear ($y = 0,11391x + 0,853888$; $R^2 = 98,19\%$) (Tabela 4). Os teores de K no solo estão variando de baixo (inferiores a 15 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) a médio (16 a 30 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) (SOUSA; LOBATO, 2004).

Tabela 4 – Teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), hidrogênio+alumínio (H+Al), alumínio (Al), matéria orgânica (MO); valores de capacidade de trocas de cátions (CTC), valor V% (V), pH; teste F e coeficiente de variação (CV) aos 12 meses após a implantação do experimento, entre diferentes doses de composto em quatro camadas de solo. Selvíria - MS, 2011.

Table 4 – Content of phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), hydrogen and aluminum (Al+H), aluminum (Al), organic matter (OM) values the cation exchange capacity (CEC), % V value (V), pH, F test and variation coefficient (VC) 12 months after implantation, between different doses of the compound in four soil layer. Selvíria, MS, 2011.

Regressão	Camada m	pH CaCl ₂	Ca	Mg	K	Al	H + Al	CTC	SB	P mg dm ⁻³	V %	MO g dm ⁻³
Linear	1	51,38**	43,97**	6,85*	2,96 ^{ns}	----	38,42**	52,78**	63,59**	150,38**	105,77**	1,26 ^{ns}
Quadrática		0,88 ^{ns}	4,75 ^{ns}	0,00 ^{ns}	3,47 ^{ns}	----	0,52 ^{ns}	6,22 ^{ns}	3,84 ^{ns}	22,29**	4,04 ^{ns}	0,074 ^{ns}
CV%		1,56	22,17	15,92	9,57	----	3,18	15,20		17,98	3,85	12,99
Linear	2	76,80**	34,30**	6,14*	4,32*	----	41,51**	21,22**	29,67**	85,63**	114,82**	2,48 ^{ns}
Quadrática		5,74*	0,30 ^{ns}	0,05 ^{ns}	6,41*	----	1,95 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,17 ^{ns}	4,46*	13,89**	0,55 ^{ns}
CV%		2,15	4,78	15,96	17,64	----	6,32	6,35	6,50	10,48	2,44	9,94
Linear	3	10,95**	41,21**	3,44 ^{ns}	5,22*	----	3,69 ^{ns}	20,43**	29,27**	20,38**	39,08**	2,11 ^{ns}
Quadrática		0,03 ^{ns}	3,41 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,00 ^{ns}	----	0,04 ^{ns}	2,71 ^{ns}	2,94 ^{ns}	4,09	3,24 ^{ns}	1,55 ^{ns}
CV%		5,10	10,37	9,18	20,11	----	8,82	6,83	9,65	19,48	4,96	10,83
Linear	4	1,71 ^{ns}	12,57**	0,14 ^{ns}	0,64 ^{ns}	----	0,41 ^{ns}	1,21 ^{ns}	7,62*	0,60	3,30 ^{ns}	3,92 ^{ns}
Quadrática		0,24 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,12 ^{ns}	0,26 ^{ns}	----	0,24 ^{ns}	6,33 ^{ns}	0,27 ^{ns}	4,12	0,00 ^{ns}	0,59 ^{ns}
CV%		4,63	4,98	5,76	11,73	----	5,01	2,13	3,25	8,16	2,49	15,63

Em que: ^{ns}, *, **: não significativos, significativos a 5 % ($P < 0,05$) e 1 % ($P < 0,01$), respectivamente. CV(%) Coeficiente de variação entre tratamentos. Os dados foram transformados em \sqrt{x} para análise estatística. 1, 2, 3 e 4 representam as camadas 0,0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40, respectivamente.

O cálcio apresentou comportamento semelhante ao observado para o fósforo nas camadas 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m. Conforme observado com o P, o maior teor de cálcio foi verificado no

tratamento que recebeu adubação de composto orgânico na dose de 20 Mg ha⁻¹. Os tratamentos que receberam 10 e 15 Mg ha⁻¹ de composto ocuparam uma posição intermediária e os demais (sem adubação com composto) apresentaram teores de cálcio significativamente menores que estes. Na camada de 0,20-0,40 m, os tratamentos D_{AM}, D₁₀, D₁₅ e D₂₀ apresentaram teores de cálcio significativamente superiores à área SI e ao tratamento D₀ (Tabela 3).

Ao serem correlacionadas as diferentes doses com o teor desse nutriente no solo, verificou-se uma resposta linear nas quatro camadas estudadas ($y_{(0,0-0,05\text{m})} = 0,3191x + 2,4980$, R²=87,10%; $y_{(0,05-0,10\text{m})} = 0,2234x + 3,1971$, R²=82,69%; $y_{(0,10-0,20\text{m})} = 0,1052x + 2,9576$, R² = 91,36%; $y_{(0,20-0,40\text{m})} = 0,0411x + 2,5506$, R² = 92,33%) (Tabela 4). Os teores de Ca no solo estão variando de baixo (menores que 15 mmol_c dm⁻³) a alto (maiores que 70 mmol_c dm⁻³), sendo que, de forma geral, até a profundidade de 0,20 m, os tratamentos que receberam composto orgânico estão com teor de Ca na faixa adequada (15 a 70 mmol_c dm⁻³) (SOUSA; LOBATO, 2004).

Ao estudar o efeito a calagem superficial com resíduo alcalino da indústria de papel e celulose em um Cambissolo Húmico Alumínico altamente tamponado, Medeiros *et al.* (2009) encontraram resultado semelhante ao deste estudo. Os autores observaram aumento linear dos teores de Ca em função do resíduo alcalino adicionado (2,62, 5,25 e 10,5 Mg ha⁻¹). Os autores concluíram que este resultado se devia ao elevado teor de Ca que normalmente predomina nos resíduos provenientes do processo de extração da celulose.

O teor de Mg variou de 4,5 a 12,5 mmol_c dm⁻³ nas camadas 0,10-0,20 e 0,0-0,05 m no tratamento SI e no tratamento D₂₀, respectivamente. Na camada 0,0-0,05 m os maiores teores de Mg foram constatados nos tratamentos D₁₀ e D₂₀, diferindo-se significativamente dos tratamentos SI, D₀, D_{AM} e D₁₅. Na camada 0,05-0,10 m, os maiores teores de Mg foram verificados nos tratamentos que receberam o composto orgânico, diferindo-se significativamente dos demais tratamentos. Já na camada 0,10-0,20 m, os maiores teores de Mg foram verificados nos tratamentos D₁₀ e D₂₀, diferindo-se significativamente dos tratamentos SI, D₀, D_{AM} e D₁₅. Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos na camada e 0,20-0,40 m (Tabela 3). Com a adição de diferentes doses, verificou-se resposta linear nas camadas 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m ($y = 0,035212x + 2,703923$, R² = 74,51 % e $y = 0,026885x + 2,719458$, R² = 82,60 %, respectivamente) (Tabela 4). Os teores de Mg encontram-se na faixa adequada (5 a 20 mmol_c dm⁻³ e acima de 5 mmol_c dm⁻³ para camadas abaixo de 0,20 m) (SOUSA; LOBATO, 2004).

Os valores de H+Al variaram de 16,5 mmol_c dm⁻³, no tratamento SI, na camada de 0,0-0,05 a 8,0 mmol_c dm⁻³ no tratamento D₂₀, na camada 0,05-0,10 m. Nas camadas 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, verificou-se existência de diferença significativa entre os tratamentos. Foi observado que nestas três camadas a acidez potencial do solo (H+Al) apresentou padrão semelhante com maior valor nos tratamentos que não receberam composto orgânico (SI, D₀ e D_{AM}) diferindo-se significativamente daqueles que receberam o composto orgânico (D₁₀, D₁₅ e D₂₀) (Tabela 3). Nas camadas 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m, em função do aumento da dose adicionada de composto orgânico, verificou-se decréscimo dos teores de H+Al no solo obedecendo ao modelo linear ($y_{(0,0-0,05\text{m})} = -0,047198x + 3,886971$, R² = 96,26%; $y_{(0,05-0,10\text{m})} = -0,047479x + 3,727946$, R² = 91,81%) (Tabela 4). O decréscimo do teor de H + Al pode estar relacionada ao aumento do pH no solo, que disponibilizou maior quantidade de OH⁻ à solução do solo, neutralizando para do H⁺ disponível ao solo.

O pH do solo variou de 5,3 a 7,5 mmol_c dm⁻³. Na camada 0,0-0,05 m, os menores valores de pH foram significativamente menores nos tratamentos SI, D₀ e D₁₅, valores intermediários nos tratamentos D₁₀ e D₁₅ e maiores valores no tratamento D₂₀. Nas camadas (0,05-0,10 e 0,10-0,20 m) os maiores valores de pH foram verificados nos tratamentos que receberam composto orgânico (D₁₀, D₁₅ e D₂₀), diferindo-se significativamente dos demais tratamentos. Não foi observada diferença significativa entre tratamentos na camada 0,20-0,40 m (Tabela 3). Nas camadas 0,0-0,05 e 0,10-0,20 m, os dados ajustaram-se ao modelo linear ($y_{(0,0-0,05\text{m})} = 0,019644x + 2,327972$, R² = 94,88% e $y_{(0,10-0,20\text{m})} = 0,011365x + 2,413573$, R² = 97,73%) e na camada 0,05-0,10 m, o modelo que melhor explicou a variação dos dados foi o quadrático ($y_{(0,05-0,10\text{m})} = -0,000947x^2 + 0,039023x + 2,323842$, R² = 96,46%) (Tabela 4).

Em relação ao Al (acidez trocável), não foi observada a presença deste elemento no solo em nenhuma das camadas e tratamentos estudados. De acordo com Souza e Lobato (2004), o pH dos solos de cerrado pode ser classificado como adequado na faixa de 4,9 a 5,5, alto de 5,6 a 5,8 e muito alto para valores maiores 5,9. O valor de pH no solo observado nos tratamentos que receberam composto orgânico é resultado da alcalinidade de parte dos resíduos que compõem o composto aplicado ao solo (Tabela 2). A lama cal possui coloração clara e é constituída basicamente por carbonatos de cálcio (CaCO_3), enquanto o dregs possui cor acinzentada e é constituído por carbonatos, hidróxidos e sulfetos, sobretudo de Na e Ca (ALMEIDA *et al.*, 2008). Medeiros *et al.* (2009) verificaram comportamento linear no aumento do pH, em função do aumento da quantidade de corretivo celulósico aplicada, nas camadas 0,05-0,10 e 0,10-0,15 m. Os autores concluíram que o resíduo foi mais eficiente em relação ao calcário em função de possuir maior quantidade de NaOH e CaOH em sua composição. Estudando o efeito da aplicação de resíduos da indústria de papel e celulose nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo com o plantio de *Pinnus taeda*, Rodrigues (2004) também observou aumento do pH no solo em função da quantidade de resíduo celulósico aplicado.

Em um estudo desenvolvido por Bellote *et al.* (1998), os autores observaram que os resíduos da extração de celulose foram responsáveis elevação do pH com consequente aumento na disponibilidade de determinados nutrientes, notadamente fósforo e micronutrientes, e aumento da capacidade de troca de cátions dos solos. Adicionalmente, o emprego destes resíduos promoveu a melhoria dos atributos físicos como a capacidade de retenção de água e a densidade do solo. Andrade *et al.* (2003) concluíram que o *Eucalyptus dunnii* respondeu positivamente à aplicação do resíduo. Arruda (2012) observou desenvolvimento superior das plantas que receberam doses de resíduo em relação ao tratamento sem adubação. O autor também verificou que o resíduo foi tão eficiente quanto a adubação mineral empregada.

Os valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) apresentaram padrão semelhante entre os diferentes tratamentos e nas camadas 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. Para as duas variáveis, nas camadas 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m, os maiores valores de SB, CTC foram verificados no tratamento D_{20} . Este diferiu significativamente dos tratamentos D_{10} e D_{15} , que diferiram significativamente dos tratamentos SI, D_0 e D_{AM} , porém, estes últimos apresentando os menores valores das variáveis analisadas. Na camada 0,20-0,40 m, a CTC do solo foi significativamente superior nos tratamentos D_{AM} , D_{10} , D_{15} e D_{20} , quando comparados aos tratamentos SI e D_0 . Nesta mesma camada, em relação à soma das bases, verificou-se que os tratamentos que receberam adubação orgânica apresentaram valores significativamente superiores aos tratamentos SI, D_0 e D_{AM} . Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para os valores de V% (Tabela 3). Os valores de saturação por bases variaram de adequados (36 a 60%), alto (61 a 70%) e muito alto (maior ou igual a 71%) (SOUZA; LOBATO, 2004).

Na camada de 0,0-0,05 m, o maior valor de V% foi significativamente superior no tratamento D_{20} , valores intermediários nos tratamentos D_{10} e D_{15} e menores valores nos tratamentos SI, D_0 e D_{AM} . Nas camadas 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, os tratamentos que receberam composto orgânico foram significativamente superiores aos demais tratamentos. Já na camada de 0,20-0,40 m não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para o valor V % (Tabela 3). Os resultados ajustaram-se ao modelo linear nas camadas 0,0-0,05 e 0,10-0,20 m para os valores de SB, CTC e V%. Na camada 0,05-0,10 m, os dados se adequaram ao modelo linear para os valores de SB e CTC e para o V%, foi observado o quadrático. Nas demais camadas, os dados não foram significativos (Tabela 4).

Em um contexto geral, observou-se que a adição de composto orgânico foi responsável pela melhoria dos atributos químicos do solo nas camadas 0,0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, sendo mais responsiva nas duas primeiras camadas. Verificou-se que, de forma geral, os teores de nutrientes aumentaram em função da quantidade de composto adicionado ao solo (Tabela 3). Bellote *et al.* (1998) explicam que a quantidade de resíduos celulósicos adicionados está relacionada à oferta de P, K, Ca e Mg no solo. Os mesmos autores afirmam que a maior oferta

destes nutrientes pode ser atribuída ao aumento dos teores de matéria orgânica e alterações positivas na microbiologia do solo, fatores que diretamente afetam a ciclagem de nutrientes e, conseqüentemente, a disponibilidade dos mesmos às plantas.

Diferindo dos resultados observados nesse estudo, Arruda (2012), avaliando o uso deste mesmo composto, nas mesmas proporções, entretanto, distribuídos na linha de plantio e em solo não degradado, verificou que após 12 meses do plantio de *Mabea fistulifera*, não ocorreram modificações relevantes nos atributos químicos do solo entre os tratamentos D₀, D₁₀, D₁₀, D₁₅ e D₂₀, nas camadas 0,0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m. Essa resposta pode ser provavelmente atribuída ao fato do composto ter sido aplicado no sulco de plantio. Já Rodrigues (2004) verificou que a aplicação do resíduo celulósico teve efeitos positivos sobre os atributos químicos do solo, com destaque para o aumento das bases trocáveis, saturação por bases, capacidade de troca catiônica e matéria orgânica do solo. Além disso, a aplicação dos resíduos foi responsável pela redução dos níveis de alumínio no solo. Estudando o efeito de resíduos da indústria de papel e celulose na fertilidade do solo e desenvolvimento de eucalipto, Barreto (2008), também observou que após 12 meses, o solo que recebeu dregs+grits+metade da dose recomendada de adubo mineral para a cultura apresentou maior teor de Ca, valor de pH e diminuição do teor de Al trocável em relação às testemunhas (sem adubação e com apenas metade da dose recomendada de adubo mineral).

Apesar da maior quantidade de nutrientes nos tratamentos que receberam diferentes doses do composto orgânico, observa-se que paralelamente ao aumento da dose de composto aplicada ocorreu a elevação dos valores de pH (Tabela 3). Em função deste aumento de pH no tratamento D₂₀ (valores de pH variando entre 6,7 a 7,5) supõe-se que alguns nutrientes, especialmente os micronutrientes, podem estar indisponíveis para a absorção pelas plantas (RAIJ, 1991). O que também deve ser considerado com relação à absorção dos nutrientes é a relação de Ca e Mg no solo, a qual pode diminuir ou aumentar a absorção dos mesmos devido aos processos de antagonismo, de inibição competitiva ou não, e do sinergismo de alguns elementos, entre eles B, Cu, Fe, Mn e Zn (MALAVOLTA *et al.*, 1997; MOREIRA *et al.*, 2000). Por exemplo, o B, Fe, Mn e Zn com aumento do pH são afetados negativamente, pois pode haver a insolubilização dos mesmos. Para o Mn, com a diminuição da concentração hidrogeniônica, favorece a mudança de Mn trocável para Mn³⁺ e Mn⁴⁺, formas insolúveis (MOREIRA *et al.*, 2000).

Após 15 meses de plantio, verificou-se que os valores de altura das plantas (ALT), diâmetro médio de copa (DC), o diâmetro a altura do solo (DAS) e a taxa de sobrevivência (SOB) apresentavam valores variando de 147 cm a 205 cm, de 137 a 188 cm, de 22,80 a 37,15 mm e de 81,94 a 97,22 %, respectivamente. Não foram observadas diferenças significativas entre tratamentos para a altura das plantas e a taxa de sobrevivência. Para as variáveis DC e DAS, o tratamento D_{AM} foi o que apresentou as maiores médias, diferindo-se significativamente dos demais tratamentos (Tabela 5).

O desenvolvimento mais expressivo das espécies que receberam adubação mineral como fonte de nutrientes pode estar relacionado à disponibilidade imediata dos nutrientes para o vegetal. Além disso, a adubação foi realizada na linha de plantio, o que pode ter favorecido à absorção mais eficiente dos nutrientes pelos vegetais. Estudando a produção de madeira em plantios de *Eucalyptus grandis*, após a aplicação de lodo de esgoto, Silva *et al.* (2008) verificaram resposta similar à observada nesse estudo. Os autores constataram que o tratamento com fertilização mineral apresentou na mensuração inicial valores superiores aos demais tratamentos, concluindo que esse fato se devia provavelmente à imediata liberação de nutrientes fornecida pela fertilização mineral.

Entre os tratamentos que receberam o composto orgânico como fonte de nutrientes, observou-se que o tratamento D₂₀ foi menos promissor com relação aos parâmetros de ALT, DC e DAS, quando comparado com os tratamentos D₁₀ e D₁₅. Já a taxa de sobrevivência, foi mais promissora. Este fato é contraditório ao observado para a fertilidade do solo (Tabela 3), pois se verificou que a área na qual foi aplicada a maior dose do composto (D₂₀), também foram verificados

os melhores níveis de fertilidade. Não se observou, por meio da análise de regressão, correlação significativa entre a dose de composto aplicada e as variáveis ALT, DC, DAS e SOB (Tabela 5). Esse comportamento pode provavelmente ser decorrente ao elevado valor de pH encontrado neste tratamento, os nutrientes encontraram-se com menor disponibilidade à absorção pelos vegetais. Outra hipótese que pode ser levantada é que a espécie utilizada seja melhor adaptada a se desenvolver em solos mais ácidos.

Tabela 5 – Valores de Altura (ALT), diâmetro médio de copa (DC), diâmetro a altura do solo (DAS) e taxa de sobrevivência (SOB) nos tratamentos: D₀ – sem adubação; D_{AM} – adubação mineral de acordo com a necessidade da cultura; D₁₀ – adubação com composto de acordo com a necessidade da cultura; D₁₅ – 15 Mg ha⁻¹ e D₂₀ – 20 Mg ha⁻¹ do composto, 15 meses após o plantio. Selvíria - MS, 2011.

Table 5 – Height (ALT), median cup diameter (DC), diameter at ground level (DAS) and survival rate (SOB) in the treatments: D₀ - without fertilization; D_{AM} - mineral fertilizer according to the plant need; D₁₀ - composted manure according to plant need D₁₅ - 15 Mg ha⁻¹ and D₂₀ - 20 Mg ha⁻¹ of the compound, 15 months after planting. Selvíria - MS, Brazil, 2011.

Dose Mg ha ⁻¹	ALT	DC	DAS	SOB
	m		mm	%
D ₀	1,56 a	1,48 b	24,51 b	85,19 a
D _{AM}	2,05 a	1,88 a	37,15 a	84,72 a
D ₁₀	1,59 a	1,49 b	25,74 b	81,94 a
D ₁₅	1,77 a	1,57 b	27,13 b	88,89 a
D ₂₀	1,47 a	1,37 b	22,80 b	97,22 a
CV (%)	22,29	10,99	8,50	26,12
Regressão	F			
Linear	0,00 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,05 ^{ns}	2,36 ^{ns}
Quadrática	1,00 ^{ns}	0,98 ^{ns}	1,83 ^{ns}	2,01 ^{ns}
CV (%)	19,71	8,26	14,69	28,62

Letras minúsculas iguais na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott no nível de 5% de significância. CV(%) Coeficiente de variação entre tratamentos. ^{ns} interação não significativa.

Os valores de ALT, DC e DAS são próximos aos verificados por Arruda (2012) aos 15 meses de desenvolvimento do plantio de *Mabea fistulifera*. O autor quantificou valores de altura variando 2,18 a 2,59 m, diâmetro médio da copa de 2,22 a 2,52 m e 38,36 a 49,11 mm para os tratamentos D₀ e D₂₀. Diferindo do observado nesse estudo, Arruda (2012) verificou que a resposta ao desenvolvimento de *Mabea fistulifera* apresentou resposta linear em função do aumento da dose de composto empregada.

Conclusões

O composto orgânico advindo de resíduos da extração da celulose promoveu melhorias nos atributos químicos da área estudada, com destaque para os teores de P, K, Ca e os valores

de SB, CTC e V%. Porém, foi observada uma elevação acentuada nos valores de pH no tratamento D₂₀ nas camadas 0,0-0,05, 0,05-0,10 m, o que pode ter influenciando negativamente no desenvolvimento da espécie arbórea

A dose de 20 Mg ha⁻¹ foi a mais eficaz para melhorar a qualidade química do solo, até a camada de 0,20 m.

O maior crescimento de *Mabea fistulifera* Mart, após 15 meses, foi observado na área em que foi realizada a adubação mineral aplicada na linha de plantio.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Capes e a Fapesp pelas bolsas de estudos fornecidas; ao grupo Ambitec pela doação do composto orgânico; a Fibria e a CESP pela doação das mudas e a todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

Referências

- ALMEIDA, H. C. *et al.* Influência da adição de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose na lixiviação de cátions em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 32, p. 1775-1784, 2008.
- ANDRADE, G. C. *et al.* Efeitos da adubação fosfatada e da aplicação de resíduos de celulose no crescimento de *Eucalyptus dunnii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 47, p. 43-54, jul./dez. 2003.
- ARRUDA, O. G. **Uso de resíduo extraído da extração de celulose e o impacto em solo de cerrado cultivado com eucalipto e espécie arbórea nativa**. 2012. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção, Universidade Estadual “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2012.
- BARRETO, V. C. M. **Resíduos de indústria de celulose e papel na fertilidade do solo e no desenvolvimento do eucalipto**. 2008. 64 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.
- BELLOTE, A. F. J. *et al.* Resíduos da indústria da celulose em plantios florestais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, v. 37, p. 99-106, jul./dez. 1998.
- COLODRO, G. **Recuperação de solo de área de empréstimo com lodo de esgoto**. 2005. 82 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- DEMATTE, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba, 1980. 131 p. Não publicado.
- DUDA, G. P. *et al.* Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 139-147, 2003.
- EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 356 p.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.
- HARRISON, R. B. *et al.* Reciclagem de resíduos industriais e urbanos em áreas de reflorestamento. **Circular técnica IPEF**, Piracicaba, n. 198, p. 1-20, jul. 2003.
- LEAL FILHO, N.; BORGES, E. E. L. Influência da temperatura e da luz na germinação de sementes de canudo de pito (*Mabea fistulifera* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 14, n. 1, p. 57-60, 1992.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed.). Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1. 367 p.

MALAVOLTA, E. *et al.* **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba, SP : Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MEDEIROS, J. C. *et al.* Calagem superficial com resíduo alcalino da indústria de papel e celulose em um solo altamente tamponado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 33, p. 1657-1665, 2009.

MOREIRA, A. *et al.* Efeito da relação cálcio e magnésio do corretivo sobre micronutrientes na alfafa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 10, p. 2051-2056, 2000.

MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG.** 2004. 139 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual “Julio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2004.

PERIN, A. **Desempenho de leguminosas herbáceas perenes com potencial de utilização para cobertura viva e seus efeitos sobre alguns atributos físicos do solo.** 2001. 144 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2001.

RAIJ, B. V. *et al.* (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas: IAC, 2001. 285 p.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação.** São Paulo: Ceres, 1991. 343 p.

RODRIGUES, C. M. **Efeito da aplicação de resíduo da indústria de papel e celulose nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, na nutrição e biomassa do *Pinus taeda* L.** 2004. 109 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SILVA, P. H. M. da *et al.* Crescimento de *Eucalyptus grandis* tratado com diferentes doses de lodos de esgoto úmido e seco, condicionados com polímeros. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 79-88, 2008.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2. ed. Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2004. 416 p.