

Fertilidade de um solo tratado com resíduo de extração de celulose no cultivo de eucalipto⁽¹⁾.

Vinícius Leandro Leonel⁽²⁾; Marlene Cristina Alves⁽³⁾; Laura Britto Gonçalves de Oliveira⁽⁴⁾; Ligia Maria Lucas Videira⁽⁵⁾; Tatiana Nishida Mximo da Cruz⁽⁶⁾; Sebastião Nilce Souto Filho⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação Agrisus.

⁽²⁾ Estudante de graduação – Bolsista Fundação Agrisus; Universidade Estadual Paulista (FE/UNESP); Ilha Solteira, SP; vinicius.leonel@hotmail.com; ⁽³⁾ Professora titular; (FE/UNESP); Ilha Solteira, SP; mcalves@agr.feis.unesp.br; ⁽⁴⁾ Estudante; (FE/UNESP); Ilha Solteira, SP; laura.bgoliveira@gmail.com; ⁽⁵⁾ Estudante; (FE/UNESP); Ilha Solteira, SP; ligiavideira@hotmail.com; ⁽⁶⁾ Estudante; (FE/UNESP); Ilha Solteira, SP; tatiana.nishida@hotmail.com; ⁽⁷⁾ Estudante; (FE/UNESP); Ilha Solteira, SP; sebastiaosouto87@gmail.com

RESUMO: Com o crescimento das indústrias de papel e celulose, muitos resíduos têm sido gerados, resultando na necessidade de se estudar o destino destes. O objetivo desse trabalho foi analisar alguns atributos químicos do solo cultivado com *Eucalyptus urograndis*, adubado com resíduo de extração de celulose após três anos. O experimento foi conduzido na cidade de Selvíria, MS. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos estudados foram: sem adubação; adubação mineral de acordo com a necessidade da cultura; adubação com composto (a base seca) de acordo com a necessidade da cultura com 10 t ha⁻¹; 15 t ha⁻¹; e 20 t ha⁻¹. Na camada de 0-0,40 m estudaram-se os teores de: P, MO, K, Ca, Mg, H+Al, acidez, SB, CTC e V%. Para comparação de médias foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Após três anos o composto de resíduos da extração de celulose não teve efeito na fertilidade química do solo.

Termos de indexação: *Eucalyptus urograndis*, Latossolo Vermelho, plantio florestal.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das indústrias de papel e celulose tem sido muito grande no nosso país. Segundo a Associação Brasileira de Celulose e Papel (2012), no ano de 2011 foram produzidas 14 mil toneladas de celulose e 10 mil toneladas de papel. Isto tem gerado diariamente grande quantidade de resíduos sólidos e efluentes, o que têm se constituído numa grande preocupação ambiental e econômica (Rodrigues et al., 2005).

Os solos possuem características físicas, químicas e biológicas, que podem promover a depuração desses resíduos com uma boa eficiência. Entretanto, junto com a matéria orgânica, que é benéfica às plantas e ao solo, tais resíduos carregam minerais prejudiciais, tanto pela sua característica

química, como pela quantidade adicionada (Bellote et al., 1998).

Estudando os resíduos da indústria de celulose em plantios florestais Bellote et al. (1998) observaram: elevação do pH com conseqüente aumento na disponibilidade de determinados nutrientes, notadamente P e micronutrientes; aumento da CTC; incorporação de nutrientes minerais necessários às árvores; melhoria das propriedades físicas como a granulometria, a capacidade de retenção de água e a densidade do solo.

O aproveitamento do resíduo celulósico em plantios florestais tem se mostrado promissor, em vista que o composto apresenta características favoráveis aos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (Harisson et al., 2003; Rodrigues et al., 2005).

No intuito de retornar com estes subprodutos de forma sustentável à natureza, esse trabalho teve como objetivo estudar alguns atributos químicos de um solo tratado com composto orgânico produzido a partir da compostagem de resíduos da extração da celulose, após três da sua aplicação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda de Ensino e Pesquisa, da Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira (UNESP), localizada no município de Selvíria, MS. Esta se encontra entre as coordenadas geográficas de 51° 22' O e 20° 22' S, a 327 m de altitude, e apresenta médias anuais de: precipitação pluvial, 1.370 mm; temperatura, 23,5 °C; e umidade relativa do ar, entre 70 e 80 % (Demattê, 1980).

O solo foi caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico, muito profundo, de textura franco arenosa na camada de 0-0,20 m (746, 7 e 196 g kg⁻¹, de areia e argila, respectivamente) e franco argilo arenosa (679 e 262 g kg⁻¹, de areia e argila, respectivamente) na camada de 0,20-0,40 m (Arruda, 2012).

A vegetação nativa do local é típica do bioma de cerrado. A espécie implantada foi o híbrido *Eucalyptus urograndis* clone "H-17".

Tratamentos e amostragens

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições.

Os tratamentos estudados foram: T1 - sem adubação; T2 - adubação mineral de acordo com a necessidade da cultura; T3 - adubação com composto (base seca) de acordo com a necessidade da cultura com 10 t ha⁻¹ do composto; T4 - 15 t ha⁻¹ do composto; T5 - 20 t ha⁻¹ do composto.

O espaçamento utilizado foi o de 3,0 metros entre linhas e 2,0 m entre plantas, com divisores de 2,0 m entre as parcelas e 3,0 m entre os blocos. As parcelas tiveram dimensões de 18,0 m de largura por 12,0 m de comprimento. Totalizaram 180 árvores de *Eucalyptus urograndis* por bloco e 36 árvores por parcela.

O composto foi cedido pela Central de Compostagem do Grupo Ambitec, na Unidade da International Paper em Mogi Guaçu, SP. Foi realizada a análise química do composto (**Tabela 1**), antes da aplicação para que fossem formuladas as doses.

Tabela 1 – Atributos químicos do composto de resíduo da fabricação de celulose, produzida no município de Mogi Guaçu, SP.

Atributos		Unidade ⁽¹⁾
pH	9,5	-----
Umidade, a 60 - 65°C	5,9	% (m m ⁻¹)
Carbono orgânico	186	g de C kg ⁻¹
Nitrogênio Kjeldahl	6,3	g de N kg ⁻¹
Relação C/N	29,7	-----
Boro	30,3	mg de B kg ⁻¹
Cálcio	86,9	g de Ca kg ⁻¹
Cobre	14,3	mg de Cu kg ⁻¹
Enxofre	1,8	g de S kg ⁻¹
Ferro	5458	mg de Fe kg ⁻¹
Fósforo	2,4	g de P kg ⁻¹
Magnésio	3,8	g de Mg kg ⁻¹
Manganês	845	mg de Mn kg ⁻¹
Potássio	5951	mg de K kg ⁻¹
Zinco	27,9	mg de Zn kg ⁻¹
Sódio	1348	mg de Na kg ⁻¹

⁽¹⁾Resultado expresso na amostra em base seca.

Método de ensaio: Para metais: US-EPA, SW-846, método 3051, com determinação por fotômetro de chama para Na e K, para os demais metais determinação por ICP-AES; Para Nitrogênio total: método Kjeldahl; Para carbono orgânico: digestão com dicromato e determinação volumétrica; Para umidade: perda de massa a 60° C; Para pH, determinação em extrato aquoso na proporção 1:10 (resíduo: água), segundo métodos descritos por Andrade & Abreu (2006).

O composto tinha umidade média a base de massa de 0,63 kg kg⁻¹ no momento da aplicação. O composto foi 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.

Em novembro de 2009 na área, que antes da implantação do experimento era ocupada por pastagens, foi feita uma aração profunda com arado de discos para revolvimento do solo e incorporação da *Urochloa sp.* Realizou-se aplicação de 1 t ha⁻¹ de calcário dolomítico PRNT de 85%, e promoveu-se a incorporação superficial com grade leve. Em fevereiro de 2010 realizou-se uma gradagem leve superficial para incorporação de plantas daninhas e seguida pela abertura dos sulcos de plantio. Foi realizada a aplicação do composto de acordo com as doses estipuladas e adubação mineral, ao longo das parcelas, e foi feita incorporação superficial. Em seguida, foi efetuado o plantio das mudas de *E. urograndis*.

As amostras foram coletadas em fevereiro de 2013 nas camadas de solo de: 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m, amostragens em cinco pontos da parcela e feita uma amostra composta. As análises químicas do solo foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Raij & Quaggio (1983) e foram avaliados os teores de fósforo, potássio, magnésio e cálcio, pelo método de extração com resina trocadora de íons. O teor de matéria orgânica foi determinado pelo método colorimétrico e o pH, em cloreto de cálcio, acidez potencial (hidrogênio + alumínio) a pH 7,0. Foram calculadas as somas de bases (SB = Ca + Mg + K), capacidade de troca catiônica (CTC = SB + (H + Al)) e saturação por bases (V% = (100 x SB) / CTC).

Análise estatística

Foi utilizado, para comparação de médias o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a análise estatística utilizou-se o programa de análises estatísticas SISVAR (Ferreira, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa em todas as camadas de solos estudadas, para os teores de P, Ca, Mg, bem como para o pH, H+Al, SB, CTC e V% (**Tabela 2**). Para a MO na camada de 0-0,20 m também foram semelhantes os teores entre tratamentos e na camada de 0,20-0,40 m o tratamento com adubação mineral foi superior ao controle e aos tratamentos com 15 e 20 t ha⁻¹ de

composto. Resultado provável devido à variabilidade espacial do solo e/ou bioturbação.

Isso mostra que o efeito residual no solo do composto de celulose após três anos está igual para todos os tratamentos.

Arruda (2012) analisou alguns atributos químicos do solo na mesma área que o presente trabalho, após um ano de plantio, e inferiu que para a camada de 0-0,05 m, os valores de pH foram considerados baixos e muito baixos, saturação por bases de média a alta e teores de Ca e Mg altos segundo Raij et al. (1997). Os teores de P e K foram considerados baixos para plantios florestais. O autor não detectou diferenças significativas para os atributos químicos nas camadas de 0-0,05; 0,10-0,20 e de 0,20-0,40 m. Menciona o fato da aplicação do resíduo em sulco. Hipótese provável, pois na camada de 0,05-0,10 m houve diferença significativa entre os tratamentos, com aumento dos teores, de Ca, Mg, SB e CTC. Diferenças não mais verificadas após três anos, provavelmente devido à absorção pelas plantas.

Após três anos de plantio, na camada de 0-0,05 m os valores de pH variaram de 4,8 a 5,0, sendo a acidez considerada como alta (4,4 – 5,0) de acordo com Raij et al. (1997). Os teores de Mg e Ca foram classificados como altos (>8 e >7 mmol_c dm⁻³ respectivamente), já a saturação por bases variou de média (51-70 %) a baixa (26-50%), pois obtiveram-se valores de 45 a 52%.

Os teores de P e K para plantios florestais foram considerados baixos (3-5 mg dm⁻³) para P e para o K os teores variaram de 1,0 a 1,6 mmol_c dm⁻³ sendo assim classificados como médios (1,6-3,0 mmol_c dm⁻³) e baixos (0,8-1,5 mmol_c dm⁻³).

Dessa forma pode-se fazer uma comparação entre as análises de um e três anos após o plantio. Observa-se algumas alterações, tais como os valores de pH que diminuíram ao longo dos dois anos, e a saturação por bases, que antes variava de média a alta, passou a variar de média a baixa.

Segundo Dedecek et al. (2007) após 12 anos de um plantio comercial de *Eucalyptus grandis* adubado com resíduo celulósico, observou-se um pequeno efeito do mesmo sobre os teores de K e P, redução da acidez potencial, aumento do pH e teores de Ca e Mg em relação à testemunha, o que também foi observado após três anos, no presente experimento, principalmente nas camadas de 0-0,10 m.

De forma semelhante ao ocorrido nesse trabalho, Bellote et al. (1994), mostraram que tratamentos que receberam quantidades mais elevadas de resíduo celulósico, apresentaram alterações na acidez, redução nos teores de alumínio, o que proporcionou aumento nos teores de cálcio e magnésio e influenciou o aumento da saturação por

bases do solo.

O aumento da capacidade de troca catiônica é um dos benefícios proporcionados ao solo com a aplicação de resíduos da indústria de celulose e papel (Bellote et al., 1994; Rodrigues 2004).

Apesar dos efeitos benéficos observados nos tratamentos com resíduo celulósico, a qualidade química do solo é considerada baixa após três anos de cultivo.

CONCLUSÕES

O composto celulósico não teve efeito na fertilidade química do solo após três anos.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Agrisus pela concessão de Bolsa de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, J.C. de; ABREU, M.F. de. Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais. Campinas, 1:121-158, 2006.

ARRUDA, O. G. de. Uso de resíduo de extração de celulose e o impacto em solo de cerrado cultivado com eucalipto e espécie abórea nativa. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Engenharia - UNESP, Ilha Solteira, SP. 89 f., 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. Relatório estatístico 2011/2012. Disponível em: <<http://www.bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/estatisticas/rel2011.pdf>>. Acesso em 23 abr. 2013.

BELLOTE, A. F. J.; FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D.; ANDRADE, G. C.; MORO, L. Implicações ecológicas do uso de cinzas de caldeira e resíduo de celulose em plantios de *Eucalyptus grandis*. In: SEMINÁRIO SOBRE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, Botucatu, 1:167-187, 1994.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D.; FERREIRA, C. A.; ANDRADE, G. C.; Resíduos da indústria da celulose em plantios florestais. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, 37:99 – 106, 1998.

DEDECEK, R. A.; BELLOTE, A. F. J.; MENEGOL, O. Influence of residue management and soil tillage on second rotation *Eucalyptus* growth. Scientia Forestalis, Piracicaba, 74:9-17, 2007.

DEMATTÊ, J. L. I. Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira. Piracicaba, 1980. 131p. Não Publicado.

FERREIRA, D.F. SISVAR: sistema de análise de variância para dados balanceados: versão 4.0. Lavras: UFLA, 1999. (Software estatístico).

HARRISON, R. B.; GUERRINI, I. A.; HENRY, C. L.; COLE, D. W. Reciclagem de resíduos industriais e urbanos em áreas de reflorestamento. Circular técnica. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestal (IPEF), 2003, n. 198, p. 1-20.

RAIJ, B.van.; QUAGGIO, J.A. Métodos de análises de solo para fins de fertilidade. Boletim técnico 81, Campinas, 81:0-31, 1983.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e

calagem para o estado de São Paulo. Boletim técnico 100, Campinas, 100:0-285, 1997.

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.. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 109 f., 2004.

RODRIGUES, C. M.; BELLOTE, A. F. J.; DEDECEK, R. A.; GOMES, F. dos S.; Alterações na nutrição e na produtividade do *Pinus taeda* L. provocadas pela aplicação de resíduo celulósico. Boletim de pesquisa florestal, Colombo, 2005, p.131-143.

Tabela 2 - Valores médios de P, MO, pH, K, Ca, Mg, H+Al, SB, CTC e V; F calculado; coeficiente de variação (CV%) e diferença média significativa (DMS), nas camadas de solo estudadas, Selvíria, MS. Brasil, 2013.

Tratamentos	P mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB	CTC	V %
0 - 0,05 m										
Sem adubação	3 a	15 a	4,8 a	1,6 a	10 a	8 a	24 a	20,0 a	43,5 a	45 a
Adubação mineral	3 a	16 a	5,0 a	1,3 a	12 a	10 a	23 a	22,3 a	45,5 a	48 a
10 t ha ⁻¹ do composto	3 a	14 a	5,0 a	1,0 a	14 a	10 a	21 a	24,5 a	45,0 a	52 a
15 t ha ⁻¹ do composto	3 a	15 a	5,0 a	1,0 a	12 a	9 a	22 a	22,3 a	44,5 a	50 a
20 t ha ⁻¹ do composto	3 a	14 a	5,0 a	1,0 a	12 a	9 a	23 a	21,0 a	43,8 a	47 a
F	0,000	0,662	0,346	5,184	0,365	0,143	0,658	0,155	0,076	0,205
CV(%)	8,60	5,30	3,58	9,86	18,08	15,45	6,45	16,07	6,37	11,13
DMS	1,164	3,481	0,873	0,873	9,821	6,499	6,615	15,997	12,747	24,083
0,05 - 0,10 m										
Sem adubação	2 a	14 a	4,3 a	0,8 a	6 a	5 a	27 a	12,3 a	38,8 a	32 a
Adubação mineral	3 a	16 a	4,3 a	0,5 a	7 a	6 a	28 a	13,8 a	41,8 a	33 a
10 t ha ⁻¹ do composto	2 a	13 a	4,5 a	0,5 a	7 a	6 a	26 a	13,8 a	39,5 a	34 a
15 t ha ⁻¹ do composto	2 a	13 a	4,3 a	0,5 a	6 a	6 a	27 a	12,0 a	38,5 a	31 a
20 t ha ⁻¹ do composto	2 a	13 a	4,3 a	0,5 a	6 a	3 a	27 a	10,8 a	38,0 a	28 a
F	2,613	2,608	0,200	0,143	0,246	1,242	0,240	0,289	0,529	0,305
CV(%)	6,76	5,17	5,12	15,00	16,04	24,00	6,04	15,62	4,97	11,81
DMS	0,797	3,108	1,127	1,334	5,079	5,227	7,384	9,250	8,821	17,367
0,10 - 0,20 m										
Sem adubação	2 a	13 a	4,3 a	0,8 a	8 a	6 a	25 a	14,5 a	39,3 a	36 a
Adubação mineral	2 a	14 a	4,0 a	0,5 a	6 a	5 a	28 a	10,8 a	38,3 a	28 a
10 t ha ⁻¹ do composto	2 a	14 a	4,3 a	0,8 a	7 a	5 a	25 a	13,0 a	38,0 a	34 a
15 t ha ⁻¹ do composto	2 a	13 a	4,3 a	0,4 a	6 a	5 a	27 a	11,0 a	38,3 a	30 a
20 t ha ⁻¹ do composto	2 a	13 a	4,0 a	0,5 a	6 a	4 a	27 a	10,8 a	37,3 a	29 a
F	0,926	0,774	0,529	3,462	1,093	0,416	2,967	0,855	0,172	1,067
CV(%)	9,01	4,75	3,91	17,64	12,65	14,28	2,82	13,54	4,33	10,09
DMS	1,029	0,398	0,849	0,742	4,007	3,606	3,338	7,748	7,618	14,336
0,20 - 0,40 m										
Sem adubação	1 a	12 a	4,3 a	0,3 a	5 a	2 a	26 a	7,3 a	32,8 a	23 a
Adubação mineral	1 a	13 b	4,0 a	0,5 a	5 a	3 a	26 a	7,5 a	32,5 a	23 a
10 t ha ⁻¹ do composto	2 a	12 ab	4,3 a	0,8 a	5 a	3 a	24 a	8,5 a	32,0 a	26 a
15 t ha ⁻¹ do composto	1 a	11 a	4,3 a	0,3 a	5 a	3 a	27 a	8,3 a	35,0 a	24 a
20 t ha ⁻¹ do composto	2 a	11 a	4,3 a	0,3 a	4 a	2 a	25 a	6,0 a	30,5 a	20 a
F	0,360	5,485	0,231	0,857	1,842	1,811	2,089	1,345	2,625	1,020
CV(%)	12,05	2,50	4,81	27,35	6,86	13,52	3,19	10,46	2,99	8,00
DMS	1,029	1,441	1,049	1,089	1,697	1,758	3,634	3,778	4,556	8,630

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Dados transformados raiz Y+0,5. T1 = Testemunha (sem adubação); T2= Adubação mineral; T3 = 10 t ha⁻¹ do composto; T4 = 15 t ha⁻¹ do composto; T5 = 20 t ha⁻¹ do composto.