

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM SOLO DEGRADADO APÓS APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO DOMÉSTICO

Giovanni de Oliveira Garcia

Engenheiro Agrônomo, D. Sc. Professor Adjunto, Universidade Federal do Espírito Santo Departamento Engenharia Rural - Centro de Ciências Agrárias. Alto Universitário, s/n - Cx.P. 16 - 29500-000 - Alegre, ES. E-mail:giovanni@cca.ufes.br

Ivo Zution Gonçalves

Graduando de Agronomia – CCAUFES – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Espírito Santo, Alto Universitário, Caixa Postal 16, CEP: 29.500-000, Alegre-ES

João Carlos Madalão

Graduando de Agronomia – CCAUFES – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Espírito Santo, Alto Universitário, Caixa Postal 16, CEP: 29.500-000, Alegre-ES.

Aline Azevedo Nazário

Graduando de Agronomia – CCAUFES – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Espírito Santo, Alto Universitário, Caixa Postal 16, CEP: 29.500-000, Alegre-ES

Hanne Nippes Bragança

Eng. Agrônoma – CCAUFES – Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Espírito Santo, Alto Universitário, Caixa Postal 16, CEP: 29.500-000, Alegre-ES. E-mail:

Resumo – Visando diminuir os efeitos danosos ao meio ambiente, este trabalho teve com o objetivo avaliar os efeitos da aplicação de lodo de esgoto doméstico na recuperação de um solo degradado. O experimento foi implantado e conduzido nos meses de agosto a outubro de 2007 no Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável em recipientes de 50 L preenchidos com um latossolo retirado de local em processo de degradação. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 5×5 (cinco tratamentos e cinco períodos de incubação) com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos com a aplicação de cinco doses de esgoto doméstico correspondentes a 0, 25, 50, 75 e 100 ton ha⁻¹, por sua vez os períodos de incubação foram de 0, 20, 40, 60 e 80 dias. A cada dia de incubação correspondente foram coletadas amostras de solo de cada recipiente, a fim de se investigar os possíveis efeitos da aplicação do lodo de esgoto doméstico nas características químicas do mesmo. De acordo com os resultados obtidos a aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto promoveram o aumento do pH nos teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, sódio, cálcio CTC total e efetiva, soma de bases e diminuição dos valores de magnésio, alumínio e H+Al no solo e apesar de significativo, o período de incubação pouco afetou o comportamento das variáveis estudadas.

Palavras chave – Biossólidos, alterações no solo, áreas degradadas.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UN SUELO DEGRADADO DESPUÉS DE APLICACIÓN DE LODO DE ALCANTARILLADO DOMÉSTICO

Resumo – Com La intencion de disminuir los efectos dañinos por la mitad ambiente, este trabajo tuvo con el objetivo evaluar los efectos de la aplicación de lodo de alcantarillado doméstico en la recuperación de un suelo degradado. El experimento fue implantado y conducido los meses de agosto a octubre de 2007 en el Núcleo de Estudios y de Difusión de Tecnología en Floresta, Recursos Hídricos y Agricultura Sustentable en recipientes de 50 L llenados con un latossolo retirado de local en proceso de degradación. Fue utilizado el delineamento enteramente casualizado en el esquema factorial 5×5 (cinco tratamientos y cinco periodos de incubación) con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron constituídos con la aplicación de cinco dosis de alcantarillado doméstico correspondientes la 0, 25, 50, 75 y 100 ton ha⁻¹, por su parte los periodos de incubación fueron de 0, 20, 40, 60 y 80 días. Cada día de incubación correspondiente fueron recolectadas muestras de suelo de cada recipiente, a fin de investigarse los posibles efectos de la aplicación del lodo de alcantarillado doméstico en las características químicas del mismo. De acuerdo con los resultados obtenidos la aplicación de dosis crecientes de lodo de alcantarillado promovieron el aumento del PH en los contenidos de materia orgánica, fósforo, potasio, sodio, calcio CTC total y efectiva, suma de bases y disminución de los valores de magnesio, aluminio y H+Al en el suelo y a pesar de significativo, el periodo de incubación poco afectó el comportamiento de las variables estudiadas.

Palabras llave – Biossólidos, alteraciones en el suelo, áreas degradadas.

CHEMICAL CHARACTERISTICS OF A SOIL DEGRADED AFTER APPLICATION OF MUD OF SEWAGE SLUDGE

Abstract – Seeking to reduce the harmful environment effects, this work had with the objective to evaluate the effects application of mud sewage sludge recovery of a degraded soil. The experiment was implanted and led in the months of August to October of 2007 in the Nucleus of Studies and of Diffusion of Technology in Forest, Water Resource and Maintainable Agriculture in containers of 50 L filled out with a solitary latossoil of place in degradation process. The delineate was used entirely casualized in the factorial outline 5×5 (five treatments and five incubation periods) with four replicates. The treatments were constituted with the application of five doses of sewage sludge corresponding to 0, 25, 50, 75 and 100 ton ha⁻¹, her time the incubation periods were of 0, 20, 40, 60 and 80 days. Every day of corresponding incubation samples of soil of each container were collected, in order to if it investigates the possible effects of the application mud of sewage sludge in the chemical characteristics of the same. In agreement with the obtained results the application of growing doses of sewer mud promoted the increase of the pH in the content of organic matter, match, potassium, sodium, calcium total and effective CTC, sum of bases and decrease of the values of magnesium, aluminum and H+Al in the soil and in spite of significant, the incubation period a little affected the behavior of the studied variables.

Key words - Biossólido, soil alterations, degraded areas.

INTRODUÇÃO

A pesquisa científica na área da medicina tem permitido ao homem um conhecimento profundo do corpo humano e das doenças que o afetam, resultando em maior tempo de vida. Essa realidade juntamente com dogmas religiosos e a cultura arcaica de grande parte da população, tem resultado no crescimento do número de habitantes em várias partes do planeta. O ser humano é gerador permanente de resíduos, tanto daqueles decorrentes de seu próprio metabolismo quanto inerentes à atividade agroindustrial, que aumentam em decorrência do crescimento populacional (Melo & Marques, 2000).

Atualmente, em grande parte do planeta, observa-se uma grande deterioração da qualidade das águas. As causas primárias dessa deterioração estão vinculadas crescimento populacional nas últimas décadas, notadamente nos meios urbanos, juntamente com o incremento de produção nas mais diversas atividades de produção agroindustriais. Como consequência da produção em larga escala de bens de consumo decorre a geração de grande quantidade de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. O lançamento de diversos resíduos nos corpos d'água naturais conduz ao estabelecimento de processos poluidores fortemente prejudiciais aos sistemas aquáticos e comprometedores dos usos aos quais aquele recurso hídrico estava destinado (Von Sperling, 1997).

Atualmente, a preocupação por parte de vários segmentos da sociedade em conter os desequilíbrios ecológicos, provocados pelo descarte de resíduos urbanos e agroindustriais, tem motivado o desenvolvimento de pesquisas no sentido de buscar soluções para a utilização econômica desses resíduos. No contexto agrônômico, tem-se procurado utilizá-los como material condicionador do solo e fertilizantes como, por exemplo, composto de lixo urbano, lodo de esgoto, lodo da indústria da celulose e

papel, águas residuárias provenientes da indústria sucroalcooleira, do beneficiamento dos frutos do cafeeiro, dentre outros (Messias & Morais, 1992; Logan & Prezzoto, 1992; Ross et al., 1993; Forte & Campos Neto, 1995; Novelino et al., 1995; Souza et al., 1996).

O lodo de esgoto é o resíduo que se obtém após o tratamento der águas servidas (esgoto) com a finalidade de torná-las menos poluídas possível, de modo a permitir seu retorno ao ambiente sem que haja agentes de poluição. Quando devidamente higienizado, estabilizado e seco, o lodo de esgoto recebe o nome de biossólidos (Melo & Marques, 2000)

A utilização agrícola e florestal do esgoto doméstico elimina uma fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas e, ou superficiais e mantém a sua qualidade para outros fins. A agricultura utiliza maior quantidade de água e pode tolerar águas de qualidade inferior que a indústria e o uso doméstico. É inevitável, portanto, que exista uma crescente tendência para se encontrar, na agricultura, a solução para os problemas relacionados à eliminação de efluentes. O uso agrícola e florestal do lodo de esgoto deve ser cuidadosamente planejado para se controlar, em longo prazo, os efeitos de salinidade, sodicidade, nutrientes e oligoelementos, sobre o solo e as culturas. Segundo Costa et al. (1999) na agricultura moderna grandes quantidades de adubos químicos, adubos orgânicos e, até mesmo, resíduos diversos de substâncias químicas, são adicionadas ao solo na forma de fertilizantes. Esses insumos, quando aplicados acima da capacidade suporte do solo, podem liberar íons e compostos tóxicos ou não, que poderão poluir o solo e as águas subterrâneas. Os íons disponibilizados na solução do solo podem ser adsorvidos ao solo, absorvidos pelas plantas ou lixiviados das camadas superficiais do solo.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo de diminuir os efeitos danosos ao meio ambiente causados pela disposição inadequada do lodo de esgoto este

trabalho visando elaborar índices técnicos científicos de utilização do lodo determinando seus efeitos nas propriedades químicas de solos degradados, decorrentes sua aplicação.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área experimental do solo utilizado nos experimentos e do lodo de esgoto

O experimento foi implantado e conduzido nos meses de agosto a outubro de 2007 no campo experimental do Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável

(NEDTEC) em recipientes de 50 litros preenchidos com solo retirado de local em processo de degradação.

Após retirado, o solo foi seco ao ar, destorroado e passado em peneira de forma a obter agregados de no máximo cinco milímetros. Uma vez peneirado, foi retirado um amostra e encaminhado para Laboratório de Análises de Fertilizantes, Águas, Minérios, Resíduos, Solos e Plantas (LAFARSOL) localizado no Núcleo de Estudos e de Difusão de Tecnologia em Floresta, Recursos Hídricos e Agricultura Sustentável (NEDTEC) para caracterização química (Tabela 1). As análises químicas constituíram-se na determinação dos teores de P disponível, K, Ca, Mg, Na, Al trocável, H+Al e matéria orgânica, bem como a saturação de bases, CTC efetiva e pH (Embrapa, 1997).

Tabela 1 – Características químicas do solo utilizado no experimento

Característica	Valores
pH	4,11
Cálcio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,18
Magnésio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,54
Fósforo (mg dm^{-3})	1,72
Potássio (mg dm^{-3})	7,25
H + Al ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	1,68
Alumínio ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,46
Matéria Orgânica	4,06
Sódio (mg dm^{-3})	1,55
Soma de bases ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,76
Capacidade de Troca de Cátions Efetiva ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	1,23
Capacidade de Troca de Cátions Total ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	2,45
Saturação por Bases (%)	54,24
Saturação por Alumínio (%)	5,51

O lodo de esgoto utilizado nos ensaios foi coletado na estação de tratamento de esgotos (ETE) do Município de Jerônimo Monteiro durante o mês de julho de 2007. Sub-amostras do lodo de esgoto foram acondicionadas em recipientes plásticos e levadas para o LAFARSOL onde foram efetuadas as concentrações de nitrogênio, fósforo e enxofre, determinadas por colorimetria; cálcio e magnésio por titulometria, e de potássio e sódio por fotometria de chama; cobre, manganês e zinco (Rump & Krist, 1992). Antes de ser utilizado no experimento, o lodo de esgoto passou por um processo de desinfecção por meio da aplicação e incorporação de cal virgem na proporção de 15% em peso seco de lodo.

Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi montado no delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 5×5 (cinco tratamentos e cinco períodos de incubação) com quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos com a aplicação de cinco doses de esgoto doméstico correspondentes a 0, 25, 50, 75 e 100 toneladas por hectare, por sua vez os períodos de incubação foram de 0, 20, 40, 60 e 80 dias. As doses de lodo de esgoto foram aplicadas e incorporadas de uma só vez em cada recipiente correspondente ao tratamento e após 80 dias de incubação

foram coletadas amostras de solo em cada recipiente, a fim de se investigar os possíveis efeitos da aplicação do lodo de esgoto doméstico nas características químicas do solo.

As amostras foram retiradas com auxílio de um trado holandês, coletando-se uma amostra de solo por repetição, a camada amostrada foi de 0 a 20 cm. As análises químicas do solo incubado foram realizadas no LAFARSOL, sendo a determinação do pH em água, das concentrações de P disponíveis, das concentrações trocáveis de K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, além da determinação da soma de bases trocáveis, seguindo-se metodologia citada anteriormente.

Análise estatística dos dados

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Os modelos forma escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste "t" adotando-se α de até 10%, no coeficiente de determinação (r^2) e no fenômeno em estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização do lodo de esgoto da ETE de Jerônimo Monteiro

Na Tabela 2 são apresentados os resultados referentes às médias das concentrações de metais pesados determinados nas amostras. Como no Brasil ainda não há

padrões para a disposição de lodo no solo, utilizou-se os limites de concentração máxima de metais pesados no lodo para aplicação no solo da EPA (Environmental Protection Agency) dos Estados Unidos, como forma de avaliação da qualidade do lodo da ETE de Jerônimo Monteiro para aplicação no solo.

Tabela 2 - Resultados das concentrações de metais pesados determinados no lodo da ETE-de Jerônimo Monteiro e os limites de metais pesados para disposição no solo, da EPA

Descrição	Metal Pesado		
	Cu	Mn	Zn
Concentração no lodo da ETE Jerônimo Monteiro (mg kg ⁻¹)	169,7	41,75	171,2
Concentração máxima no lodo ¹ (mg kg ⁻¹)	1.500,0	-	2.800,0
Taxa máxima de aplicação anual ¹ (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	75,0	-	140,0
Taxa máxima de aplicação acumulada ¹ (kg ha ⁻¹)	1.500,0	-	2.800,0

¹ Limites da EPA (Environmental Protection Agency) (2005)

Comparando-se as concentrações de metais pesados no lodo da ETE de Jerônimo Monteiro com os limites de concentração máxima de metal no lodo dos padrões da EPA, observa-se que segundo tais padrões este lodo pode ser considerado como de boa qualidade, podendo ser utilizado na agricultura. Como já comentado tal utilização é de interesse por contribuir para a minimização da disposição irregular de lodo no ambiente, para a reciclagem de nutrientes, para a redução do uso de fertilizantes minerais e também por fornecer matéria orgânica para o condicionamento físico do solo.

Na mesma tabela pode-se observar que a EPA além de estipular as concentrações máximas de metal pesado no lodo para a disposição no solo faz referências também às

quantidades máximas a serem aplicadas por ano e às acumuladas no solo. Dessa maneira considera que a utilização de resíduos urbanos na agricultura deve prever um monitoramento constante para evitar contaminação tanto do solo como do aquífero, principalmente quando o material contiver teores de um ou mais elementos tóxicos próximos aos limites máximos.

Considerando-se os macronutrientes, na Tabela 3 encontram-se os resultados da composição do lodo da ETE de Jerônimo Monteiro em comparação com a composição de alguns materiais orgânicos utilizados como adubo (esterco bovino, esterco de galinha, vinhaça e composto de lixo).

Tabela 3 - Teor de macronutrientes no lodo da ETE de Jerônimo Monteiro em comparação com outros materiais orgânicos

Descrição das concentrações	Elemento					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	-----% em peso seco -----					
Lodo da ETE de Jerônimo Monteiro	2,17	0,50	0,60	17,13	1,88	1,54
Esterco bovino ¹	1,50	1,20	0,70	2,00	0,60	0,20
Esterco de galinha ¹	1,40	0,80	2,10	2,30	0,50	0,20
Vinhaça ¹	0,06	0,01	0,3	0,1	0,04	0,05
Composto de lixo urbano ¹	0,60	0,20	0,30	1,10	0,10	0,20

¹ Kiehl (1985)

Em geral os lodos de esgoto são desbalanceados quanto aos teores de nutrientes, necessitando muitas vezes de uma suplementação na adubação com fontes minerais. São geralmente pobres em potássio devido ao processo de obtenção que perde esse nutriente em solução no esgoto tratado. Tal fato pode ser observado na Tabela 3 que mostra que a concentração de K no lodo da ETE de Jerônimo Monteiro é inferior aos teores dos demais materiais orgânicos apresentados. Já o fósforo apresenta-se com teores elevados próximos aos dos esterco bovino e de galinha e bem superior aos teores da vinhaça e do composto de lixo, confirmando a informação de que nos lodos de esgotos sanitários o P apresenta-se em teor

elevado podendo 80% deste estar disponível já no primeiro ano de aplicação. Os nutrientes Ca, Mg, e S apresentam-se em teores superiores a todos os materiais orgânicos da Tabela 3.

Atualmente no Brasil, muitas vezes os lodos são estocados em tanques, dispostos em aterros e em alguns casos dispostos em áreas próximas dos locais de geração levando à necessidade da avaliação das alternativas de disposição de lodos no ambiente. Considerando-se o caso específico do lodo da ETE de Jerônimo Monteiro caracterizado no presente trabalho, estudos da disposição no solo deveriam ser realizados nas áreas agrícolas

próximas à estação tendo em vista que o transporte a longas distâncias pode inviabilizar a utilização.

Efeitos no solo decorrentes da interação dos diferentes períodos de incubação e da aplicação das diferentes doses do lodo de esgoto

O efeito da interação doses de lodo de esgoto x período de incubação afetou significativamente os valores do pH, magnésio, potássio, alumínio e matéria orgânica.

Observa-se na Figura 1A que os valores do pH dentro de cada período de incubação apresentaram relação quadrática, aumentando seus valores com o incremento das doses de lodo de esgoto aplicados no solo. Por outro lado, dentro das doses (Figura 1B), o valor do pH diminuiu linearmente quando aplicado a dose de 50 ton ha⁻¹ e aumentou linearmente quando não houve aplicação de lodo de esgoto. Nas demais doses aplicadas os valores do pH permaneceram próximos a média (Tabela 4)

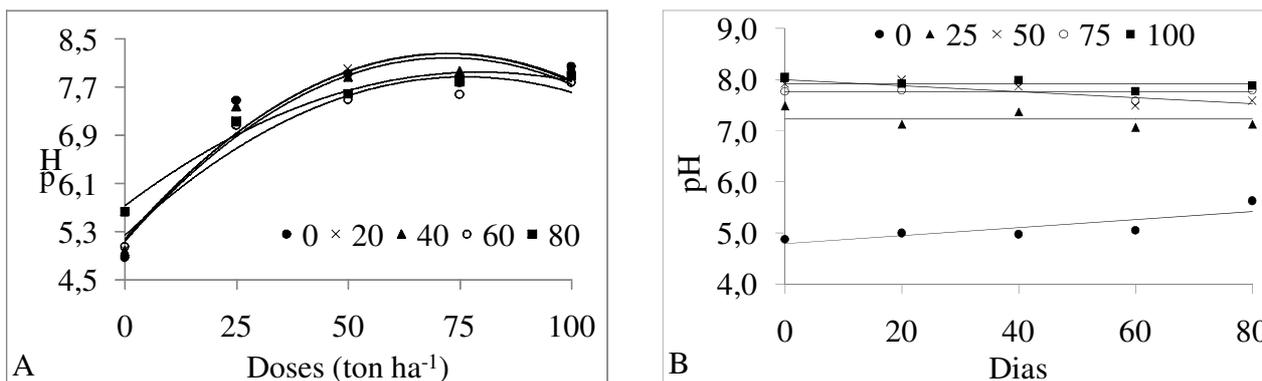


Figura 1 – Valores do pH no solo em função em função das doses de lodos de esgoto doméstico aplicada (A) e dos períodos de incubação (B).

Tabela 4 – Equações ajustadas relacionando os valores do pH com as doses de lodo de esgoto doméstico aplicadas no solo e com os períodos de incubação

Característica	Curva de Resposta	R ²
pH (0 dias)	$\hat{y} = 5,1397 - 0,0865 * \text{Doses} + 0,0006 * \text{Doses}^2$	0,9041
pH (20 dias)	$\hat{y} = 5,1386 - 0,0841 * \text{Doses} + 0,0006 * \text{Doses}^2$	0,9571
pH (40 dias)	$\hat{y} = 5,1743 - 0,0851 * \text{Doses} + 0,0006 * \text{Doses}^2$	0,9452
pH (60 dias)	$\hat{y} = 5,231 - 0,0692 * \text{Doses} + 0,0004 * \text{Doses}^2$	0,9411
pH (80 dias)	$\hat{y} = 5,7294 - 0,0559 * \text{Doses} + 0,0003 * \text{Doses}^2$	0,9731
pH (0 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = 4,7915 + 0,0078 * \text{Dias}$	0,9796
pH (25 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 7,23 \pm 0,55$	-
pH (50 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = 8,0015 - 0,0058 * \text{Dias}$	0,9701
pH (75 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 7,77 \pm 0,67$	-
pH (100 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 7,91 \pm 0,87$	-

*: Significativos a 5%

Para ser utilizado no solo, o lodo de esgoto deve passar por processos de higienização e estabilização, dentre os quais, está a calagem que é um processo de estabilização, desinfecção química do lodo e consiste na adição e mistura de cal ao lodo em doses altas para a alcalinização brusca do meio. Com isso inativa-se e destrói-se a maior parte dos patógenos presentes no lodo.

O aumento dos valores do pH se devem a esta razão, pois o lodo de esgoto doméstico foi tratado com cal virgem por um período de 20 dias antes de ser utilizado na montagem do experimento. Por outro lado, o pH atingiu valores alcalinos, ou seja, valores que são considerado desfavoráveis ao crescimento das plantas.

Em diversos trabalhos, tem sido relatado este efeito, ou seja, a eficiência do lodo em aumentar o pH do solo (Melo

& Marques, 2000; Oliveira et al., 2002; Nascimento et al. 2004) em razão da alcalinidade dos materiais utilizados, visto que, no processo de tratamento do lodo utilizado nestes ensaios, também foram adicionadas cal virgem ou cal hidratada, objetivando também, a eliminação de patógenos e estabilização do resíduo (Fernandes, 2000).

Observa-se na Figura 2A que os valores do Magnésio, aos 60 e 80 dias dentro dos períodos de incubação, apresentaram relação quadrática, aumentando seus valores com o incremento das doses de lodo de esgoto aplicados no solo. Por outro lado, dentro das doses (Figura 2B), o valor de magnésio diminuiu linearmente no solo quando não foi aplicado nenhuma dose de lodo de esgoto doméstico. Por outro lado, nas demais doses os seus valores permaneceram próximos a média (Tabela 5)

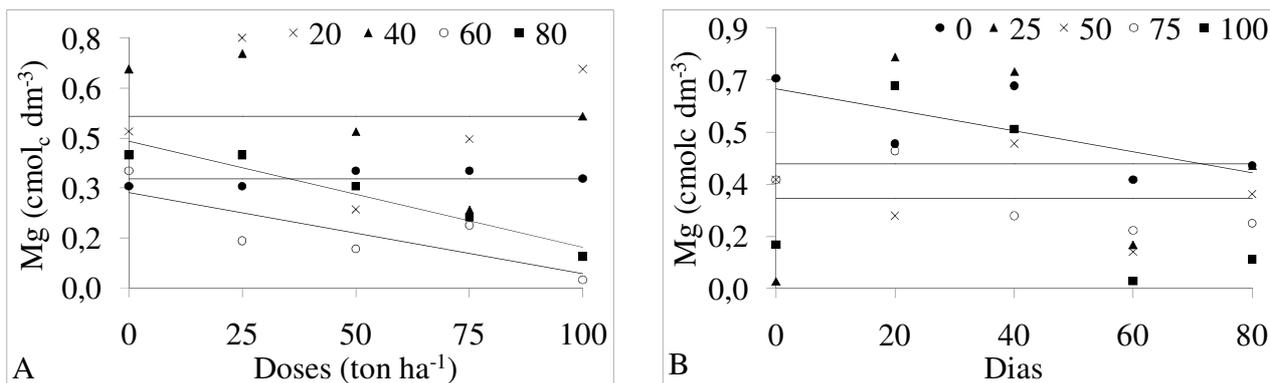


Figura 2 – Concentração de magnésio no solo em função em função das doses de lodos de esgoto doméstico aplicada (A) e dos períodos de incubação (B).

Tabela 5 – Equações ajustadas relacionando a concentração do magnésio com as doses de lodo de esgoto doméstico aplicadas no solo e com os períodos de incubação

Característica	Curva de Resposta	R ²
Magnésio (0 dias)	$\hat{y} = \text{Média} = 0,33 \pm 0,59$	-
Magnésio (20 dias)	$\hat{y} = \text{Média} = 0,55 \pm 0,33$	-
Magnésio (40 dias)	$\hat{y} = \text{Média} = 0,55 \pm 0,23$	-
Magnésio (60 dias)	$\hat{y} = 0,3050 - 0,0026 * \text{Doses}$	0,7377
Magnésio (80 dias)	$\hat{y} = 0,4701 - 0,0032 * \text{Doses}$	0,8995
Magnésio (0 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = 0,6901 - 0,0036 * \text{Dias}$	0,7165
Magnésio (25 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 0,43 \pm 0,38$	-
Magnésio (50 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 0,43 \pm 0,76$	-
Magnésio (75 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 0,32 \pm 0,98$	-
Magnésio (100 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 0,32 \pm 0,65$	-

*: Significativos a 5%

A literatura ressalta que solos que recebem lodo de esgoto, notadamente os florestais e pastagens, somente apresentam resultados visíveis quanto ao teor de magnésio somente quando ocorrem aplicações por longos períodos. Dessa forma, a grande variabilidade deste nutriente pode ser atribuída a esta informação já que o período de incubação foi de apenas 80 dias. No entanto, o excesso de Ca pode estar causando a diminuição da concentração do elemento magnésio. Isso indica que a aplicação do lodo tratado com cal, provavelmente, diminuiu a concentração deste nutriente no solo pois a competição por sítios de absorção exercida por outros cátions existentes no lodo em teores mais elevados que o magnésio (Guedes & Paggiari, 2003).

Em diversos trabalhos têm sido relatado efeitos contrários da aplicação de lodo de esgoto e a concentração

de magnésio no solo. Silva et al. (1995), Barbosa et al. (2002) verificaram que o aumento nos teores de cálcio e magnésio em função da aplicação no solo de lodo de esgoto não tratado com cal.

Observa-se na Figura 3A que os valores de potássio aos 20 e 80 dias de incubação, apresentaram valores médios (Tabela 6) em função das doses de lodo esgoto doméstico aplicadas no solo. No entanto nos demais períodos de incubação seus valores aumentaram linearmente com o incremento das doses de lodo de esgoto aplicadas. Por outro lado, observa-se na Figura 3B que somente na dose de 80 ton ha⁻¹, o valor de potássio diminuiu linearmente com o período de incubação do lodo de esgoto no solo. Nas demais doses os valores de potássio permaneceram próximos a média (Tabela 6)

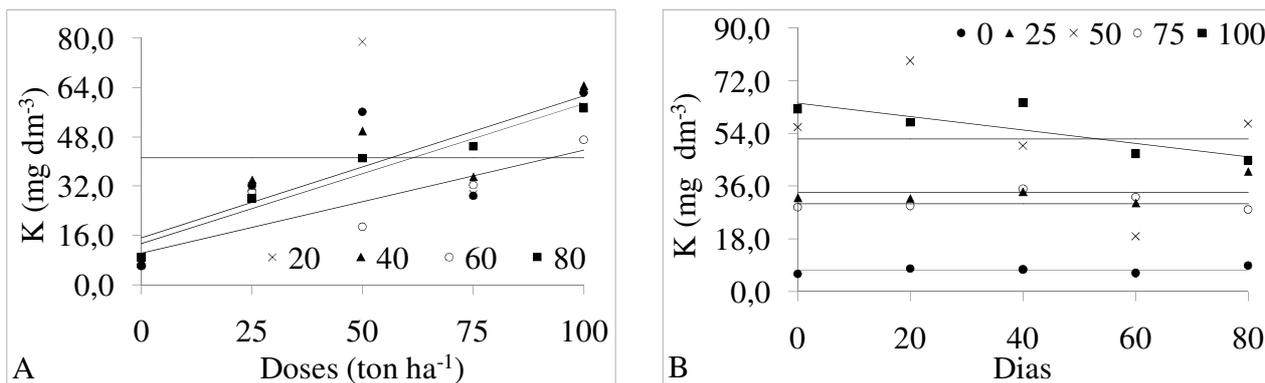


Figura 3 – Concentração de potássio no solo em função em função das doses de lodos de esgoto doméstico aplicada (A) e dos períodos de incubação (B).

Tabela 6 – Equações ajustadas relacionando a concentração do potássio com as doses de lodo de esgoto doméstico aplicadas no solo e com os períodos de incubação

Característica	Curva de Resposta	R ²
Potássio (0 dias)	$\hat{y} = 15,1501 + 0,43701 * \text{Doses}$	0,7814
Potássio (20 dias)	$\hat{y} = \text{Média} = 35,05 \pm 1,65$	-
Potássio (40 dias)	$\hat{y} = 15,1501 + 0,4601 * \text{Doses}$	0,7365
Potássio (60 dias)	$\hat{y} = 10,2001 + 0,3341 * \text{Doses}$	0,7443
Potássio (80 dias)	$\hat{y} = \text{Média} = 35,01 \pm 2,76$	-
Potássio (0 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 7,25 \pm 0,99$	-
Potássio (25 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 33,80 \pm 3,32$	-
Potássio (50 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 52,11 \pm 4,21$	-
Potássio (75 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 29,98 \pm 2,76$	-
Potássio (100 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = 64,6701 - 0,2422 * \text{Doses}$	0,7727

* Significativos a 5%

Com relação ao potássio, os resultados encontrados na literatura são divergentes. Em suma observa-se que se o lodo de esgoto geralmente possui baixa concentração de potássio e para que sua disposição no solo seja sustentável, torna-se necessário a suplementação potássica para manter adequada a absorção de nutrientes e a produtividade das culturas.

O aumento pouco expressivo no teor de potássio no solo em função das doses de lodo de esgoto aplicadas (Figura 3A) estão de acordo com os resultados obtidos por

Ross et al. (1990); Hue, (1995) e Nascimento et al. (2004). Segundo esses autores os resultados devem-se aos teores relativamente baixos de potássio no lodo. Por outro lado a redução, bem como o comportamento próximo a média dos teores de potássio no solo em função dos períodos de incubação decorre da competição com o cálcio, que resulta no deslocamento deste nutriente do complexo de troca do solo. Este resultado está de acordo com os obtidos por Andreoli (1999).

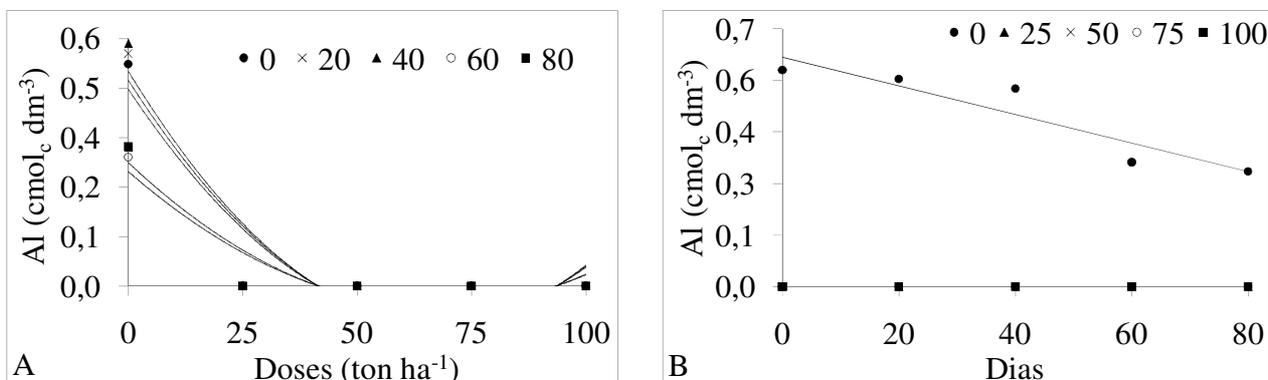


Figura 4 – Concentração de alumínio no solo em função em função das doses de lodos de esgoto doméstico aplicada (A) e dos períodos de incubação (B).

Tabela 7 – Equações ajustadas relacionando a concentração do alumínio com as doses de lodo de esgoto doméstico aplicadas no solo e com os períodos de incubação

Característica	Curva de Resposta	R ²
Alumínio (0 dias)	$\hat{y} = 0,4761 - 0,0165 * \text{Doses} + 0,0001 * \text{Doses}^2$	0,8571
Alumínio (20 dias)	$\hat{y} = 0,4982 - 0,0173 * \text{Doses} + 0,0001 * \text{Doses}^2$	0,8588
Alumínio (40 dias)	$\hat{y} = 0,5203 - 0,0181 * \text{Doses} + 0,0001 * \text{Doses}^2$	0,8599
Alumínio (60 dias)	$\hat{y} = 0,27868 - 0,0964 * \text{Doses} + 0,0001 * \text{Doses}^2$	0,8672
Alumínio (80 dias)	$\hat{y} = 0,2989 - 0,0104 * \text{Doses} + 0,0007 * \text{Doses}^2$	0,8877
Alumínio (0 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = 0,5975 - 0,0032 * \text{Doses}$	0,7601
Alumínio (25 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 0,00 \pm 0,00$	-
Alumínio (50 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 0,00 \pm 0,00$	-
Alumínio (75 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 0,00 \pm 0,00$	-
Alumínio (100 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 0,00 \pm 0,00$	-

*: Significativos a 5%

Os valores de alumínio em todos os períodos de incubação avaliados (Figura 4A) apresentaram uma relação quadrática, diminuindo seus valores a zero, com o aumento das doses de lodo de esgoto aplicadas no solo. Por outro lado, quando avaliado em função dos períodos de incubação, somente quando não foi aplicado o lodo de esgoto doméstico (Figura 4B) seu valor diminuiu linearmente. Nos demais casos os valores de alumínio no solo foram iguais a zero (Tabela 7).

A diminuição dos valores de alumínio trocáveis no solo em função das doses de lodo de esgoto aplicadas e bem como dos períodos de incubação é decorrente do aumento dos valores do pH (Figura 1A e 1B). Como o aumento do pH do solo pode estar diretamente relacionado com a cal virgem misturada ao lodo, gerando um produto alcalino, com efeito residual (Raij, 1991). Resultados semelhantes foram obtidos por Andreoli

(1999); Melo et al. (1994); Silva et al., (1998); Berton et al. (1999) os quais constataram que o lodo adicionado ao solo agiu como corretivo de acidez, reduziu o teor de alumínio trocável e melhorou as condições de absorção e nutrientes pelas plantas.

Os valores da matéria orgânica no solo, em cada período de incubação avaliado (Figura 5A), aumentaram linearmente em função das doses de lodo de esgoto doméstico aplicadas. Do mesmo modo ocorreu sem a aplicação de lodo de esgoto doméstico, quando avaliada em função dos períodos de incubação (Figura 5B). Quando aplicada a dose de 100 ton ha⁻¹ (Figura 5B) a da matéria orgânica no solo apresentou uma relação quadrática, aumentando seus valores até próximo a 40 dias de incubação, diminuindo a partir desse período. Nos demais casos seus valores permaneceram próximos a média (Tabela 8)

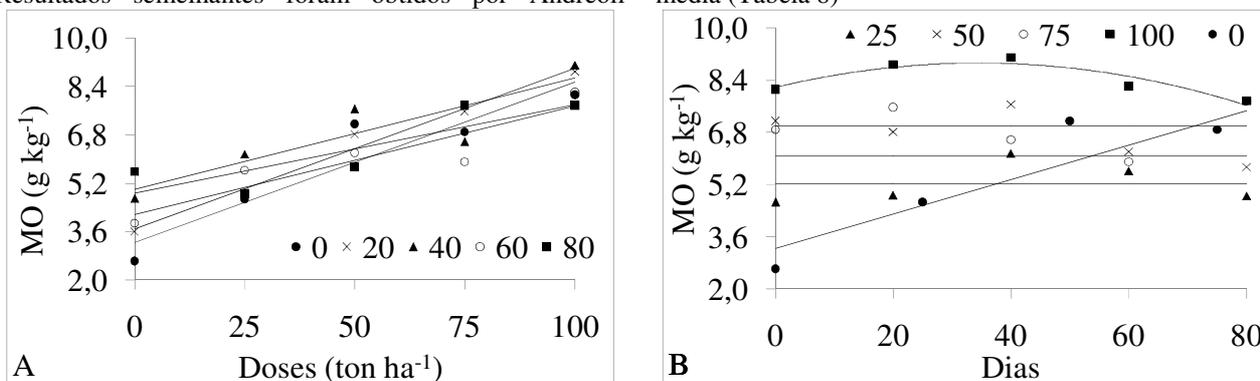


Figura 5 – Concentração de matéria orgânica no solo em função em função das doses de lodos de esgoto doméstico aplicada (A) e dos períodos de incubação (B).

Tabela 8 – Equações ajustadas relacionando a concentração da matéria orgânica com as doses de lodo de esgoto doméstico aplicadas no solo e com os períodos de incubação

Característica	Curva de Resposta	R ²
Matéria orgânica (0 dias)	$\hat{y} = 3,2419 + 0,05289 * \text{Doses}$	0,8852
Matéria orgânica (20 dias)	$\hat{y} = 3,6872 + 0,0531 * \text{Doses}$	0,9847
Matéria orgânica (40 dias)	$\hat{y} = 4,9861 + 0,0368 * \text{Doses}$	0,7813
Matéria orgânica (60 dias)	$\hat{y} = 4,1705 + 0,0358 * \text{Doses}$	0,8349
Matéria orgânica (80 dias)	$\hat{y} = 4,9256 + 0,0288 * \text{Doses}$	0,7618
Matéria orgânica (0 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = 2,8298 + 0,0309 * \text{Dias}$	0,7601
Matéria orgânica (25 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 5,23 \pm 0,63$	-
Matéria orgânica (50 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 6,70 \pm 0,75$	-
Matéria orgânica (75 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = \text{Média} = 7,01 \pm 0,87$	-
Matéria orgânica (100 ton ha ⁻¹)	$\hat{y} = 8,1675 + 0,0473 * \text{Dias} - 0,0007 * \text{Dias}^2$	0,9324

* Significativos a 5%

Os solos degradados são, na sua maioria, pobres em nutrientes e as condições de clima tropical e subtropical com muita umidade e temperaturas elevadas são fatores que aceleram o processo de degradação da matéria orgânica; por esta razão o manejo inadequado do solo agrícola pode reduzir a capacidade produtiva dos solos; e a adição de matéria orgânica é importante para a manutenção e até melhoria do potencial produtivo desses solos (Biscaia & Miranda, 1996).

A aplicação de lodo de esgoto no solo causa aumento no teor de matéria orgânica (Melo et al., 1994). Marques (1997) obteve aumentos nos teores de matéria orgânica do solo até um ano após a aplicação do lodo de esgoto, trabalhando com um Latossolo Vermelho-Escuro textura

média cultivado com cana-planta. Oliveira et al. (2002) aplicaram 33, 66 e 99 t ha⁻¹ de lodo de esgoto num Latossolo Amarelo distrófico e concluíram que as aplicações do lodo promoveram aumentos lineares nos teores de C orgânico do solo, durante os dois primeiros anos.

Efeitos no solo decorrentes da aplicação das diferentes doses de lodo de esgoto

O efeito da aplicação das doses crescentes de lodo de esgoto no solo degradado afetou significativamente os valores de fósforo, sódio, cálcio, H+Al, soma de bases, CTC total e efetiva.

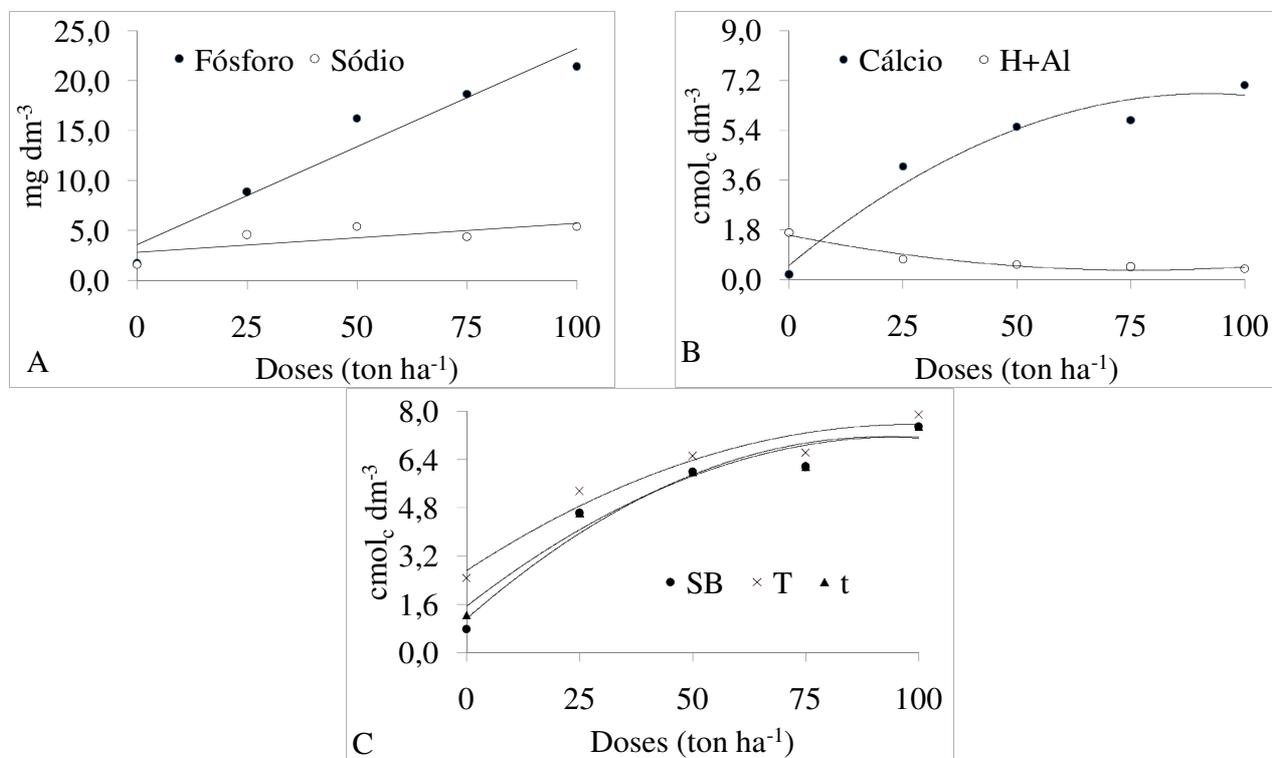


Figura 6 – Concentração de fósforo e sódio (A); cálcio e H+Al (B) e soma de bases, CTC total e efetiva (C) no solo em função das doses de lodos de esgoto doméstico aplicadas.

Tabela 10 – Equações ajustadas relacionando os valores de fósforo, sódio, cálcio, H+Al, soma de bases, CTC total e efetiva com as doses de lodo de esgoto doméstico aplicadas no solo

Característica	Curva de Resposta	R ²
Fósforo	$\hat{y} = 3,522 + 0,1965 * \text{Doses}$	0,9421
Sódio	$\hat{y} = 2,7248 + 0,0304 * \text{Doses}$	0,9747
Cálcio	$\hat{y} = 0,5197 + 0,1347 * \text{Doses} - 0,0007 * \text{Doses}^2$	0,9544
H+Al	$\hat{y} = 1,6081 - 0,0331 * \text{Doses} + 0,0002 * \text{Doses}^2$	0,9881
Soma de bases	$\hat{y} = 1,1150 + 0,1309 * \text{Doses} - 0,0007 * \text{Doses}^2$	0,9489
CTC total	$\hat{y} = 2,7245 + 0,0921 * \text{Doses} - 0,0005 * \text{Doses}^2$	0,9473
CTC efetiva	$\hat{y} = 1,5291 + 0,1165 * \text{Doses} - 0,0006 * \text{Doses}^2$	0,9537

*: Significativos a 5%

Observa-se na Figura 6A que a concentração de fósforo e sódio aumentaram linearmente no solo com o incremento das doses de lodo de esgoto doméstico aplicadas. Do mesmo modo, a concentração de cálcio (Figura 6B) e os valores da soma de bases, CTC total e efetiva (Figura 3C) aumentaram apresentando uma relação quadrática com o incremento das doses de lodo de esgoto doméstico aplicadas. Por outro lado a concentração de H+Al diminuiu (Figura 6B).

Resultados de pesquisas indicam que o lodo de esgoto é rico em nitrogênio, fósforo e micronutrientes, apresenta teores de umidade variável e alta concentração de matéria orgânica. A quantidade de fósforo adicionado ao solo pela aplicação de lodo de esgoto, normalmente não tem sido excessiva. Todavia, aumento nos teores de fósforo em solos com a aplicação de lodo esgoto tem sido comuns e relatados por vários autores (Sui & Thompson, 2000; Bramryd, 2001; Simonete et al., 2003; Guedes et al. 2006), tanto em sistemas agrícolas, pastagens e florestas.

O aumento no teor de sódio no solo deve-se a fato do lodo de esgoto doméstico apresentar em sua composição, este nutriente, em alguns casos, em proporções consideráveis. Todavia, tem sido comum na literatura o efeito do efluente em incrementar o teor de Na trocável no solo e/ou a porcentagem de sódio trocável. Este resultado, em concordância com o observado em outros trabalhos (Ross et al., 1990; Hue, 1995; Nascimento et al., 2004), deveu-se aos teores relativamente baixos de sódio no lodo.

O aumento na concentração de cálcio se deve a adição de cal ao lodo antes da incorporação do mesmo ao solo degradado, pois para ser utilizado no solo, o lodo de esgoto deve passar por processos de higienização e estabilização, dentre os quais, está a calagem que é um processo de estabilização, desinfecção química do lodo e consiste na adição e mistura de cal ao lodo em doses altas para a alcalinização brusca do meio. Com isso inativa-se a maior parte dos patógenos presentes no lodo. O aumento dos valores de cálcio esta associado a adição de cal virgem ao lodo antes da incorporação do mesmo ao solo degradado. Este resultado está em concordância com os observados em outros trabalhos (Simonete et al., 2003; Nascimento et al., 2004).

Assim como ocorreu com o alumínio (Figura 4A e 4B) a redução dos valores de H+Al devem-se ao aumento dos valores do pH (Figura 1A e 1B) e pela complexação do alumínio pela matéria orgânica oriunda do lodo de esgoto

conforme mostrado nas Figuras 5A e 5B. Resultados semelhantes foram obtidos por Andreoli (1999); Melo et al. (1994); Silva et al., (1998); Berton et al. (1999).

O aumento dos valores da CTC total, efetiva e bem como da soma de bases são devidos, em parte, pelo aumento da disponibilidade de potássio, cálcio e matéria orgânica (Figuras 3, 5 e 6B, respectivamente). Silva et al. (1995) verificaram que o aumento dos teores de matéria orgânica do solo em decorrência da aplicação de lodo de esgoto doméstico contribui para o aumento da CTC, mediante geração de cargas negativas devido a alta concentração de matéria orgânica que o lodo possui. Além disso, foi obtido também aumento nos teores de cálcio e magnésio contribuindo para o aumento da saturação por bases. Resultados semelhantes foram obtidos por Mello et al. (1994); Favaretto et al. (1997) e Oliveira et al. (2002).

CONCLUSÕES

A aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto tratado com cal promoveram o aumento do pH nos teores de matéria orgânica, fósforo, potássio, sódio, cálcio CTC total e efetiva, soma de bases e diminuição dos valores de magnésio, alumínio e H+Al no solo;

Dentre os efeitos estudados, apesar de significativo, o período de incubação pouco afetou o comportamento das variáveis estudadas, ficando as mesmas apresentando valores próximos a média dentro de cada dose de lodo de esgoto estudada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Apoio a Ciência e Tecnologia do Espírito Santo pelo apoio financeiro e bolsas de iniciação científica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOLI, C. V. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura e sua influência em características ambientais no agrossistema**. Curitiba: UFP, 1999. 168 p.
- BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I. C. B. Avaliações de propriedades físicas de

- um latossolo vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto por dois anos consecutivos. **Sanare**, v.17, n.17, p.94-101, 2002.
- BERTON, R. S.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M.A. S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.187-192, 1999.
- BISCAIA, R. C. M.; MIRANDA, G. Uso do lodo de esgoto calado na produção de milho. **Sanare**, v.5, p.86-89, 1996.
- BRAMRYD, T. Effects of liquid and dewatered sewage sludge applied to a Scots pine stand (*Pinus sylvestris* L.) in central Sweden. **Forest Ecology Management**, v.147, p.197-216, 2001
- COSTA, S.N.; MARTINEZ, M.A.; MATOS, A.T.; RAMOS, V.B.N. Mobilidade de nitrato em coluna de solo sob condições de escoamento não permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.2, p. 190-194, 1999.
- EMBRAPA. **Manual de análises de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNCS, 1997.
- FAVARETTO, N.; DESCHAMPS, C.; DAROS, E.; PISSAIA, A. Efeito do lodo de esgoto na fertilidade do solo e no crescimento e produtividade de milho (*Zea mays* L.). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.40, n.4, p.837-848, 1997.
- FERNANDES, F. Estabilização e higienização de biossólidos. In: MELO, W. J.; MARQUES, M. O.(eds) **Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000.
- FORTE, J.L.O.; CAMPOS NETO, D.. Alterações das características químicas do solo e produção vegetal do milho com o uso de resíduos de bauxita e cinza de caldeira. In: XXV CONGRESSOBRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, III, 1995, Viçosa. **Resumos**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. P.1331-1333.
- GUEDES, M. C.; ANDRADE, C. A.; POGGIANI, F.; MATTIAZZO, M. E. Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.267-280, 2006.
- GUEDES, M.C.; POGGIANI, F. Variação dos teores de nutrientes foliares em eucalipto fertilizado com biossólido. **Science Forest**, v.63, p.188-201, 2003.
- HUE, N.V. Sewage sludge. In: RECHCIGL, J.E. (Ed). **Soil amendments and environmental quality**. Boca Raton: CRC Press, 1995. p.199-168.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985.
- LOGAN, T.J. e PREZZOTO, M.E.M.. Avaliação da possibilidade do uso agrônômico do lodo de esgoto tratado com resíduos da indústria de cimento. In: XX REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Piracicaba, 1992. **Anais...**, Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 1992, p.386-387.
- MARQUES, M. O. **Incorporação de lodo de esgoto em solo cultivado com cana-de-açúcar**. Jaboticabal: UNESP, 1997. 122 p.
- MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: MELO, W. J.; MARQUES, M. O. **Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000.
- MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G. Efeito das 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**, v.18, p.449-455, 1994.
- MESSIAS, A.S.; MORAIS, F.A. Emprego do lixo urbano na adubação do milheto. In: XX REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Piracicaba, 1992. **Anais...**, Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 1992, p.384-385.
- NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.385-392, 2004
- NOVELINO, J.O.; LEITE, P.C.; PROENÇA, P.S. SILVA, M.L.. Características químicas de dois latossolos de Dourados, MS, submetidos a aplicação de pó de basalto. In: XXV CONGRESSOBRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, III, 1995, Viçosa. **Resumos**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. P.1334-1335.
- OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ROSSETTO, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em um Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.505-519, 2002.

- RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: IAC, 1991.
- ROSS, C.O.; AITA, C.; CERETA, C.A.; FRIES, M.R.. Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia-ervilha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, n.2, p.257-261, 1993.
- ROSS, C.A.; AITA, C.; CERETTA, C.A.; FRIES, M.R. Utilização de lodo de esgoto como fertilizante: efeito imediato no milho e residual na associação de aveia + ervilhaca. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23., Santa Maria, 1990. **Resumos**. Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1990. p.20.
- RUMP, H.H.; KRIST, H. **Laboratory manual for the examination of water, waste water, and soil**. Weinheim: VCH, 1992.
- SIMONETE, M. A.; KIEHL, J. C.; ANDRADE, C. A.; TEIXEIRA, C. F. A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 38, n. 10, p. 1187-1195, 2003.
- SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEXE, C. A.; MENDONÇA, E. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.33, n.1, p.1-8, 1998.
- SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S. Características agrotecnológicas, teores de nutrientes e de metais pesados em cana-de-açúcar (soqueira), cultivada em solo adubado com o lodo de esgoto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Anais...**Viçosa: SBCS/UFV, 1995. p.2279-2287.
- SOUZA, C.M.; FIGUEIREDO, M.S.; COSTA, L.M.; GALVÃO, J.C.C..Uso do lodo primário da indústria de celulose e papel em povoamentos de eucalipto. In: XXII REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Manaus, 1996. **Resumos**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. P.537-538.
- SUI, Y.; THOMPSON, M.L. Phosphorus sorption, desorption, and buffering capacity in a biosolids-amended mollisol. **Soil Science Societ American**. v.64, p.164-169, 2000.
- VON SPERLING, E. **Qualidade de água. Brasília**. Belo Horizonte: ABEAS, 1997.
- U. S. Environmental Protection Agency. Design manual onsite wastewater treatment and disposal systems. <http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/pubs/625180012/625180012total.pdf>. 20 Fev. 2008.