

**PRODUÇÃO DE BRAQUIARIA EM AREA DEGRADADA EM RECUPERAÇÃO
UTILIZANDO LODO DE ESGOTO E ADUBAÇÃO MINERAL**

**PRODUCTION BRACHIARIA IN DEGRADED AREA RECOVERY USING SEWAGE
SLUDGE AND MINERAL FERTILIZER**

Carolina dos Santos Batista BONINI^{1*}

Marlene Cristina ALVES¹,

Debora de Cássia MARCHINI¹,

Otton Garcia ARRUDA¹,

Alfredo BONINI NETO¹

RESUMO

O uso do solo nem sempre dá lugar a um novo sistema ecológico sustentável, seja de lavouras ou de pastagens. Com isso, solos utilizados intensamente e de forma inadequada, são levados à degradação. Técnicas que visam à recuperação de solos degradados têm sido investigadas. Neste sentido o presente trabalho teve por objetivo estudar a influência do lodo de esgoto em um Latossolo Vermelho degradado, no desenvolvimento do eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook) que está sendo cultivado há 3 anos e da braquiária (*Brachiaria decumbens*) no município de Selvíria, MS. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 4 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos foram: testemunha (sem uso do lodo de esgoto e adubação mineral); adubação mineral; 30 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto; 60 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto. Foi cultivado o eucalipto e a braquiária nas ruas de plantio. Foi avaliado o desenvolvimento do eucalipto (altura da planta e altura da 1ª bifurcação) e da braquiária (massa verde e seca). Os resultados foram analisados efetuando-se a análise de variância e teste de Tukey a 5 % de probabilidade para a comparação de médias. Houve efeitos positivos do lodo de esgoto no desenvolvimento das plantas de eucalipto e braquiária.

Palavras-chave: recuperação do solo, degradação do solo, área de empréstimo.

ABSTRACT

Land use does not always give rise to a new sustainable ecological system, whether crops or pastures. Thus, soils and intensively used improperly, are led to degradation. Techniques aimed at restoring degraded soils have been investigated. In this sense the present work was to study the influence of sewage sludge on a degraded soil in the development of eucalyptus (*Eucalyptus citriodora* Hook) being

cultivated for three years and (*Brachiaria decumbens*) in the municipality of Selvíria, MS. The experimental design was a randomized block design with 4 treatments and 4 replications. The treatments were: control (no use of sewage sludge and mineral fertilizer); mineral fertilizer; 30 Mg ha⁻¹ of sewage sludge; 60 Mg ha⁻¹ of sewage sludge. Eucalyptus and palisadegrass street planting was grown. We assessed the development of eucalyptus (plant height and height of the fork 1st) and *Brachiaria* (green and dry mass). The results were analyzed by performing analysis of variance and Tukey test at 5% probability for comparison of means. There were positive effects of sewage sludge on plant development of eucalyptus and pasture.

Key words: land reclamation, soil degradation, lending area.

INTRODUÇÃO

Devido a grande produção de resíduos pelos centros urbanos, sem locais apropriados para armazenar, fez-se necessário a sua reciclagem, possibilitando o seu reaproveitamento no uso agrícola. O emprego do lodo de esgoto como adubo orgânico, na recuperação de solos degradados, é uma alternativa mais segura para a disposição final desse resíduo e também é recomendada a sua aplicação como fertilizante e condicionador dos solos, por ser rico em matéria orgânica e nutriente.

Em áreas degradadas recomenda-se a implantação de gramíneas e leguminosas para melhor cobertura do solo e de espécies florestais para continuar o processo de recuperação. Quanto ao *Eucalyptus* desempenha papel decisivo no contrabalanço dos efeitos da devastação das florestas naturais nos países em desenvolvimento, principalmente nas regiões tropicais (EVANS, 1982).

O reflorestamento com eucalipto em áreas tratadas com lodo de esgoto é importante porque é uma atividade que não envolve produtos para consumo alimentar e, pelo fato de poder ser instalado distante de núcleos urbanos, não apresenta riscos de contaminação.

As gramíneas do gênero *Brachiaria* são usadas na forragicultura

desde a década de 1950. A braquiária é o capim mais plantado no país, sendo utilizado na cria, recria e engorda dos animais. Essa gramínea vem ocupando as áreas das pastagens nativas, que geralmente são de baixa produção (NUSSIO et al., 2000).

Estudos realizados por MACEDO & ZIMMER (1993); GIJSMAN & THOMAS (1996) constataram que o uso da braquiária proporciona melhoria na atividade biológica favorecendo a reciclagem de nutrientes, a resistência à penetração, a estabilidade dos agregados do solo, a redução na densidade do solo e conseqüentemente, a redução da compactação superficial, favorecendo a infiltração e o armazenamento da água das chuvas no perfil. Estudos feitos por SILVA & MIELNICZUK (1997) relatam que as raízes da braquiária exercem grande influência na formação e estabilidade dos agregados do solo, podendo ser usadas como plantas recuperadoras da estrutura do solo em áreas degradadas.

Este trabalho teve como objetivo estudar a influência do lodo de esgoto no desenvolvimento das plantas de eucalipto e braquiária em um Latossolo Vermelho degradado.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no município de Selvíria, MS (51° 22' de longitude oeste de Greenwich e 20° 22' de latitude sul), com altitude de 327 metros. Apresenta precipitação média anual de 1370 mm, com temperatura média anual de 23,5° C.

A vegetação nativa da região de estudo é o Cerrado e o solo original é um Latossolo Vermelho Distrófico, textura média (DEMATTE, 1980), profundo e muito intemperizado, relevo suave a plano. O local onde instalado o experimento é uma área degradada de onde foi retirada uma camada de solo de 8,60 m de espessura para utilização na terraplanagem e fundação da construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, SP.

Desta forma, quando da implantação da pesquisa (dezembro de 2002), preparou-se a área efetuando-se a limpeza superficial, subsolagem e revolvimento superficial do mesmo. Os tratos culturais foram realizados conforme a necessidade efetuando-se capina mecânica.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 4 tratamentos e 4 repetições. Os tratamentos instalados em fevereiro de 2003 foram:

T1 – Testemunha (sem aplicação de lodo de esgoto e adubo mineral);

T2 – Adubação mineral de acordo com a necessidade da cultura e a análise do solo;

T3 – 30 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto (a base seca);

T4 – 60 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto (a base seca);

Cada parcela apresentou área de 200 m² (10 m x 20 m) e o espaçamento entre blocos foi de 5 m. A cultura do eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook) foi plantada com espaçamento entre plantas de 4 m x 2

m, totalizando, portanto, 60 plantas por bloco e 120 plantas no experimento.

Para obter uma boa descompactação mecânica do solo, foram realizadas duas subsolagens cruzadas atingindo a profundidade de 0,40 m. Para a correção da acidez do solo foram aplicados 800 kg de calcário dolomítico, o mesmo foi incorporado com grade leve em toda área experimental antes da aplicação do lodo de esgoto e do plantio do eucalipto.

Nas parcelas com fertilizante mineral foram aplicadas as seguintes doses de nutrientes: 20 kg ha⁻¹ de N, 90 kg ha⁻¹ de P e 20 kg ha⁻¹ de K. Em cobertura, foram aplicados 39 kg ha⁻¹ de N e 39 kg ha⁻¹ de K, divididos em três vezes de 13,0 kg ha⁻¹ no ano.

O lodo de esgoto foi aplicado na superfície um mês antes do plantio do eucalipto e semeadura da braquiária, sendo o mesmo distribuído manualmente. Em seguida o resíduo foi incorporado com enxada rotativa a uma profundidade de 0,10 m. O lodo, depois de distribuído, permaneceu exposto por 7 dias, sob efeito da radiação solar e de temperaturas entre 35 a 40° C. O objetivo desse manejo foi reduzir o teor de N orgânico a partir da volatilização do excesso de amônia. De acordo com MELLO et al. (1983) algumas condições favorecem a volatilização da amônia: temperaturas elevadas, déficit de saturação do ar, baixo teor de água, rápida evaporação de água, baixa CTC e forma de aplicação do lodo.

Esta operação foi necessária devido às elevadas doses de lodo utilizadas (30 e 60 Mg ha⁻¹), considerando que a dose média para culturas anuais, seja de, no máximo 20 Mg ha⁻¹ para ter certo grau de segurança quanto ao impacto ambiental, desta forma reduzindo o

risco de contaminação do lençol freático. A área experimental foi cercada, para evitar a entrada de pessoas e animais.

O mesmo foi obtido da SANEAR, Saneamento de Araçatuba, localizada no município de Araçatuba, SP. Foi utilizado o lodo de esgoto obtido de efluente predominantemente doméstico, com umidade de 0,84 kg kg⁻¹. O teor de metais pesados foi baixo e para alguns elementos nulo.

Na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Araçatuba, utiliza-se o tratamento em lagoa com aeração prolongada, pela oxigenação por equipamento eletromecânico. Após a aeração, o efluente é desaguado por centrífuga do tipo Decanter. O lodo apresentou-se mais orgânico, na forma pastosa. O período de residência do lodo na lagoa foi de dois dias. Desta forma apresentou-se com carga elevada de agentes patogênicos, determinando, assim, maior cuidado no seu manuseio antes e após a incorporação no solo. Na Tabela 1 tem-se a análise química do lodo de esgoto utilizado e na Tabela 2 a análise parasitológica do mesmo.

A caracterização física e química da área experimental foi realizada em dezembro de 2002, antes da implantação do experimento e da subsolagem (Tabelas 3, 4 e 5). As amostras indeformadas (em anel volumétrico) foram coletadas em quatro locais da área experimental, nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m.

O plantio da cultura de eucalipto e a semeadura da braquiária foram efetuados em março de 2003.

Foram avaliadas as seguintes características das plantas de eucalipto: altura média e altura da primeira bifurcação, em dezembro de 2006.

Foi avaliada a produção de massas verde e seca da braquiária em dezembro de 2006 e março de 2007. Foram coletadas plantas contidas em 0,5 m², de dois pontos de cada parcela. As massas de matérias verde e seca foram avaliadas por pesagem (estufa a 60–70° C até atingir massa constante). Os dados obtidos foram representados em kg ha⁻¹.

Tabela 1. Propriedades químicas do lodo de esgoto utilizado.

M.Org.	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Umidade
g dm-3	.g			kg-1			.mg kg-1			kg kg-1		
200	71,26	18,79	15,14	11,06	3,44	7,78	16,37	160,04	960,6	115,74	583,48	0,85

Metais Pesados

Natureza do Trabalho: Ensaio na Massa Bruta

Elementos químicos	Unidade	Resultado	Limite Máximo
Arsênio	mg kg-1	Nd	1000
Berílio	mg kg-1	Nd	100
Chumbo	mg kg-1	0,97	100
Cianeto	mg kg-1	Nd	1000
Cromo Hexavalente	mg kg-1	2,0	100
Fenol	mg kg-1	Nd	10
Óleos e Graxas	mg kg-1	1,30	-
Mercúrio	mg kg-1	Nd	100
Selênio	mg kg-1	Nd	100
Vanádio	mg kg-1	Nd	1000

- ♦ Métodos de análises baseados na 20ª edição do “Standard Methods for The Examination of Water Wastewater”
 - ♦ Análises efetuadas segundo a NBR 10.004 – Resíduos Sólidos
 - ♦ nd = não detectado
- (*) – Limite para teor de chumbo: compostos orgânicos: 100 mgPb kg-1
compostos minerais: 1000 mgPb kg-1

Tabela 2. Análise parasitológica do lodo de esgoto

HELMINTO	MÉDIA		TOTAL GERAL
	Viáveis	Inviáveis	TOTAL
Ascaris sp	0,04	0,16	
Trichuris sp.		0,24	
Toxocara sp.		0,08	
Trichuroidea		0,04	
Hymenolepis diminuta		0,12	
TOTAL	0,04	0,64	0,68
% viabilidade			
Observação	Cistos de protozoários = 0,04		

Número total Ovos de Helmintos = 0,68 ovos de helmintos por grama de matéria seca.

Número de ovos viáveis = 0,04 ovos por grama de matéria seca.

Percentual de Viabilidade = 0,32 %.

Metodologia: Thomaz Soccol V., Castro EA., Paulino R.IN: SANEPAR, Manual de métodos para análises Parasitológicas em reciclagem de lodo, Curitiba, 2000, p. 27-41.

O resultado apresenta a média das análises feitas em triplicatas

Análise parasitológica do lodo de esgoto após 15 dias

HELMINTO	MÉDIA		TOTAL GERAL
	Viáveis	Inviáveis	TOTAL
Ascaris sp	0	0,04	0,04
Trichuris sp.	0	0,15	0,15
Toxocara sp.	0	0,04	0,04
Hymenolepis diminuta	0	0,12	0,12
TOTAL	0	0,35	0,35
% viabilidade	0	0	0
Observação	Cistos de protozoários = 0,04		

Número total Ovos de Helmintos = 0,35 ovos de helmintos por grama de matéria seca.

Número de ovos viáveis = 0 ovos por grama de matéria seca.

Percentual de Viabilidade = 0 %.

Metodologia: Thomaz Soccol V., Castro EA., Paulino R.IN: SANEPAR, Manual de métodos para análises Parasitológicas em reciclagem de lodo, Curitiba, 2000, p. 27-41.

O resultado apresenta a média das análises feitas em triplicatas

As características microbiológicas do lodo de esgoto, de acordo com a ETE de Araçatuba, foram:

Coliformes totais: 2,3. 108 NMP g-1 de lodo

Coliformes fecais: 1,4. 102 NMP g-1 de lodo

Pesquisa positiva para Salmonellas sp: 3,2 NMP g-1 lodo

Responsável pela análise: LABORTECHNIC tecnologia - São Paulo, SP.

Tabela 3. Valores médios de porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo degradado antes do preparo de solo, em dezembro de 2002.

Camada de solo m	Macroporosidade $\frac{3}{m^3 \cdot m^{-3}}$	Microporosidade $m^3 \cdot m^{-3}$	Porosidade total	Densidade do solo $kg \text{ dm}^{-3}$
0,00-0,05	0,08	0,23	0,31	1,70
0,05-0,10	0,09	0,24	0,33	1,68
0,10-0,20	0,08	0,25	0,33	1,68
0,20-0,40	0,07	0,24	0,31	1,80

Tabela 4. Características químicas do solo degradado antes do preparo, em dezembro de 2002.

Camada (m)	P*	M.O.	pH **	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
%	$mg \text{ dm}^{-3}$	$g \text{ dm}^{-3}$				$mmol_c$					dm^{-3}
0,00-0,05	1	5	4,5	0,6	4	2	15	1	6,6	21,6	31
0,05-0,10	1	4	4,6	0,1	4	2	15	1	6,1	21,1	29
0,10-0,20	2	3	4,7	0,1	4	2	15	1	6,1	21,1	29
0,20-0,40	2	3	4,5	0,1	3	2	15	1	5,1	20,1	25

* resina; ** em $CaCl_2$

Os dados foram analisados efetuando-se a análise de variância e teste de Tukey para as comparações de média no nível de 5 % de probabilidade. Foi usado o programa

computacional SAS (SCHLOTZHAVER & LITTELL, 1997) para a realização da análise estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliando a massa verde e seca em dezembro/2006, verificou-se que somente para a massa seca houve significância. Na 2ª coleta (março/2007) não houve significância para as variáveis analisadas (Tabela 5). Esses resultados podem estar relacionados com a distribuição de chuvas, na 1ª coleta (dezembro/2007) as chuvas de verão ainda não haviam contribuído para maior

desenvolvimento da fitomassa da braquiária. Nos tratamentos com lodo de esgoto obtiveram-se melhores resultados devido a maior capacidade de retenção de água no solo, proporcionada pela melhoria das condições físicas do solo devido a incorporação do lodo, sendo que na dose de 30 $Mg \text{ ha}^{-1}$ obteve-se melhores resultados.

Tabela 5. Valores médios de massa verde e seca de braquiária (kg ha^{-1}) na 1ª coleta (Dezembro de 2006) e 2ª coleta (Março de 2007), para os tratamentos estudados.

Tratamentos	1ª coleta		2ª coleta	
	Massa Verde	Massa seca	Massa Verde	Massa seca
30 Mg ha^{-1} de lodo de esgoto	18.660 ab	6.380 a	29.150 a	11.844 a
60 Mg ha^{-1} de lodo de esgoto	21.095 a	5.469 ab	21.150 b	9.005 a
Testemunha	10.330 b	3.261 b	30.350 a	12.792 a
Adubação mineral	12.000 b	3.557 b	31.325 a	12.527 a
F	3,98*	8,13*	1,49*	1,42 ^{ns}
CV (%)	33,38	22,62	27,16	25,30
DMS – 5 %	11449,150	2332,640	16801,660	6452,660

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

Na 2ª coleta (março/2007) devido ao período chuvoso, principalmente ao grande volume de água fornecido em janeiro, as plantas de braquiária de todos os tratamentos foram bem abastecidas de água, portanto não diferenciando entre si (Tabela 5). OLIVEIRA (1995), ANJOS (1999) e OLIVEIRA et al. (1995) afirmam que a produção de matéria seca das plantas aumentou com a

dose de lodo e que teores de nutrientes presentes na sua composição são adequados para as necessidades das plantas. Esses autores referem à composição mineral do lodo de esgoto, mas efeitos quanto a disponibilidade de água para a cultura não foram relatados.

Resultados semelhantes foram encontrados por CAMPOS (2006) na mesma área de estudo (Tabela 6).

Tabela 6. Rendimento de massa verde e seca da braquiária avaliada 2,5 anos após a semeadura.

Tratamentos	Massa verde (kg ha^{-1})	Massa seca (kg ha^{-1})
Solo s/ adubação	17.698 B	9.780 B
Ad. Mineral	27.198 B	13.236 B
30 Mg ha^{-1}	64.260 A	22.023 A
60 Mg ha^{-1}	66.885 A	23.248 A
C V (%)	27,26	33,65
DMS (5%)	28604	7900

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A altura dos eucaliptos foi significativa e a altura da 1ª bifurcação não significativa (Tabela 7). Nesta pesquisa apesar do lodo de esgoto ter influenciado a altura, não foi encontrado o mesmo desempenho por COUTINHO et al. (2004) nas espécies *E. citriodora* (6,35 m), *E. urophylla* (6,32 m), *E. camaldulensis* (5,97 m), *E. saligna* (5,89 m) e *E. grandis* (5,85 m).

Resultados encontrados por COLODRO (2005) e CAMPOS (2006) na mesma área, afirmam que o lodo de esgoto promoveu um crescimento das plantas de eucalipto, sendo que a dose de lodo de 60 Mg ha^{-1} foi significativamente superior a todos os demais tratamentos. resultados que concordam com os encontrados nesta pesquisa.

Na Tabela 7 para altura das plantas de eucalipto, verificou-se que o tratamento com lodo de esgoto na dose de 60 Mg ha⁻¹ resultou em maior altura, e para altura da 1ª bifurcação não diferiu estatisticamente entre os tratamentos. Apesar de não mostrar a

altura da 1ª bifurcação COUTINHO et al. (2004) afirma que a espécie *E. citriodora* apresentou o percentual máximo de 35 %, mostrando que na espécie pode ocorrer uma percentagem de bifurcação.

Tabela 7. Valores médios de altura e altura da 1ª bifurcação do *Eucalyptus citriodora*, nos tratamentos estudados.

Tratamentos	Altura média das plantas	
	m	
60 Mg ha ⁻¹ de lodo de esgoto	5,99 a	1,65 a
Adubação mineral	4,12 b	1,51 a
30 Mg ha ⁻¹ de lodo de esgoto	4,00 b	1,48 a
Testemunha	3,81 b	1,59 a
F	6,43*	1,27 ^{ns}
CV (%)	17,92	8,95
D.M.S.	1,770	0,310

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

CONCLUSÃO

1. O lodo de esgoto influenciou positivamente no desenvolvimento das plantas de eucalipto e da braquiária.
2. A dose de 60 Mg ha⁻¹ foi a melhor para o desenvolvimento do eucalipto.

3. A produção de braquiária foi influenciada pela época de avaliação e pelos tratamentos de recuperação do solo.

AGRADECIMENTOS

A CNPq/PIBIC e FAPESP pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS

ANJOS, A.R.M. Lixiviação de espécies químicas em latossolos sucessivamente tratados com biossólido e disponibilidade de metais pesados para plantas de milho. 1999. 191 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

CAMPOS, F.S. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de Latossolo Vermelho degradado. 2006. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha

Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

COLODRO, G. Recuperação de solo de área de empréstimo com lodo de esgoto. 2005. 82 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

COUTINHO, J.L.B; SANTOS, V. F. ; FERREIRA, R.L.C. E NASCIMENTO, J.C.B. Avaliação do comportamento de espécies de *Eucalyptus* spp. na Zona

da Mata Pernabucana. I: resultados do primeiro ano. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.771-775, 2004.

DEMATTÊ, J.L.I. Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira (SP). Piracicaba: Esalq, 1980. 131p. (Mimeogr.).

EVANS, J. Plantation forestry in the tropics. Oxford: Clarendon Press, 1982. 472p.

GILSMAN, A.J.; THOMAS, R.J. Evaluation of some physical properties of na oxisol after conversion of native savanna into legume-based ou pure grass pastures. *Tropical Grasslands*, Brisbane, v.30, p.237-248, 1996.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: FAVORETTO, V. et al. (Ed.). *Ecossistema de pastagens*. Jaboticabal: FUNEP, 1993. p.216-245.

MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.D.C.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R.I.; ETTO, A.C.; KIEHL, J.C. Fertilidade do solo. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1983. 401p.

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P.; AGUIAR, R.N.S. Silagem do excedente de produção das pastagens para suplementação na seca. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE GADO DE CORTE, 2, 2000, Goiânia. Anais... Goiânia: CBNA, 2000. p.121-138.

OLIVEIRA JÚNIOR, M. O uso do lodo de esgoto na cultura do milho (*Zea mays* L.) . Braasilia: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Agrônômica, 1995. (Junho de 1995, Projeto final de estágio supervisionado).

SCHLOTZHAVER, J.D.; LITTELL, R.C. SAS: System for elementary statistica analysis. 2.ed. Cary: SAS Institute, 1997. 905p.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, p.313-319, 1997.