



RECUPERAÇÃO DE SOLO DEGRADADO COM A APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO E PLANTAS DE COBERTURA

Fernando Takayuki Nakayama¹

Clayton Luis Baravelli de Oliveira²

Marcos Jose Perdoná³

RESUMO

Áreas de empréstimo são aquelas de onde se extrai camadas superficiais de solo para utilização em obras civis, tais como: barragem, aterro, construção de estradas, encontro de viaduto e pontes, etc. Com isso, é comum encontrar situações de áreas abandonadas e apresentando degradação física e química de solos. Por este motivo, é necessário que haja ações que procurem formas de reverter os danos causados. O presente trabalho objetivou avaliar formas de recuperação de áreas degradadas com a utilização de plantas consideradas adubos verdes e aplicação de lodo de esgoto. Conduziu-se experimento no município de Dracena-SP, no período entre maio e outubro de 2013. Os tratamentos foram: 1- Lodo de esgoto; 2- *Brachiaria ruziziensis* + *Raphanus sativus* L. (nabo forrageiro); 3- *Brachiaria ruziziensis*; e 4- Testemunha. O lodo de esgoto elevou os teores de fósforo, matéria orgânica, cálcio, magnésio, CTC e V%, no solo. Os tratamentos testemunha e lodo de esgoto diferiram brachiaria + nabo para a profundidade 0,20-0,40 m, com menores valores para resistência a penetração.

Palavras-chave: Área de empréstimo. Lodo de esgoto. Adubo verde.

¹Eng. Agrônomo, Pesq. Científico - Apta – PRDTA Alta Paulista, fnakayama@apta.sp.gov.br

²Eng. Ambiental, FAI – Faculdades Adamantinenses Integradas

³Eng. Agrônomo, Pesq. Científico - Apta – PRDTA Centro Oeste Paulista,
marcosperdona@apta.sp.gov.br



RECOVERY OF DEGRADED SOIL WITH THE APPLICATION OF SEWAGE SLUDGE AND COVER CROPS

ABSTRACT

Loan areas are those where the surface layers of soil extracts for use in civil works, such as dam, embankment, construction of roads, bridges and viaduct, etc. Thus, it is common to find situations of abandoned areas and presenting physical-chemical degradation of soils. For this reason, there must be actions to recover and seek ways to reverse the damage. This study aimed to evaluate ways to recover degraded areas with the use of green manure plants considered and application of sewage sludge. Experiment was conducted in the municipality of Dracena, SP, between May and October 2013. The treatments were: 1 Sludge; 2 *Brachiaria ruziziensis* + *Raphanus sativus* L. (radish); 3 *Brachiaria ruziziensis*; and 4 witness. Sewage sludge increased the organic phosphorus, organic matter, calcium, magnesium, and V% CTC in soil. The witness and sewage sludge treatments differed brachiaria + turnip to 0,20-0,40 m depth, with lower values for resistance to penetration.

Keywords: Area loan. Sewage sludge. Green manure.

RECUPERACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS CON LA APLICACIÓN DE LODOS DE DEPURADORA Y CULTIVOS DE COBERTURA

RESUMEN

Obtención de Préstamos áreas son aquellos en los que las capas superficiales del suelo extractos para su uso en obra civil, tales como presas, terraplenes, construcción de carreteras, puentes y viaductos, etc. Así, es común encontrar situaciones de las áreas abandonadas y la presentación de la degradación física-química de los suelos. Por esta razón, debe haber acciones para recuperar y buscar la manera de revertir el daño. Este estudio tuvo como objetivo evaluar las maneras de recuperar las zonas degradadas con el uso de plantas de abono verde considerados y aplicación de los lodos de depuradora. El experimento se llevó a cabo en el municipio de Dracena, SP, entre mayo y octubre 2013. Los tratamientos fueron: 1 de lodos; 2 *Brachiaria ruziziensis* + *Raphanus sativus* L. (rábano); 3 *Brachiaria ruziziensis*; y 4 testigos. Lodos de depuradora aumentó el fósforo orgánico, materia orgánica, calcio, magnesio, y V% de CTC en el suelo. Los testigos y los tratamientos de lodos de depuradora diferían *Brachiaria* + nabo de 0,20 - 0,40 m de profundidad, con valores más bajos de resistencia a la penetración.

Palabras-clave: Préstamo Area. Lodos de alcantarilla. El abono verde



1. INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial, a necessidade cada vez maior de alimentos, de espaço e de condições para sobrevivência faz com que as ações antrópicas ao ambiente sejam crescentes. A história do uso do solo mostra que a alteração no ambiente 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 (ALVES, 2001).

A denominação “área de empréstimo” é utilizada para áreas das quais retirou grande quantidade mineral, geralmente camadas superiores de solo, como no caso de construções civis tais como estradas, barragens, aterros e outros apresentando em geral, posterior degradação física e química do solo. Neste tipo de degradação faz necessárias ações de recuperação, pois em muitas situações tornam-se improdutivos. Para recuperar os solos, fontes de matéria orgânica, como o lodo de esgoto e adubação verde, tem sido utilizado. O lodo favorece a formação de agregados, facilitando a penetração das raízes e a vida microbiana, aumenta a resistência do solo à erosão, por estabilizar a estrutura do solo e aumentar a capacidade de retenção de água, o que torna as culturas mais resistentes à seca, além de fornecer nutrientes para as plantas, propiciando maior rendimento de matéria verde e seca (TSUTIYA, 2001). Já o uso de cobertura vegetal, como medida mitigadora dos impactos ambientais, é uma opção prática e econômica, embora apresente dificuldades de adaptação, inerentes ao novo sistema ecológico que se desenvolve no local de origem (NEVES et al., 2001).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação de lodo de esgoto e de plantas consideradas adubos verdes na recuperação das propriedades físicas e químicas de um Argissolo vermelho-amarelo, remanescente da área de onde se retirou solo para construção de uma estrada, no município de Dracena-SP.

2. MATERIAL E MÉTODOS



O experimento foi realizado na Estância Arco Iris, situada na Estrada vicinal Mario Covas, no município de Dracena-SP, Gleba Palmeiras, entre os meses de maio a outubro de 2013. Geograficamente situa-se a 21° 30' 05" S e 51° 30' 27" W, com altitude de 420 m. O tipo climático é Tropical com estação seca no inverno (KOPPEN, 1948). As médias anuais da região são: precipitação pluvial de 1.260 mm, temperatura de 28,1 °C.

O experimento foi instalado em uma área onde anteriormente havia sido retirada uma camada de solo de quatro metros de profundidade de solo classificado como Argissolo vermelho-amarelo. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados, com 4 tratamentos (T1 – lodo de esgoto (60 t.ha⁻¹); T2 – *Brachiaria ruziziensis* + *Raphanus sativus* L. (Rabo Forrageiro); T3 – *Brachiaria ruziziensis*; T4 – solo exposto (sem tratamento para recuperação) e 3 repetições. Cada parcela ocupou uma área de 25 m² (5m x 5m).

As quantidades de lodo de esgoto utilizadas na recuperação dos solos variam de 20 a 120 t.ha⁻¹ (PAGLIAI ET AL., 1981; MELO ET AL., 1994; VAZ & GONÇALVES, 2002). Assim, nesse experimento, optou-se por utilizar uma quantia intermediária de 60 t.ha⁻¹.

Anteriormente à instalação do experimento, o solo apresentava um elevado grau de compactação, verificado através do penetrômetro, requerendo mobilização para seu uso agrícola. Dessa forma, preparou-se a área efetuando-se a limpeza superficial. A semeadura ocorreu no dia 11 de maio de 2013 e os tratos culturais foram mínimos (sem o uso de adubos ou outros implementos agrícolas), somente com capinas efetuadas manualmente.

Realizou-se ainda coleta de amostras para fins de análise química do solo para identificação de valores prévios, na área destinada à instalação do experimento. As amostras foram encaminhadas ao laboratório de solos para determinações de pH, dos teores de P, M.O., H+Al, Al, K, Ca, Mg, S e valores de SB, CTC, V% e m%. As análises foram realizadas seguindo a metodologia descrita por Raij e Quaggio (1987), e Embrapa (1997). A tabela 01 demonstra os valores iniciais para fertilidade (química) do solo em maio de 2013.



Tabela 1: Resultados iniciais da análise química do solo da área experimental. Dracena, SP. Maio de 2013

	P mg.dm ⁻³	M.O. mg.dm ⁻³	pH CaCl	K	Ca mmolc.dm ⁻³	Mg mmolc.dm ⁻³	H+Al	Al	S.B.	T	V %	M %
00-0,20 m	4	2	4,2	1,7	4	14	16	6	19,7	35,7	55	23
0,20-0,40 m	5	2	4,3	1,5	5	13	15	5	17,5	32,5	54	22

A figura 01 demonstra a foto da área experimental anterior à instalação do experimento, sendo visível a clara degradação sofrida pela retirada de camadas superficiais de solo e formação de processo erosivo, ocasionado pela precipitação que incidia diretamente sobre o solo, com ausência de proteção e o local onde foi implantado o experimento.



Figura 01: Vista da área anterior à implantação do experimento bloco experimental preparado

Foto: Oliveira (2013)

2.1 Avaliações:

2.1.1 Cobertura do solo

Avaliou-se aos 100 dias após a semeadura a percentagem de cobertura vegetal do solo. A cobertura do solo foi determinada empregando-se uma adaptação do método da transeção linear (SLONEKER; MOLDENHAUER, 1977). Utilizou-se uma corda de 5,0 m de comprimento, com marcações a cada 10 cm, e, sempre que



um ponto marcado coincidiu com a presença de plantas sob ele, computou-se presença de cobertura, considerando-se também a cobertura de plantas daninhas nas parcelas testemunhas. A percentagem de cobertura vegetal do solo foi avaliada pela média de duas medições, realizadas nas diagonais de cada parcela. A percentagem de cobertura foi obtida calculando-se os pontos coincidentes com plantas, dividindo-os pelo número total de pontos da corda (50) e o resultado multiplicado por 100. Na figura 2 é apresentada a metodologia.

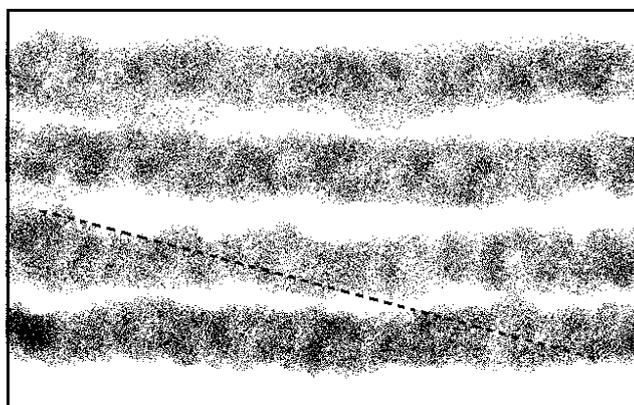


Figura 2: Ilustração da metodologia utilizada para % de cobertura.

Fonte: Nakayama (2011)

2.1.2 Análise química do solo

Após o término do experimento, foram realizadas 4 amostragens simples de solo por parcela nas camadas de 0,00 - 0,20m e 0,20 – 0,40m para fins de análise química e verificação dos efeitos das coberturas vegetais sobre os atributos químicos do solo.

2.1.3 Análise física do solo “Resistência à penetração”

Após a semeadura e manejo das culturas de inverno, em novembro de 2013, foram realizadas análises de resistência à penetração do solo utilizando um penetrógrafo tipo Penetrographer PATSC-60, cuja metodologia está descrita em Tormena e Roloff (1996). No mesmo momento foram retiradas amostras de solo com



auxílio de trado Tipo Sonda, sendo então acondicionadas em sacos plásticos. Estas amostras foram encaminhadas para o Departamento de Solos da FE/Unesp/Ilha Solteira, onde realizou-se a pesagem de cada amostra obtendo assim o peso úmido. Na seqüência estas foram levadas para uma estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de 105 °C. Após 24 horas realizaram-se as leituras de peso seco e por diferença dos pesos (peso úmido – peso seco) foi obtida a umidade gravimétrica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No mês de agosto de 2013, coletou-se novamente o solo para verificação das possíveis interferências dos tratamentos implantados. Verificou-se mudanças relevantes nos teores de P, matéria orgânica, Cálcio, CTC e saturação por bases para a profundidade de 0,00-0,20 m, sendo apresentados na tabela 2.

Para fósforo (P), o tratamento de lodo de esgoto elevou em mais de 30 vezes se comparado aos demais tratamentos. Lobo et al. (2013), observaram um comportamento diretamente proporcional, na elevação de níveis de P em relação as doses de lodo aplicadas. Possivelmente na composição química do lodo de esgoto este elemento se encontrava em abundancia, que nestes casos pode se tratar de um possível fertilizante fosfatado para situações onde se utiliza o lodo. Segundo Raij et al. (2001), os teores encontrados classificam-se como altos. Os demais teores dos elementos citados acima também foram elevados no tratamento lodo de esgoto. Observa-se uma interessante opção para melhorar condições químicas do solo.

Tabela 2: Resultados da análise química do solo da área experimental. Dracena, SP. Agosto de 2013.

00-0,20 m	P mg.dm ⁻³	M.O. mg.dm ⁻³	pH CaCl	K	Ca	Mg	H+Al	Al	S.B.	T	V	M
					mmolc. dm ⁻³						%	%
Lodo	73	3	4,3	2	10	17	15	4	29	44	66	12
Brach+Nabo	2	2	4,2	1,7	3	15	15	6	19,7	34,7	57	23
Brachiaria	2	2	4,1	1,4	3	15	16	7	19,4	35,4	55	27
Testemunha	2	2	4,3	2,2	3	13	13	5	18,2	31,2	58	22

Para a profundidade de 0,20-0,40 m (tabela 3), os teores de fósforo, matéria orgânica, cálcio, magnésio, CTC e Saturação por bases também foram modificados



pelo tratamento lodo de esgoto se comparado aos demais. Observa-se um condicionamento na elevação destes teores em profundidade, o que pode correlacionar-se com as melhorias nas condições físicas em profundidade percebidas neste estudo. Destaca-se que esta melhoria no condicionamento no perfil em profundidade ocorreu em cerca de 100 dias após aplicação e em época não favorável a incorporação do lodo no solo, o que possivelmente foi ocasionado pela lixiviação ocasionado pelas poucas chuvas durante o período.

Tabela 3: Resultados da análise química do solo da área experimental. Dracena, SP. Agosto de 2013.

0,20-0,40 m	P mg.dm ⁻³	M.O. mg.dm ⁻³	pH CaCl	K	Ca mmolc. dm ⁻³	Mg	H+Al	Al	S.B.	T	V %	M %
Lodo	83	3	4,4	1,9	11	24	15	4	36,9	51,9	71	10
Brach+Nabo	2	2	4,2	1,3	3	13	15	6	17,3	32,3	54	26
Brachiaria	2	2	4,1	1,5	2	14	15	7	17,5	32,5	54	29
Testemunha	2	2	4,2	1,4	2	12	13	6	15,4	28,4	54	28

Os Valores de $p > F$ e teste de comparação de médias para percentagem de cobertura do solo proporcionada por plantas de cobertura e plantas daninhas remanescentes são demonstrados na Tabela 4. O teste de médias demonstrou que houve diferenças significativas entre os tratamentos. O tratamento testemunha diferiu dos tratamentos brachiaria e brachiaria + nabo, proporcionando uma maior cobertura do solo. Este fato deve-se à má distribuição e estresse hídrico na época da formação dos adubos verdes, sendo que a área testemunha já estava vegetada, com isso, as plantas daninhas presentes nesta área já se desenvolviam por si só. O tratamento lodo de esgoto, diferiu significativamente do tratamento brachiaria + nabo. Esta diferença é devido ao lodo proporcionar maiores teores nutricionais se comparado aos demais tratamentos (vide tabela abaixo). Os resultados de química do solo das tabelas abaixo demonstram as diferenças oriundas possivelmente do lodo de esgoto. As diferenças nas condições físicas do solo também podem ter interferido no desenvolvimento das plantas de cobertura.



Tabela 4: Valores de p>F e teste de comparação de médias para percentagem de cobertura do solo proporcionada por plantas de cobertura e plantas daninhas remanescentes. Dracena/SP, setembro de 2013.

Teste F	Cobertura do solo %
Tratamentos	13,1443**
Lodo de esgoto	18,25 ab
brachiaria+nabo	11,75 c
brachiaria	14,75 bc
testemunha	23,75 a

** Significativo aos níveis de 1% pelo Teste F da análise de variância. Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para análise física do solo, realizou-se avaliação através da aplicação de penetrômetro de campo (tipo Penetrographer PATSC-60). Para determinação de compactação através da resistência a penetração, sendo que os valores estão apresentados na tabela 5. Para a profundidade de 0-0,20m não foram observadas diferenças significativas, porém notou-se que o tratamento com lodo de esgoto, apresentou uma menor resistência à penetração. Para a profundidade de 0,20-0,40m, ficou evidenciado a menor resistência à penetração diferindo significativamente do tratamento brachiaria + nabo. A presença e eficiência do nabo forrageiro para descompactação à profundidades abaixo de 0,20 m não se efetivou neste estudo, discordando de Nakayama (2011), que em seu estudo identificou diferenças significativas até abaixo de 0,45m. Tal resultado pode ser explicado devido ao baixo desenvolvimento de nabo forrageiro ocasionado pela escassez hídrica no período de formação vegetativa da cultura, que não propiciou condições para o crescimento da planta, impossibilitando a formação do adubo verde. O tratamento testemunha também diferiu do tratamento brachiaria + nabo, pois anteriormente à semeadura dos adubos verdes, manteve-se a vegetação natural da área testemunha, notando a presença de espécies de plantas daninhas já germinadas.



Tabela 5. Valores de p>F e teste de comparação de médias para resistência a penetração (numero de batidas de penetrômetro), média por parcelas, em função de plantas de cobertura e lodo de esgoto. Dracena, SP. Setembro de 2013.

Teste F tratamentos	Número de batidas	
	0,7697 ns	8,5656 **
	0-0,20 m	0,20-0,40 m
Lodo de esgoto	6,75	4,75 b
brachiaria+nabo	9,25	17,25 a
brachiaria	10,25	12,75 ab
testemunha	9,00	7,75 b

** Significativo aos níveis de 1% pelo Teste F da análise de variância. Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento lodo de esgoto proporcionou elevação de valores dos teores de fósforo, matéria orgânica, cálcio, magnésio, CTC e Saturação por bases profundidade para as profundidades de 0,00-0,20 m e de 0,20-0,40 m.

Os tratamentos testemunha e lodo de esgoto diferiram significativamente do tratamento brachiaria + nabo para a profundidade 0,20-0,40 m, com menores valores para resistência a penetração.

Com os resultados obtidos neste trabalho, considera-se necessário a realização de mais estudos com o lodo de esgoto, considerando um possível melhorador de condições físicas e condicionador de solos degradados.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. C. **Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira**. Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2001. 83p. (Tese de Livre Docência)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

KOPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO H.; BULL L. T.; MOREIRA L. L. Q.; MARTINS R. L. **Biosciense J.**, Uberlândia, v. 29, n. 2, p. 288-296, Mar./Apr. 2013.



MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R. A. & LEITE, S.A.S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **R. Bras. Ci. Solo**, 18: 449-455, 1994.

NAKAYAMA, F. T. **Consortio de plantas de cobertura para algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) no sistema de semeadura direta** 2011. 89 f. Tese de doutorado (Sistemas de produção vegetal) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.

NEVES, L. G.; TIENNE, L. & VALCARCEL, R. Regeneração induzida em áreas de empréstimo na Ilha da Madeira, RJ. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRRJ, 11., Seropédica, 2001. Resumos. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2001. p.103-106.

PAGLIAI, M.; GUIDI, G.; LA MARCA, M.; GIACHETTI, M.; LUCAMANTE, G. Effects of sewage sludges and composts on soil porosity and aggregation. **J. Environ. Qual.**, 10: 556-561, 1981.

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, J.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. A. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.

RAIJ B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise Química para fertilidade de solos tropicais** 1ª Edição, INSTITUTO AGRONÓMICO – FUNDAÇÃO IAC, 2001. 285p.

SLONEKER, L.L.; MOLDENHAUER, W.C. Measuring the amounts of crop residue remaining after tillage. **J. Soil Water. Conserv.**, Ankeny, v. 32, n. 5, p. 231-236, 1977.

TORMENA, C. A.; ROLLOF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, n. 4, p. 333-339, 1996.

TSUTIYA, M. T. Membranas **Filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reuso**. 1. ed. São Paulo: ABES, 2001. 234 p.

VAZ, L. M. S. & GONÇALVES, J. L. M. Uso de bio-sólidos em povoamento de *Eucalyptus grandis*: Efeito em atributos químicos do solo, no crescimento e na absorção de nutrientes. **R. Bras. Ci. Solo**, 26:747-758, 2002.