

Resistência à penetração de um solo em recuperação com lodo de esgoto, cultivado com eucalipto/braquiária⁽¹⁾.

Tatiana Nishida Máximo da Cruz⁽²⁾; Marlene Cristina Alves⁽³⁾; Vinícius Leandro Leonel⁽⁴⁾; Carolina dos Santos Batista Bonini⁽⁵⁾; Sebastião Nilce Souto Filho⁽⁶⁾; Laura Britto Garcia de Oliveira⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos de Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

⁽²⁾ Estudante; Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista (FE/UNESP); Ilha Solteira, São Paulo; tatiana.nishida@gmail.com; ⁽³⁾ Professora Titular; FE/UNESP; mcalves@agr.feis.unesp.br; ⁽⁴⁾ Estudante; FE/UNESP; Vinicius.leonel@hotmail.com; ⁽⁵⁾ Professora Doutora; FE/UNESP; carolsbatistabonini@hotmail.com; ⁽⁶⁾ Estudante; FE/UNESP; sebastiaosouto87@gmail.com; ⁽⁷⁾ Estudante; FE/UNESP; Laura.bgoliveira@gmail.com.

RESUMO: O lodo de esgoto é uma preocupação para a saúde mundial, contudo, em quantidades adequadas, ele é um agente para recuperação de áreas degradadas. O presente trabalho teve como objetivo verificar a influência do lodo de esgoto na recuperação de um Latossolo Vermelho, cultivado há 10 anos com eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook) e brachiária (*Urochloa decumbens*) em Selvíria, MS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos implantados foram: testemunha; adubação mineral; 30 t ha⁻¹ de lodo de esgoto e reaplicação de 4,64 t ha⁻¹; 60 t ha⁻¹ de lodo de esgoto e reaplicação de 9,28 t ha⁻¹; solo exposto sem tratamento de recuperação e vegetação de cerrado. Nos quatro primeiros tratamentos plantou-se o eucalipto e brachiária. Utilizou-se a resistência do solo à penetração como indicador de recuperação. O lodo de esgoto e a cultura de eucalipto/braquiária mostraram-se eficientes na recuperação do solo, na camada de 0,00–0,20 m.

Termos de indexação: biossólido, área de empréstimo, adubação verde.

INTRODUÇÃO

O uso indiscriminado do solo resulta em áreas degradadas, que segundo Alves (2011) são consideradas assim porque perderam sua vegetação, seus meios bióticos de regeneração e sua camada mais fértil, que é o horizonte A. Sendo uma característica marcante delas a baixa resiliência, ou seja, seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento.

De acordo com a EMBRAPA SOLOS (2001) para qualquer grande obra de engenharia é necessária a movimentação de solo para os trabalhos de terraplanagem e construção civil, expondo camadas do mesmo que podem resultar em processos erosivos superficiais ou laminares, gerando assim as chamadas áreas de empréstimo, que são locais de onde se retiram grandes quantidades de solo

para execução dessas construções (Lopes et al., 1994).

Diversas técnicas estão sendo utilizadas para recuperar solos degradados, a adição de matéria orgânica é uma delas, sendo que existem várias fontes de matéria orgânica, e o lodo de esgoto é uma fonte alternativa de baixo custo e de grande volume existente. O seu uso na agricultura já está sendo citado por diversos autores como uma forma viável.

O uso de bioossólidos em áreas de exploração florestal, com espécies visando a produção de madeira, celulose e papel, é citado como prática ambientalmente segura, considerando o reduzido risco de entrada de metais pesados na cadeia alimentar (Santos et al., 1997).

Tsutiya (2001) relatou que o lodo de esgoto facilita a formação de agregados, a penetração das raízes e a vida de microrganismos, também estabiliza a estrutura do solo e aumenta a capacidade de retenção de água, fazendo assim com que haja um aumento na resistência do solo à erosão e torne as culturas mais resistentes à seca.

Rocha (1998) verificou que o uso agrícola do lodo de esgoto como adubo orgânico é considerado como a alternativa mais promissora de disposição final deste resíduo.

Moreira (2004) afirma que a recuperação de solos degradados pode ser buscada por meio de cobertura vegetal com espécies que tenham facilidade de estabelecimento rápido, desenvolvimento de cobertura e que melhorem as condições físicas, biológicas e de fertilidade do solo. Foi pensando nisso que houve a utilização do consórcio entre a *Urochloa decumbens* (braquiária) e *Eucalyptus citriodora* Hook.

A resistência à penetração de raízes é um dos atributos físicos do solo que influenciam o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas (Campos, 2006).

No entanto, mesmo com todos os benefícios trazidos por esse resíduo, é necessário ter alguns cuidados na hora da aplicação, como por exemplo verificar a distância dos mananciais, respeitar a

profundidade do lençol freático e utilizar a quantidade que não é considerada prejudicial.

Dada a importância de se estabelecer doses e monitorar as alterações ocorridas nos solos, esse trabalho teve como objetivo avaliar a influência do lodo de esgoto na recuperação de um Latossolo Vermelho degradado, cultivado há 10 anos com eucalipto (*Eucalyptus citriodora* Hook) e brachiaria (*Urochloa decumbens*) no município de Selvíria, MS, tendo como indicador da qualidade do solo a sua resistência à penetração.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e características da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino e Pesquisa, pertencente à Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira, da Universidade Estadual Paulista (UNESP), no município de Selvíria, MS. Localiza-se na margem direita do Rio Paraná, apresentando as coordenadas geográficas de 51° 22' de longitude oeste de Greenwich e 20° 22' de latitude sul, com altitude de 327 metros. A precipitação média anual é de 1370 mm, com temperatura média anual de 23,5° C.

O solo é um Latossolo Vermelho distrófico, textura franco argilo-arenosa (Demattê, 1980), profundo e muito intemperizado, relevo suave a plano. O local de instalação é uma área degradada, onde foi retirada uma camada de solo de 8,60 m de espessura para utilização no terrapleno e fundação na construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, SP.

Delineamento experimental e tratamentos

Foram estabelecidos seis tratamentos com quatro repetições, instalados em fevereiro de 2003. Os tratamentos 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); reaplicação de 4,64 Mg ha⁻¹; T4 – 60 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto (a base seca); reaplicação de 9,28 Mg ha⁻¹; T5 – Solo exposto (sem tratamento para recuperação); T6 – Vegetação natural de Cerrado. Reaplicação com base na análise do solo e necessidade da cultura. Cada parcela ocupou uma área de 200 m² (10 m x 20 m). O espaçamento entre blocos foi de 5 m e a bordadura dos blocos de 10 m.

O lodo de esgoto foi espalhado na superfície e incorporado, o mesmo foi obtido da SANEAR, Saneamento de Araçatuba, localizada no município de Araçatuba, SP. 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.

Avaliações físicas do solo

Para realizar a avaliação da resistência do solo à penetração foi utilizado o penetrógrafo modelo Falker (PenetroLOG). A umidade do solo a base de massa foi realizada pelo método clássico de pesagem (EMBRAPA, 1997).

Análise estatística

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.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todas as camadas de solo avaliadas houve diferença significativa entre os tratamentos (**Tabela 1**). A área de solo exposto (degradado) apresentou resistência do solo à penetração maior que das outras áreas, com exceção da camada de 0,20-0,40 m, onde diferiu apenas do tratamento com o uso de 30 t ha⁻¹ de lodo de esgoto. Campos & Alves (2006) também verificaram maior resistência do solo à penetração na camada de 0,20-0,40 m. Resultado semelhante foi encontrado pelos autores Bonini & Alves (2012) em estudo num Latossolo Vermelho em recuperação há 17 anos. Esse resultado mostra que os tratamentos estão sendo eficientes na diminuição da resistência do solo à penetração até 0,20 m. Entretanto, na camada de 0,10-0,20 m os valores estão acima de 2 MPa, o que já não foi observado na camada mais superficial, de 0,00-0,10 m. Isso pode ser devido ao fato de que as adubações foram feitas e incorporadas superficialmente, mostrando assim uma maior eficiência nas camadas superiores. Souza & Alves (2003) em estudo de um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado sob diferentes manejos também observaram que na camada até 0,20 m a resistência do solo à penetração foi menor.

Ressalta-se também que na camada de 0,00-0,20 m os tratamentos, após 10 anos encontram-se com efeitos semelhantes. Este comportamento pode estar associado a influência do sistema radicular da braquiaria.

Na camada mais profunda analisada, de 0,20-0,40 m, a área tratada com lodo na menor dose mostrou-se diferente estatisticamente que a área com solo exposto. Segundo Arshad et al. (1996) a resistência do solo à penetração pode restringir o crescimento radicular das plantas quando estiver entre 2 a 4 MPa, sendo assim a camada de 0,10-



0,40 m está com resistência à penetração que poderá restringir o desenvolvimento das raízes do eucalipto e da braquiária.

Para a umidade do solo no momento da realização do teste de resistência do solo à penetração, não houve diferença significativa entre os tratamentos para todas as camadas (**Tabela 2**). Esse resultado é importante, pois mostra que não houve interferência da umidade no teste de resistência do solo à penetração, já que ela modifica a coesão entre as suas partículas, que diminui à medida que a quantidade de água aumenta (KLEIN et al., 1998).

CONCLUSÕES

O lodo de esgoto e a cultura de eucalipto e braquiária mostraram-se eficientes na recuperação do solo, atingindo a camada de 0,00-0,20 m.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de iniciação científica.

REFERÊNCIAS

ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M.de. Recuperação do subsolo em área de empréstimo usada para construção de hidrelétrica. *Rev. Ciênc. Agron.* [online]. 2011, vol.42, n.2, pp. 301-309. ISSN 1806-6690.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: Doran, J.W.; Jones, A.J. (eds.) *Methods for assessing soil quality*. Madison, Soil Science Society of America. SSSA Special publication, 49. 1996, p.123-141.

BONINI, Carolina S. B. and ALVES, Marlene C.. Qualidade física de um Latossolo Vermelho em recuperação há dezessete anos. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* [online]. 2012, vol.16, n.4, pp. 329-336. ISSN 1415-4366.

CAMPOS, F.da S. de; ALVES, M. C. Resistência à penetração de um solo em recuperação sob sistemas agrosilvopastoris. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Campina Grande, v. 10, n. 3, Sept. 2006.

DEMATTE, J.L.I. Levantamento detalhado dos solos do Campus Experimental de Ilha Solteira (SP). Piracicaba. 1980, 131 p. (Mimeografado).

EMBRAPA SOLOS. Infraero & Embrapa Solos Recuperam Áreas Degradadas. Embrapa Solos,

Copyright©, 2001. Disponível em : <<http://www.cnps.embrapa.br/search/pesqs/proj06/proj06.html>>. Acesso em 15 fev. 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1997. 212p.

KLEIN, V. A.; LIBARDI, P. L.; SILVA, A. P. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes condições de densidade e teor de água. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.18, n.2, p.45-54, 1998.

LOPES, J.A.V. & QUEIROZ, S.M.P. Rodovias e Meio Ambiente no Brasil: Uma resenha crítica. In: SIMPÓSIO SULAMERICANO, 1., SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., Curitiba, 1994. Anais. Curitiba, UFPR/Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1994. p.75-90.

ROCHA, M.T. Utilização de lodo de esgoto na agricultura: um estudo de caso para as bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivarí e Jundiá. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1998. 140p. (Tese de Mestrado)

SANTOS, H. F.; TSUTYA, M.T. Aproveitamento e disposição final do lodo de esgoto de ETES do Estado de São Paulo. *Engenharia Sanitária Ambiental*. V.2, n.2. p.70-82, 1997.

SOUZA, Z.M. & ALVES, M.C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado, sob diferentes usos e manejos. *R. Bras. Eng. Agríc. Amb.*, 7:18-23, 2003b.

TSUTIYA, M.T. Alternativas de disposição final de biossólido. In: TSUTIYA, M.T.; OMPARINI, J.B.; SOBRINHO, P.A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J.; MELO, W.J. & MARQUES, M.O., eds. *Biossólidos na agricultura*. São Paulo, SABESP, Escola Politécnica – USP, ESALQ, UNESP, 2001. p.133-180.

Tabela 1. Valores médios de resistência do solo à penetração para os tratamentos e camadas de solos estudadas. Selvíria, MS. Dezembro/2012.

Tratamentos	Resistência do solo à penetração (MPa)			
	Camadas de solo (m)			
	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Testemunha	0,28 B	1,59 B	2,58 C	5,59 AB
Adubação mineral	0,24 B	1,27 B	2,61 C	5,50 AB
Lodo de esgoto (30 t ha ⁻¹)	0,08 B	0,79 B	2,50 C	3,35 B
Lodo de esgoto (60 t ha ⁻¹)	0,07 B	0,81 B	2,49 C	4,81 AB
Solo exposto	2,78 A	5,62 A	8,24 A	7,10 A
Vegetação de cerrado	0,19 B	1,95 B	4,61 B	5,59 AB
F	15,87 **	30,38**	123,24 **	3,93 *
CV (%)	20,45	11,80	4,41	11,08
DMS	1,47	0,41	0,91	2,89

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade; * significativo no nível de 5%; ** significativo no nível de 1%; ns não significativo. Dados transformados raiz Y+0,5

Tabela 2. Valores médios de umidade do solo para os tratamentos e camadas de solos estudadas. Selvíria, MS. Dezembro/2012

Tratamentos	Umidade (m ³ m ⁻³)			
	Camadas de solo (m)			
	0,00-0,05	0,05-0,10	0,10-0,20	0,20-0,40
Testemunha	0,16	0,15	0,15	0,14
Adubação mineral	0,15	0,16	0,15	0,14
Lodo de esgoto (30 Mg ha ⁻¹)	0,17	0,15	0,15	0,14
Lodo de esgoto (60 Mg ha ⁻¹)	0,16	0,16	0,15	0,14
Solo exposto	0,17	0,14	0,15	0,14
Vegetação de cerrado	0,15	0,15	0,15	0,14
F	1,25 ^{ns}	1,49 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,13 ^{ns}
CV (%)	9,95	6,95	7,24	7,79
DMS	3,58	2,42	2,48	2,53

ns não significativo.