

RECUPERAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM SOLO DEGRADADO USANDO LODO DE ESGOTO

Gilberto Colodro¹; Marlene Cristina Alves²; Carlos Roberto Espíndola²; Gean Alves Maia¹; Nelmício Furtado da Silva¹; José Geraldo de Souza².

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rio Verde - GO - IFgoiano - Endereço correspondência: Passeio Curitiba, 321 - Ilha Solteira, SP, CEP 15385-000 gilbertocolodro@bol.com.br.

²Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Ilha Solteira, SP. Av Brasil, centro, n° 85, Ilha Solteira, SP, CEP 15385000.

³Departamento de Água e Solo. Feagri/Unicamp. Cidade Universitária "Zeferino Vaz" s/n, Barão Geraldo, Campinas, SP.

RESUMO: A disposição agrícola do lodo de esgoto pode constituir uma das alternativas de utilização deste resíduo, tendo em vista a sua influência nas mudanças das condições físicas, químicas e biológicas do solo. Áreas degradadas, com solos sob condições inadequadas para o desenvolvimento das plantas, são passíveis de recuperação, a partir de estudos em que se buscam técnicas de aplicação de resíduos que possam proporcionar um retorno à sua produtividade. Com a finalidade de se estudar os efeitos do lodo de esgoto na recuperação de um Latossolo Vermelho degradado, foram avaliadas sua densidade e porosidade, como indicadores de sua qualidade, usando-se um delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo: testemunha, fertilizante mineral e doses de 30 e 60 Mg ha⁻¹ de lodo a base seca. Observou-se que o lodo de esgoto promove redução da densidade do solo e aumento da macroporosidade e porosidade total na camada superficial do solo de 0,00 a 0,05 m. Conclui-se também que estas propriedades são indicativos sensíveis na melhoria da qualidade do solo.

Palavras-chave: Biossólido, solo degradado, densidade do solo, porosidade do solo.

RECOVERY OF A DEGRADED SOIL IN ANSWER TO APPLICATION OF SEWAGE SLUDGE

SUMMARY: The agricultural disposal of sewage sludge can constitute one of the alternatives of using this residue, having in mind its influence on the changes of physical, chemical and biological ground conditions. Degraded areas, with inadequate ground conditions for the development of the plants, are susceptible to recovery, from studies which seek techniques of residues application which can provide a return to its productivity. In order to study the effects of sewage sludge slime on the recovery of a degraded red latosol, its bulk density and soil porosity were evaluated as indicatives of quality, using an experimental outlining with randomized blocks, with four treatments and four repetitions, which are: control, mineral fertilizing and doses of 30 and 60 Mg ha⁻¹ of dry base sludge. It was observed that the sewage sludge quickly provides a reduction of the ground bulk density and an increase of the macroporosity and total porosity on the superficial

layer of the ground from 0.00 to 0.05 m, constituting these, indicative properties in order to improve the soil quality.

Keywords: Biossolid, degraded soil, soil bulk density and total porosity.

INTRODUÇÃO

Na recuperação de áreas degradadas preocupa-se com o retorno destas a uma forma produtiva, tecnicamente compatível com os valores ambientais, culturais e sociais locais, segundo o IBAMA (1990). Grande parte das principais áreas degradadas pela atuação antrópica decorre da inadequação das práticas de estabelecimento de mineração e de áreas remanescentes da construção de usinas hidrelétricas. Pela utilização indevida da paisagem e dos ecossistemas envolvidos, a degradação progride, alterando as características físicas, químicas e biológicas dos solos envolvidos (Melo, 1994). Segundo esse autor, estas áreas, em muitos casos, acabam naturalmente e lentamente sendo recolonizadas com vegetação empobrecida.

A baixa capacidade de retenção de água e de nutrientes, reduzindo a disponibilidade de água às plantas, constitui importante limitação à capacidade produtiva dos solos degradados. Nesse sentido, o manejo adequado deve prever o enriquecimento e a manutenção, pelo maior tempo possível, da matéria orgânica no solo, o que pode ser conseguido com a aplicação de resíduos orgânicos e com a prática da adubação (Pereira et al., 1992).

O uso de lodo de esgoto na agricultura constitui alternativa viável e interessante, pois o resíduo é fonte de matéria orgânica e de nutrientes para as plantas (Ros et al., 1991). O tempo de degradação da matéria orgânica contida no lodo determinará o seu efeito nas propriedades do solo. Melo et al. (1994) observaram um tempo de degradação muito curto da matéria orgânica oriunda do lodo de esgoto, quando comparado aos de outros materiais orgânicos. Raji (1998) apresenta resultados do incremento de nitrogênio disponível e de fósforo no solo, pela adição de

lodo de esgoto, na ordem de três vezes a quantidade máxima necessária recomendada para a maior parte das culturas de grãos, para uma dose de 32 Mg ha⁻¹. Este autor observou que, para esta mesma dose, ocorreu a adição de 100 kg de nitrogênio disponível, sendo que outros 170 kg são inseridos na forma orgânica, que contribuem para aumentar ainda mais o nitrogênio disponível (N-inorgânico) ao longo do tempo. Assim, o uso agrícola do lodo de esgoto, como fertilizante orgânico, contribui para reduzir os gastos com fertilizantes minerais, principalmente os fosfatados e os nitrogenados (Carvalho & Barral, 1981).

A vantagem do uso do lodo de esgoto, em relação aos fertilizantes minerais, consiste em proporcionar, de forma contínua, a liberação de nutrientes para o solo e para o sistema radicular das plantas ao longo de vários anos, garantindo a manutenção do teor deste elemento nas folhas, com reflexo positivo na produtividade (Zabowski & Henry, 1994). Pagliai et al. (1981) constataram aumento na porosidade total de um solo franco arenoso tratado com lodo e cultivado com milho. Melo et al. (2004) observaram aumento na macroporosidade de um Latossolo Vermelho textura média, utilizando doses de 50 Mg ha⁻¹ acumuladas durante cinco anos, com valores reduzidos para a densidade do solo na camada de 0,00 a 0,10 m. Jorge et al. (1991) não verificaram, entretanto, alterações na densidade e porosidade total do solo, quatro anos após, com a adição de 40 e 80 Mg ha⁻¹ de lodo.

Com base no exposto anteriormente o objetivo deste trabalho foi estudar a influência do lodo de esgoto na recuperação de um solo degradado, a partir da hipótese de que o lodo de esgoto deve influenciar, positivamente, determinadas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho degradado.

MATERIALE MÉTODOS

A área experimental está localizada no município de Selvíria, MS, à margem direita do Rio Paraná, com as coordenadas de 51° 22' de longitude a oeste de Greenwich e 20° 22' de latitude sul, com altitude média de 327 m. A precipitação média anual é de 1370 mm e temperatura média anual de 23,5° C. Esta área apresenta-se degradada pela retirada, há 30 anos, de uma camada de solo de 8,6 m de espessura, para utilização na construção da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, SP. O solo original da área de estudo foi designado anteriormente como Latossolo Vermelho-Escuro textura média (Demattê, 1980), passando a designar-se, pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), Latossolo Vermelho Distrófico, textura franco argilo arenosa.

Foi utilizado um delineamento experimental em blocos casualizados com quatro tratamentos e quatro repetições. Cada parcela ocupou uma área de 120 m² (12,0 m x 10,0 m). O espaçamento entre blocos foi de 7m e a bordadura dos blocos de 10,0 m, com uma área total do experimento de 6923 m². Os tratamentos foram definidos como: D0 - sem lodo de esgoto e sem fertilizante mineral (Testemunha); Dm - aplicação de fertilizantes minerais conforme análise de solo e a necessidade da cultura; D30 - 30 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto e D60 - 60 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto, sendo as doses de lodo definidas a

base seca.

Para o preparo do solo foram realizadas duas subsolagens subsequentes, na profundidade de 0,40 m. O solo teve sua acidez corrigida pela distribuição e incorporação de calcário com grade leve, de modo a elevar sua saturação por bases a 60 %. Em todas as parcelas foi plantado eucalipto (*E. citriodora*), com espaçamento de 2,0 m x 1,5 m, totalizando 40 plantas por parcela e 640 plantas no experimento todo. Foi semeada gramínea (*Brachiaria decumbens*) a lanço, em toda a superfície da parcela, com o objetivo de contribuir com o aumento de matéria orgânica no solo. Não foi realizado nenhum corte na gramínea.

As amostras de lodo foram obtidas na ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) da Sanear-Saneamento de Araçatuba S/A, no município de Araçatuba, SP. O tratamento utilizado é do tipo aeração prolongada, mediante oxigenação por equipamento eletromecânico, por 18 a 24 horas. O tempo de residência do lodo em lagoa é de 30 a 40 dias. Após a aeração, o efluente é desaguado por centrifuga, reduzindo sua umidade para um valor entre 0,14 a 0,20 kg kg⁻¹. As características do lodo de esgoto estão apresentadas na Tabela 1, determinadas pelo Instituto Agrônomo - IAC. São apresentados também os valores máximos permitidos para alguns metais pesados por algumas agências de fiscalização ambiental.

Tabela 1 - Composição química do lodo de esgoto utilizado e limites de concentração para alguns elementos potencialmente tóxicos.

CARACTERÍSTICA ⁽¹⁾	UNIDADE ⁽²⁾	VALOR	CETESB	IAP	US-EPA
pH (in natura)		7,1			
Umidade	% m m ⁻¹	85,0			
Sólidos voláteis	% m m ⁻¹	71,5			
Carbono orgânico	mg kg ⁻¹	406059			
N amoniacal	mg kg ⁻¹	8875			
N nitrato-nitrito	mg kg ⁻¹	105,7			
N total	mg kg ⁻¹	57054			
Alumínio	mg kg ⁻¹	4968			
Arsênio	mg kg ⁻¹	ND	75	-	41
Boro	mg kg ⁻¹	10,7			
Cádmio	mg kg ⁻¹	1,6	85	20	39
Cálcio	mg kg ⁻¹	3894			
Chumbo	mg kg ⁻¹	28,7	840	750	300
Cobre	mg kg ⁻¹	159,8	4300	1000	1500
Cromo total	mg kg ⁻¹	20,4	-	1000	1200
Enxofre	mg kg ⁻¹	3512			
Ferro	mg kg ⁻¹	7385			
Fósforo	mg kg ⁻¹	12238			
Magnésio	mg kg ⁻¹	3290			
Manganês	mg kg ⁻¹	77,8			
Mercúrio	mg kg ⁻¹	ND	57	16	17
Molibdênio	mg kg ⁻¹	ND	75	-	18
Níquel	mg kg ⁻¹	18,1	420	300	420
Potássio	mg kg ⁻¹	6957			
Selênio	mg kg ⁻¹	ND	100	-	36
Sódio	mg kg ⁻¹	1255			
Zinco	mg kg ⁻¹	474,4	7500	2500	2800

(1) Método empregado para metais SW3051, EPA-USA, determinação por ICP-AES (2) Todos os valores de concentração são dados com base na matéria seca. Cetesb - Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (CETESB, 1999). IAP - Instituto Ambiental do Paraná (PR). US-EPA - Norma 40 CFR Part 503 (EPA, 1993) com limites para lodo de qualidade excepcional. ND - Não detectado.

Os teores dos elementos potencialmente tóxicos determinados apresentaram-se com valores inferiores aos limites estabelecidos por órgãos ambientais competentes. Os metais pesados originários da atividade industrial podem estar presentes no lodo, de modo que regiões com maior atividade industrial tendem a produzir lodo com elevados teores desses elementos. No caso específico do lodo em estudo, a sua origem é predominantemente de esgotos domésticos, apresentando, assim, baixos teores de metais pesados. Pode-se afirmar, portanto, que este

lodo é adequado ao uso agrícola, quanto aos atributos químicos. Quanto à sua composição microbológica (Tabela 2) este lodo não apresentou restrição para uso agrícola em termos de quantidade de ovos de helmintos, de acordo com as normas da CETESB (1999), que adota as recomendações da EPA CFR Part 503 (USEPA, 1993). Nesse caso, ovos de helmintos estiveram, presentes no lodo de esgoto em concentração igual a 0,16 ovos por grama de sólidos totais, valor este inferior ao limite máximo estabelecido que é de 0,25 ovos por grama de sólidos totais.

Tabela 2 - Constituição microbiológica do lodo de esgoto e limites máximos permitidos

CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS ⁽¹⁾	UNIDADE	CONSTITUIÇÃO DO LODO UTILIZADO ⁽²⁾	CETESB (1999) P.4.230
Coliformes fecais	NMP / g de ST	-	2 x 10 ⁶
Helmintos	n° de ovos / g de ST	0,04	0,25
Protozoários	n° de ovos / g de ST	0,04	0,25

(1) Dados à base seca; (2) Analisado pelo CEPPA/Universidade Federal do Paraná; NMP - Número mais provável; CETESB (1999); ST - Sólidos Totais

Portanto, de acordo com os limites determinados, o lodo em estudo pode ser classificado como do tipo B, sem restrições para uso agrícola, desde que atenda as recomendações determinadas nas normas citadas (CETESB, 1999).

O lodo de esgoto, com umidade original (0,15 kg kg⁻¹) foi distribuído em superfície utilizando-se pá, carrinho de mão e enxada. Utilizou-se o carrinho de mão como dosador, sendo o lodo depositado em pequenos montes nas parcelas, obedecendo-se a dose determinada, sendo em seguida esparramado com enxada. Após a aplicação o lodo ficou exposto por sete dias promovendo perda significativa da umidade, facilitando a sua incorporação, além de promover a volatilização de parte do nitrogênio amoniacal. A incorporação foi feita com enxada rotativa na profundidade máxima de 0,10 m.

Após a instalação do experimento foram avaliadas a porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade do solo. Para isso fez-se amostragem do solo aos 180 dias após a aplicação do lodo, em quatro profundidades (0,00 a 0,05m; 0,05 a 0,10m; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,40m). No laboratório, a porosidade total, a

macroporosidade e a microporosidade foram determinadas pelo método da mesa de tensão, e para a densidade do solo foi utilizado o método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997).

A granulometria do solo foi determinada pelo método da pipeta, com as amostras destorroadas e secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm de malha, seguindo-se processo de dispersão das partículas com NaOH (EMBRAPA, 1997).

Os dados foram processados estatisticamente pela análise de variância e contraste de médias entre os tratamentos empregando-se o teste de Tukey no nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo remanescente degradado tem classe textural franco argilo arenosa, de acordo com o diagrama textural recomendado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (Lemos & Santos, 1996), ou textura média, segundo a EMBRAPA (1997), de acordo com os dados de granulometria apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Distribuição de tamanho de partículas primárias do solo estudado.

PROFUNDIDADE	ARGILA	AREIA	SILTE
m	g kg ⁻¹		
0,00 a 0,05	295	483	138
0,05 a 0,10	315	521	164
0,10 a 0,20	270	541	188
0,20 a 0,40	189	526	285

Na Tabela 4 estão dispostos os resultados obtidos para a densidade do solo. A análise estatística detectou diferença significativa entre os tratamentos com lodo e o tratamento com fertilizantes, sendo este último com mesmo comportamento da testemunha, para a camada de 0,00 a 0,05 m. Isso demonstra que houve redução significativa no seu valor, podendo estar associado ao uso da enxada rotativa. Porém, observou-se diferença significativa entre os valores das duas doses de lodo, o que pode evidenciar o efeito positivo do lodo na redução da densidade do solo, na camada de incorporação. Observando a densidade do solo para os tratamentos com dose 0 e 60 Mg

ha⁻¹ de lodo (Tabela 5), verificou-se que para a dose máxima de lodo, que o seu valor assemelha-se à condição natural do solo de cerrado, uma vez que, com o aumento da profundidade ocorreu diminuição da matéria orgânica, como também constado por Souza (2000).

Abaixo da profundidade de 0,10 m, atingida pelo efeito dos implementos agrícolas, a ação do lodo de esgoto ainda não foi verificada, o que poderá ocorrer por meio do desenvolvimento posterior do sistema radicular, como observado por Boni et al. (1994). Resultados semelhantes foram obtidos por Jorge et al. (1991).

Tabela 4. Densidade do solo em profundidade, para os tratamentos estudados 180 dias após a aplicação do lodo de esgoto

TRATAMENTO	PROFUNDIDADE, m			
	0,00 a 0,05	0,05 a 0,10	0,10 a 0,20	0,20 a 0,40
 kg dm ⁻³			
D ₀	1,45 a C	1,32 c D	1,56 b B	1,63 c A
D _m	1,43 a C	1,44 ab C	1,60 ab B	1,85 a A
D ₃₀	1,34 b D	1,49 a C	1,59 ab B	1,74 b A
D ₆₀	1,23 c D	1,40 b C	1,66 a B	1,56 d A

Probabilidade de F para dose e profundidade de 0,00001, significativos a 1 %. Coeficiente de variação de 2,4 %. Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey no nível de 5 % de probabilidade; D₀ - dose de 0 Mg ha⁻¹ (Testemunha); D_m - dose mineral; D₃₀ - dose de 30 Mg ha⁻¹ e D₆₀ - dose de 60 Mg ha⁻¹.

Houve diferença significativa entre os tratamentos com relação à macroporosidade do solo nas profundidades de 0,00 a 0,05; 0,05 a 0,10 e de 0,10 a 0,20 m (Tabela 5). Considerando que o valor crítico do volume de macroporos para um bom crescimento das plantas deve ser de 0,10 m³ m⁻³, de acordo com Baver (1972) e Greenland (1981), em todas as profundidades estudadas a macroporosidade apresentou-se acima deste nível. Isto evidencia a tendência de melhoria na qualidade do solo com a adição do lodo de esgoto. De outra forma, considerando como o nível ideal de macroporos sendo de 0,16 m³ m⁻³ observou-se que houve maior porosidade do solo principalmente nas profundidades de 0,00 a 0,005 e 0,05 a 0,10 m. Na profundidade de 0,10 a 0,20 m notou-se valor ideal de macroporos para a testemunha e para o

tratamento com fertilizantes, não sendo observado nos demais tratamentos. Este fato ocorreu provavelmente devido ao maior número de passagens da máquina e do implemento agrícola para a incorporação do lodo de esgoto, caracterizando a instalação de um de pé-de-grade (camada compactada).

Comparando-se os valores médios de densidade do solo e de macroporosidade (1,46 kg dm⁻³ e 0,18 m³ m⁻³, respectivamente), aos valores correspondentes no mesmo solo (1,24 kg dm⁻³ e 0,22 m³ m⁻³), obtido por Souza (2000), verificou-se uma sensível melhoria do solo para essas propriedades, em relação à condição do solo degradado, ainda que considerado o período de análise de apenas um ano.

Em estudos de recuperação do solo na mesma área, utilizando adubo verde ao longo

de seis anos, Alves (2002), observou redução na densidade do solo de 1,65 kg dm⁻³ (em 1992) para 1,58 kg dm⁻³ (em 1998), considerando a média de dados de profundidades de 0,0 a 0,40 m. Para a macroporosidade, o autor obteve incremento de 0,08 m³ m⁻³ para 0,12 m³ m⁻³. Tanto a porosidade do solo, quanto a microporosidade, apresentaram níveis inferiores aos de um solo com condições ideais para um bom desenvolvimento de plantas.

De acordo com Kiehl (1979), a relação de macroporos e microporos pode evidenciar melhor a condição da porosidade de um solo, tendo considerado como ideal uma relação de 2 para 1 entre essas duas propriedades. Desta forma, a condição ideal poderia ser traduzida como a que apresentasse um quociente próximo a 0,50, obtido da divisão entre macro e microporos. Esta relação é apresentada no

Quadro 6, mostrando que na profundidade de 0,00 a 0,05 m tal relação mostrou-se muito elevada, com o dobro do valor da relação ideal. Isto significa que o valor da macroporosidade está acima da relação ideal (0,50), ou seja, há mais macroporos do que deveria, comparando-se com os valores de microporos. Tal fato pode ter explicação na forma de incorporação do lodo, com enxada rotativa regulada para 0,05 a 0,10 m de profundidade. Na profundidade de 0,05 a 0,10 m essa relação já apresenta valores tendendo a uma relação ideal, com exceção, naturalmente, para a testemunha, uma vez que este tratamento não recebeu a incorporação, portanto não teve seu solo revolvido por tal implemento. Tal tendência também foi observada nas demais profundidades.

Tabela 5. Médias e probabilidades de F da Porosidade Total, Macroporosidade e Microporosidade, do solo em função das doses e profundidades estudadas 180 dias após a aplicação do lodo de esgoto.

TRATAMENTO	PROFUNDIDADE, m				Prob de F		CV
	0,00 a 0,05	0,05 a 0,10	0,10 a 0,20	0,20 a 0,40	Dose	Prof.	
m ³ m ⁻³						%
	POROSIDADE TOTAL				0,00143**	0,00001**	6,3
D ₆₀	0,48a	0,46a	0,36a	0,38a			
D ₃₀	0,44c	0,40 b	0,35a	0,36a			
D _m	0,42c	0,41 b	0,40a	0,34a			
D ₀	0,47b	0,44ab	0,36a	0,39a			
	MACROPOROS				0,03239*	0,00001**	14,4
D ₆₀	0,25a	0,20 b	0,12 b	0,15a			
D ₃₀	0,24ab	0,17 b	0,14ab	0,13a			
D _m	0,20 b	0,19 b	0,17a	0,11a			
D ₀	0,24ab	0,27a	0,12 b	0,13a			
	MICROPOROS				0,17963ns	0,25635ns	12,7
D ₆₀	0,23a	0,27a	0,24a	0,23a			
D ₃₀	0,21a	0,23a	0,21a	0,24a			
D _m	0,22a	0,22a	0,23a	0,23a			
D ₀	0,23a	0,17a	0,24a	0,26a			
	MACROPORO/MICROPORO						
D ₆₀	1,07	0,75	0,49	0,65			
D ₃₀	1,15	0,76	0,75	0,53			
D _m	0,89	0,83	0,68	0,49			
D ₀	1,08	1,55	0,49	0,51			

* e ** : significativo a 5 e 1 %, respectivamente; ns: não significativo. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey no nível de 5 % de probabilidade; D₀ - dose de 0 Mg ha⁻¹ (Testemunha); D_m - dose mineral; D₃₀ - dose de 30 Mg ha⁻¹ e D₆₀ - dose de 60 Mg ha⁻¹.

Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para a porosidade total, (Tabela 5), porém os valores apresentados pelo tratamento com dose máxima de lodo de esgoto, aproximaram-se dos valores ideais, segundo Kiehl (1979), que é de $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Considerando o valor médio de porosidade entre as camadas de 0,00 a 0,10 ($0,45 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e comparando-o com os obtidos por Souza (2000), no mesmo solo, em condições originais, quando em estudo sobre a influência de sistemas de produção nesta propriedade, observou-se que esse valor é semelhante ao de plantio direto ($0,45 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), seringueira ($0,46 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), sendo superior ao de pastagem ($0,30 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$). Este fato evidenciou melhoria nas condições físicas do solo, sendo isto observado também por Pagliai et al. (1981), que constataram aumento na porosidade total de um solo franco arenoso, cultivado com milho.

CONCLUSÕES

O lodo de esgoto reduz a densidade do solo e aumenta sua macroporosidade e sua porosidade total na camada superficial, constituindo indicativos de qualidade adequados ao monitoramento da recuperação do solo. Entretanto, a microporosidade não se mostrou afetada pelo tratamento com o resíduo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M.C. Recuperação de um subsolo utilizado para terrapleno e fundação da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, SP. Ilha Solteira, 2000. Tese (Livre Docência) Faculdade de Engenharia, UNESP,

BONI, N.R.; ESPÍNDOLA, C.R.; GUIMARÃES, E.C. Uso de leguminosa na recuperação de um solo decapitado. In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO, 1, SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADAS, 2, Curitiba, 1994,. Anais. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do

Paraná, 1994. p.563-568.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Soil Physics. 4.ed. New York: J. Wiley, 1972, 529p.

CARVALHO, P.C.T; BARRAL, M.F. Aplicação de lodo de esgoto como fertilizante. Fertilizantes. 1. ed. Piracicaba, v.3, 1981. p. 1-4,.

DEMATTÊ, J.L.I. Levantamento detalhado dos solos do "campus" experimental de Ilha Solteira. Piracicaba. Esalq, 1980. p.11-31

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSO, 1997.212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de classificação de solos. 1.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPSO, 1999.412p.

GREENLAND, D.J. Soil Management and soil degradation. Journal of soil Science. London, v.31, p.301-322., 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE - IBAMA. Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de vegetação. Brasília, 1990. 96 p.

JORGE, J.A.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. Condições físicas de um Latossolo Vermelho Escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. R. Brás. Ci. Solo, 15:237-240, 1991.

KIHEL, E.J. Manual de Edafologia: relações solo-planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.

LEITE, L. L.; MARTINS, C.R.; HARIDASAN, M. Efeitos da descompactação e adubação do solo na revegetação espontânea de uma cascalheira no Parque Nacional de Brasília". In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1, SIMPÓSIO NACIONAL DE ÁREAS

- DEGRADAS, 2, Foz do Iguaçu, 1994. Anais. Curitiba, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1994. p. 527-534.
- LEMOS, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 3. ed. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 83p.
- MELO, E.F.R.Q. Alterações nas características químicas do solo de uma área degradada em recuperação. In: BALENSIEFER, M., ARAÚJO, A.J. & ROSSOT, N.C. I SIMPÓSIO SULAMERICANO E II SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. Curitiba. Anais, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1994. p.371-81.
- 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. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 18:449-445, 1994.
- MELO, V.P.; BEUTLER, A.N.; SOUZA, Z. M.; CENTURION, J.F.; MELO, W. J. Atributos físicos de Latossolos adubados durante cinco anos com bio sólidos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.39, n.1, p.67-72, 2004.
- PAGLIAI, M.; GUIDI, G.; LA MARCA, M.; GIACHETTI, M.; LUCAMANTE, G. Effects of sewage sludges and composts on soil porosity and aggregation. Journal. Environment. Quality, v.10, n.4, 1981. p. 556-561.
- PEREIRA, J.; BURLE, M.L.; RESK, D.V.S. Adubos verdes e sua utilização no Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, Anais, Goiânia, 1992. Fundação Cargill, 1992. p. 140.
- RAIJ B.V. Uso Agrícola de Bio sólidos. In: I SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIOSSÓLIDOS DO MERCOSUL, Curitiba, 1998. Anais. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1998. p 147 - 151.
- ROS, C.O.; AITA, C.; CERETTAN, C.A.; FRIES, M.R. Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia-ervilhaca. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.17, p. 257-261, 1991.
- SOUZA, Z.M. Propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro de Selvíria (MS) sob diferentes usos e manejos. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2000. 127p.
- ZABOWSKI D.; HENRY C.L. Soil and foliar nitrogen after fertiliser treatment of Pinus ponderosa. New Zealand Journal of Forestry Science. v.24, n 2-3, p.333-343, 1994.