

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**APLICAÇÃO E EFEITO RESIDUAL DO LODO DE ESGOTO EM  
SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE TAPETES DE GRAMA ESMERALDA**

**CLARICE BACKES**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Doutor em  
Agronomia área de concentração – Horticultura

BOTUCATU-SP  
Maio – 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**APLICAÇÃO E EFEITO RESIDUAL DO LODO DE ESGOTO EM  
SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE TAPETES DE GRAMA ESMERALDA**

**CLARICE BACKES**

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Theodoro Büll

Co-Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da Unesp - Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Doutor em  
Agronomia área de concentração - Horticultura

BOTUCATU - SP

Maio - 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Backes, Clarice, 1976-  
B126a      Aplicação e efeito do lodo de esgoto em sistemas de produção de tapetes de grama esmeralda / Clarice Backes.- Botucatu : [s.n.], 2008.  
            ix, 152 f. : il. color., gráfs., tabs.

      Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2008  
      Orientador: Leonardo Theodoro Büll  
      Co-orientador: Roberto Lyra Villas Bôas  
      Inclui bibliografia

      1. Lodo de esgoto. 2. Nitrogênio. 3. Grama. 4. Adubação.  
      I. Büll, Leonardo Theodoro. II. Villas Bôas, Roberto Lyra.  
      III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. IV. Título.


UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU  
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "APLICAÇÃO E EFEITO RESIDUAL DO LODO DE ESGOTO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE TAPETES DE GRAMA ESMERALDA".

ALUNO: CLARICE BACKES

ORIENTADOR: PROF. DR. LEONARDO THEODORO BÜLL  
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO LYRA VILLAS BÓAS

Aprovado pela Comissão Examinadora




---

PROF. DR. LEONARDO THEODORO BÜLL



---

PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES




---

DR. HEITOR CANTARELLA



---

DR. WANDERLEY DA SILVA PAGANINI



---

PROF. DR. LEANDRO JOSÉ GRAVA DE GODOY

Data da Realização: 31 de março de 2008.

**DEDICO****À Deus**

*Não acredito em Deus porque nunca o vi.  
Se ele quisesse que eu acreditasse nele,  
Sem dúvida que viria falar comigo  
E entraria pela minha porta dentro  
Dizendo-me, Aqui estou!*

*Mas se Deus é as flores e as árvores  
E os montes e o sol e o luar,  
Então acredito nele,  
Então acredito nele a toda hora,  
E a minha vida é toda uma oração e uma missa,  
E uma comunhão com os olhos e pelos ouvidos.*

*Mas se Deus é as árvores e as flores  
E os montes e o luar e o sol  
Para que lhe chamo eu Deus?  
Chamo-lhe flores e árvores e montes e sol e luar;  
Porque, se ele se fez, para eu o ver,  
Sol e luar e flores e árvores e montes,  
Se ele me aparece como sendo árvores e montes  
E luar e sol e flores,  
É que ele quer que eu o conheça  
Como árvores e montes e flores e luar e sol.*

*E por isso eu obedeço-lhe,  
(Que mais sei eu de Deus que Deus de si - próprio?),  
Obedeço-lhe a viver, espontaneamente,  
Como quem abre os olhos e vê,  
E chamo-lhe luar e sol e flores e árvores e montes,  
E amo-o sem pensar nele,  
E penso-o vendo e ouvindo,  
E ando com ele a toda hora.*

**Alberto Caeiro**

## **OFEREÇO**

*Ofereço este trabalho a todas aquelas pessoas que eu amo.*

***Minha família, meus amigos.***

*São todos especiais, fazem parte de mim.*

*Peças fundamentais em minha vida,*

*me ajudam, me apóiam, dão carinho, são,*

*no verdadeiro sentido da palavra, **Amigos.***

*Meu querido pai **Marcelino Backes.***

*Minha querida mãe **Dilma Backes.***

*Meus dois irmãos **Luciete e Claudiomir.***

*São incríveis e inseparáveis amigos.*

*Um grande abraço! Vocês têm espaço reservado no meu coração... sempre!*

## AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder vida, saúde, coragem e amor.

À Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, Departamento de Produção Vegetal/Horticultura, pela oportunidade de realização do curso de Pós-Graduação em nível de Doutorado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento ao Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos e a Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio à pesquisa concedido.

Ao Prof. Dr. Leonardo Theodoro Büll, pela orientação, confiança e crescimento pessoal.

Ao Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas, pelos ensinamentos e acima de tudo pela amizade e tendo a certeza que muito do que aprendi aqui devo a ele, muito obrigada.

Ao meu querido Alessandro José Marque Santos, pela amizade, amor e compreensão.

Ao meu amigo, irmão Claudinei Paulo de Lima, pela amizade, confiança e ajuda em todos os trabalhos realizados.

Ao Prof. Dr. Leandro José Grava de Godoy, pelo auxílio na realização desse projeto e acima de tudo pela amizade e companheirismo.

Ao estagiário Eder Carlos Pires, pela amizade e ajuda na execução da parte experimental do projeto.

As amigas e companheiras de república Elisa Eni Freitag e Sandra Vigo, pela amizade e compreensão, que foi necessário em todo este tempo em que moramos juntas.

As amigas Rúbia Renata Marques, Tammy Aparecida Manabe Kihl, Monalissa Stradiotto, pelo companheirismo e pelos bons momentos que passamos juntas.

As amigas Ana Luisa Ferrari, Nádia Graciele Krohn e Charlise Gasparotto que mesmo a distância sempre se fizeram presentes na minha vida.

Aos professores Dirceu Maximino Fernandes, Irae Guerrini e Maria Helena Moraes que sempre estiveram prontos a me receber e auxiliar no que fosse possível.

Aos funcionários do Departamento de Ciências do Solo, em especial ao funcionário Jair pela amizade e ajuda na execução do experimento.

Ao Fernando Carvalho de Oliveira, pelo auxílio técnico e fornecimento do lodo de esgoto para a utilização no experimento.

A Associação de Gramicultores do Estado de São Paulo, pelo auxílio prestado.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.



## SUMÁRIO

RESUMO .....	1
SUMMARY .....	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1 Produção de grama .....	7
2.2 Uso de lodo de esgoto na agricultura baseado no teor de nitrogênio .....	10
2.3 Lodo de esgoto e a presença de metais pesados .....	11
2.4 Lodo de esgoto e a presença de patógenos .....	12
2.5 Alterações químicas e físicas no solo causadas pelo de lodo de esgoto.....	14
2.6 Lodo de esgoto e seu efeito nas culturas .....	15
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Localização e Caracterização da Área Experimental .....	17
3.2 Caracterização do solo.....	17
3.3 Dados meteorológicos .....	18
3.4 Caracterização da espécie utilizada.....	19
3.5 Delineamento experimental e tratamentos .....	20
3.6 Instalação e condução do experimento.....	23
3.7 Características avaliadas nas plantas .....	25
3.7.1 Taxa de cobertura do solo pela grama.....	25
3.7.2 Intensidade da coloração verde da folha.....	26
3.7.2.1 Clorofilômetro .....	26
3.7.2.2 Análise de imagem digital .....	26
3.7.3 Concentração de nutrientes na lâmina foliar .....	28
3.7.4 Acúmulo das aparas.....	28
3.7.5 Fitomassa seca de folhas + caules, rizomas e raízes do tapete colhido .....	29
3.7.6 Acúmulo de nutrientes pelas folhas + caules, rizomas + estolões e raízes.....	30
3.7.7 Extração total de nutrientes pela grama esmeralda .....	30
3.7.8 Massa e resistência dos tapetes.....	30
3.8 Características avaliadas no solo e no lodo .....	32
3.8.1 Análise química do solo .....	32

3.8.2	Determinação de metais pesados .....	32
3.8.3	Determinação da condutividade do solo.....	32
3.8.4	Análise de microrganismos e parasitas presentes no lodo inicial e após a aplicação no solo .....	32
3.8.4.1	Análise de vírus entéricos ( <i>Adenovirus</i> ).....	33
3.8.4.2	Análise de ovos viáveis de helmintos, cistos de protozoários e coliformes fecais.....	34
3.8.5	Resistência mecânica do solo a penetração .....	34
3.9	Análise estatística .....	35
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
4.1	EXPERIMENTO: Doses de lodo de esgoto na produção de tapetes de grama esmeralda .	36
4.1.1	Características avaliadas nas plantas .....	36
4.1.1.1	Taxa de cobertura do solo.....	36
4.1.1.2	Intensidade de cor verde da folha: clorofilômetro e imagem digital.....	41
4.1.1.3	Concentração de nutrientes na lâmina foliar .....	48
4.1.1.4	Massa das aparas .....	63
4.1.1.5	Fitomassa seca das folhas + caules, rizomas e raízes .....	65
4.1.1.6	Acúmulo de nutrientes nas folhas + caules e estolões.....	66
4.1.1.7	Extração total de nutrientes pela grama.....	74
4.1.1.8	Massa e resistência de tapetes de grama.....	80
4.1.2	Características avaliadas no solo .....	83
4.1.2.1	Análise química do solo .....	83
4.1.2.2	Determinação de metal pesado no solo .....	100
4.1.2.3	Condutividade elétrica do solo .....	103
4.1.2.4	Análise de agentes patogênicos presentes no lodo antes e após a aplicação no solo ..	105
4.1.2.4.1	Análise de vírus entéricos ( <i>Adenovirus</i> ).....	105
4.1.2.5.2	Análise de ovos de helmintos, cistos de protozoários e coliformes .....	106
4.1.2.6	Resistência mecânica à penetração.....	108
5.2	EXPERIMENTO: Efeito residual de doses de lodo de esgoto na produção de tapetes de grama esmeralda .....	111
5.2.1	Características avaliadas nas plantas .....	111
5.2.1.1	Taxa de cobertura do solo pela grama .....	111

5.2.1.2 Intensidade de cor verde da folha.....	114
5.2.1.3 Concentração de macronutrientes na lâmina foliar .....	115
5.2.1.4 Massa das aparas .....	118
5.2.1.5 Fitomassa seca das folhas + caules e rizomas + estolões + raízes.....	119
5.2.1.6 Acúmulo de macronutrientes nas folhas + caules e rizomas + estolões + raízes .....	122
5.2.1.7 Extração total de macronutrientes pela grama.....	126
5.2.1.8 Massa e resistência de tapetes .....	129
5.2.2 Características avaliadas no solo .....	131
5.2.2.1 Análise química do solo .....	131
6. CONCLUSÕES .....	135
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	137

## RESUMO

A disposição final de lodo de esgoto no solo representa não somente um sistema apropriado, mas também a oportunidade para o manejo dos mesmos com o mínimo de efeito sobre o ambiente podendo gerar benefícios químicos e físicos ao solo. O trabalho teve como objetivo avaliar doses de lodo de esgoto e o efeito residual na produção e qualidade de tapetes de grama esmeralda bem como as alterações químicas desse solo. Os experimentos foram instalados e conduzidos em uma propriedade de grama, localizada na cidade de Itapetininga - SP. A cultura utilizada foi a grama *Zoysia japonica* Steud. conhecida como grama esmeralda. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as parcelas principais constituídas por dois sistemas de manejo (com e sem o uso de um escarificador superficial “estrelinha”, utilizado para romper uma camada superficial compactada). e as subparcelas de cinco doses de lodo (0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha<sup>-1</sup>, base seca), mais um tratamento com adubação química, de acordo com as necessidades da cultura. Utilizou-se o lodo da Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiaí. As doses de lodo aplicadas correspondem às doses de 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Após a colheita dos tapetes, avaliou-se o efeito residual das doses de lodo e dos sistemas de manejo utilizados. Pode-se concluir que aos 165 dias após a aplicação do lodo de esgoto, a dose de 31 Mg ha<sup>-1</sup> permitiu a formação completa do tapete de grama (100% da taxa de cobertura do solo). O mesmo resultado foi encontrado quando utilizou-se a adubação química. A testemunha e as parcelas que receberam 10 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo não formaram tapete.

Verificou-se redução na massa dos tapetes de grama com o aumento das doses de lodo aplicadas. Com a utilização do escarificador superficial, houve diminuição da resistência dos tapetes de grama esmeralda. Observou-se efeito residual da aplicação de lodo e também da adubação química na taxa de cobertura do solo pela grama, porém esse efeito não foi suficiente para a formação de novo tapete, num prazo de, aproximadamente um ano. Não houve efeito residual do uso do escarificador superficial para nenhuma característica avaliada. O solo precisa de reposição de nutrientes, pois em um ciclo sem receber adubação os mesmos foram exauridos do solo, sendo transportados juntamente com os tapetes.

---

**Palavras-chaves:** *Zoysia Japonica* Steud., nitrogênio, taxa de cobertura do solo, escarificação do solo.

SEWAGE SLUDGE APPLICATION AND RESIDUAL EFFECT IN THE ZOYSIA GRASS SOD PRODUCTION SYSTEM. BOTUCATU, 2007. 150 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: CLARICE BACKES

Adviser: LEONARDO THEODORO BÜLL

Co-adviser: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

## SUMMARY

The final disposal of municipal waste in the ground is not only an appropriate system, but also the opportunity for management of those with the least possible effect on the environment and can generate chemical and physical benefits to the soil. The present study aimed to evaluate the sewage sludge doses and its residual effects in the zoysiagrass sod production system and also the chemical changes in the soil. The experiment was carried out in a grass grower property, located in the city of Itapetininga-SP. The turfgrass used was *Zoysia japonica* Steud. known as esmeralda. The experimental design adopted was randomized blocks with split plot design, with four replications, the main plots consisting of two management systems (with and without chisel use, to break a compacted surface layer) and subplots consisting of five doses of sludge (0, 10, 20, 30 and 40 Mg ha<sup>-1</sup>, a dry basis), another treatment with chemical fertilization, according to the requirement of the culture. The sludge used came from “Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiaí”. The doses of sludge applied correspond to the doses of 100, 200, 300 and 400 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen. After sod harvesting it was evaluated the residual effect of the sludge doses and evaluated the management system used. It can be concluded that 165 days after application of sewage sludge the dose of 31 Mg ha<sup>-1</sup> allowed the complete closing of the zoysiagrass sod (100% of soil cover rate). The same results were found when used chemical fertilization. The control and the plots that received 10 Mg ha<sup>-1</sup> of sludge did not formed sod. There was a reduction in weight of zoysiagrass sod with increasing doses of sludge applied. With the use of surface chisel, there was a decrease in the strength of zoysiagrass sod. There were residual effect of

sludge application and also of chemical fertilization in the soil cover rate by sod however this effect was not sufficient for the formation of a new zoysiagrass sod in a period of approximately one year. There was no residual effect of the use of surface chisel for any characteristic evaluated. The soil needs a replenishing of nutrients because, in a cycle without fertilization there were no nutrients in soil, being transported along with the zoysiagrass sod.

---

**Key-words:** *Zoysia Japonica* Steud., nitrogen, soil cover rate, surface chisel.

## 1. INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto, resíduo de maior volume gerado durante os processos de tratamento de efluentes, apresenta disposição final problemática e frequentemente negligenciada, comprometendo parcialmente os efeitos benéficos da coleta e tratamento de esgoto. Como alternativa para regularização, otimização e monitoramento da operação destes sistemas de tratamento, a utilização agrícola de lodos de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) é uma destinação adequada ambientalmente.

Por ser um material com elevada porcentagem de água e teores baixos de nutrientes, o lodo de esgoto quando comparado aos fertilizantes inorgânicos deve ser utilizado em elevadas quantidades. Porém, o inconveniente é basicamente o custo do transporte da ETE até o local da aplicação. Nesse sentido, deve-se procurar locais mais próximos das ETEs para que este material seja aplicado ao solo.

Outro aspecto que deve ser ressaltado é que há um limite da quantidade aplicada do lodo de esgoto, estipulado pelo CONAMA, em função da concentração de metais pesados, fazendo com que a aplicação em um único local por muito tempo seja restritiva.

Vários são os trabalhos envolvendo o lodo como fonte de nutrientes para plantas, porém em nível nacional, não há informação da aplicação na produção de tapetes de grama.

O nitrogênio é o nutriente requerido em maior quantidade pela grama e também o presente no lodo em maior concentração. Um lado bastante atrativo do uso do lodo



na produção de grama é que além das folhas, rizomas, estolões e raízes, são removidos juntamente ao tapete, uma fina camada superficial do solo, justamente aquela em que o lodo é depositado, sugerindo que boa parte do lodo estará sendo “exportado” do solo com o tapete, o que poderá indicar que a aplicação de lodo neste solo poderá não ser cumulativa. Tais tapetes de grama serão plantados em área que não mais receberão a aplicação do lodo, visto as necessidades de segurança sanitária. Outro ponto positivo da utilização de lodo de esgoto em gramados é o fato dessa cultura não ser utilizada para a alimentação humana e nem de animais, diminuindo, porém, os riscos de contaminações.

Para se cortar um tapete de grama é necessário compactar o solo. Após o corte, forma-se uma camada superficial bastante compactada, na qual a partir dos rizomas que permaneceram sob solo, novo gramado deverá ser formado. Acredita-se que é grande a possibilidade desse material orgânico, aplicado no solo, melhorar suas propriedades físicas e químicas, bem como a retenção de água, favorecendo a formação e crescimento de folhas, rizomas e estolões.

Como prática no sistema de produção de grama, os produtores utilizam um escarificador superficial do solo, com o objetivo de romper a camada superficial melhorando assim a eficiência da adubação, que é realizada superficialmente.

As hipóteses que fundamentam este estudo são: (1) o lodo de esgoto pode ser aplicado de maneira segura e substituir a adubação química na produção de tapetes de grama; (2) a escarificação superficial pelo uso da “estrelinha” promove melhorias no solo favorecendo a formação de tapetes.

Objetivou-se com o trabalho avaliar doses de lodo de esgoto e sistemas de manejo e o efeito residual na produção e qualidade de tapetes de grama esmeralda bem como as alterações químicas desse solo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Produção de grama

As gramas pertencem à família das Gramíneas (*Gramineae*), formada por mais de 10.000 espécies (WATSON e DALLWITZ, 1992), mas, menos do que 50 espécies das gramíneas podem ser utilizadas na formação de gramados. As gramas são plantas capazes de crescer em alta densidade, sob contínua desfolhação provocada pelo corte ou roçada (CHRISTIANS, 1998).

Uma das características morfológicas que as diferenciam das demais espécies é a localização da região meristemática. As gramas possuem meristema subapical, localizado na base da planta, formado por um grupo de nós e entrenós compactados, conhecido como coroa e é a principal razão pela qual as gramas podem ser cortadas continuamente (UNRUH, 2004).

As espécies mais cultivadas pelos produtores no mundo são a *Agrotis* sp., conhecida como “bluegrass”, e a *Festuca arundinaceae*, chamada de “tall fescue”, ambas de clima frio, muito popular nos Estados Unidos, Canadá e países da Europa. No Brasil, segundo Gurgel (2003) as principais gramas cultivadas comercializadas são as de clima quente, como a Esmeralda ou japonesa (*Zoysia japonica* Steud.), a Santo Agostinho ou inglesa (*Stenotaphrum secundatum* [Walt] Kuntze); a Bermuda (*Cynodon dactylon* [Pers] L.) e a São Carlos (*Axonopus affinis* Chase).

A grama *Zoysia sp.* é uma planta de clima quente, originária da China, Japão e outras partes do sudeste da Ásia que têm média tolerância à sombra, boa tolerância à seca e à salinidade e boa tolerância ao pisoteio, tendo como desvantagem a necessidade de mais tempo para crescer que a Bermuda e a Santo Agostinho (DERNOEDEN, 1999). Segundo Gurgel (2003) a esmeralda é uma grama de crescimento rizomatoso-estolonífero, com folhas de textura fina a média, com excelente densidade e coloração verde médio, muito usada em contensão de taludes e áreas com riscos de erosão (devido ao grande número de rizomas que produz), além de jardins residenciais, áreas públicas, parques industriais e campos esportivos.

A produção de gramas obedece a métodos específicos, qualificando-se como uma agricultura exótica, com maquinários (roçadoras adaptadas, escarificador “estrelinha”) e manejos particulares. Além disso, devido à implantação ser geralmente por mudas, paralelamente à necessidade de máquinas específicas e sistema de irrigação que atenda 100 % da área, os custos para o início de um projeto demanda altos recursos financeiros. O tempo médio para colheita de tapetes ou rolos é de doze meses, conferindo uma taxa interna de retorno de longo prazo (PIMENTA, 2003).

Segundo Godoy e Villas Bôas (2003) no sistema de produção de tapetes de grama ocorre compactação das camadas superficiais que é desejada para facilitar no corte dos tapetes e para que estes fiquem inteiros e firmes (característica desejável para a venda). Esta compactação é realizada pela passagem de rolo compactador na área onde serão cortados os tapetes e que, normalmente, é irrigada anteriormente a este processo. Além da utilização do rolo compactador, o tráfego de máquinas é intenso (roçadeira, trator com adubadora, pulverizador, máquina de corte do tapete, etc.) e as áreas de produção são utilizadas por vários anos após sua implantação, sem que se mobilize o solo de modo efetivo. Todos estes fatores levam a compactação destes solos, diminuindo a eficiência de absorção de nutrientes pelas plantas. Como a descompactação destes solos não é possível, pois, escarificações ou subsolagens quebrariam a estrutura necessária para o corte do tapete, a quantidade de fertilizantes adicionada neste sistema deve ser alta, para elevar a concentração de nutrientes no solo e suprir a redução de aeração nas raízes e absorção ativa de nutrientes.

Além disso, a extração de nutrientes em áreas de produção de tapetes de grama é elevada, pois além das aparas cortadas durante o ciclo de produção, o tapete é retirado da área com os nutrientes absorvidos e os nutrientes contidos no próprio solo, que são

levados juntamente com o tapete. Na fase produtiva da grama a adubação representa 21,5% dos custos (AGRIANUAL, 2006).

Segundo Bowman et al. (2002), o nitrogênio é o elemento mineral requerido em maiores quantidades pelas gramas e quando mantido em níveis adequados promove o vigor, a qualidade visual e a recuperação de injúrias. No entanto, a quantidade de N disponível no solo é insuficiente para atender uma alta exigência do gramado e, portanto, aplicações regulares de fertilizante nitrogenado são necessárias.

Doses maiores de N e maior frequência de aplicação podem reduzir o tempo de produção da grama, entretanto, doses excessivas forçam o crescimento da parte aérea em detrimento do sistema radicular, reduzindo a capacidade do tapete de ser manuseado após o corte (“liftability”) (KOSKE, 1994; CHRISTIANS, 1998; CARROW et al., 2001; SARTAIN, 2002). Na produção de gramas em tapete, o crescimento de raízes e de rizomas é mais importante que o crescimento da parte aérea, pois terá mais influência na formação do tapete resistente na colheita e para o manuseio, aumentando o rendimento da área.

A eficiência da adubação nitrogenada para gramados pode ser aumentada com a utilização de fontes de liberação lenta como matéria orgânica. Adubações nitrogenadas em cobertura na primavera e verão, especialmente com formas de rápida liberação podem causar crescimento acelerado e até mesmo queima das folhas. O rápido crescimento após a aplicação destes produtos pode resultar ainda na necessidade de roçadas mais frequentes, aumentando o custo de produção. Usando formas de liberação lenta de N muitas vezes ocorre crescimento mais uniforme ao longo do tempo (VOIGT e FERMANIAN, 1992).

Angle (1994) verificou que o uso de lodo de esgoto compostado aumentou a qualidade estética dos gramados comparados com a grama adubada com nitrato de amônio e que a liberação lenta dos nutrientes do lodo de esgoto compostado e cru evitou o crescimento muito rápido, associando os custos de corte inerentes às aplicações do fertilizante.

Godoy et al. (2007) estudando os efeitos de doses de nitrogênio na produção de tapetes de grama esmeralda para as condições do estado de São Paulo verificaram que o aumento das doses de N influenciou a taxa de cobertura do solo pela grama, permitindo a produção do tapete com a dose de N de 408 kg ha<sup>-1</sup> aos 198 dias após a colheita do tapete anterior, tempo menor quando comparado com as demais doses.

Doses de N maiores que 370 e 400 kg ha<sup>-1</sup> reduziram, respectivamente, o acúmulo da fitomassa seca nas raízes e rizomas na grama Esmeralda (GODOY, 2005).

## **2.2 Uso de lodo de esgoto na agricultura baseado no teor de nitrogênio**

O lodo é um resíduo que se acumula nos pátios das Estações de Tratamento Esgoto, podendo constituir mais uma ameaça ao ambiente. A utilização do lodo de esgoto via utilização agrônômica, em suas diversas modalidades é a forma que apresenta um dos potenciais, graças à sua atuação como condicionador de solos (SILVA et al., 2002a, VAZ e GONÇALVES, 2002).

A utilização de lodo de esgoto em terras agrícolas pode ser justificada pela necessidade de encontrar destino apropriado para sua destinação final (CANELLAS et al., 2001). A disposição final deste resíduo no solo representa não somente um sistema apropriado, mas também a oportunidade para o manejo do mesmo com o mínimo de efeitos sobre o ambiente, podendo potencialmente, gerar vários benefícios químicos, físicos e biológicos. No entanto, caso esses efeitos não sejam corretamente avaliados, podem acarretar danos ao sistema solo-planta.

O nitrogênio é normalmente o mais valioso constituinte do lodo, sendo também o nutriente ao qual as culturas apresentam maiores respostas. Ele também pode ser usado como fator limitante para a definição da dose máxima de lodo a ser aplicado ao solo, pois, acima de certa dose, o nitrogênio pode lixiviar em forma de nitratos e contaminar o lençol freático (SANEPAR, 1997).

A recomendação de doses de lodo baseada no requerimento de nitrogênio pela cultura e na fração de mineralização do lodo pode ocasionar perdas de nitrogênio do ecossistema solo, principalmente no início do ciclo vegetativo da cultura, com conseqüências danosas para o meio ambiente (VIEIRA e CARDOSO, 2003).

Como as taxas de aplicações dos lodos são geralmente baseadas no N (COGGER et al., 2004), o conhecimento dos atributos do lodo relacionados à degradação microbiológica do N orgânico pode contribuir para a revisão de seu comportamento no solo, permitindo definir parâmetros úteis ao estabelecimento das doses máximas a serem aplicadas aos solos, em função do N disponibilizado às plantas (BOEIRA et al., 2002). O N disponível às plantas é definido como a soma do N na forma de nitrato (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), do N na forma de

amônio ( $\text{NNH}_4^+$ ), e do N orgânico que é mineralizado (CETESB, 1999). Ao utilizar-se este modelo matemático, pressupõe-se que, sob certas condições ambientais, a taxa de mineralização de N é proporcional à quantidade de substrato mineralizável no solo (BOEIRA et al, 2002). Os parâmetros obtidos com este modelo (potencial de mineralização e constante da taxa de mineralização) são úteis na definição do balanço entre as necessidades da cultura e o N fornecido pelo lodo, estimando-se a quantidade de N mineral que será liberada em determinado período de tempo, geralmente considerado como um ciclo de cultivo agrícola (CAMARGO et al., 1997; BOEIRA et al., 2002).

Segundo Oliveira e Mattiazzo (2001) a aplicação do lodo em solos agrícolas, com risco mínimo ao meio ambiente somente será possível através do monitoramento das camadas subsuperficiais do solo, que busquem definir taxas, frequência e épocas de aplicação do lodo bem como, estratégias de manejo baseadas na limitação do número de aplicações sucessivas e possíveis períodos de cessamento necessários para que o solo volte à suas condições originais, quanto aos teores de nitrogênio.

### **2.3 Lodo de esgoto e a presença de metais pesados**

A presença de metais pesados constitui uma limitação no uso do lodo na agricultura, que podem expressar seu potencial poluente diretamente nos organismos do solo, pela disponibilidade às plantas em níveis fitotóxicos, além da possibilidade de transferência para a cadeia alimentar através das próprias plantas ou pela contaminação das águas de superfície e subsuperfície. Porém, alguns estudos realizados mostram que os níveis de metais pesados encontrados nesse material mostram-se abaixo dos níveis críticos restritivos para sua utilização agrícola, o que permite sua aplicação ao solo dentro de limitações toleráveis de impacto ambiental (SILVA, et al. 2002a; CORRÊA, 2001).

De acordo com Page et al. (1987) citado por Oliveira e Mattiazzo (2001), no sistema solo-planta, dos metais pesados adicionados via lodo, dois aspectos são relevantes: o primeiro é que o lodo de esgoto desempenha, simultaneamente, papel de fonte e agente imobilizador dos metais pesados no solo; o segundo é que a absorção de metais pesados pelas plantas em função das taxas de aplicação do resíduo tem apresentado diferentes tipos de resposta incluindo comportamentos lineares, assintóticos, efeitos negativos ou simplesmente inexistentes.

A capacidade de adsorção específica dos metais pesados adicionados ao solo via lodo, persistirá enquanto esses elementos estiverem no solo, sugerindo, portanto, que os metais não permaneceriam em formas prontamente disponíveis às plantas e que o resíduo, que é a fonte de contaminação de metais pesados, tem em sua carga orgânica uma forma de aumentar a capacidade dos solos para retê-los (COREY et al. 1987, citado por OLIVEIRA e MATTIAZZO, 2001).

## **2.4 Lodo de esgoto e a presença de patógenos**

Deve-se salientar que além de nutrientes e metais pesados, o lodo pode conter patógenos. Hue (1995) informa que bactérias, vírus, cistos de protozoários e ovos de helmintos inevitavelmente estarão presentes nesses resíduos. As quantidades e as espécies destes patógenos variam com as condições sócio-econômicas da população, hábitos sanitários e com a eficiência dos processos de tratamento, os quais reduzem, mas não eliminam completamente a presença desses organismos (THOMAZ-SOCCOL, 1998).

Um dos principais problemas da utilização de lodo de esgoto em sistemas de produção agrícola é a sua desinfecção. Thomaz-Soccol et al. (1997) citam que a aplicação de lodos de esgoto em solos com vistas aos mais variados fins expõe o homem a agentes patogênicos neles presentes de maneira direta ou indireta.

Andraus et al. (1997) afirmam que solos e plantas que tenham recebido lodos de esgoto podem conter grande quantidade de bactérias entéricas, que variará com o nível de tratamento sofrido pelo lodo. Estes autores ao caracterizarem amostras de lodo aeróbio desaguado oriundo da ETE Belém de Curitiba (com pH 6,8 e umidade de 87,94%) observaram a presença de *Salmonella enteritidis*, de *Streptococos* fecais (Número mais provável/100 g MS:  $3,0 \times 10^7$ ) e Coliformes fecais (NMP/100 g MS: de  $10^5$  a  $10^8$ ).

Segundo Bastos (1993) a simples presença do agente infeccioso nos lodos utilizados na agricultura não implica necessariamente na imediata transmissão de doenças, caracterizando apenas um risco potencial. O risco real de um indivíduo ser infectado depende da combinação de uma série de fatores, dentre os quais: a resistência dos organismos patogênicos ao tratamento de esgotos e as condições ambientais; dose infectiva; patogenicidade; suscetibilidade e grau de imunidade do hospedeiro; grau de exposição humana aos focos de transmissão.

Com relação à presença de microrganismo no lodo aplicado no solo, as bactérias têm pouco tempo de sobrevivência pela competição e predação dos microrganismos do próprio solo, principalmente de protozoários de vida livre, considerados importantes predadores de coliformes comprovados por estudos de Andraus et al. (1997), onde bactérias entéricas aplicadas em solo estéril sob controle, sobreviveram mais tempo do que aquelas semeadas em solo não estéril.

Rocha et al. (2003) avaliando a aplicação de lodo de esgoto em couve, verificaram que após 54 dias da incorporação do lodo ao solo, o número de coliformes fecais foi praticamente nulo e, a partir dos 60 dias, não foram mais encontradas amostras positivas com ovos de helmintos viáveis.

Inúmeros vírus podem infectar o trato intestinal e serem eliminados através das fezes para o meio ambiente, levando a infectar um humano através da ingestão, vetor ou inalação. Embora não possa se multiplicar no meio ambiente, o vírus excretado pode sobreviver por muitas semanas, especialmente a baixas temperaturas ( $< 15^{\circ} \text{C}$ ). Entretanto a radiação solar no caso do Brasil, a predação e a competição minimizam de forma efetiva as possibilidades de infecção dos vírus após a aplicação ao solo (ROQUE, 1997).

Em resumo, os autores divergem sobre a presença, ausência ou tempo de sobrevivência de diversos microrganismos tendo em vista que um grande número de fatores ambientais influencia os dados e que variam nas diferentes composições do solo. A persistência dos patógenos no solo é comumente aumentada em baixas temperaturas, pH neutro e barreiras físicas contra radiação ultravioleta.

Embora o conhecimento da tolerância dos microrganismos às condições ambientais por si só não permita a caracterização de um risco real de transmissão de doenças, a observância destes valores não deixa de ser uma valiosa ferramenta na avaliação dos riscos potenciais de infecção (FERREIRA, 2000).

A compreensão do comportamento do lodo no solo e sua influência na qualidade sanitária das plantas proporcionarão maior confiabilidade na sua utilização, garantindo que a biota, assim como as características físicas e químicas do solo, não serão prejudicadas. A interação do lodo com a biota do solo deverá ser um fator fundamental na redução do nível de patógenos do produto (ANDRAUS et al., 1997).



## 2.5 Alterações químicas e físicas no solo causadas pelo de lodo de esgoto

Quanto ao lodo de esgoto, no Brasil a literatura apresenta alguns resultados que, de forma geral, são favoráveis à utilização de lodos de esgoto na agricultura. O interesse pelo lodo de esgoto como fertilizante não decorre apenas da presença de nutrientes em sua composição, principalmente nitrogênio, fósforo e micronutrientes, mas também do seu teor de matéria orgânica (SANEPAR, 1997).

O lodo de esgoto é condicionador de solos, função principalmente do conteúdo orgânico do resíduo. Embora a matéria orgânica em solos minerais represente menos de 5% dos componentes sólidos (SILVA et al., 2000a), ela pode ser responsável por cerca de 70% a 80% da CTC (Capacidade de Troca Catiônica) em solos tropicais. Lodos de esgoto são fontes de C orgânico para o solo e podem incrementar a CTC (MELO et al., 1994).

O uso do lodo de esgoto na correção da acidez do solo, elevando o valor de pH e neutralizando o Al tóxico foi constatado em vários trabalhos conduzidos por Carmo et al. (2000); Corrêa, (2001); e Melfi et al. (2001).

Segundo Oliveira et al. (2002) a ação neutralizante do lodo é essencialmente devido à sua alcalinidade intrínseca, pois no processo de tratamento do lodo são adicionadas elevadas quantidades de CaO, uma base forte, com o objetivo de eliminar patógenos e facilitar o processo de neutralização.

A literatura apresenta diversos trabalhos que demonstram a capacidade de lodos, sem tratamento prévio com cal, em elevar o pH de solos, atribuindo neste caso, o efeito neutralizante às reações envolvidas na degradação da carga orgânica do resíduo (CARMO et al. 2000; STARK e CLAPP, 1980).

Vaz e Gonçalves (2002) analisando o efeito do lodo de esgoto sobre atributos químicos do solo verificaram que, seis meses após a aplicação do mesmo, não foram notadas alterações do pH e dos teores de P, Mg, Zn, Cu e B trocáveis na camada analisada. Foi observada elevação dos teores de K, Ca e S, bem como a tendência na redução das concentrações de matéria orgânica, Al, Fe e Mn.

Barcelar et al. (2002) avaliando o efeito residual do lodo de esgoto calado em atributos químicos de um solo húmico verificaram que houve um aumento do pH nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. Não houve efeito residual significativo para os teores de C orgânico nas profundidades estudadas e para o Ca<sup>+2</sup> trocável nas profundidades 0-5 e 10-20

cm. Independente da profundidade considerada não foi observada variações significativas para os valores de CTC da fração orgânica e total em função dos tratamentos estudados.

## 2.6 Lodo de esgoto e seu efeito nas culturas

Diversos trabalhos têm mostrado aumentos na produção de matéria seca e grãos por espécies de interesse agrônômico cultivadas em solos tratados com lodo de esgoto (DA ROS et al., 1993; BERTON et al., 1997). Em alguns casos, os aumentos são equiparáveis ou superiores aos obtidos com a adubação mineral recomendada para a cultura (DA ROS et al., 1993; SILVA et al., 2001). Apesar disso, a complementação potássica é frequentemente apontada como imprescindível para a obtenção de boas produções (SILVA et al., 2001), uma vez que o resíduo é pobre nesse elemento.

Simonete et al. (2003) analisando o efeito do lodo de esgoto no crescimento do milho, verificaram que o acúmulo de macronutrientes e a produção de matéria seca do milho aumentaram com a aplicação deste e são incrementados pela adição de K mineral.

Utilizando lodo de esgoto em povoamento de eucalipto, Vaz e Gonçalves (2002) verificaram que a elevação de doses de lodo, de 0 a 40 Mg ha<sup>-1</sup>, resultou numa resposta quadrática em termos de produtividade de madeira com casca. Aos 17 meses de idade, 13 meses após a aplicação, o crescimento em volume elevou-se de 1,9 para 7,2 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, quando se compara a testemunha com o tratamento que recebeu 40 Mg ha<sup>-1</sup>.

Murray (1991) avaliando a aplicação de lodo de esgoto compostado para a produção de grama azul de Kentucky (*Poa pratensis* L.) e festuca (*Festuca rubra* L.) verificou que doses crescentes do lodo até 200 Mg ha<sup>-1</sup>, incorporados ou aplicados em superfície, causaram aumento do pH, maior capacidade de troca catiônica, maior agregação, maior teor de matéria orgânica e maior retenção de água do solo, bem como aumento da taxa de estabilidade das mudas das gramas. Em contraste, a densidade do solo e o peso dos tapetes por unidade de área reduziram.

Em experimento realizado por Dudeck (1994) foi observado que resíduos sólidos compostados, incluindo o lodo de esgoto foram excelentes para o desenvolvimento do sistema radicular na produção de tapetes de grama Santo Agostinho.

Lourenço et al. (1996) estudando o efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão verificaram que o lodo pode apresentar efeito residual para as culturas subseqüentes, quando empregado em doses elevadas.

De acordo com Da ros et al. (1993) a aplicação do lodo de esgoto aumentou a produtividade do milheto e aveia-ervilhaca cultivadas em associação, denotando o efeito residual, além de elevar os teores de N e P no solo.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Localização e Caracterização da Área Experimental**

Dois experimentos foram instalados e conduzidos em propriedade produtora de grama no município de Itapetininga-SP, distante, aproximadamente 150 km da cidade de São Paulo, SP. As coordenadas geográficas da área são aproximadamente: 23°91' de latitude sul e 48°03' de longitude oeste de Greenwich e altitude média de 636 m.

A área vinha sendo utilizada para a produção comercial de grama colhida mecanicamente em tapetes há cerca de 10 anos e o início do primeiro experimento se deu em área onde os tapetes foram colhidos há 20 dias.

O solo da área utilizada é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, de textura argilosa (EMBRAPA, 2006).

#### **3.2 Caracterização do solo**

Para a caracterização química do solo foram coletadas amostras (compostas de 10 amostras simples) nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm, em toda a área experimental com a utilização de um trado tipo holandês. A análise química foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas, segundo a metodologia adaptada de Raij et al., (2001). A caracterização física do solo foi realizada no Laboratório de Física do Solo do mesmo Departamento, determinando-se a composição granulométrica do

solo, de acordo com a metodologia da Embrapa (1997). Os resultados são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Resultado da análise química inicial do Latossolo Vermelho Distrófico da área experimental em Itapetininga, SP, nas camadas amostradas 20 dias antes da instalação do experimento.

Camadas cm	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P <sub>resina</sub> mg dm <sup>-3</sup>	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	
				-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							
0 – 5	4,6	38	3	54	0,8	26	7	33	88	38	
5 – 10	4,7	34	2	52	0,8	22	6	29	82	36	
10 – 20	4,5	40	2	61	1,1	19	5	24	85	28	
20 - 30	4,7	38	2	55	1,3	32	7	40	95	42	
	B		Cu		Fe		Mn		Zn		
	-----mg dm <sup>-3</sup> -----										
0 – 5	0,24		4,6		25		11,5		0,4		
5 – 10	0,24		4,6		16		9,6		0,3		
10 – 20	0,29		4,7		21		10,9		0,5		
20 – 30	0,27		5,2		26		8,3		0,4		

Tabela 2. Composição granulométrica e textura do Latossolo Vermelho distrófico da área experimental em Itapetininga, SP.

Camadas cm	Areia	Argila	Silte	Textura
	-----g kg <sup>-1</sup> -----			
0 – 5	90	671	239	Muito Argiloso
5 – 10	93	684	223	Muito Argiloso
10 – 20	88	703	209	Muito Argiloso
20 – 30	86	674	240	Muito Argiloso

### 3.3 Dados meteorológicos

Os dados de precipitação (em mm), temperatura média do ar (graus Celsius), evapotranspiração real (em mm), no município de Itapetininga, no período de outubro de 2005 a julho de 2007, foram obtidos do monitoramento climatológico do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas (CIIAGRO) pertencente ao Instituto Agrônomo de Campinas (CIIAGRO *On line*, 2007).

Foram selecionados os dados no período compreendido entre a implantação do primeiro e o final do segundo experimento no campo, e construídos gráficos com a precipitação, a evapotranspiração real e a temperatura média (Figuras 1 e 2).

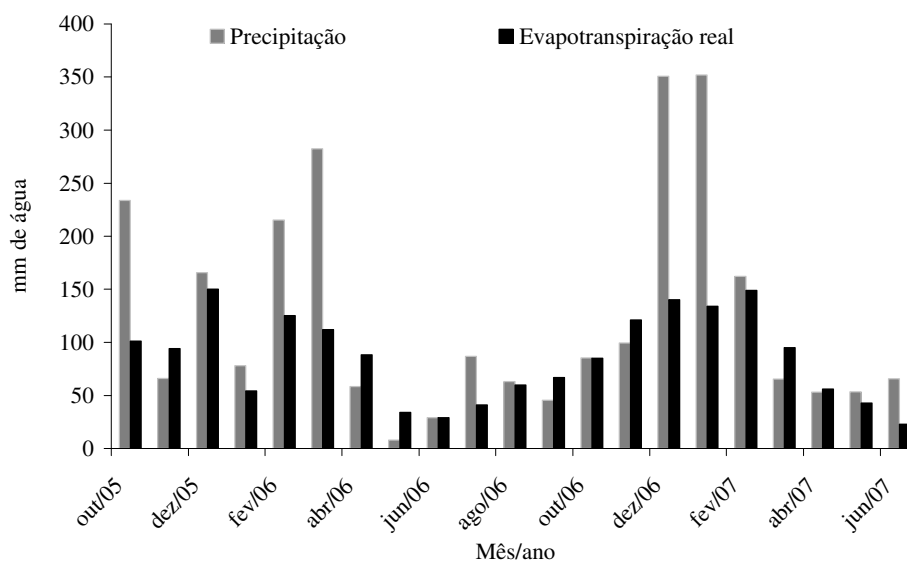


Figura 1. Precipitação e evapotranspiração real no município de Itapetininga, durante o período de outubro de 2005 a junho de 2007.

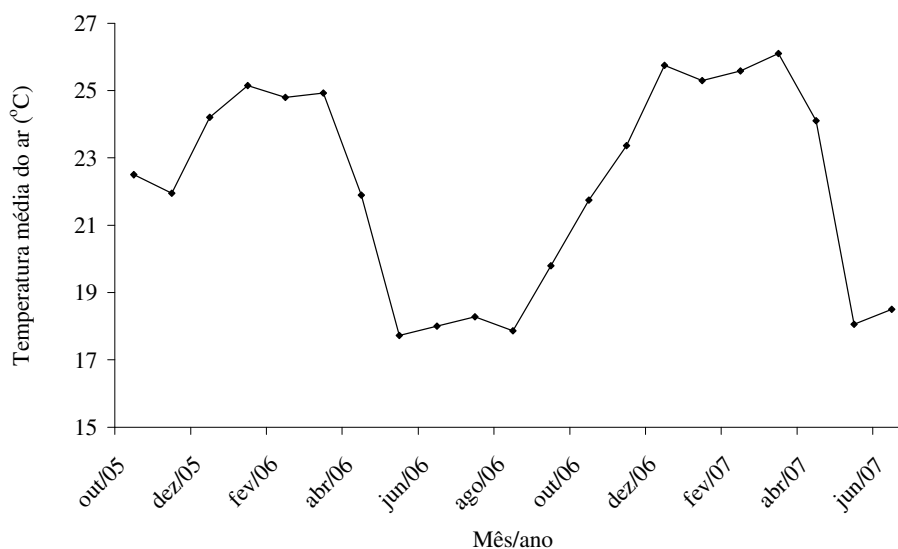


Figura 2. Temperatura média do ar no município de Itapetininga, durante o período de outubro de 2005 a junho de 2007.

### 3.4 Caracterização da espécie utilizada

Foi utilizada a espécie *Zoysia japonica* Steud. conhecida como grama esmeralda. É rizomatosa e, portanto, pode ser colhida em área total, visto que após a colheita ficam rizomas subsuperficiais capazes de brotarem e cobrir novamente o solo.

### 3.5 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com quatro repetições, sendo as parcelas principais constituídas por dois sistemas de manejo (com e sem o uso de um escarificador superficial, denominado estrelinha) e as subparcelas de cinco doses de lodo (0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha<sup>-1</sup>, base seca), mais um tratamento com adubação química, de acordo com as necessidades da cultura. A estrelinha consiste numa grade de discos recortados em forma de estrela, contendo 10 discos com distância aproximada de 10 cm entre cada disco (Figura 3).



Figura 3. Escarificador superficial (estrelinha), implemento utilizado para romper a camada superficial do solo, utilizado como manejo nos tratamentos utilizados.

O lodo de esgoto utilizado foi proveniente da estação de tratamento de esgoto da cidade de Jundiaí, que utiliza o processo de lagoas aeradas de mistura completa, seguida de lagoa de decantação para sua higienização. A composição química do lodo de esgoto utilizado pode ser vista na Tabela 3. As doses foram calculadas de acordo com a umidade e teor de N presente no lodo, necessidade da cultura e com base na taxa de mineralização de 30% ao ano sugerido pela CETESB (1999) para lodo digerido aerobicamente. A Tabela 4 apresenta as quantidades totais de nutrientes e elementos tóxicos aplicados em cada tratamento.

As doses aplicadas correspondem a 100, 200, 300 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio disponível, sendo que a recomendada para a cultura é de 300 kg ha<sup>-1</sup> (GODOY, 2005).

Tabela 3. Composição química do lodo de esgoto (com base na matéria seca) utilizado no experimento e valores de concentração máxima permitida (CMP) pela legislação.

Parâmetro	Unidade <sup>(1)</sup>	Concentração	CMP <sup>(2)</sup>
Nitrogênio	g kg <sup>-1</sup>	32	-
Fósforo	g kg <sup>-1</sup>	18	-
Potássio	g kg <sup>-1</sup>	2,1	-
Cálcio	g kg <sup>-1</sup>	13,1	-
Magnésio	g kg <sup>-1</sup>	2,8	-
Enxofre	g kg <sup>-1</sup>	24	-
Matéria orgânica	g kg <sup>-1</sup>	520	-
Carbono orgânico	g kg <sup>-1</sup>	289	-
Umidade	%	68	-
Relação C/N	-	9	-
pH	-	5,9	-
Sódio	mg kg <sup>-1</sup>	1880	-
Cobre	mg kg <sup>-1</sup>	722	1500
Ferro	mg kg <sup>-1</sup>	28800	-
Manganês	mg kg <sup>-1</sup>	674	-
Zinco	mg kg <sup>-1</sup>	500	2800
Arsênio	mg kg <sup>-1</sup>	0,59	41
Cádmio	mg kg <sup>-1</sup>	7,21	39
Cromo	mg kg <sup>-1</sup>	152,7	1000
Mercúrio	mg kg <sup>-1</sup>	<0,1	17
Níquel	mg kg <sup>-1</sup>	34,5	420
Chumbo	mg kg <sup>-1</sup>	184,4	300

<sup>(1)</sup> Os valores de concentração são dados com base na matéria seca; <sup>(2)</sup> CMP: Concentração Máxima Permitida (CONAMA, 2006).

Tabela 4. Quantidade total de nutrientes e elementos tóxicos aplicados no solo com os tratamentos utilizados

Elementos	Lodo de esgoto (Mg ha <sup>-1</sup> )					Adubação Química
	0	10	20	30	40	
	-----Kg ha <sup>-1</sup> -----					
Nitrogênio	-	320	640	960	1280	300
Fósforo	-	180	360	540	720	70
Potássio	-	21	42	63	84	200
Cálcio	-	131	262	393	540	-
Magnésio	-	28	56	84	112	-
Enxofre	-	240	480	720	960	-
Sódio	-	18	36	54	72	-
Cobre	-	7	14	22	29	-
Ferro	-	288	576	864	1152	-
Manganês	-	7	13	20	27	-
Zinco	-	5	10	15	20	-
Arsênio	-	0,0059	0,0118	0,0177	0,0236	-
Cádmio	-	0,0721	0,1442	0,2136	0,2884	-
Cromo	-	1,527	3,054	4,581	6,108	-
Níquel	-	0,345	0,69	1,035	1,38	-
Chumbo	-	1,844	3,688	5,532	7,376	-



As parcelas experimentais foram de 2,2 x 5 metros, e bordadura de 0,5 m em cada extremidade da parcela. A marcação das parcelas foi realizada com a utilização de cordas de “nylon” de 4 mm de diâmetro, de cor branca, em todo o perímetro da parcela e fixada em cada canto com um prego (Figura 4a). As Figuras 4b, 4c e 4d representam o solo após a passagem do escarificador superficial, o lodo de esgoto utilizado e uma vista geral do experimento após a aplicação do lodo, respectivamente.

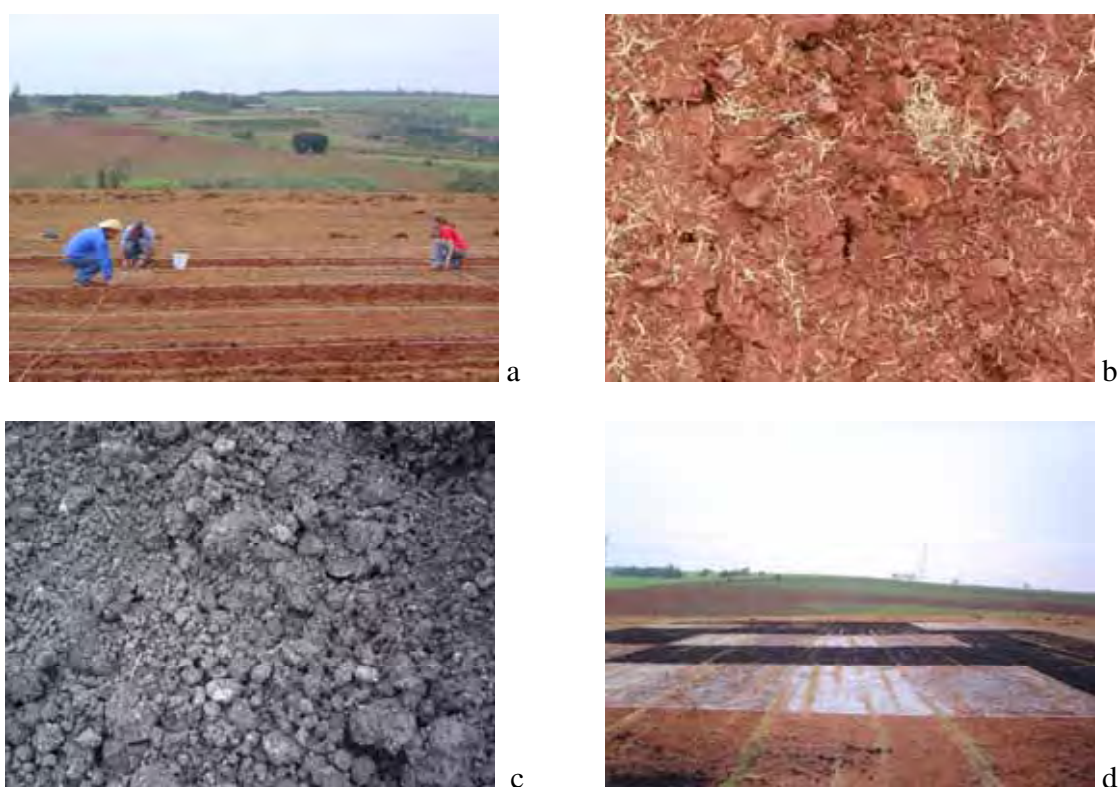


Figura 4. a – demarcação da área; b – solo após a passagem do escarificador “estrelinha”; c – lodo de esgoto utilizado; d – vista geral após a aplicação do lodo realizada logo após a calagem.

O segundo experimento constituiu da avaliação do efeito residual das doses de lodo e dos sistemas de manejo utilizados, portanto constituído pelo mesmo delineamento experimental. As parcelas foram remarcadas também com cordas de “nylon” logo após a colheita do tapete anterior. Ao avaliar o efeito residual, não foi realizada nenhuma adubação e manejo nos tratamentos.

### 3.6 Instalação e condução do experimento

Aos quinze dias após a colheita dos tapetes anteriores, (28 de setembro de 2006) iniciou-se o primeiro experimento com a marcação da área onde realizou-se, em um único momento, a passagem do escarificador a uma profundidade de aproximadamente 2,0 cm por quatro vezes nas parcelas que receberiam este tratamento. Foram realizadas quatro passagens do escarificador para que a área ficasse homogênea, já que existe uma distância de 10 cm entre os discos do equipamento utilizado.

A calagem foi realizada na área total, aplicando-se sobre a superfície do solo calcário dolomítico (PRNT de 91%) na dose de 1,2 Mg ha<sup>-1</sup> considerando a saturação por bases desejada para pastagens igual a 60% (RAIJ et al. 1996). O lodo de esgoto foi aplicado manualmente apenas uma vez, 20 dias após a colheita dos tapetes (03 de outubro de 2006), espalhado sobre a superfície do solo com o auxílio de enxada e rastelo, imediatamente após a aplicação do calcário. Nas parcelas que receberam a adubação química, aplicou-se 500 kg ha<sup>-1</sup> do fertilizante misto de fórmula 04-14-08, 35 dias após a colheita dos tapetes e o restante do nitrogênio do potássio foi parcelado em três vezes, sendo a dose total aplicada de 300 kg ha<sup>-1</sup> de N e 200 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O.

A fonte de N utilizada foi a uréia, aplicada manualmente, na superfície do solo aos 95 (17/12/06), 140 (01/02/07) e 180 (13/03/07) dias após o corte do tapete anterior, sendo estas parcelas irrigadas até 24 horas após a aplicação. A fonte de K utilizada foi o cloreto de potássio (KCl) parcelada na mesma época que o adubo nitrogenado.

Devido ao baixo teor de potássio presente no lodo de esgoto, foi realizada uma adubação potássica na mesma dose para todos os tratamentos que receberam o lodo, isso para que não houvesse influência do mesmo nas respostas. A dose de potássio total aplicada nos tratamentos que receberam lodo foi a mesma utilizada para a adubação química, também sendo parcelada em três aplicações na mesma época. Não foi realizada adubação fosfatada nestes tratamentos devido ao elevado teor deste nutriente presente no lodo, (18 g kg<sup>-1</sup>).

O controle de plantas daninhas na área experimental foi realizado manualmente e a área experimental não foi irrigada apenas no momento da colheita.

Um dia antes do corte dos tapetes (colheita), a área foi irrigada e passado por três vezes um rolo compactador com massa aproximada de 5.000 kg com diâmetro de 1,30 m e comprimento de 1,70 até que se conseguisse um tapete com

características de comercialização. Para isso foram feitos vários testes em áreas adjacentes as parcelas.

Os tapetes produzidos no primeiro experimento foram cortados nove meses após a aplicação do lodo (junho de 2006), e os tapetes do segundo experimento doze meses após o corte dos tapetes anteriores (junho de 2007).

O corte dos tapetes, nos dois experimentos, foi realizado mecanicamente utilizando colhedora acoplada ao trator (Figura 5b). Logo após o corte, os tapetes de cada parcela foram enrolados e depositados na própria parcela conforme ilustrado na Figura 5c. A Figura 5d mostra o aspecto do tapete produzido com lodo de esgoto no primeiro experimento.



Figura 5. a - passagem do rolo compactador; b – colheita dos tapetes de grama; c – tapetes de grama cortados enrolados e depositados nas parcelas; d – aspecto do tapete produzido.

### 3.7 Características avaliadas nas plantas

#### 3.7.1 Taxa de cobertura do solo pela grama

A taxa de cobertura do solo pela grama (TCS) foi avaliada através da análise de imagem digital. As imagens digitais foram obtidas de uma câmera digital Sony DSC-W30 6.0 mega pixels fixada na extremidade de uma estrutura na forma de um “L” invertido para que as imagens fossem obtidas paralelamente à superfície do gramado, em mesma altura (1,6 m).

As imagens de 3145728 mega pixels foram descarregadas em um computador e cada uma dessas figuras foi analisada no programa Corel Photo Paint v. 10.410 (Corel Corporation, 2004) que permite contar o número de pontos (pixels) de uma determinada cor (e suas tonalidades) existente na imagem.

Selecionando o número de pixels verdes e palha na imagem, foi possível determinar a porcentagem do solo coberto pela grama conforme metodologia citada por Godoy (2005).



Imagem digital antes de ser processada

Imagem digital após a seleção dos pixels verdes

Imagem digital após aplicada a máscara. Partes brancas e cinza referem-se a grama e preta ao solo

Figura 6. Análise da imagem digital para determinar a taxa de cobertura do solo pela grama (adaptado de GODOY, 2005).

No primeiro experimento a TCS foi determinada aos 45, 75, 105, 135, 165 e 195 dias após a aplicação do lodo de esgoto (DAA) e no segundo experimento aos 88, 170, 210, 240 e 330 dias após a colheita do tapete anterior (DAC).

### **3.7.2 Intensidade da coloração verde da folha**

No primeiro experimento foram utilizados dois métodos para a determinação da cor verde da grama: o clorofilômetro e análise da imagem digital. Para o efeito residual avaliou-se apenas com o clorofilômetro.

#### **3.7.2.1 Clorofilômetro**

A intensidade da coloração verde da folha (ICV) foi determinada pelo medidor portátil Chlorophyll Meter, modelo SPAD-502 (Soil and Plant Analysis Development) da Minolta Co., Osaka, Japão.

O aparelho possui dois LEDs (díodo emissor de luz), posicionado na ponta do medidor, que emitem luz em seqüência, quando o medidor está fechado, na faixa de 600-700 nm (pico em 650 nm) na qual a absorbância pela clorofila é alta e na faixa de 860 a 1060 (pico em 940 nm) absorbância é baixa, funcionando como um fator de correção em função da espessura da folha. A precisão do aparelho é de uma unidade SPAD para valores entre 0 e 50 unidades SPAD.

Devido ao tamanho reduzido da folha da grama as medidas da ICV foram realizadas em laboratório. Para tal as folhas foram coletadas nas parcelas, colocadas em sacos plásticos e armazenadas em seguida em uma caixa de isopor com gelo.

Foram realizadas medidas 30 folhas por parcela tomando-se o cuidado para evitar folhas secas, com manchas ou danificadas.

A ICV foi medida no primeiro experimento aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação do lodo de esgoto (DAA) e aos 210, 270 e 330 dias após a colheita do tapete anterior (DAC) no segundo experimento.

#### **3.7.2.2 Análise de imagem digital**

A coloração da grama foi avaliada pela análise da imagem digital, utilizada para calcular a porcentagem de cobertura do solo. Cada uma das imagens foi analisada no programa Corel Photo Paint v. 10.410 (COREL CORPORATION, 2004) que permite quantificar um valor médio das cores presentes na imagem. Como se desejava quantificar apenas a cor verde do gramado, durante o procedimento para a determinação da taxa de cobertura verde do gramado, foram anotados também os valores médios dos

componentes vermelho, verde e azul (RGB) da imagem, dado pelo comando “histograma”, no menu “imagem”, após selecionar apenas o canal verde.

Como somente o componente verde (G) não define a cor verde, dependendo também dos componentes vermelho (R) e azul (B), os resultados em RGB foram compilados para uma planilha eletrônica no MS Excel e convertidos para valores HSB, ou seja, de matiz, saturação e brilho de acordo com Karcher e Richardson (2003). Foram criadas mais duas colunas com o maior (MÁX) e o menor (MÍN) valor entre os componentes vermelho, verde e azul, utilizando as funções máximo e mínimo do MS Excel. Em seguida estes valores foram submetidos aos seguintes procedimentos no MS Excel para obtenção dos valores de HSB:

**Matiz (Hue)**

=SE(MÁX=R;60\*((G-B)/(MÁX-MÍN));SE(MÁX=G;60\*(2+((B-R)/(MÁX-MÍN))));  
SE(MÁX=B;60\*(4+((R-G)/(MÁX-MÍN))))))

**Saturação (Saturation)**

= (MÁX-MÍN)/MÁX \* 100

**Brilho (Brighness)**

= MÁXIMO (R:B)

nas quais:

SE e MÁXIMO são funções do MS EXCEL,

MÁX = maior valor entre as porcentagens de vermelho, verde e azul,

MÍN = menor valor entre as porcentagens de vermelho, verde e azul,

R (red) = vermelho, em decimal,

G (green) = verde, em decimal,

B (blue) = azul, em decimal.

Após a obtenção dos valores de HSB foi calculado o Índice de Cor Verde-Escuro (ICVE) proposto por Karcher e Richardson (2003), que varia de 0 – 1, utilizando a seguinte equação:

$$ICVE = [(H - 60)/60] + (1 - S) + (1 - B)]/3$$

Na qual:

H (hue) = matiz, em graus, variando entre 60°(amarelo) e 120°(verde),

S (saturation) = saturação, em decimal,

B (brightness) = brilho, em decimal.

A intensidade de coloração verde (ICV) pela análise da imagem digital foi obtida no primeiro experimento aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação do lodo de esgoto (DAA).

### **3.7.3 Concentração de nutrientes na lâmina foliar**

Depois de realizada a medida da ICV, as lâminas foliares da grama foram lavadas em água deionizada e acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação e renovação de ar forçada por 72 horas na temperatura de 65°C. Após a secagem, as lâminas foram moídas e enviadas para o Laboratório de Nutrição de Plantas da FCA para determinação da concentração de nutrientes, de acordo com a metodologia modificada de Malavolta et al. (1997).

A concentração de nutrientes na lâmina foliar foi medida no primeiro experimento aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação do lodo de esgoto (DAA) determinando-se macro e micronutrientes e aos 210, 270 e 330 dias após a colheita do tapete anterior (DAC) no segundo experimento determinando-se apenas os macronutrientes.

### **3.7.4 Acúmulo das aparas**

Após realizar a roçada na bordadura da parcela, foi feita a roçada na parcela útil (4,8 m<sup>2</sup>) utilizando roçadeira a gasolina com coletor (Figura 7) recolhendo as aparas (“clipping”) para determinação da fitomassa seca. Em seguida as aparas foram pesadas (massa fresca) e apenas uma amostra foi acondicionada em sacos de papel e secas em estufa de circulação e renovação de ar forçada por 72 horas na temperatura de 65°C. Após esse período determinou-se a massa da matéria seca da amostra e por regra de três obteve-se a quantidade de massa seca total coletada na parcela.

No primeiro experimento foram realizados cinco cortes durante o ciclo aos 95, 112, 144, 172 e 204 dias após a aplicação do lodo. No efeito residual foram realizados somente três cortes aos 102, 154 e 214 dias após o corte do tapete anterior.



Figura 7. a – corte da grama; b – parcela útil coletada para determinação da fitomassa.

### 3.7.5 Fitomassa seca de folhas + caules, rizomas e raízes do tapete colhido

Para determinar a fitomassa foram coletados três “plugs” de 6,8 cm de diâmetro por parcela, do tapete já colhido, através de um trado amostrador (Figura 8).

Cada “plug” foi acondicionado em saco plástico identificado e armazenado em geladeira até ser lavado. Os “plugs” foram lavados para retirar o solo aderido do material vegetal, separando-se as partes vegetais em folhas + caules, rizomas e estolões e raízes. No segundo experimento o material foi separado apenas em folhas + caules e rizomas + estolões + raízes.

Cada parte foi lavada em água deionizada, colocada em sacos de papel e seca em estufa de circulação e renovação forçada de ar por 72 horas, na temperatura de 65°C e após seca foi pesada para determinação da fitomassa seca. Os valores de fitomassa seca foram convertidos para  $\text{kg ha}^{-1}$ .





Figura 8. Coleta do “plug” de grama com a utilização do trado amostrador, para a determinação da fitomassa seca de folhas + caules, rizomas + estolões e raízes.

### **3.7.6 Acúmulo de nutrientes pelas folhas + caules, rizomas + estolões e raízes**

Após a determinação da fitomassa seca, cada material vegetal foi moído e enviado para o Laboratório de Nutrição de Plantas da FCA para determinação da concentração de nutrientes de acordo com a metodologia modificada de Malavolta et al. (1997). O acúmulo de nutrientes foi calculado multiplicando a fitomassa seca pela concentração de nutriente de cada parte (folhas + caules e rizomas + estolões) da grama.

### **3.7.7 Extração total de nutrientes pela grama esmeralda**

A determinação da extração total de nutrientes foi realizada através do somatório dos nutrientes acumulados pelas folhas + caules, rizomas + estolões do tapete de grama cortado e os nutrientes contidos nas aparas coletadas durante o ciclo, que foram removidas da área experimental. O acúmulo de nutrientes nas aparas também foi determinado pela multiplicação da fitomassa seca pela concentração de nutrientes das aparas coletadas.

### **3.7.8 Massa e resistência dos tapetes**

Após a colheita dos tapetes, os mesmos foram separados de acordo com cada tratamento, cortados em tamanhos menores (30 x 40 cm), para facilitar o transporte, e feita a pesagem dos mesmos, calculando a massa em  $\text{kg m}^{-2}$ .

Após terem sido pesados, realizou-se o teste para analisar a resistência de cada tapete, no qual em cada extremidade deste foram colocadas presilhas de modo que ficassem bem firmes (Figura 9a). Os tapetes foram pendurados em estrutura de madeira por uma das presilhas (Figura 9b) e logo abaixo, na outra extremidade, foi fixado um balde no qual foi adicionado areia até que houvesse o rompimento do tapete. Posteriormente foi determinado, utilizando balança, a massa necessária para rompê-lo (Figura 9c e d). Para esta determinação utilizou-se três tapetes para cada repetição.



a



b



c



d

Figura 9. a – detalhe da presilha na extremidade do tapete; b – tapete preso nas duas extremidades; c – tapete pendurado para determinação da resistência; d – utilização da balança para determinação da massa necessário para o rompimento do tapete.

### **3.8 Características avaliadas no solo e no lodo**

#### **3.8.1 Análise química do solo**

Para a caracterização química do solo foram coletadas ao final do primeiro experimento, cinco amostras simples por parcela nas profundidades aproximadas de 0 a 5, 5 a 10, 10 a 20 e 20 a 35 cm, com a utilização de um trado tipo holandês. Ao final do segundo experimento foram coletadas amostras apenas nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10 cm, com a utilização de um trado tipo sonda. Essas amostras foram homogeneizadas em balde e acondicionadas em sacos plásticos identificados. Após seco e passado em peneira de 2 mm, as amostras de solo foram enviadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas, para determinação de nutrientes segundo a metodologia adaptada de Raij et al., (2001).

#### **3.8.2 Determinação de metais pesados**

Para a extração dos metais pesados disponíveis (Cd, Cr, Pb, Ni, Hg, Co e Se) utilizou-se como extrator o DTPA, e a determinação por espectrofotometria de emissão em plasma (ICP-AES) junto ao Departamento de Produção Vegetal – Agricultura. A determinação de metais pesados foi realizada apenas ao final do primeiro experimento nas quatro camadas (0 a 5, 5 a 10, 10 a 20 e 20 a 35 cm).

#### **3.8.3 Determinação da condutividade do solo**

A condutividade elétrica do solo na camada de 0 a 5 cm foi determinada pelo método de extrato de saturação descrita por Raij et al. (2001) após o corte dos tapetes de grama do primeiro experimento.

#### **3.8.4 Análise de microrganismos e parasitas presentes no lodo inicial e após a aplicação no solo**

Foram feitas análises iniciais no lodo para verificar a presença dos microrganismos e parasitas patogênicos e, posteriormente, na colheita dos tapetes, foi analisada a resistência desses microrganismos às condições ambientais em que o lodo foi aplicado (superficialmente).

Para a análise de ovos viáveis de helmintos, cistos de protozoários e coliformes fecais coletaram-se quatro amostras compostas dos vários pontos do monte de lodo, de forma que ficasse o mais homogêneo possível. Essa amostra foi coletada no campo logo após a sua chegada no local. Para a análise de vírus entéricos foram coletadas três amostras compostas de lodo de esgoto e três amostras do solo na área experimental antes da instalação do experimento.

Tanto para a análise de vírus como de ovos viáveis de helmintos, coliformes e cistos de protozoários após o corte dos tapetes (9 meses após a aplicação) foram coletadas amostras de lodo dos tapetes que receberam as duas maiores doses de lodo, 30 e 40 Mg ha<sup>-1</sup>. O tapete de grama, já cortado, foi colocado em cima de um papel, onde foi realizada a retirada do lodo que ficou entre a camada de folhas e a camada de solo, conforme a Figura 10. Procurou-se coletar apenas o lodo que ficou entre os tapetes, mas pela dificuldade na metodologia houve uma diluição desse material com o solo, no qual aproximadamente 30% da amostra foi composta pelo solo que se misturou ao lodo, não sendo possível fazer a separação completa.

#### **3.8.4.1 Análise de vírus entéricos (*Adenovirus*)**

Para as análises de vírus, as amostras de lodo coletadas inicialmente e as amostras coletadas nove meses após a aplicação do lodo, foram todas congeladas imediatamente após a coleta para garantir a viabilidade de possíveis patógenos ali existentes.

A detecção de vírus foi baseada no método de Allard et al (1999), com modificações (SANTOS et al., 2004). A eluição das partículas virais foi realizada com solução protéica de extrato de carne (DIFCO<sup>®</sup>) a 3% e glicina 0,05M, pH 9,0, seguida por clarificação por centrifuga refrigerada e reconcentração por ultracentrifugação.

O preparo da suspensão foi realizado na Universidade de São Paulo, Instituto de Ciências Biomédicas, departamento de Microbiologia. A ressuspensão, ultracentrifugação, ressuspensão e quantificação do vírus através do PCR (reação em cadeia da polimerase) foram realizadas na Faculdade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Microbiologia e Imunologia.

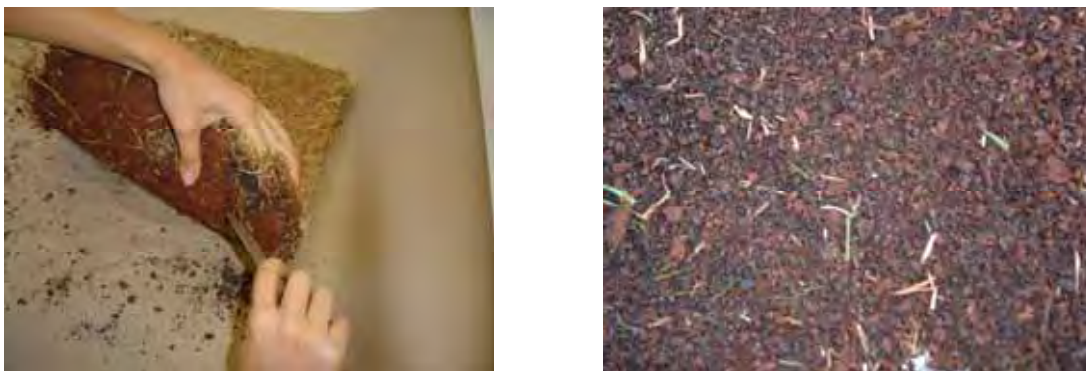


Figura 10. Retirada do lodo após a colheita dos tapetes de grama e aspecto geral da amostra do lodo do tapete utilizada para análise de coliformes, ovos viáveis de helmintos e vírus.

#### **3.8.4.2 Análise de ovos viáveis de helmintos, cistos de protozoários e coliformes fecais**

Para a análise de ovos viáveis de helmintos, cistos de protozoários e coliformes fecais, tanto as amostras de lodo coletadas antes da instalação do experimento, quanto as coletas do lodo feitas nove meses após a aplicação, foram imediatamente colocadas em refrigerador e no dia seguinte após a coleta, foram enviadas para a Universidade Federal do Paraná, em caixa de isopor contendo gelo (temperatura de 4°C), também para garantir a viabilidade de possíveis patógenos.

A determinação de ovos viáveis de helmintos, protozoários e coliformes fecais foi realizada no setor de Ciências Biológicas Departamento de Patologia Básica- Laboratório de Parasitologia Molecular. Para a análise de coliformes foi utilizada a metodologia de Higaskino et al. (1995), para a determinação de Salmonella utilizou-se a metodologia de Andraus et al. (1998) e para ovos viáveis de helmintos e protozoários utilizou-se a metodologia de Thomaz- Soccol et al. (2000). As análises de ovos viáveis de helmintos foi realizada em triplicata.

#### **3.8.5 Resistência mecânica do solo a penetração**

A amostragem de solo da área para o levantamento da resistência mecânica do solo à penetração foi realizada com um penetrômetro hidráulico-eletrônico, desenvolvida no NEMPA, Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agrícolas do

Departamento de Engenharia Rural, da FCA/UNESP, Campus de Botucatu/SP (Figura 11). O equipamento é constituído de cilindro hidráulico, haste com cone sólido na ponta a qual obedeceu as características estruturais e operacionais definidas pela norma ASAE S313.3 (1999). A haste vai conectada a uma célula de carga com capacidade de 5000 N e a um sensor de profundidade do tipo potenciométrico linear, ambos ligados a um sistema de aquisição e armazenamento de dados compostos por um Microllogger CR23X, da Campbell Cientific. O penetrômetro vai montado sobre uma Unidade Móvel de Amostragem do Solo (UMAS) que pode ser transportada por rodovias, tracionada por carros e caminhonetes. Como fonte de potência, o equipamento utiliza a tomada do controle remoto do trator agrícola.

A grade amostral do índice de cone (IC) foi feita com 6 amostras por parcela, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. Essa avaliação foi realizada após a colheita dos tapetes de grama do primeiro experimento.



Figura 11. Unidade Móvel de Amostragem do Solo (UMAS) utilizada para determinação da resistência mecânica do solo a compactação.

### 3.9 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise estatística, de acordo com Gomes (2000), utilizando o software SISVAR versão 4.2 (FERREIRA, 2003).

As médias dos resultados obtidos foram analisadas em esquema fatorial, considerando os efeitos do manejo, das doses de lodo de esgoto e a interação entre eles. As médias dos resultados do manejo foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de confiança, quando o F apresentou valor significativo. Os resultados das doses de lodo foram submetidos à regressão linear e quadrática.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 EXPERIMENTO: Doses de lodo de esgoto na produção de tapetes de grama esmeralda**

#### **4.1.1 Características avaliadas nas plantas**

##### **4.1.1.1 Taxa de cobertura do solo**

O monitoramento da taxa de cobertura do solo pela grama (TCS), no sistema de produção de gramas em tapete, pode ser um primeiro indicativo do tempo de formação de tapete de grama, ou seja, quando a taxa apresentar valor 100 considera-se que o tapete já pode ser cortado (GODOY, 2005).

A Tabela 5 apresenta o resumo da análise de variância e média da taxa de cobertura do solo pela grama (TCS) em função da aplicação de doses de lodo de esgoto e dos sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial). Verifica-se que houve efeito significativo das doses nas três épocas avaliadas, porém não foi observado resposta para a escarificação superficial e também para a interação entre estes dois fatores.

A expectativa de que o manejo com o escarificador superficial promovesse um aprofundamento do calcário e melhorasse o contato do lodo com o solo não foi observado. Possivelmente este efeito não ocorra, uma vez que o implemento promove o corte superficial de rizomas, o que pode ter dificultado a mais rápida TCS.

Tabela 5. Resumo da análise de variância e média da taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama *Z. japonica* (esmeralda) em função das doses de lodo de esgoto (LE) e dos sistemas de manejo (com e sem o uso do scarificador superficial), aos 45, 75 e 105 dias após a aplicação (DAA).

Causa de variação	G.L.	Taxa de cobertura do solo pela grama					
		Época (dias após a aplicação)					
		Nov/05 (45)		Dez/06 (75)		Jan/06 (105)	
		-----Quadrado médio (significância)-----					
Dose (D)	4	1005,8**		1054,3**		466,2**	
Manejo (M)	1	49,8 ns		5,9 ns		0,8 ns	
D X M	4	59,5 ns		11,5 ns		5,3 ns	
Bloco	3	161,7*		172,12**		30,0 ns	
Erro 1	3	63,35		22,88		9,71	
Erro 2	24	35,52		34,49		11,27	
Total	39						
C.V.1 (%)		10,53		5,87		3,35	
C.V.2 (%)		7,88		7,21		3,61	
Média		75,6		81,5		92,9	
Doses de LE		Manejo					
		1	2	1	2	1	2
		-----Mg ha <sup>-1</sup> -----					
0		59,3	63,4	64,5	66,3	80,8	79,5
10		73,3	68,9	75,5	74,4	92,7	91,2
20		74,1	74,5	80,7	85,3	94,5	96,7
30		84,3	80,1	91,7	90,4	98,6	97,2
40		81,6	85,6	92,7	92,7	98,7	99,2
Média		<b>74,5</b>	<b>76,7</b>	<b>81,1</b>	<b>81,9</b>	<b>93,0</b>	<b>92,8</b>
Adubo Químico		65,2	62,6	64,9	70,0	93,0	94,2

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Na Figura 12 estão representadas as regressões da TCS em função das doses de LE utilizadas, aos 45, 75 e 105 dias após a aplicação do lodo (DAA), em comparação com o tratamento que recebeu a adubação química (AQ). Aos 45 dias após a aplicação do lodo, verifica-se que, a dose de 38 Mg ha<sup>-1</sup> de LE possibilitou a TCS de 85,35%. A adubação química proporcionou uma taxa de cobertura do solo de 63,90%.

Aos 75 dias houve aumento linear da TCS com aumento das doses aplicadas, sem alcançar um ponto de máxima cobertura. Verifica-se que nesta época a adubação química também apresentou resultados inferiores quando comparados com as maiores doses de lodo de esgoto aplicadas. Isto é atribuído ao fato de que até neste momento a



grama havia recebido apenas 20 kg ha<sup>-1</sup> do N fornecido pelo fertilizante misto de fórmula 04-14-08, aplicado 35 dias após o corte do tapete anterior e segundo Bowman et al. (2002), o nitrogênio é o elemento mineral requerido em maiores quantidades pelas gramas e quando mantido em níveis adequados promove o vigor, a qualidade visual e a recuperação de injúrias.

Aos 105 DAA houve um fechamento de 99% com a dose de 33 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto. O tratamento que recebeu a adubação química atingiu a taxa de cobertura do solo de 93,7%. Nesta fase havia sido aplicada apenas uma das três parcelas da dose de N na forma de uréia, totalizando 113 kg de N ha<sup>-1</sup>.

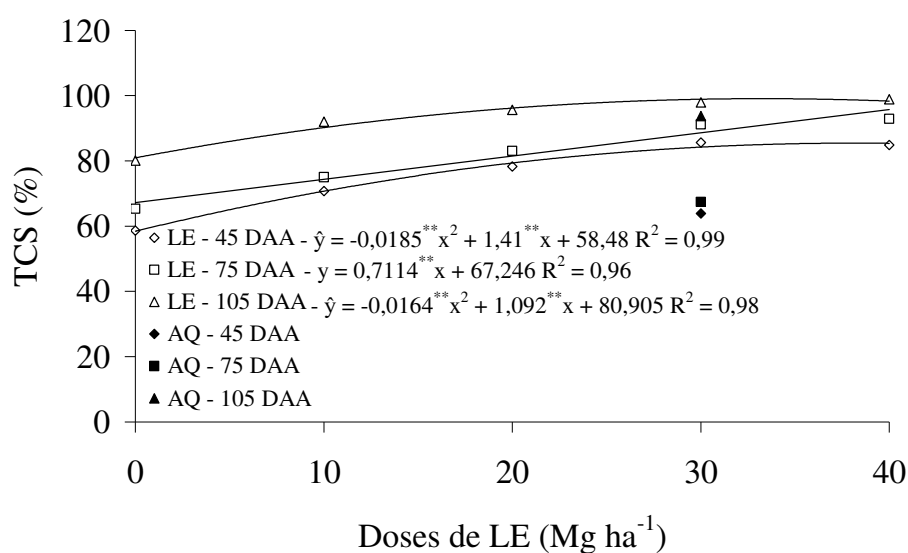


Figura 12. Taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama pela grama *Z. japonica* (esmeralda) em função das doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ), aos 45, 75 e 105 dias após a aplicação do lodo (DAA).

A TCS foi influenciada significativamente pelas doses de lodo de esgoto aos 135, 165 e 195 DAA. Porém não houve resposta para os sistemas de manejo e nem a interação entre os dois fatores de variação (Tabela 6). Pode-se observar na Figura 13 que aos 135 dias após a aplicação do lodo, a maior taxa de cobertura do solo (99,8%) de acordo com a equação ajustada foi atingida com a dose de 33 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo. Quando utilizou-se a adubação química, a taxa de cobertura de solo atingida foi de aproximadamente 98,45% com a dose de 206 kg de N ha<sup>-1</sup>. Godoy (2005) em experimento realizado na mesma região de Itapetininga obteve uma TCS semelhante em torno de 192 dias após o corte do tapete anterior

quando aplicou a dose de 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, um aumento de 57 dias em relação a este experimento. As variações que ocorrem entre os experimentos, além das doses, estão relacionadas às condições climáticas, irrigação, tipo de solo, espessura do corte do tapete retirado no último ciclo, etc.

Tabela 6. Resumo da análise de variância da taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama *Z. japonica* (esmeralda) em função das doses de lodo de esgoto (LE) e dos sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), aos 135, 165 e 195 dias após a aplicação (DAA).

Causa de variação	G.L.	Taxa de cobertura do solo pela grama					
		Época (dias após a aplicação)					
		Fev/06 (135)		Mar/06 (165)		Abr/06 (195)	
		-----Quadrado médio (significância)-----					
Dose (D)	4	246,8**		211,4**		173,2**	
Manejo (M)	1	0,04 ns		0,01 ns		0,7 ns	
D X M	4	1,5 ns		0,2 ns		0,1 ns	
Bloco	3	19,4 ns		13,4 ns		12,2 ns	
Erro 1	3	4,94		3,97		3,31	
Erro 2	24	6,16		5,38		4,45	
Total	39						
C.V.1 (%)		2,33		2,07		1,88	
C.V.2 (%)		2,61		2,42		2,18	
Média		95,2		96,1		96,6	
Doses de LE		Manejo					
		1	2	1	2	1	2
----Mg há <sup>-1</sup> ----		-----%-----					
0		85,9	86,1	87,2	87,6	88,5	89,1
10		94,8	93,5	95,5	95,4	95,8	96,0
20		69,8	97,8	98,7	98,3	98,8	99,1
30		99,2	99,1	99,3	99,5	99,6	99,8
40		99,1	99,7	99,6	99,7	99,8	99,8
Média		<b>95,2</b>	<b>95,2</b>	<b>96,1</b>	<b>96,1</b>	<b>96,5</b>	<b>99,8</b>
Adubo Químico		99,1	97,8	98,7	99,4	99,6	99,7

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Aos 165 DAA a dose de lodo de 31 Mg ha<sup>-1</sup> permitiu a formação do tapete de grama esmeralda (TCS de 100%) em menor tempo em comparação às demais doses e em relação ao tempo médio de 12 meses para a colheita do tapete de grama esmeralda, no

Brasil, citado por Pimenta (2003). Koske (1994) citou o período de 11 a 18 meses para a formação do tapete de *Zoysia*, no Estado de Lousiana, centro-sul dos EUA.

As gramas que não receberam lodo de esgoto e as que receberam 10 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo formaram tapetes com problemas, não chegando a cobrir totalmente o solo até o final do experimento (195 DAA). Godoy et al. (2007) verificaram que após 198 dias após a colheita do tapete anterior as gramas que não receberam a adubação nitrogenada e as que receberam 200 kg ha<sup>-1</sup> de N não formaram tapete, também não chegando a cobrir totalmente o solo.

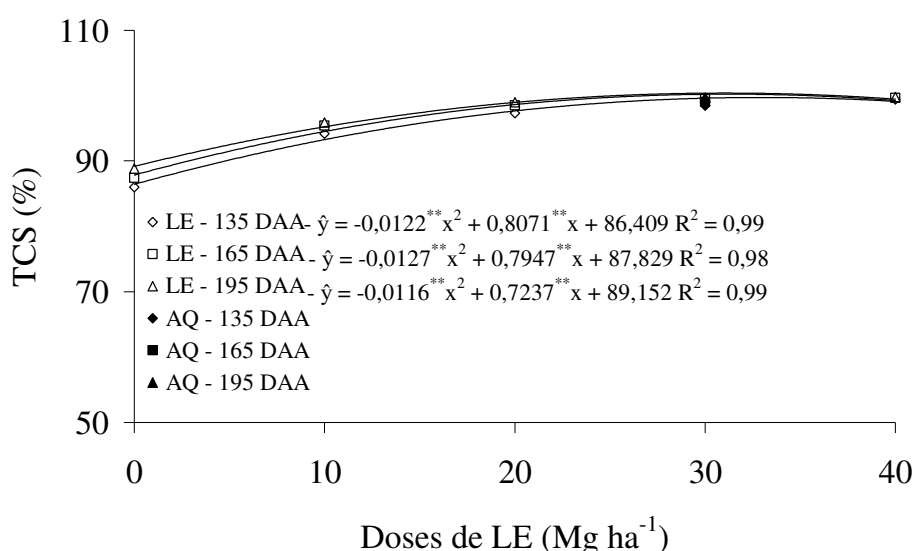


Figura 13. Taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama pela grama *Z. japonica* (esmeralda) em função das doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ), aos 135, 165 e 195 dias após a aplicação do lodo (DAA).

A TCS pode indicar a velocidade de produção do tapete, uma vez que, a grama esmeralda quando cobre totalmente a superfície do solo, também já produziu rizomas e raízes sob a superfície do solo, dando a estrutura para o tapete ser cortado (CHRISTIANS, 1998).

Godoy (2005) avaliando doses de N de 0, 150, 300, 450 e 600 kg ha<sup>-1</sup> na produção de tapetes de grama esmeralda verificou que a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup>, parcelada em quatro aplicações, até os 162 dias após o corte (DAC), poderia permitir a colheita do tapete em

seis meses após a colheita do tapete anterior. Aos 311 DAC somente a grama que não recebeu a adubação nitrogenada de cobertura não foi capaz de formar tapete. A grama que recebeu 150 kg ha<sup>-1</sup> de N divididos em três ou seis parcelas, apesar de formar o tapete, produziu alguns que acabaram quebrando durante a colheita e se tornaram imprestáveis para comercialização. As gramas dos demais tratamentos formaram tapetes sem haver perdas pela quebra.

Em um experimento realizado em casa de vegetação, em vasos, Godoy et al. (2007) também verificaram que o aumento das doses de N influenciou a taxa de cobertura do solo pela grama permitindo a formação completa do tapete aos 198 dias após o corte do tapete anterior com a dose de 408 kg ha<sup>-1</sup> de N. Esse maior período de tempo para a formação do tapete quando comparado ao trabalho citado anteriormente, possivelmente se deve às condições climáticas (baixa temperatura e fotoperíodo mais curto) terem influenciado na taxa de cobertura do solo.

É importante descrever que a taxa de liberação de N do lodo parece manter os valores previamente estipulados, pois a resposta a este nutriente foi semelhante a de Godoy (2005). Poder-se-ia pensar que o lodo aplicado em superfície teria uma taxa menor de liberação em relação a incorporação no solo.

#### **4.1.1.2 Intensidade de cor verde da folha: clorofilômetro e imagem digital**

As doses de lodo influenciaram significativamente a intensidade da cor verde de folha (ICV) da grama esmeralda, medida com o clorofilômetro, nas três épocas amostradas, não havendo influência dos sistemas de manejo nesta variável avaliada (Tabela 7). A manutenção da cor verde mais intensa significa manter maiores concentrações de clorofila, que pode favorecer maior taxa fotossintética e, conseqüentemente, maior produção de carboidratos e enraizamento mais rápido dos tapetes após o transplante.

Verifica-se que aos 45 dias após a aplicação do lodo a ICV foi maior quando comparada com as demais épocas avaliadas, provavelmente pela maior liberação de nitrogênio que deve ter ocorrido até esta época, ou também pelo aproveitamento do N já disponível pelas plantas. Gonçalves (2005) avaliando o nitrogênio presente no lodo de esgoto da ETE de Jundiaí determinou que 17% do N presente no lodo está na forma disponível (nitríca e amoniacal), estando o restante na forma orgânica. A fração orgânica constitui a

maior porção do N do lodo, variando de 70 a 90 %, dependendo do tipo de lodo e da sua idade (FEMISCA, 2007).

Segundo Boeira (2004) um lodo aplicado em campo pode liberar, à solução do solo, grande quantidade de N mineral nos primeiros dias após a aplicação, se houver condições propícias à mineralização da matéria orgânica, sendo que as quantidades mineralizadas vão diminuindo ao longo do tempo, com tendência de estabilização proximamente aos três meses, ou seja, a mineralização torna-se lenta, mas contínua. Shumann et al. (1993) observaram aumento na cor das gramas *Festuca arundinaceae*, *Poa pratensis* e *Lolium perene* em apenas 32 dias após a aplicação de biossólido compostado.

Tabela 7. Resumo da análise de variância e média dos resultados da Intensidade de Cor Verde da folha (ICV) da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do scarificador superficial), aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).

Causa de variação	G.L.	Intensidade da cor verde da folha					
		Época (dias após a aplicação)					
		Nov/05 (45)	Jan/06 (105)	Mar/06 (165)			
		-----Quadrado médio (significância)-----					
Dose (D)	4	41,5**	27,9**	32,9**			
Manejo (M)	1	3,6 ns	0,1 ns	2,5 ns			
D X M	4	1,7 ns	2,8 ns	1,9 ns			
Bloco	3	36,3**	0,4 ns	2,9 ns			
Erro 1	3	15,27	0,13	0,83			
Erro 2	24	5,19	2,38	3,34			
Total	39						
C.V.1 (%)		11,84	1,31	3,55			
C.V.2 (%)		6,91	5,53	7,09			
Média		33,3	27,9	25,8			
Doses de LE		Manejo					
		1	2	1	2		
---Mg ha <sup>-1</sup> ----		-----Índice spad-----					
0		30,5	30,2	24,0	25,2	23,5	25,0
10		31,2	30,5	28,8	27,0	23,0	24,2
20		34,2	33,2	29,2	28,8	25,7	24,8
30		35,2	33,5	28,8	29,5	27,0	27,3
40		35,2	36,0	28,5	28,8	28,3	28,8
Média		<b>33,3</b>	<b>32,7</b>	<b>27,9</b>	<b>27,9</b>	<b>25,5</b>	<b>26,0</b>
Adubo Químico		33,2	31,7	30,4	28,9	31,6	30,7

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Na Figura 14 verifica-se que aos 45 DAA os valores de ICV variaram linearmente de 30,4 a 35,6 unidades SPAD, de acordo com as doses de lodo de esgoto. Segundo Carrow et al. (2001), quando a dose de N é aumentada a partir de uma deficiência de N, há um incremento no conteúdo de clorofila, proporcionando uma resposta linear quanto a cor verde da grama.

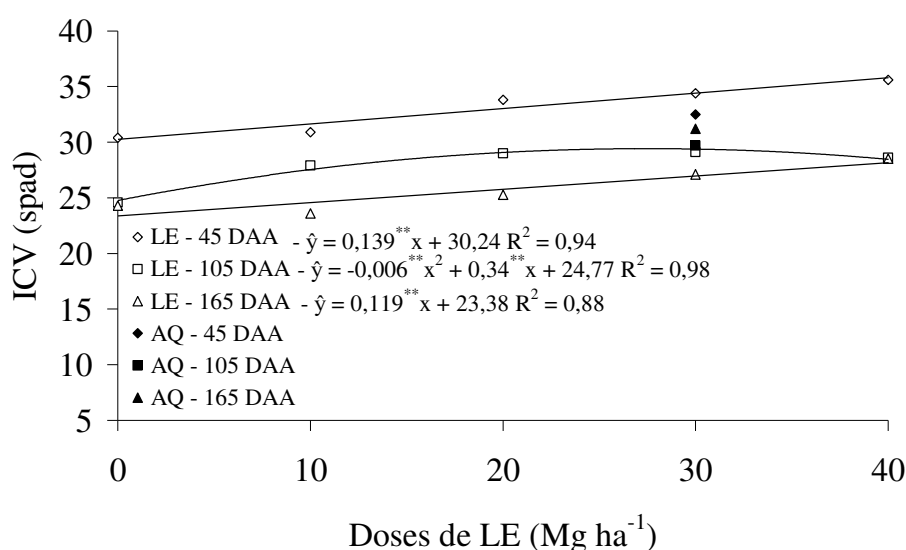


Figura 14. Intensidade de Cor Verde da folha (ICV) da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e da adubação química (AQ), aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).

Aos 105 DAA houve um ajuste melhor ao modelo quadrático, sendo atingido o ponto de inflexão (29,7) com a dose de 28 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo. Segundo Beard (1973), quando as doses de N são muito altas pode não haver resposta ou haver redução na cor verde da grama por causa da taxa de crescimento muito alta, que pode provocar a redução da concentração de clorofila pelo efeito de diluição. Para esse mesmo número de dias (105) a dose que promoveu a maior taxa de cobertura do solo foi de 33 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo, portanto 5 a menos do que a indicada pelo clorofilômetro. Deve-se considerar, no entanto, que o lodo, além de fornecedor de nitrogênio contém outros nutrientes e, principalmente, apresenta propriedades físicas que foram incrementadas com o aumento das doses de N.

Aos 165 dias após a aplicação do lodo houve novamente aumento linear do índice de coloração verde com o maior valor (28,5) sendo encontrado com a maior

dose. As parcelas que receberam a adubação química apresentaram valores de 32,5, 29,7 e 31,2 unidades SPAD aos 45, 105 e 165 DAA, respectivamente. Godoy e Villas Bôas (2004) consideram que valores acima de 37 unidades SPAD podem ser considerados adequados para acelerar a cobertura do gramado pela grama *Z. japonica*. Mesmo não tendo encontrado valores acima de 37 unidades SPAD em nenhuma das avaliações realizadas, as maiores doses de lodo de esgoto aplicadas aceleraram a taxa de cobertura do solo pela grama.

Godoy (2005) verificou que somente as gramas que receberam as duas maiores doses de N (450 e 600 kg ha<sup>-1</sup>) atingiram ICV maior que 37 unidades SPAD aos 90, 192 e 296 DAC. Quando não foi aplicado N os valores de índice SPAD foram de 24,5, 22,9 e 28,9 aos 124, 192 e 296 DAC, respectivamente.

A Figura 15 apresenta a relação entre a taxa de cobertura do solo e a intensidade de coloração verde da grama aos 105 e 165 dias após a aplicação do lodo. A faixa da intensidade de coloração verde na folha da grama esmeralda foliar que proporcionou mais que 95% de cobertura do solo pela grama (TCS), foi de 28 a 29 unidades SPAD, aos 105 DAA, e de 25 a 28 unidades aos 165 DAA.

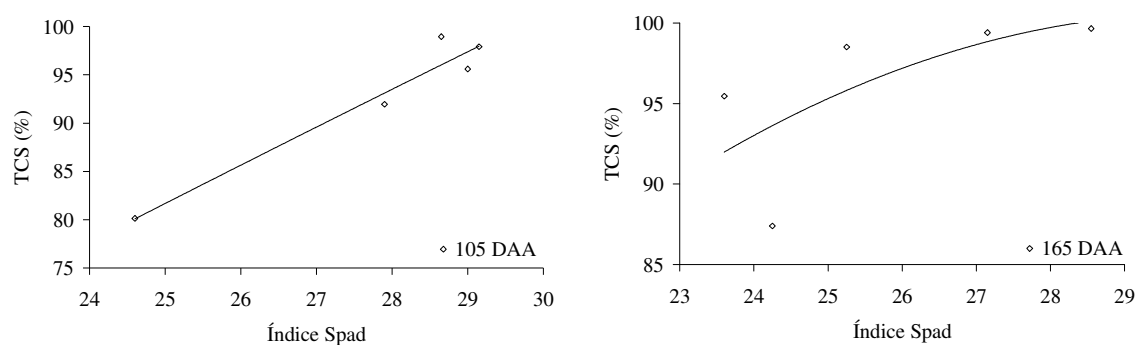


Figura 15. Taxa de cobertura do solo em função da intensidade de coloração verde da folha da grama *Z. japonica* (esmeralda), aos 105 e 165 dias após a aplicação do lodo.

O componente verde da imagem digital (G) foi influenciado pelas doses de lodo de esgoto apenas aos 45 dias após a aplicação, não sendo influenciado nas demais épocas avaliadas. Para esta variável também não houve influência do tipo de manejo (Tabela 8).

Houve efeito linear decrescente com o componente de luz verde decrescendo com o aumento das doses de lodo (Figura 16). Quanto menor o valor de G mais intensa a cor verde, por isso há uma redução do seu valor com o aumento das doses de lodo de esgoto. Contudo o componente verde (G) da imagem digital não foi adequado para avaliar a cor verde da grama em todas as datas não permitindo o ajuste em função das doses de lodo.

Godoy (2005) avaliando doses crescentes de N em grama esmeralda, dentre os índices utilizados para quantificar a cor verde da grama, obtidos da análise da imagem digital, verificou que o componente verde (G) não variou nem com as doses de N nem com o parcelamento das doses, não sendo adequado para avaliar a cor verde da grama em todas as datas. Além disso, os valores variaram muito com o decorrer do ciclo, o que dificulta estabelecer valores referenciais. Isto acontece porque não foram considerados os outros componentes da imagem (vermelho e azul), como citado por Karcher e Richardson (2003).

Segundo Karcher e Richardson (2003), embora pareça ser intuitiva a utilização somente da quantidade de luz verde para quantificar a cor verde da imagem, as intensidades da luz vermelha e da azul podem confundir como que a cor verde aparece na imagem. O matiz da cor verde da imagem da grama (H) e o Índice de Cor Verde Escuro (ICVE), ambos calculados a partir da quantidade de luz vermelha, verde e azul, variaram significativamente com as doses de lodo aos 45 e 105 DAA. Aos 165 dias após a aplicação do lodo houve variação significativa apenas para o matiz da cor verde da grama (H).

Para o matiz da cor verde da folha, houve um ajuste linear em função das doses de lodo de esgoto (Figura 17). Os valores variaram de 71 a 100° com as doses de lodo, sendo o menor valor atribuído ao tratamento que não recebeu adubação e o maior valor ao tratamento que recebeu com 40 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo.

Para a grama que recebeu a adubação química (300 kg ha<sup>-1</sup> de N), foram encontrados valores de 102°. Karcher e Richardson (2003) encontraram valores do matiz da cor verde variando entre 83,6° a 86,6° para as doses de N de 48, 72 e 96 kg ha<sup>-1</sup> em gramado formado de *Z. japonica*.



Tabela 8. Resumo da análise de variância e média dos resultados da cor verde (G), do matiz da cor verde (H) e do índice de cor verde escuro (ICVE) da folha de grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do scarificador superficial), aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).

Causa de variação	Verde (G)						Matiz (H)						ICVE						
	Nov/05		Jan/06		Mar/06		Nov/05		Jan/06		Mar/06		Nov/05		Jan/06		Mar/06		
	(45)	(105)	(165)	(105)	(165)	(165)	(45)	(105)	(165)	(105)	(165)	(165)	(45)	(105)	(165)	(105)	(165)		
Dose (D)	4	771,02**	154,46 ns	24,62 ns	24,62 ns	1152,7**	161,98*	110,23*	0,065**	0,003*	0,0013 ns	0,000003 ns	0,0002 ns	0,0002 ns	0,0002 ns	0,0002 ns	0,0002 ns	0,0002 ns	
Manejo (M)	1	6,40 ns	0,40 ns	0,10 ns	0,10 ns	6,40 ns	1,23 ns	0,40 ns	0,000003 ns	0,0002 ns	0,0002 ns	0,000003 ns	0,0002 ns	0,0002 ns	0,0002 ns	0,0002 ns	0,0002 ns	0,0002 ns	
D X M	4	1,03 ns	0,21 ns	1,60 ns	1,60 ns	3,90 ns	4,73 ns	3,78 ns	0,00013 ns	0,0002 ns	0,00009 ns	0,00013 ns	0,0002 ns	0,0002 ns	0,0002 ns	0,0002 ns	0,0002 ns	0,00009 ns	
Bloco	3	444,47*	300,03 ns	86,87 ns	86,87 ns	18,57 ns	9,29 ns	40,33 ns	0,0004 ns	0,0009 ns	0,00039 ns	0,0004 ns	0,0009 ns	0,0009 ns	0,0009 ns	0,0009 ns	0,0009 ns	0,00039 ns	
Erro 1	3	52,07	145,80	193,37	193,37	5,00	29,36	15,27	0,0003	0,002	0,0034	0,0003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0034	
Erro 2	24	79,64	414,44	84,93	84,93	44,49	23,87	19,55	0,0025	0,001	0,0012	0,0025	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0012	
Total	39																		
C.V.1 (%)		5,49	9,80	10,19	10,19	2,60	5,77	4,33	3,33	9,24	11,94	3,33	9,24	9,24	9,24	9,24	9,24	11,94	
C.V.2 (%)		6,79	16,53	6,75	6,75	7,77	5,20	4,90	10,05	6,61	6,97	10,05	6,61	6,61	6,61	6,61	6,61	6,97	
Média		131	123	137	137	86	94	90	0,50	0,51	0,49	0,50	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,49	
Doses de LE		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
----Mg ha <sup>-1</sup> ----		adimensional						-----graus-----						adimensional					
0		140	140	139	140	71	72	88	86	84	85	85	85	85	85	85	85	85	85
10		139	138	124	136	77	75	92	92	90	89	89	89	89	89	89	89	89	89
20		134	133	121	136	90	88	96	94	92	91	91	91	91	91	91	91	91	91
30		130	128	121	137	95	96	97	98	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
40		116	115	119	136	100	99	98	99	93	94	94	94	94	94	94	94	94	94
Média		<b>132</b>	<b>131</b>	<b>123</b>	<b>137</b>	<b>86</b>	<b>85</b>	<b>94</b>	<b>94</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>90</b>
Adubo Químico		142	143	133	134	139	141	99	102	99	98	100	98	100	98	100	98	100	98

ns, \*, \*\* - não significativo; significativo a 5% pelo teste F; G - componente verde da imagem digital, adimensional (0 a 255); H - matiz da cor verde, obtida na imagem digital, em graus (60 - amarelo e 120 - verde); ICVE - índice de cor verde escuro, obtida na imagem digital, adimensional (0 a 1);

1 - sistema de manejo com o uso do scarificador; 2 - sistema de manejo sem o uso do scarificador.

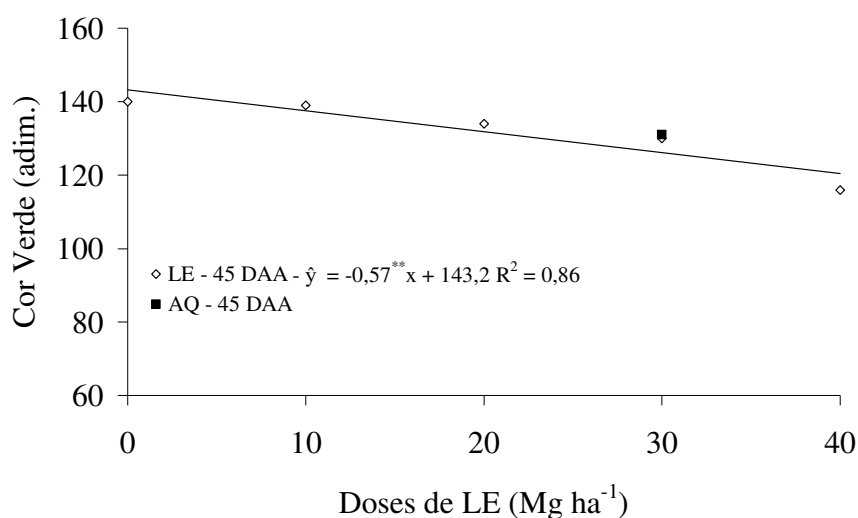


Figura 16. Cor verde (G) da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e da adubação química (AQ), aos 45 dias após a aplicação (DAA).

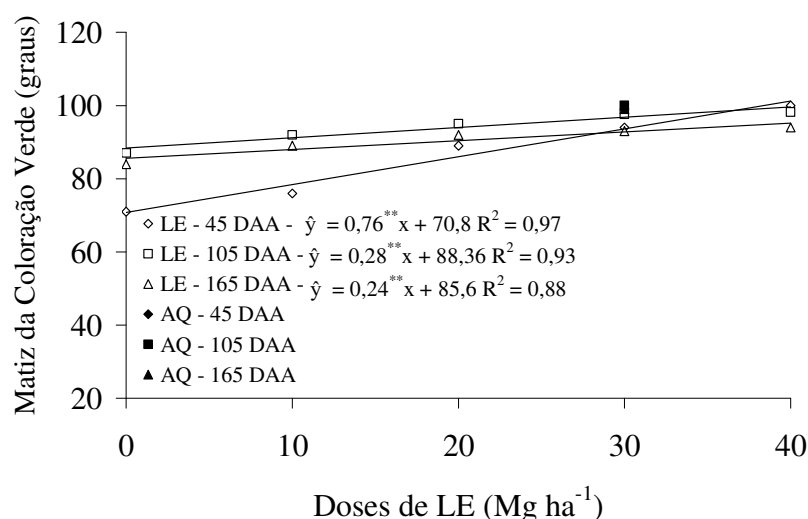


Figura 17. Matiz da cor verde (H) da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e da adubação química (AQ), aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).

Os valores de ICVE variaram de 0,38 para a grama que não recebeu lodo de esgoto (provavelmente deficiente em N) a 0,59 na que recebeu a maior dose de lodo (Figura 18). Karcher e Richardson (2003) para a grama “creeping bentgrass” (*Agrostis palustris* L.) encontraram valores que variaram de 0,37 a 0,50 para a condição de não adubação com nitrogênio e para a maior dose (600 kg ha<sup>-1</sup>), respectivamente.

Dentre os outros índices utilizados para quantificar a cor verde da grama, obtidos da análise da imagem digital, pode-se dizer que o matiz da cor verde da imagem da grama (H) foi mais eficiente permitindo o ajuste em função das doses de lodo. A ICV, medida pelo clorofilômetro também foi eficiente, mas segundo Godoy (2005) os problemas da utilização do clorofilômetro (ICV) estão na dificuldade da medida, devido às folhas dessa grama serem muito finas, curtas e que enrolam rapidamente após serem destacadas da planta, para uma área de leitura muito pequena (6 mm<sup>2</sup>), elevado custo e a necessidade de importação do aparelho.

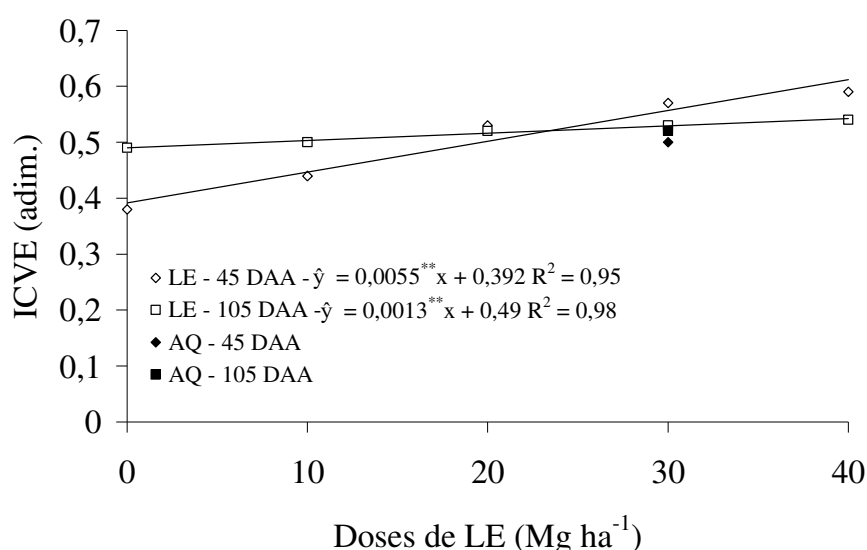


Figura 18. Índice de Coloração Verde Escuro (ICVE) da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e da adubação química (AQ), aos 45 e 105 dias após a aplicação (DAA).

#### 4.1.1.3 Concentração de nutrientes na lâmina foliar

A Tabela 9 apresenta os resultados da análise de variância e médias das concentrações de N, P e K na lâmina foliar da grama esmeralda. As concentrações de N e P foram influenciadas pelas doses de lodo aplicadas, nas três épocas de avaliação (45, 105 e 165 DAA). Para o K foi significativo apenas aos 45 e 105 dias após a aplicação do lodo. Não houve influência do manejo na concentração desses nutrientes e nem a interação entre as doses de lodo e os sistemas de manejo.

Tabela 9. Resumo da análise de variância e média da concentração de N, P e K na lâmina foliar da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).

Causa de variação		Concentração de nutriente na lâmina foliar																		
		Data de avaliação (dias após a aplicação)						Mar/06 (165)												
		Nov/05 (45)		Jan/06 (105)		K		N		P		K		N		P		K		
Dose (D)	4	89,1**	0,7*	15,6**	73,8**	1,9**	22,2**	87,4**	3,53**	4,41 ns										
Manejo (M)	1	0,4 ns	0,2 ns	2,02 ns	1,22 ns	0,03 ns	1,6 ns	0,9 ns	0,0001 ns	2,03 ns										
D X M	4	1,6 ns	0,04 ns	0,7 ns	1,66 ns	0,03 ns	1,07 ns	2,83 ns	0,13 ns	0,71 ns										
Bloco	3	8,2 ns	0,3 ns	5,5 ns	7,9 ns	0,09 ns	2,4 ns	2,47 ns	0,2 ns	0,03 ns										
Erro 1	3	4,47	0,29	4,02	0,83	0,09	1,87	5,23	0,07	1,16										
Erro 2	24	2,83	0,12	2,47	4,12	0,11	1,72	2,35	0,17	1,03										
Total	39																			
C.V.1 (%)		8,75	31,31	12,52	6,59	17,06	12,89	12,78	7,59	7,78										
C.V.2 (%)		6,98	20,50	9,80	14,66	18,90	12,36	8,56	12,30	7,42										
Média		24	1,7	16	14	1,8	11	18	3,4	14										
Doses de LE																				
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----																				
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
0	19	19	1,3	1,3	13	15	9	10	1,0	8	13	14	2,5	2,3	13	13	13	13	13	
10	24	22	1,5	1,8	16	16	13	13	1,5	11	16	17	3,3	3,0	15	13	13	13	13	
20	25	25	1,8	2,0	16	17	15	14	2,0	12	19	20	3,8	3,8	14	14	14	14	14	
30	27	27	1,8	2,0	16	17	17	16	2,0	12	19	20	3,5	3,9	14	14	14	14	14	
40	27	28	2,0	2,0	17	18	17	16	2,3	12	22	21	4,0	4,0	14	14	14	14	14	
Média	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>1,8</b>	<b>1,8</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>1,8</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>3,4</b>	<b>3,4</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	
Adubo Químico	21	22	1,5	1,5	16	18	16	15	1,3	14	18	17	1,2	1,2	16	16	15	15	15	

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 - sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 - sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Na Figura 19 verifica-se que aos 45 DAA houve aumento linear na concentração de N na lâmina foliar, atingindo o valor máximo de  $28 \text{ g kg}^{-1}$  com a dose de  $40 \text{ Mg ha}^{-1}$  de lodo. Esta concentração está um pouco acima da faixa considerada ideal por Mills e Jones (1996) para a grama esmeralda, que é de 20 a  $24 \text{ g kg}^{-1}$ . Landschoot e Waddington (1987) avaliando uma fonte de bio-sólido compostado e Norrie e Gosselin (1996) dois resíduos de fábrica de papel, ambos aplicados para um rápido estabelecimento de grama verificaram que os produtos foram ineficazes como fertilizantes na ausência de aplicações suplementares de nutrientes. Uma elevada relação C/N e baixos níveis de nutrientes no resíduo de fábrica de papel contribuíram para concentração foliar de N abaixo do nível recomendado, a menos que a grama tenha sido tratada com aplicações adicionais de fertilizantes. Em estudos realizados tanto em casa de vegetação quanto em campo, aplicações de bio-sólidos compostados em doses crescentes resultaram em aumento linear da concentração de nitrogênio na lâmina foliar (SIKORA et al. 1980, TESTER et al. 1982, TESTER, 1989).

Aos 105 e 165 DAA, embora tenha sido ajustada o modelo quadrático para a concentração de N em função das doses de lodo, os maiores valores ( $17$  e  $21 \text{ g kg}^{-1}$ ) foram atingidas, de acordo com as equações, acima das doses estudadas,  $46$  e  $43 \text{ Mg ha}^{-1}$  respectivamente. Segundo Darrah e Powell, (1977), altas concentrações de N na planta no momento da colheita podem elevar a temperatura nos tapetes enrolados ou empilhados durante a comercialização, devido ao aumento nas taxas de respiração.

Da mesma forma que aconteceu para a ICV, a concentração de N foi maior aos 45 DAA quando comparado com as demais épocas avaliadas, possivelmente pela presença de N já disponível e pela rápida liberação inicial desse nutriente do lodo, uma vez que o lodo foi aplicado de uma só vez, sem parcelamento das doses. Kelling et al. (1977) em estudo realizado em campo, com aplicações de  $3,75$ ;  $7,5$ ;  $15$ ;  $30$  e  $60 \text{ Mg ha}^{-1}$  de lodo líquido digerido anaerobiamente, verificaram que 50% do N orgânico aplicado ao solo via lodo, após um período de três semanas, foi mineralizado. Em estudos de incubação de lodo de esgoto as mais variadas taxas de mineralização do nitrogênio orgânico são verificadas: de 40% em 15 semanas (EPSTEIN et al, 1978), de 54% em 17 semanas (MAGDOFF e AMADON, 1980), de 15% em 16 semanas (PARKER e SOMMERS, 1983), de 1 a 58% em 26 semanas (CHAE e TABATABAI, 1986) e de 31% em 15 semanas de incubação (BOEIRA et al, 2002).

Deve-se considerar também que há uma tendência natural de diminuição da concentração de N na folha ao longo do ciclo, dado pelo efeito diluição, ou seja, com o aumento da massa da planta o N se redistribui por toda massa. Lembrando também que ao longo do ciclo foram realizadas roçadas com o recolhimento das aparas, ou seja, uma boa quantidade de nutrientes foi removida com as mesmas. A concentração de N aos 105 dias após a aplicação do lodo foi menor que aos 165 dias.

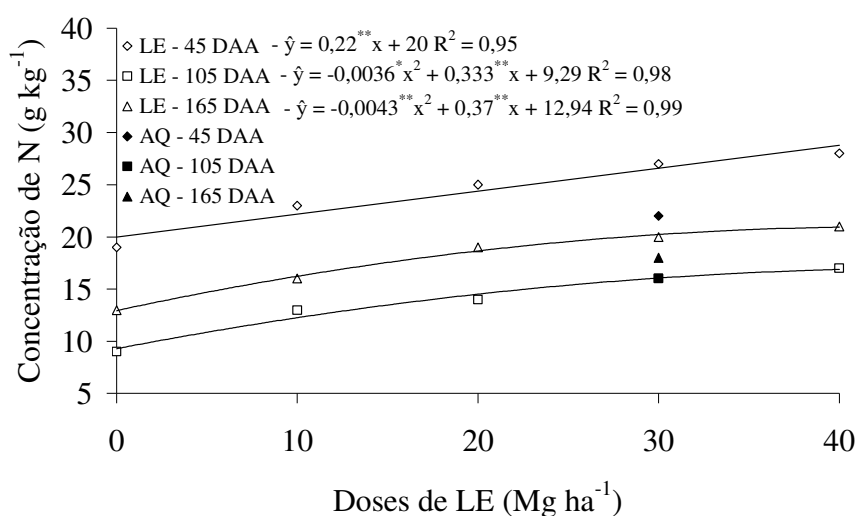


Figura 19. Concentração de N na folha da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e da adubação química (AQ), aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).

Aos 105 DAA a concentração de N na lâmina foliar de 17 g kg<sup>-1</sup> foi a que proporcionou mais que 95% de cobertura do solo pela grama (TCS). Aos 165 DAA a faixa de concentração foi de 19 a 22 g kg<sup>-1</sup> (Figura 20). Godoy (2005) verificou que concentrações de 20 a 26 g kg<sup>-1</sup> de N proporcionaram mais de 90% da taxa de cobertura do solo aos 192 e 127 dias após o corte do tapete anterior para a grama Santo Agostinho. As concentrações de N na lâmina foliar de 14 a 19 g kg<sup>-1</sup> que não proporcionaram 90% de cobertura do solo pela grama, segundo o autor, podem ser adotadas para expressar a condição de deficiência de N.

McCrimonn (2004) encontrou concentrações de N na lâmina foliar, para a grama Santo Agostinho, submetida à alta e baixa dose de N, respectivamente, de 20,4 a

24,7 e de 16,9 a 18,3 g kg<sup>-1</sup> para a cultivar “Palmetto” e de 22,8 a 26,5 e de 15,9 a 18,4 g kg<sup>-1</sup> para a cultivar “Raleigh”.

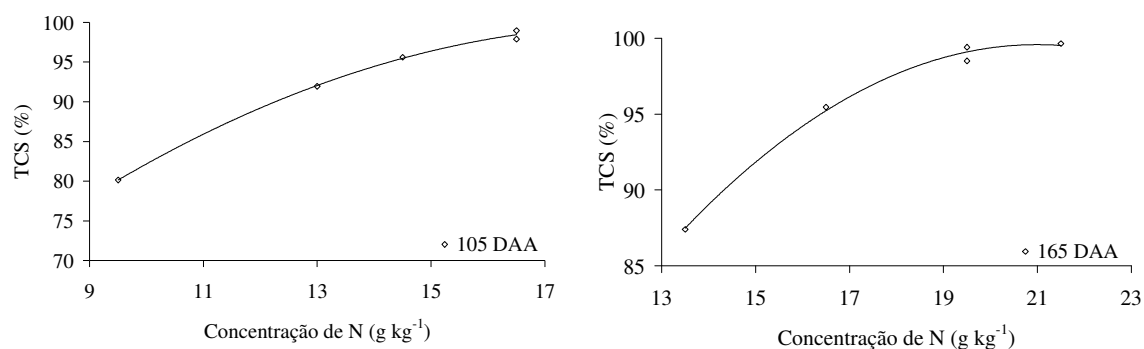


Figura 20. Taxa de cobertura do solo em função da concentração de N na lâmina foliar da grama *Z. japonica* (esmeralda), aos 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).

A concentração de P aumentou com o aumento das doses de lodo, sendo que os valores encontrados aos 165 DAA foram maiores que nas avaliações anteriores (Figura 21). Deve ser levado em consideração que o P entra em contato com a raiz através da difusão. Portanto, com o sistema radicular melhor formado, aos 165 DAA é de se esperar maior absorção do mesmo e, portanto maior concentração. As gramas cultivadas no tratamento que recebeu a adubação química, mesmo tendo recebido o fertilizante fosfatado, apresentaram concentrações bem menores quando comparada às doses de lodo devido a alta quantidade aplicada nestes tratamentos (Tabela 4)

Para Ayuso et al. (1992) o lodo de esgoto constitui-se em boa fonte de fósforo proveniente, em grande parte, de detergentes (polifosfatos). Esses mesmos autores salientaram que a aplicação de lodo de esgoto aos solos aumenta a quantidade de fósforo disponível e conseqüentemente a assimilação desse elemento pelas plantas.

Carvalho e Barral (1981) afirmaram que a decomposição do lodo de esgoto no solo permite melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas, em decorrência da lenta liberação dos mesmos através do processo de mineralização da matéria orgânica. Por outro lado o aumento de matéria orgânica diminui a fixação de P ao ferro e alumínio no solo.

Para a concentração de K aos 45 DAA houve um aumento linear com as doses de lodo de esgoto (Figura 22). Aos 105 DAA houve um efeito quadrático com a maior concentração de K ( $12 \text{ g kg}^{-1}$ ) com a dose de  $37 \text{ Mg ha}^{-1}$  de lodo de esgoto.

Aos 165 DAA não houve diferença entre as concentrações do K em função das doses de lodo de esgoto. Vale ressaltar que foi realizada adubação potássica complementar, na mesma dose, em todos os tratamentos que receberam o LE, não sendo aplicado apenas na testemunha ( $0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). As diferenças ocorridas na absorção do K aos 45 e 105 DAA são relativamente baixas, deixando bastante nítido que o lodo de esgoto é um material pobre no referido elemento, sendo sua complementação obrigatória nas doses de lodo utilizadas no presente trabalho. Isso é concordante com as afirmações de Linden et al., (1983), os quais ressaltaram a baixa concentração do lodo em termos de potássio, sendo necessário a sua complementação, visando atender às necessidades das plantas, acrescentando ainda que a complementação potássica deve ser considerada quando o potássio encontra-se em baixa disponibilidade no solo.

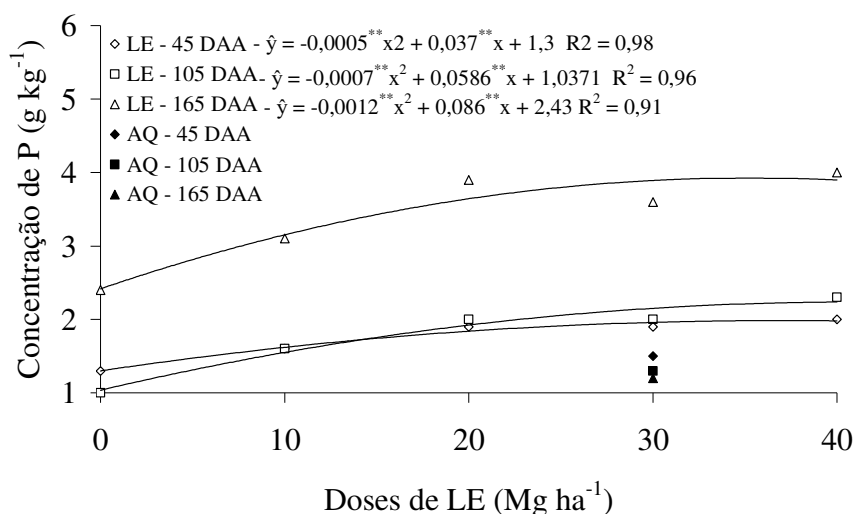


Figura 21. Concentração de P na folha da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e da adubação química (AQ), aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).



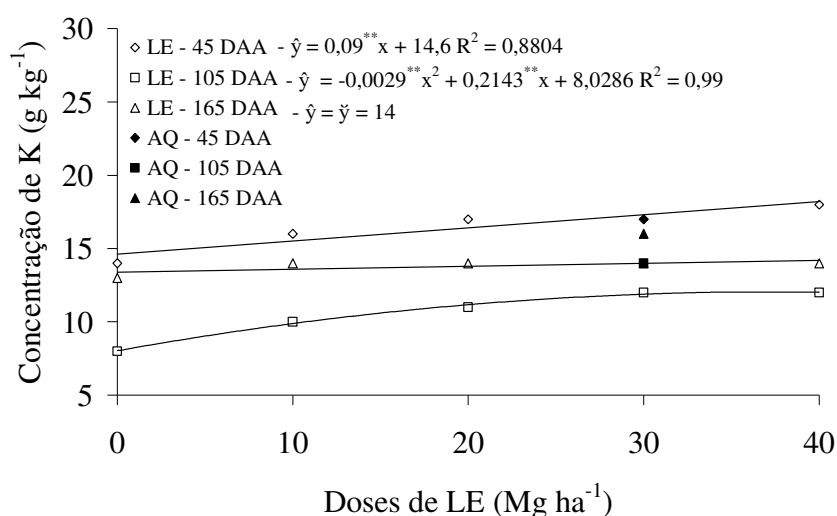


Figura 22. Concentração de K na folha da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e da adubação química (AQ), aos 45 e 105 dias após a aplicação (DAA).

A Tabela 10 apresenta os resultados da análise de variância e média dos resultados da concentração de Ca, Mg e S em função das doses de lodo de esgoto e dos sistemas de manejo. Houve efeito significativo apenas para as doses de lodo, não ocorrendo resposta do manejo utilizado. Para o Ca e Mg foi significativo apenas aos 45 dias após a aplicação do lodo, já para o S foi significativo nas três épocas avaliadas.

As concentrações de Ca e Mg tiveram aumento linear com o aumento das doses de lodo aos 45 dias após a aplicação (Figuras 23 e 24). A concentração de Mg ficou dentro da faixa considerada ideal (1,3 a 1,5 g kg<sup>-1</sup>) por Mills e Jones (1996), quando utilizou-se doses de 20 a 40 Mg ha<sup>-1</sup> de LE, isso apenas aos 45 DAA. Esses nutrientes estão presentes em baixa quantidade no lodo utilizado, sendo que foram adicionados ao solo neste experimento através da calagem que foi realizada em área total.

A Figura 25 apresenta as regressões da concentração de S na folha nas três épocas avaliadas. Aos 45 DAA houve efeito quadrático na concentração de S na folha de grama, porém o melhor resultado foi obtido com a dose de 40 Mg ha<sup>-1</sup>. Nesta época também houve uma maior absorção deste nutriente, provavelmente, este fato pode ser explicado por uma possível liberação rápida do enxofre pela decomposição da matéria orgânica após a sua aplicação ao solo, tornando-se prontamente disponível às plantas, ou possivelmente pela presença do enxofre no lodo já na forma mineral.

Tabela 10. Resumo da análise de variância e média da concentração de Ca, Mg e S na lâmina foliar da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).

Causa de variação	Concentração de nutriente na lâmina foliar																
	Data de avaliação (dias após a aplicação)						Data de avaliação (dias após a aplicação)										
	Nov/05 (45)		Jan/06 (105)		Mar/06 (165)		Nov/05 (45)		Jan/06 (105)		Mar/06 (165)						
	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S					
Dose (D)	4	0,6*	1,6**	2,4**	0,1 ns	0,01 ns	1,9**	0,98 ns	0,03 ns	0,03 ns	0,03 ns	2,84**					
Manejo (M)	1	0,03 ns	0,03 ns	0,01 ns	0,03 ns	0,03 ns	0,4 ns	0,63 ns	0,03 ns	0,03 ns	0,03 ns	0,03 ns					
D X M	4	0,21 ns	0,08 ns	0,13 ns	0,03 ns	0,03 ns	0,09 ns	0,13 ns	0,03 ns	0,03 ns	0,03 ns	0,59 ns					
Bloco	3	0,8*	0,2 ns	1,1**	0,09 ns	0,08 ns	0,07 ns	0,23 ns	0,03 ns	0,03 ns	0,03 ns	1,03*					
Erro 1	3	0,22	0,09	0,33	0,03	0,03	0,07	0,16	0,03	0,03	0,03	0,22					
Erro 2	24	0,15	0,10	0,13	0,08	0,2	0,27	0,15	0,03	0,03	0,03	0,23					
Total	39																
C.V.1 (%)		13,65	19,85	12,15	8,21	9,82	8,33	15,45	15,43	15,43	15,43	12,57					
C.V.2 (%)		11,15	21,16	7,69	14,62	14,52	16,92	15,04	15,43	15,43	15,43	12,68					
Média		3	1,5	4,8	2	0,9	3,1	3	1,0	3	1,0	3,8					
Doses de LE		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2				
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		3	1,0	1,0	3,8	4,0	2	2	0,8	0,7	2,5	2,3	3	1,0	1,0	3,0	3,3
0		4	1,3	1,0	4,8	4,5	2	2	0,8	0,7	3,0	3,0	3	1,0	1,0	3,3	3,3
10		3	1,8	1,5	4,8	5,0	2	2	0,8	0,8	3,3	3,3	2	1,0	1,0	3,8	3,8
20		4	1,8	2,0	5,3	5,0	2	2	0,9	0,9	3,3	3,0	2	1,0	1,0	4,0	4,0
30		4	2,0	2,0	5,3	5,3	2	2	1,1	1,0	4,0	3,5	2	1,3	1,0	4,8	4,8
40		3	1,6	1,5	4,8	4,8	2	2	0,9	0,8	3,2	3,0	2	1,1	1,0	3,8	3,8
Média		4	1,2	1,2	4,1	4,1	2	2	0,9	0,9	3,3	3,2	2	1,1	1,0	3,5	3,3
Adubo Químico		3	1,2	1,2	4,1	4,1	2	2	0,9	0,9	3,3	3,2	2	1,1	1,0	3,5	3,3

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 - sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 - sistema de manejo sem o uso do escarificador.

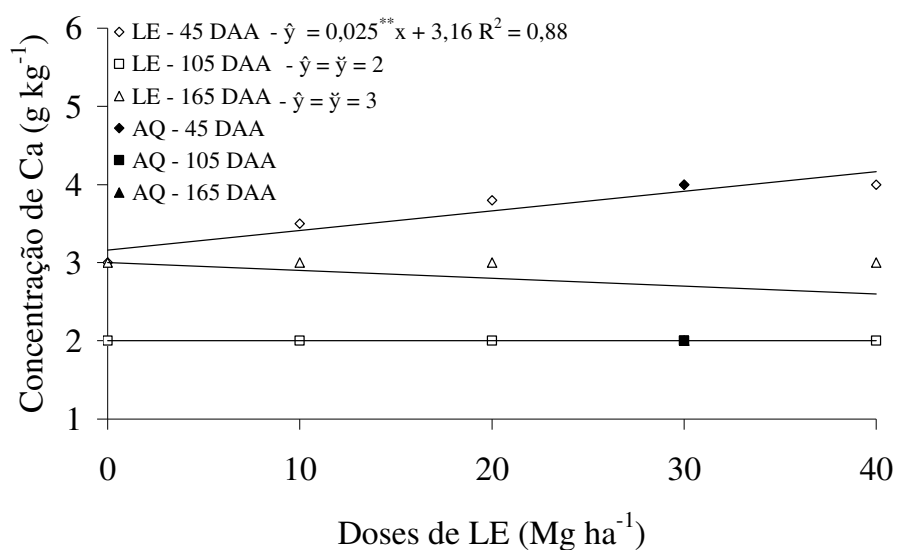


Figura 23. Concentração de Ca na folha da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e da adubação química (AQ), aos 45 dias após a aplicação (DAA).

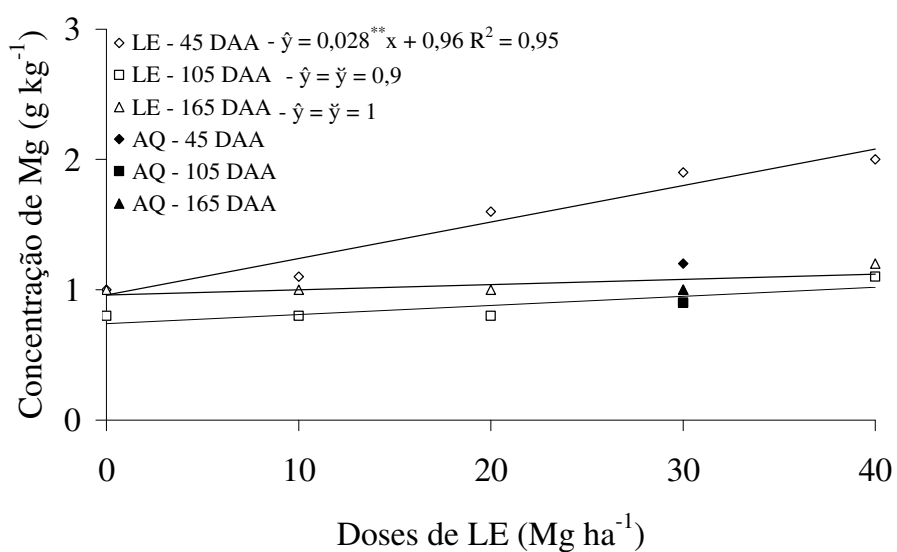


Figura 24. Concentração de Mg na folha da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e da adubação química (AQ), aos 45 dias após a aplicação (DAA).

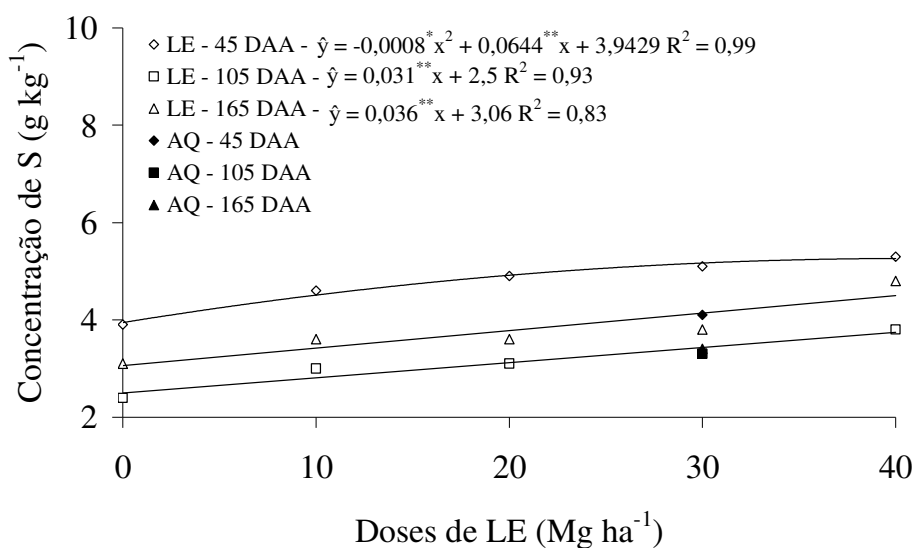


Figura 25. Concentração de S na folha da grama *Z. japonica* (Esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e da adubação química (AQ), aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).

As Tabelas 11 e 12 apresentam os resultados da análise de variância e médias das concentrações de B, Cu, Fe, Mn e Zn na lâmina foliar da grama esmeralda.

As concentrações de B na lâmina foliar não foram influenciadas pelos tratamentos utilizados. Para os demais micronutrientes houve efeito significativo apenas para as doses de lodo, não ocorrendo à influência do manejo utilizado. Esse fato se deve a grande quantidade desses nutrientes presentes no lodo de esgoto aplicado.

Para os teores de Cu e Zn as diferenças foram significativas nas três épocas avaliadas, para o Fe foi significativo aos 105 e 165 dias após a aplicação do lodo e para o Mn aos 45 e 105 DAA. O LE aumentou significativamente as concentrações de Cu nas folhas de grama.

Tabela 11. Resumo da análise de variância e média da concentração de B, Cu e Fe na lâmina foliar da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).

Causa de variação	Concentração de nutriente na lâmina foliar												
	G.L.						Data de avaliação (dias após a aplicação)						
	Nov/05 (45)		Jan/06 (105)		Mar/06 (165)		Nov/05 (45)		Jan/06 (105)		Mar/06 (165)		
	B	Cu	Fe	B	Fe	Cu	B	Fe	Cu	B	Fe	Cu	Fe
Dose (D)	4	42,062 ns	19,212**	1961,4 ns	7,150 ns	12,275*	34,475 ns	378689,3*	60,100*	34,475 ns	378689,3*	60,100*	82688,75*
Manejo (M)	1	21,075 ns	0,02 ns	198,0 ns	0,400 ns	0,225 ns	1,225 ns	819,02 ns	2,025 ns	1,225 ns	819,02 ns	2,025 ns	0,025 ns
D X M	4	0,837 ns	2,462 ns	724,9 ns	2,900 ns	1,475 ns	3,975 ns	765,08 ns	3,525 ns	3,975 ns	765,08 ns	3,525 ns	1315,02 ns
Bloco	3	25,292 ns	1,425 ns	14010,9 ns	6,067 ns	2,092 ns	23,625 ns	26993,8 ns	27,225 ns	23,625 ns	26993,8 ns	27,225 ns	1446,42 ns
Erro 1	3	6,825	0,425	18155,7	14,600	1,092	15,692	16079,6	10,358	15,692	16079,6	10,358	5521,49
Erro 2	24	8,350	1,987	9388,7	3,625	2,425	10,075	25255,6	4,979	10,075	25255,6	4,979	1247,69
Total	39												
C.V.1 (%)		11,18	4,82	24,74	30,33	7,45	27,65	12,95	15,83	27,65	12,95	15,83	10,82
C.V.2 (%)		12,36	10,42	17,79	15,11	11,10	22,16	16,22	10,98	22,16	16,22	10,98	16,44
Média		23	13	545	13	14	14	979	20	14	979	20	687
Doses de LE		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
		23	21	12	11	12	13	745	16	13	745	16	547
		25	25	13	12	13	13	872	18	13	872	18	601
		22	20	14	14	14	15	948	21	14	948	21	766
		23	21	15	16	15	14	1004	22	15	1004	22	753
		27	26	13	15	16	15	1305	23	14	1305	23	766
Média		<b>24</b>	<b>23</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>975</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>975</b>	<b>20</b>	<b>687</b>
Adubo Químico		24	25	12	11	13	13	850	18	13	850	18	594

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 - sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 - sistema de manejo sem o uso do escarificador.

12. Resumo da análise de variância e média da concentração de Mn e Zn na lâmina foliar da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).

Causa de variação		Concentração de nutriente na lâmina foliar													
		Data de avaliação (dias após a aplicação)						Data de avaliação (dias após a aplicação)							
		Nov/05 (45)		Jan/06 (105)		Mar/06 (165)		Nov/05 (45)		Jan/06 (105)		Mar/06 (165)			
Mn		Zn		Mn		Zn		Mn		Zn		Mn		Zn	
Dose (D)	4	10230,2 <sup>**</sup>	291,87 <sup>**</sup>	816,22 <sup>*</sup>	338,91 <sup>*</sup>	578,15 ns	1179,08 <sup>**</sup>	Quadrado médio (significância)							
Manejo (M)	1	99,22 ns	0,400 ns	1,600 ns	0,225 ns	2,025 ns	36,100 ns								
D X M	4	31,04 ns	1,900 ns	9,475 ns	6,912 ns	24,650 ns	3,162 ns								
Bloco	3	817,69 ns	9,900 ns	363,73 ns	52,092 ns	201,29 ns	21,000 ns								
Erro 1	3	55,82	8,7333	89,600	48,692 ns	424,22	19,500								
Erro 2	24	491,01	4,454	68,500	59,162	181,55	13,708								
Total	39														
C.V.1 (%)		10,13	16,19	8,62	15,71	16,38	15,44								
C.V.2 (%)		12,24	11,95	7,54	17,31	10,71	12,95								
Média		181	18	110	44	126	29								
Doses de LE		Manejo													
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
-----M ha <sup>-1</sup> -----		-----mg kg <sup>-1</sup> -----													
0		148	141	11	10	95	98	37	38	117	115	13	14		
10		161	156	14	15	105	106	40	39	127	125	20	21		
20		174	170	17	17	110	107	43	45	122	125	28	29		
30		193	190	25	24	117	119	45	47	126	120	35	37		
40		235	238	23	24	121	120	56	53	138	141	42	46		
Média		<b>182</b>	<b>179</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>126</b>	<b>125</b>	<b>28</b>	<b>29</b>		
Adubo Químico		157	152	14	13	104	101	37	38	117	119	27	31		

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 - sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 - sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Aos 45 DAA houve efeito quadrático para a concentração de Cu na lâmina foliar em função das doses de lodo de esgoto (Figura 26). A máxima concentração (15 mg kg<sup>-1</sup>) foi obtida com a dose de 30 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo. Aos 105 e 165 DAA houve efeito linear crescente, sendo que as maiores concentrações foram verificadas aos 165 DAA, provavelmente pela maior liberação do nutriente. Essa menor liberação de Cu nos primeiros meses pode estar atribuída a forte complexação que esse elemento sofre pela matéria orgânica (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 2001). Segundo Martins et al. (2003) o Cu tende a acumular mais nas raízes, em relação às folhas, indicando que a menor resposta às adições de lodo de esgoto, pode estar relacionada também à baixa translocação desse nutriente na planta.

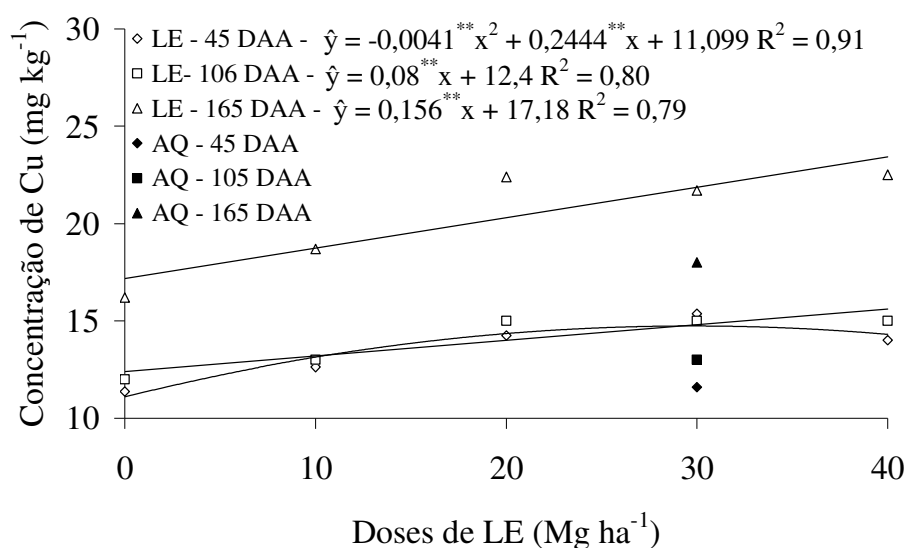


Figura 26. Concentração de Cu na folha da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e da adubação química (AQ), aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).

As concentrações de Fe na planta também aumentaram com as doses de lodo, sendo os maiores valores obtidos aos 105 DAA (Figura 27). Aos 45 DAA não houve diferença significativa, provavelmente pelo pouco tempo para a liberação e absorção deste nutriente.

Aos 165 DAA houve efeito quadrático com a máxima concentração (757 mg kg<sup>-1</sup>) com a dose de 31 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo. Martins et al. (2003) verificaram que a aplicação de lodo reduziu significativamente as concentrações foliares de Fe na cultura do

milho, provocando a redução de 863 para 253 mg kg<sup>-1</sup> para as doses 0 e 80 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, atribuindo a ausência de resposta positiva do milho às grandes quantidades de Fe adicionadas (3.040 kg ha<sup>-1</sup> na dose de 80 Mg ha<sup>-1</sup>), à riqueza natural em Fe do solo e à ocorrência do Fe no lodo em uma forma não extraível.

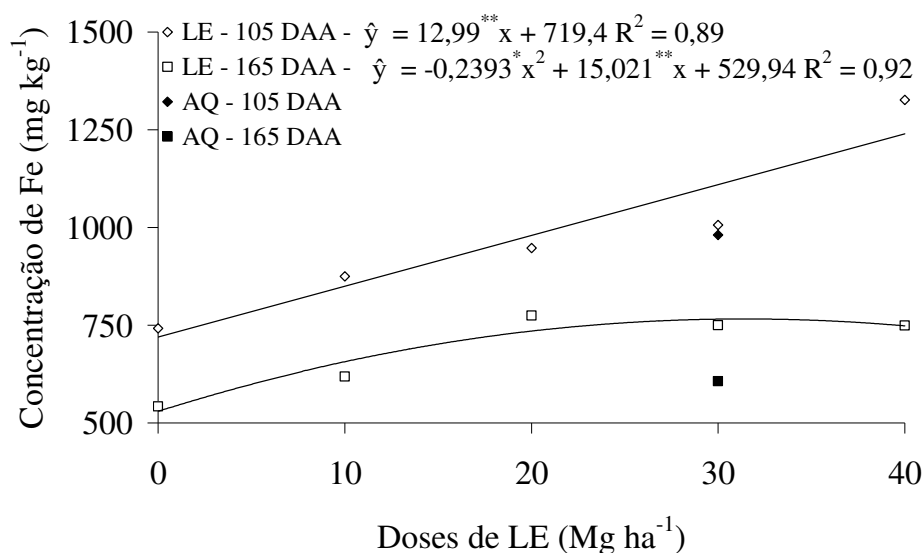


Figura 27. Concentração de Fe na folha da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e da adubação química (AQ), aos 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).

Nas Figuras 28 e 29 verifica-se que houve aumento nas concentrações de Mn e Zn, respectivamente, em função das doses de lodo. Os incrementos lineares nos teores foliares de Mn e Zn observados no experimento pode ser uma resposta à alta concentração desses nutrientes no lodo aplicado, aumentando a disponibilidade para a cultura. A diferença na concentração foliar dos elementos em função das datas coletadas provavelmente se deve aos fatores climáticos que influenciam na taxa de liberação dos mesmos e também aos cortes e coletas das aparas, práticas realizadas na grama durante todo o ciclo.

Quando comparada à adubação química, as maiores doses de lodo de esgoto, apresentaram maiores concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn nas lâminas foliares de grama. Provavelmente, esse aumento na concentração se deve à alta quantidade desses elementos aplicada nas doses mais elevadas. Com a maior dose de lodo de esgoto aplicada (40 Mg ha<sup>-1</sup>) foram adicionados ao solo 29 kg ha<sup>-1</sup> de Cu, 1152 kg ha<sup>-1</sup> de Fe, 27 kg ha<sup>-1</sup> de Mn e



20 kg ha<sup>-1</sup> de Zn. Ressalta-se que as quantidades de Cu e Zn não extrapolaram os limites máximos permitidos para a aplicação na agricultura, que são de 137 e 445 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, permitido atualmente para aplicação em solos agrícolas, de acordo com a Resolução 380/06 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (CONAMA, 2006).

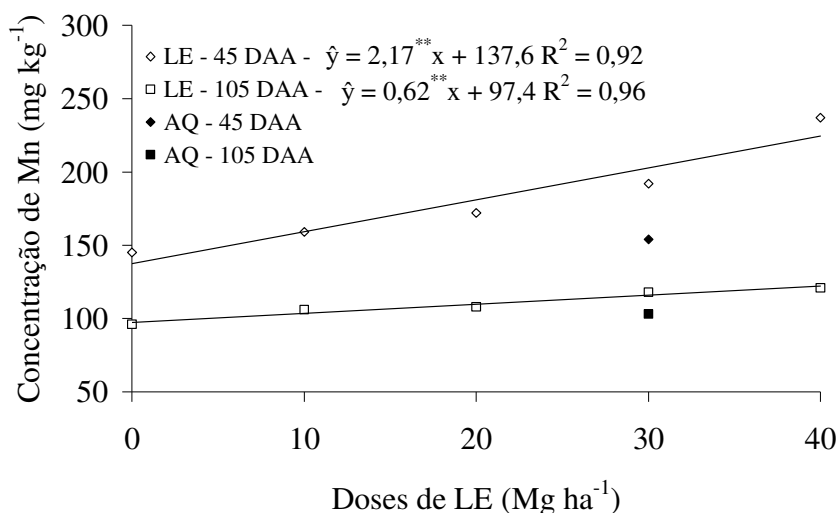


Figura 28. Concentração de Mn na folha da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e da adubação química (AQ), aos 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).

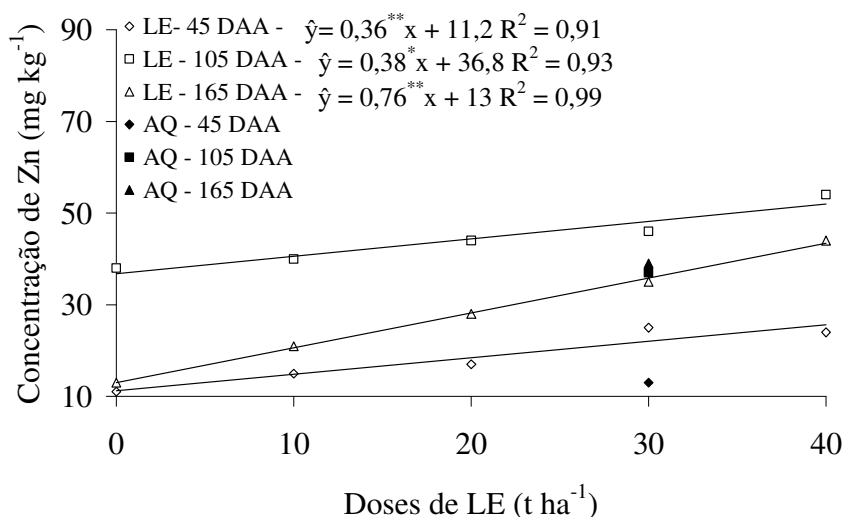


Figura 29. Concentração de Zn na folha da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e da adubação química (AQ), aos 45, 105 e 165 dias após a aplicação (DAA).

Rangel et al. (2006) avaliando o efeito de aplicações de lodos de esgoto sobre os teores de metais em milho verificaram tendência de aumento de Cu, Mn e Zn nas folhas e grãos de milho com a seqüência de aplicações anuais sucessivas, porém, mesmo com três aplicações os mesmos permaneceram abaixo dos limites tóxicos para as folhas de milho.

Para todos os micronutrientes, além do possível aumento no solo pela aplicação do lodo, também deve-se considerar que o aumento do sistema radicular proporciona maior absorção do nutriente já presente no solo.

#### **4.1.1.4 Massa das aparas**

A Tabela 13 apresenta os resultados da análise de variância e médias da massa das aparas em função das doses de lodo de esgoto e dos sistemas de manejo. Verifica-se que houve um efeito significativo para as doses de lodo, sendo que os sistemas de manejo não tiveram influência nesta variável avaliada.

Houve aumento da massa das aparas com o aumento das doses de lodo de esgoto (Figura 30), sendo que para a maior dose de lodo aplicada ( $40 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) houve acúmulo das aparas de  $4153 \text{ kg ha}^{-1}$ . Para a adubação química, os resultados foram inferiores quando comparados com a dose de  $30 \text{ Mg ha}^{-1}$  de lodo. Possivelmente, esse menor acúmulo provocado pela adubação química se deve ao fato de que houve atraso na aplicação da uréia.

Como o lodo foi aplicado em uma única vez no início do experimento, houve crescimento inicial acelerado da grama, possivelmente provocado pela grande quantidade de matéria orgânica adicionada e também pelas elevadas precipitações que ocorreram nos primeiros meses, podendo ter acelerado a liberação de nutrientes para as plantas.

A retirada das aparas durante o ciclo de produção diminuiu a concentração de nutrientes foliares.

Tabela 13. Resumo da análise de variância e média dos resultados da massa das aparas da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

Causa de variação	G.L.	Massa das aparas	
		-----Quadrado médio (significância)-----	
Dose (D)	4	21286285,1**	
Manejo (M)	1	8265,6 ns	
D X M	4	8864,2 ns	
Bloco	3	8716,5 ns	
Erro 1	3	214601,6	
Erro 2	24	68869,2	
<b>Total</b>	<b>39</b>		
C.V. 1(%)		26,79	
C.V.2 (%)		15,18	
<b>Média</b>		<b>1728,87</b>	
		Manejo	
Doses de LE		1	2
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		-----kg ha <sup>-1</sup> -----	
0		41	36
10		605	547
20		1430	1454
30		2376	2493
40		4120	4186
<b>Média</b>		<b>1714</b>	<b>1743</b>
<b>Adubo Químico</b>		<b>1755</b>	<b>1698</b>

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F. 1 – sistema de manejo com o uso do escarificador; 2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

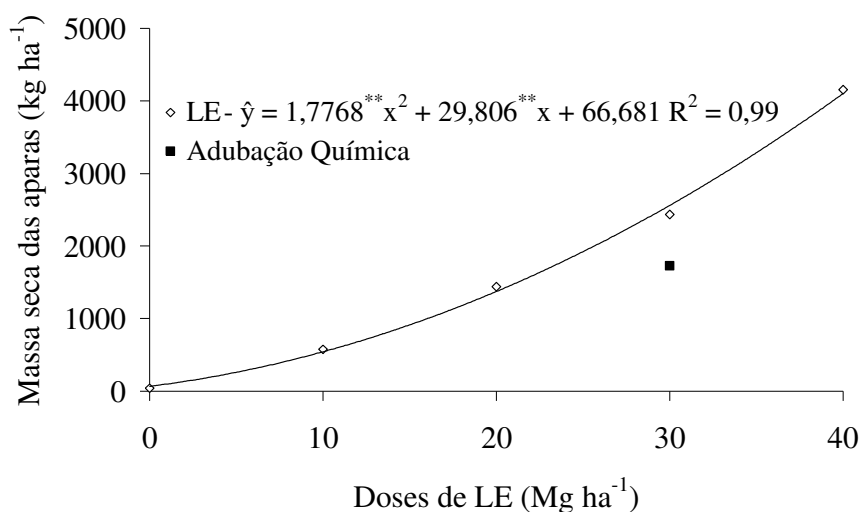


Figura 30. Acúmulo das aparas da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

#### 4.1.1.5 Fitomassa seca das folhas + caules, rizomas e raízes

A Tabela 14 apresenta o resumo da análise de variância e média dos resultados da fitomassa seca das folhas + caules, rizomas + estolões, raízes e total da grama esmeralda em função das doses de lodo de esgoto e dos sistemas de manejo. Houve efeito significativo apenas para as doses de lodo, sendo que os sistemas de manejo não influenciaram nas variáveis avaliadas.

Tabela 14. Resumo da análise de variância e média da Fitomassa seca das folhas + caules, rizomas + estolões e raízes da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

Causa de variação	G.L.	Fitomassa seca							
		Folha + caule	Estolão + Rizomas	Raízes	Total				
-----Quadrado médio (significância)-----									
Dose (D)	4	7,744*	2,956*	0,106*	21,681**				
Manejo (M)	1	0,108 ns	0,0013 ns	0,0004 ns	0,098 ns				
D X M	4	0,263 ns	0,1181 ns	0,0007 ns	0,1642 ns				
Bloco	3	0,473 ns	0,897 ns	0,0075 ns	1,2306 ns				
Erro 1	3	0,779	0,3279	0,0052	0,4454				
Erro 2	24	0,678	0,9156	0,0047	1,4267				
Total	39								
C.V.1 (%)		10,25	8,35	15,42	4,19				
C.V.2 (%)		9,50	13,96	14,65	7,49				
Média		8,62	6,85	0,47	15,94				
Doses de LE	Manejo								
		1	2	1	2	1	2	1	2
---Mg ha <sup>-1</sup> ---									
0		7,08	7,29	6,03	5,70	0,34	0,36	13,45	13,35
10		8,12	8,10	6,93	6,82	0,51	0,52	15,57	15,44
20		8,87	9,17	7,05	7,17	0,55	0,54	16,48	16,88
30		9,95	9,49	7,35	7,67	0,58	0,60	17,87	17,76
40		9,80	9,29	6,93	6,87	0,35	0,34	16,08	16,51
Média		<b>8,56</b>	<b>8,67</b>	<b>6,86</b>	<b>6,84</b>	<b>0,47</b>	<b>0,47</b>	<b>15,89</b>	<b>15,99</b>
Adubo Químico		9,47	9,68	7,39	8,00	0,65	0,69	17,51	15,95

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Verifica-se na Figura 31 A que houve efeito linear crescente para a fitomassa seca de folhas + caule. A maior dose de lodo de esgoto aplicada (40 Mg ha<sup>-1</sup>) resultou num aumento na produção de folhas + caules e uma redução na produção de rizomas

+ estolões e raízes, os quais alcançaram os máximos valores de fitomassa seca (5,88 e 0,60 Mg ha<sup>-1</sup>) com as doses de 26 e 19 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Godoy (2005) ao estudar a aplicação de N em grama esmeralda verificou que a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> proporcionou a máxima produção de raízes e rizomas, do que a dose de 600 kg ha<sup>-1</sup>.

De acordo com a equação ajustada da fitomassa total em função das doses de lodo (Figura 31 D), o máximo valor (17,32 Mg ha<sup>-1</sup>) foi alcançado com a dose de 28 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto. Godoy (2005) encontrou valor máximo de 17,15 Mg ha<sup>-1</sup> de fitomassa seca total ao aplicar a dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> de N.

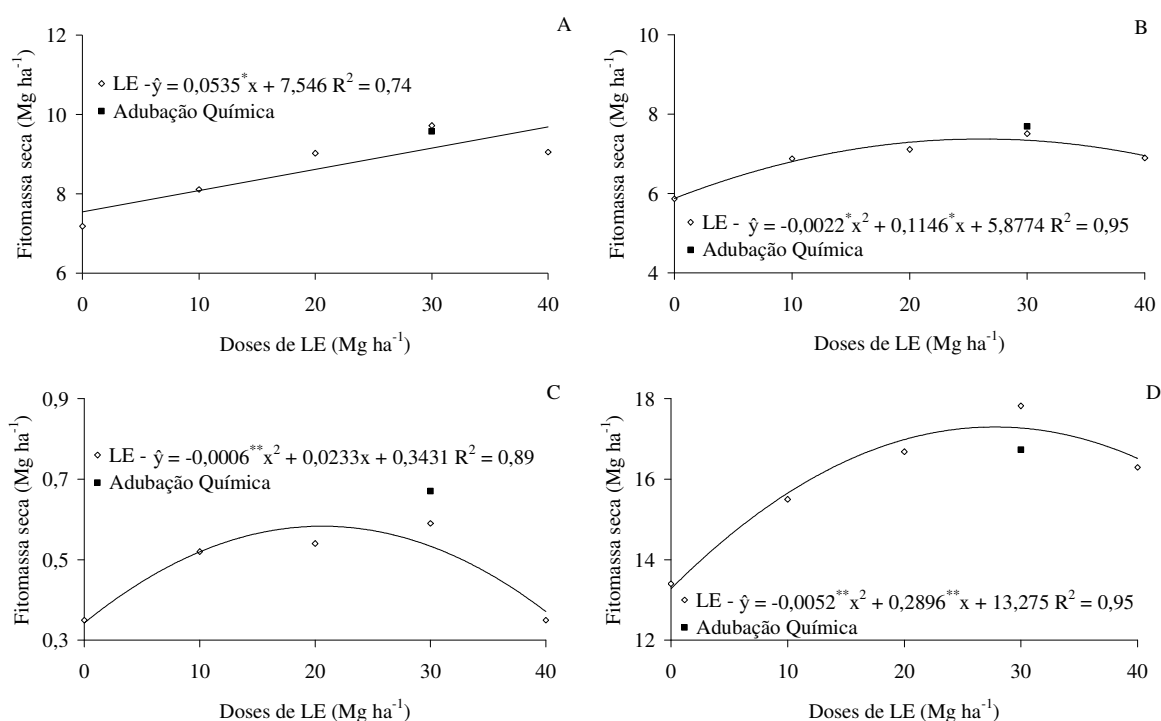


Figura 31. Fitomassa seca de folhas + caule (A), rizomas + estolões (B), raízes (C) e total (D) da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e da adubação química (AQ).

#### 4.1.1.6 Acúmulo de nutrientes nas folhas + caules e estolões

A quantidade de N, P, K, Ca, Mg e S acumulada nas folhas + caules variou com as doses de lodo de esgoto, não havendo o efeito dos sistemas de manejo (Tabela 15).

Tabela 15. Resumo da análise de variância e média da quantidade de macronutrientes acumulada nas folhas + caule da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

		Quantidade de macronutrientes Acumulada pela Grama (folhas + caules)											
		N	P	K	Ca	Mg	S						
		-----Quadrado médio (significância)-----											
Dose (D)	4	1696,31**	58,448**	995,78**	105,38**	8,707*	116,499**						
Manejo (M)	1	0,637 ns	0,645 ns	0,418 ns	9,643 ns	0,068 ns	3,463 ns						
D X M	4	5,544 ns	1,835 ns	21,651 ns	11,230 ns	0,364 ns	1,131 ns						
Bloco	3	29,278 ns	0,493 ns	20,256 ns	4,899 ns	0,704 ns	1,970 ns						
Erro 1	3	43,037	0,565	26,025	0,206	0,781	1,761						
Erro 2	24	79,393	2,830	82,834	20,667	0,887	4,985						
Total													
CV (%) 1		11,46	6,94	10,16	6,09	15,98	9,77						
CV (%) 2		15,56	15,54	18,12	20,92	17,03	16,43						
Média		57,2	10,8	50,2	21,7	5,5	13,6						
Doses de LE		Manejo											
		1		2		1		2		1		2	
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		-----kg ha <sup>-1</sup> -----											
0		37	39	7	7	33	31	17	16	4	4	9	8
10		47	47	9	10	46	51	18	23	5	5	12	10
20		59	59	11	11	55	52	23	25	6	6	14	13
30		71	69	13	13	59	57	27	26	7	7	16	17
40		71	73	14	13	59	59	20	21	6	7	18	18
Média		<b>57</b>	<b>57</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>13</b>
Adubo Químico		95	96	10	9	79	75	27	24	8	7,4	23	24

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Na Figura 32 estão representadas as regressões do acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas + caules da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ). A quantidade de N acumulada nas folhas + caules aumentou linearmente com as doses de lodo de esgoto. Quando comparada às parcelas que receberam a adubação química, verifica-se que houve maior acúmulo nas mesmas, pelo fato de que na adubação química o N foi parcelado, enquanto o lodo de esgoto foi aplicado no início de uma só vez. Para a quantidade de P acumulada houve um efeito quadrático com o máximo acúmulo (13,1 kg ha<sup>-1</sup>) com a dose de 37 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo. Para a adubação química os resultados foram inferiores às duas maiores doses de lodo utilizadas, pois os tratamentos

adubados quimicamente receberam apenas  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  desse nutriente na instalação do experimento, enquanto que o lodo se mostrou também uma boa fonte de P.

Para o K e o Ca, os máximos valores foram encontrados quando aplicada às doses de 34 e 24  $\text{Mg ha}^{-1}$  de lodo, respectivamente. O Mg e o S tiveram aumento linear em função das doses de lodo, sendo que as parcelas que receberam a adubação química apresentaram melhores resultados.

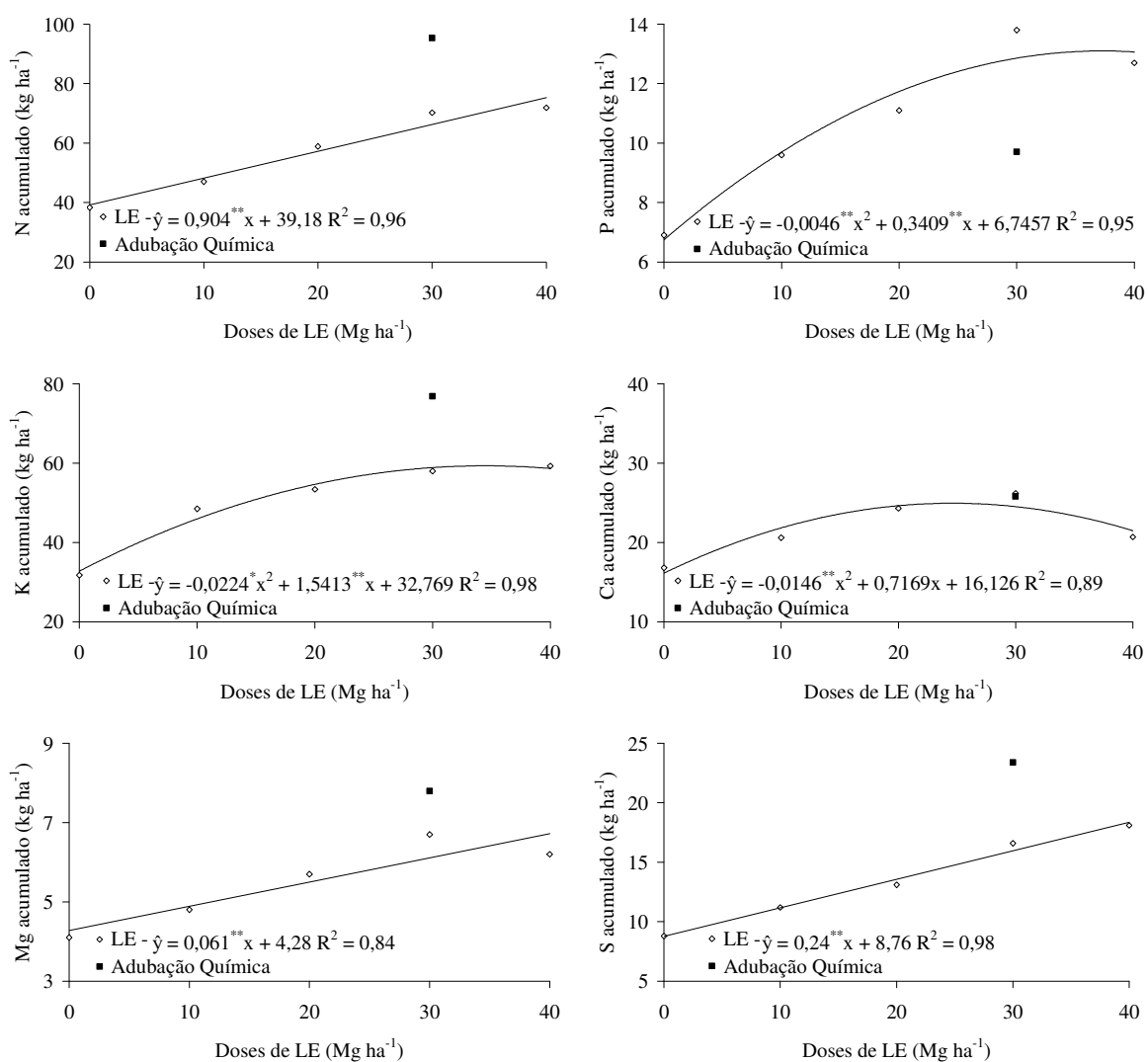


Figura 32. Acúmulo de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas + caules da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

Na Tabela 16 encontram-se os resultados de análise de variância e média das quantidades de micronutrientes acumulados nas folhas + caules da grama esmeralda. Verifica-se que não houve resposta dos manejos utilizados, já para as doses de lodo houve influência significativa para boro, cobre, ferro e zinco.

Tabela 16. Resumo da análise de variância e média da quantidade de micronutrientes acumulada nas folhas + caule da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

		Quantidade de macronutrientes Acumulada pela Grama (folhas + caules)									
		B		Cu		Fe		Mn		Zn	
		-----Quadrado médio (significância)-----									
Dose (D)	4	4193,41 *	13113,47*	66808818*	141079,4 ns	390876,9**					
Manejo (M)	1	24,025 ns	198,02 ns	534072 ns	6477,02 ns	2496,4 ns					
D X M	4	335,84 ns	63,650 ns	1378231 ns	2668,34 ns	1704,4 ns					
Bloco	3	587,09 ns	51,825 ns	529905 ns	10798,4 ns	3060,4 ns					
Erro 1	3	542,69	583,36	4706182	29720,82	2475,33					
Erro 2	24	375,64	429,44	5882827	27233,8	3346,38					
<b>Total</b>											
CV (%) 1		10,51	19,69	10,23	12,56	11,22					
CV (%) 2		13,08	16,89	11,44	12,02	13,04					
Média		148	123	21206	1373	443					
Doses de LE		Manejo									
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		-----g ha <sup>-1</sup> -----									
0		116	119	69	75	16338	16925	1157	1197	163	168
10		149	137	98	97	19974	20066	1353	1346	288	302
20		171	170	113	125	22745	23587	1381	1406	410	456
30		179	163	151	149	23652	22496	1553	1543	665	628
40		129	147	170	177	22744	23535	1355	1434	662	702
Média		<b>147</b>	<b>149</b>	<b>120</b>	<b>125</b>	<b>21091</b>	<b>21322</b>	<b>1360</b>	<b>1385</b>	<b>435</b>	<b>451</b>
Adubo Químico		178	164	128	120	24493	28815	1431	1379	293	274

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Para o acúmulo de B e Fe (Figura 33), houve efeito quadrático sendo que as doses de 23 e 31 Mg ha<sup>-1</sup> proporcionaram os máximos valores (170 e 23625 g ha<sup>-1</sup>) respectivamente. Para a adubação química houve efeito semelhante visto que este tratamento proporcionou produção de folhas + caules equivalente as maiores doses de lodo aplicadas e também pela riqueza natural em Fe do solo.



Para Cu e Zn houve efeito linear crescente havendo um aumento de aproximadamente 40% para o acúmulo de Cu e de 36% para o Zn. Para o tratamento que recebeu a adubação química verifica-se que os valores ficaram abaixo das maiores doses de lodo aplicadas. Isso mostra que esses elementos, presentes em grande quantidade no lodo de esgoto, estavam disponíveis as plantas, sendo absorvidos em altas quantidades.

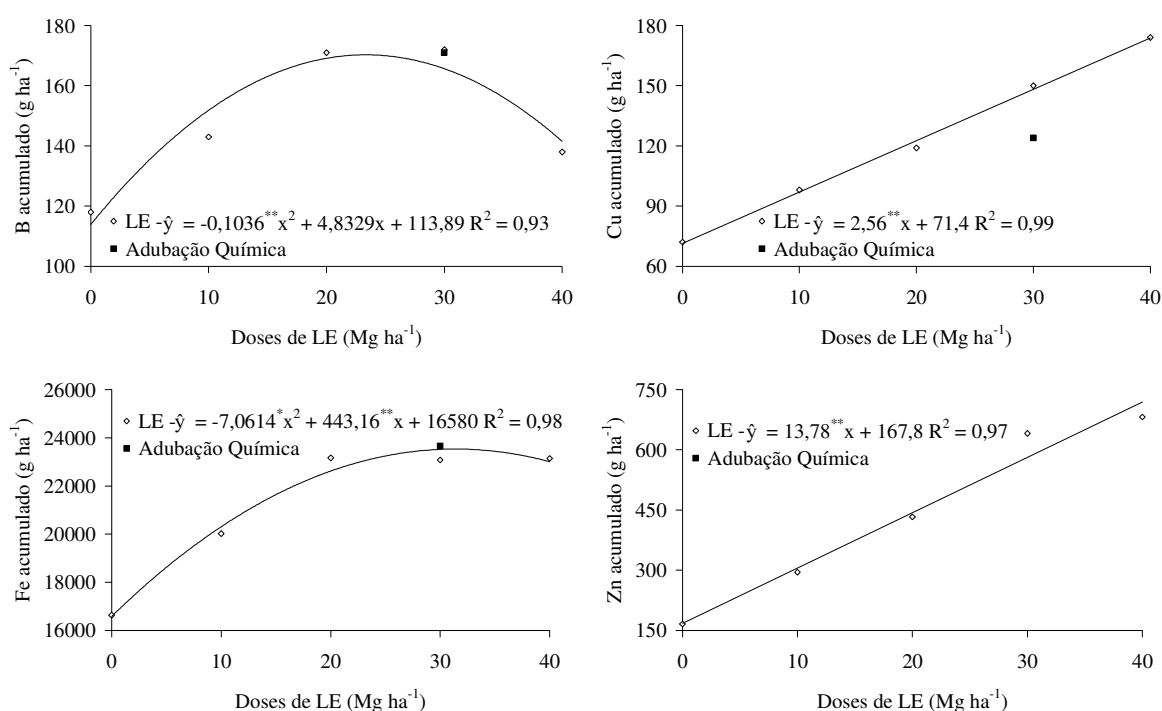


Figura 33. Acúmulo de B, Cu, Fe e Zn nas folhas + caules da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

Verifica-se na Tabela 17 que as quantidades de N, P, K e Mg acumuladas pelos rizomas da grama esmeralda foram influenciadas pelas doses de lodo de esgoto aplicadas, não havendo significância do manejo utilizado. Para o Ca e S não houve influência das doses de lodo e nem dos sistemas de manejo.

Somente para o N houve efeito linear crescente, mostrando que para os tratamentos que receberam a adubação química, da mesma forma que os resultados encontrados para folhas + caules, apresentaram maior acúmulo desse nutriente (Figura 34).

As quantidades de P, K e Mg acumuladas pelos rizomas da grama esmeralda tiveram efeito quadrático, apresentando os melhores resultados quando aplicadas às doses de 31, 28 e 25 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto, respectivamente. Os tratamentos que receberam a adubação química apresentaram maior acúmulo para o Mg, mostrando, dessa forma, que o lodo é uma boa fonte de P, já que para o K houve uma suplementação para todos os tratamentos, menos a testemunha.

Tabela 17. Resumo da análise de variância e média da quantidade de macronutrientes acumulada nos rizomas + estolões da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

		Quantidade de macronutrientes Acumulada pela Grama (rizomas + estolões)											
		N	P	K	Ca	Mg	S						
		-----Quadrado médio (significância)-----											
Dose (D)	4	287,52*	11,467*	231,78*	3,118 ns	0,919*	10,589 ns						
Manejo (M)	1	0,327 ns	0,0112 ns	1,146 ns	0,049 ns	0,001 ns	0,219 ns						
D X M	4	7,713 ns	0,2507 ns	27,122 ns	0,535 ns	0,061 ns	0,160 ns						
Bloco	3	30,934 ns	0,8900 ns	82,284 ns	1,984 ns	0,008 ns	0,391 ns						
Erro 1	3	23,794	1,035	24,408	0,324	0,1502	1,182						
Erro 2	24	30,482	1,590	49,258	2,822	0,4557	0,728						
Total													
CV (%) 1		16,19	17,49	17,29	6,13	11,04	22,75						
CV (%) 2		18,33	21,68	24,56	18,12	19,23	17,86						
Média		30,1	5,8	28,6	9,3	3,5	4,8						
Doses de LE		Manejo											
		1		2		1		2		1		2	
----Mg ha <sup>-1</sup> ----		-----kg ha <sup>-1</sup> -----											
0		20	22	4	4	21	18	9	8	3	3	3	4
10		28	27	6	6	27	29	8	9	3	4	4	4
20		33	31	6	6	30	33	9	10	4	4	4	5
30		35	37	6	7	30	34	10	10	4	4	6	7
40		34	34	7	6	33	29	9	9	4	4	5	5
Média		<b>30</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Adubo Químico		38	43	5	5	27	26	10	13	4	4	6	6

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

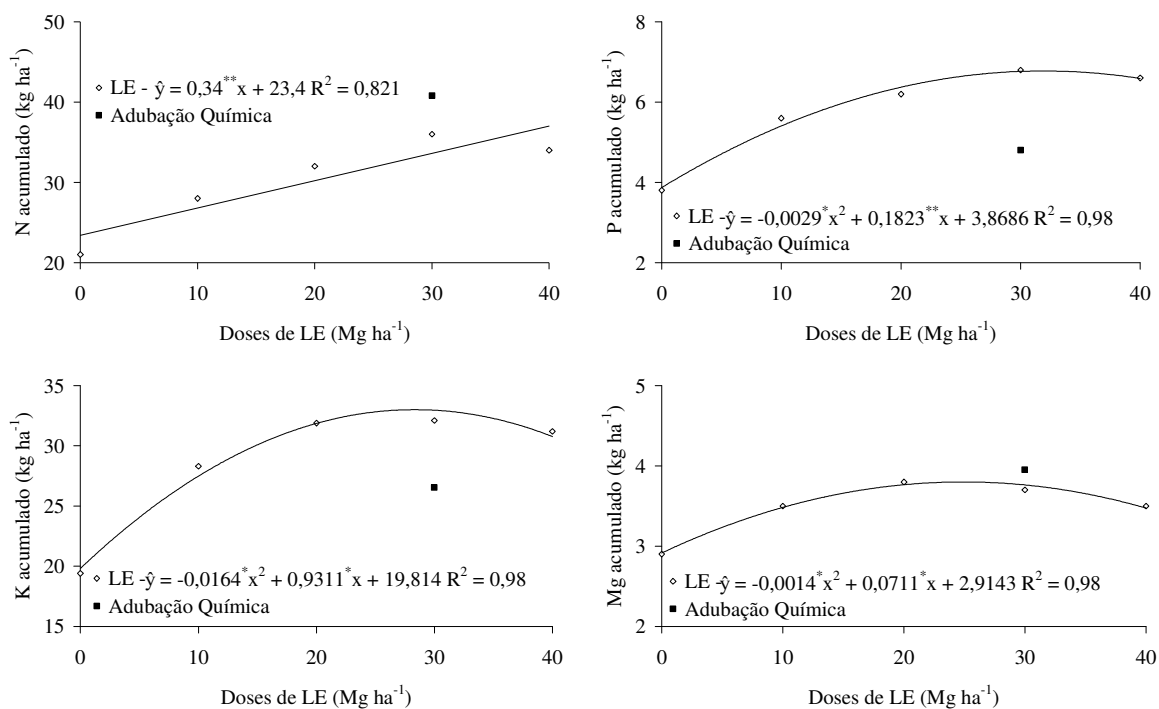


Figura 34. Acúmulo de N, P, K e Mg nos rizomas + estolões da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

Pode-se observar na Tabela 18 que houve resposta apenas das doses de lodo no acúmulo de Cu, Fe, Mn e Zn nos rizomas da planta. Para o acúmulo de B não houve efeito dos tratamentos utilizados.

Assim como para o acúmulo de Cu e Zn nas folhas + caules, para os rizomas + estolões houve efeito linear crescente em função das doses de lodo, para Fe e Mn esse efeito foi quadrático, com os máximos valores encontrados quando aplicada as doses de 26 e 22 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo, respectivamente (Figura 35 e 36).

A adubação química promoveu os menores valores que as doses de lodo apenas para o acúmulo de Fe e Zn.

Tabela 18. Resumo da análise de variância e média da quantidade de micronutrientes acumulada nos rizomas + estolões da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

		Quantidade de macronutrientes Acumulada pela Grama (rizomas + estolões)									
		B		Cu		Fe		Mn		Zn	
		-----Quadrado médio (significância)-----									
Dose (D)	4	3060,06 ns		743,29**		22049555*		39728,6*		46289,1**	
Manejo (M)	1	491,54 ns		3,025 ns		141659 ns		93,12 ns		140,62 ns	
D X M	4	2,604 ns		37,587 ns		193068 ns		1407,5 ns		480,37 ns	
Bloco	3	108,902 ns		82,892 ns		3218120 ns		8394,9 ns		643,16 ns	
Erro 1	3	383,71		40,492		2444127		4063,7		564,16	
Erro 2	24	553,65		192,671		26659918		5810,4		846,72	
Total											
CV (%) 1		16,11		11,15		18,54		12,02		14,74	
CV (%) 2		19,35		24,32		19,36		14,37		18,05	
Média		122		57		8431		530		161	
Doses de LE		Manejo									
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		-----g ha <sup>-1</sup> -----									
0		102	95	42	43	6327	6076	432	420	67	64
10		137	130	54	54	7538	7299	568	555	97	110
20		152	144	57	57	10348	10211	586	618	167	174
30		111	106	62	67	9490	9897	546	590	212	232
40		122	116	70	63	8763	8366	495	492	254	234
Média		<b>125</b>	<b>118</b>	<b>57</b>	<b>57</b>	<b>8493</b>	<b>8370</b>	<b>526</b>	<b>535</b>	<b>159</b>	<b>163</b>
Adubo Químico		150	160	65	64	10059	9840	447	423	110	107

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

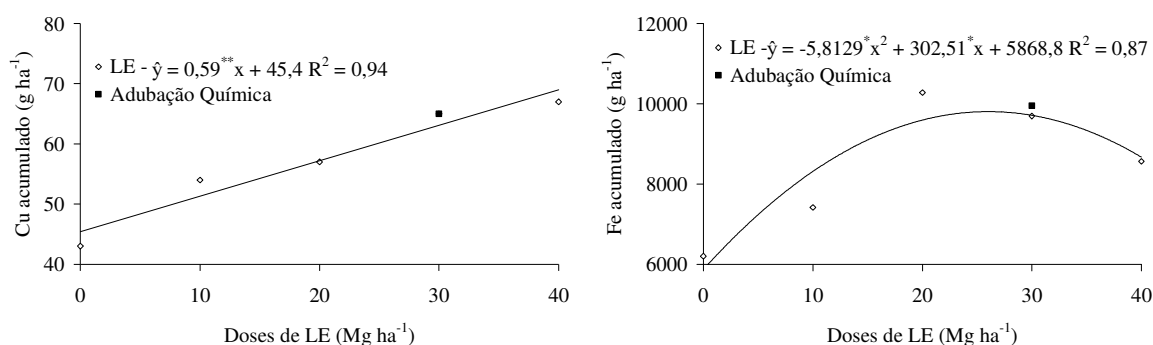


Figura 35. Acúmulo de Cu e Fe nos rizomas da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

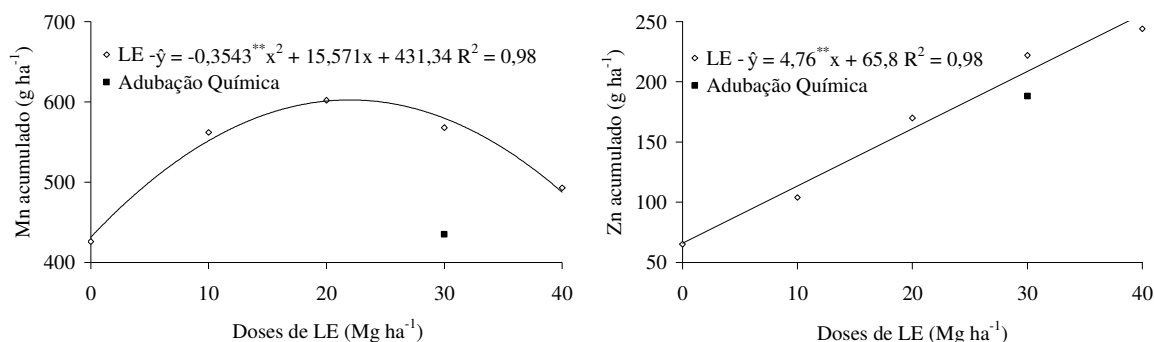


Figura 36. Acúmulo de Mn e Zn nos rizomas da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

#### 4.1.1.7 Extração total de nutrientes pela grama

Verifica-se na Tabela 19 que houve influência apenas das doses de lodo na extração dos macronutrientes pela grama esmeralda, não havendo resposta dos sistemas de manejos.

Para todos os macronutrientes avaliados houve efeito linear crescente com o aumento das doses de lodo (Figura 37).

O nitrogênio foi o nutriente extraído em maior quantidade variando de 58 kg ha<sup>-1</sup> na dose zero, a 198 kg ha<sup>-1</sup> quando se aplicou 40 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo. Quando utilizou-se a adubação química, a extração de N foi menor que a maior dose lodo aplicada, chegando a um valor de 152 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 19). Por se tratar do nutriente mais exigido pela cultura, o aumento das doses de lodo e conseqüentemente maior quantidade de N aplicada proporcionou maior crescimento das folhas, aumentando assim a produção de matéria seca e a extração de nutrientes. Doses muito elevadas não são interessantes do ponto de vista econômico, pois com o aumento excessivo do crescimento foliar aumenta-se o número de cortes e conseqüentemente a extração de nutrientes. Godoy (2005) aplicando até 600 kg ha<sup>-1</sup> de N verificou que a quantidade desse elemento acumulado nos rizomas, estolões e folhas + caules aumentou linearmente com as doses de N.

Tabela 19. Resumo da análise de variância e média da quantidade de macronutrientes extraída pela grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

		Quantidade de macronutrientes Acumulada pela Grama											
		N		P		K		Ca		Mg		S	
		-----Quadrado médio (significância)-----											
Dose (D)	4	24030,94**		820,393**		9114,64**		226,53**		62,25**		881,006**	
Manejo (M)	1	21,594 ns		0,6812 ns		0,335 ns		16,091 ns		0,187 ns		2,884 ns	
D X M	4	15,882 ns		1,0012 ns		72,734 ns		14,051 ns		0,339 ns		2,484 ns	
Bloco	3	187,613 ns		1,6178 ns		153,420 ns		1,816 ns		0,100 ns		2,942 ns	
Erro 1	3	43,404		7,381		85,231		6,269		0,799		5,114	
Erro 2	24	102,071		5,9001		171,707		29,937		1,642		6,187	
Total													
CV (%) 1		5,37		11,62		9,33		7,47		8,40		9,33	
CV (%) 2		8,23		10,36		13,25		16,32		12,04		10,27	
Média		123		23		99		33		11		24	
Doses de LE		Manejo											
		1		2		1		2		1		2	
-----Mg ha <sup>-1</sup> ---		-----kg ha <sup>-1</sup> -----											
	0	58	62	11	10	54	49	26	25	7	7	13	12
	10	85	83	17	17	79	86	28	33	9	9	18	16
	20	118	119	23	23	102	101	35	38	11	11	22	22
	30	151	156	30	30	117	122	37	38	12	13	30	32
	40	197	198	37	36	142	136	38	38	14	14	39	38
	Média	<b>122</b>	<b>123</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>99</b>	<b>99</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>24</b>	<b>24</b>
Adubo Químico		152	149	17	16	119	111	39	39	13	12	32	32

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

A extração de P pela grama variou de 10 a 37 kg ha<sup>-1</sup> com o aumento das doses de lodo (Tabela 19 e Figura 37). Mesmo com aumento proporcionado pelas doses de lodo, a quantidade desse nutriente extraído pela planta é baixa, sugerindo que pequenas quantidades de P aplicadas, podem atender a demanda da planta. A quantidade de P exportada pela planta no tratamento que recebeu adubação química foi de 17 kg ha<sup>-1</sup>.

Por ser o segundo nutriente mais extraído pela grama esmeralda, a reposição de potássio no solo através da adubação é de grande importância, pois a maior parte deste nutriente utilizado pela planta é exportada da área de produção com o corte do tapete. A extração de K pela grama esmeralda variou de 49 a 142 kg ha<sup>-1</sup> em função da aplicação das doses de lodo, sendo que com a adubação química, o valor foi de 119 kg ha<sup>-1</sup>. Vale lembrar

que foi realizada uma complementação com esse nutriente visto que está em pequena quantidade no lodo. Kiesling (1980) em um experimento realizado em um solo com baixos teores de K verificou que a formação e longevidade de novos rizomas foram diretamente relacionadas com a aplicação deste nutriente. Godoy et al. (2007) verificaram que o potássio não influenciou o crescimento da grama e nem a velocidade de fechamento do tapete, no entanto o nível de K na planta pode influenciar outras características da planta como a perda da água por transpiração.

A extração de Ca e Mg também aumentaram com as doses de lodo chegando a 38 e 14 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, com a maior dose aplicada. Com a adubação química, a extração desses nutrientes foi de 39 kg ha<sup>-1</sup> para o Ca e 13 kg ha<sup>-1</sup> para o Mg (Tabela 19 e Figura 37). Analisando esses valores, verifica-se que a quantidade desses macronutrientes secundários também é baixa, onde pequenas quantidades dos mesmos podem atender às exigências da grama. Esse aumento da extração desses nutrientes está diretamente relacionado ao aumento da produção de matéria seca proporcionado pela aplicação de doses crescentes de lodo.

A extração de S variou de 12 a 39 kg ha<sup>-1</sup> com as doses de lodo. Quando utilizou-se a adubação química essa extração foi de 32 kg ha<sup>-1</sup>. Quando comparadas às doses zero e 40 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo, verifica-se que houve grande aumento na extração desse nutriente. Esse aumento pode-se atribuir a maior produção de matéria seca com a aplicação das maiores doses e também da quantidade de S presente no lodo de esgoto utilizado que é considerável.

Na dose zero de lodo a extração de macronutrientes foi baixa, pois produziu pequena quantidade de matéria seca, quase não necessitando de cortes. Também na dose zero não houve fechamento de tapete, sendo dessa forma reduzida a quantidade de folhas + caules e rizomas + estolões.

Ao aplicar lodo na cana-de-açúcar Silva et al (1998) verificaram que a adubação com LE causou aumentos na exportação de P, S, Ca, K e Mg, pela parte aérea da cana-de-açúcar. Comparando-se as maiores quantidades de nutrientes exportados com as quantidades adicionadas por 30 Mg ha<sup>-1</sup> de LE, verificaram que o balanço foi positivo em relação aos nutrientes P, Ca, Cu e Mg, mas foi negativo no tocante ao K e S, o que indica,

neste caso, a necessidade de complementação do LE com estes dois nutrientes quando se destinar à adubação.

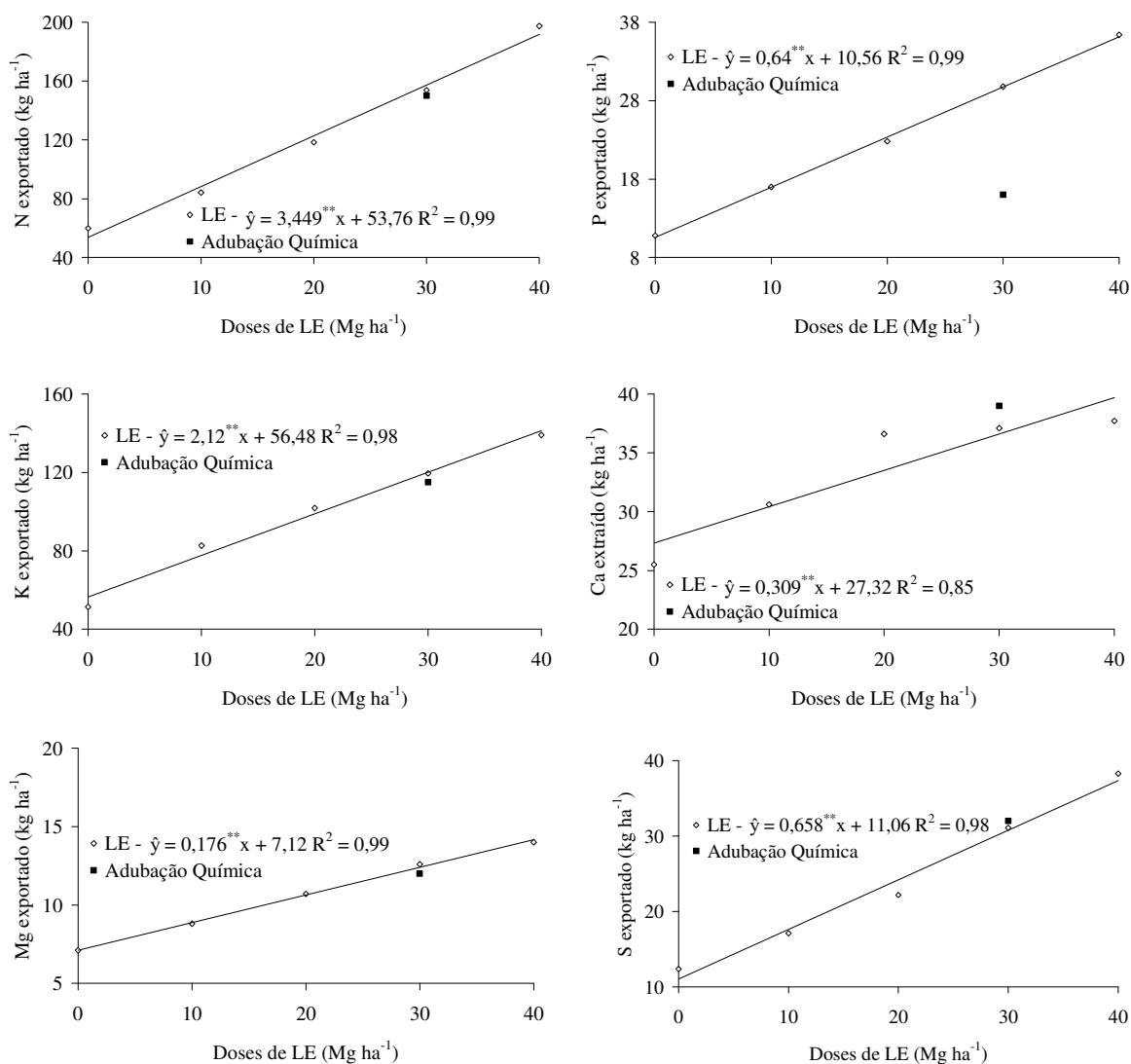


Figura 37. Extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre pela grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

A Tabela 20 apresenta os resultados da análise de variância e média da quantidade total de micronutrientes extraídos pela grama esmeralda. Verifica-se que houve efeito apenas das doses de lodo aplicadas para todos os micronutrientes analisados.



Para a quantidade de B extraído pela grama houve efeito quadrático com a máxima extração (329 g ha<sup>-1</sup>) com a dose de 27 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo (Figura 38). Quando comparado à dose zero verifica-se que este aumento não foi muito elevado, cerca de 27%, podendo ser atribuído ao acúmulo de fitomassa seca, já que não houve influência das doses de lodo no teor foliar do B. Pode-se observar também que a quantidade extraída pelo tratamento que recebeu a adubação química foi semelhante às doses de lodo aplicadas.

Tabela 20. Resumo da análise de variância e média da quantidade de micronutrientes extraídos pela grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

		Quantidade de micronutrientes extraídos pela Grama											
		B		Cu		Fe		Mn		Zn			
		-----Quadrado médio (significância)-----											
Dose (D)	4	16031,4**	43913,6**	289514414**	873837**	11556916**							
Manejo (M)	1	672,4 ns	140,6 ns	245 ns	15210 ns	4202,5 ns							
D X M	4	195,4 ns	130,0 ns	5963309 ns	3247 ns	975,0 ns							
Bloco	3	1366,2 ns	250,6 ns	7145131 ns	19629 ns	8148,1 ns							
Erro 1	3	261,8	1068,3	3879668	13479	324,0							
Erro 2	24	1694,5	932,6	9892954	30063	4154,4							
Total													
CV (%) 1		5,53	15,91	6,23	5,52	7,61							
CV (%) 2		10,06	4,87	9,95	8,24	9,34							
Média		293	205	31610	2105	690							
Doses de LE		Manejo											
		1		2		1		2		1		2	
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		-----g ha <sup>-1</sup> -----											
0		221	219	112	118	22693	23029	1594	1620	231	234		
10		293	275	161	158	28039	27841	1984	1661	409	434		
20		343	332	191	204	34953	34674	2124	2179	639	695		
30		316	300	248	253	35526	34895	2374	2430	974	979		
40		311	317	306	302	36850	37597	2349	2431	1146	1158		
Média		<b>297</b>	<b>289</b>	<b>203</b>	<b>207</b>	<b>31612</b>	<b>31607</b>	<b>2085</b>	<b>2124</b>	<b>680</b>	<b>700</b>		
Adubo Químico		329	334	205	196	35991	34235	1951	1930	437	418		

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Para Cu, Fe, Mn e Zn o efeito linear crescente em função das doses de lodo (Figura 38). Houve acréscimo de 63% na extração de Cu pela grama no intervalo das doses zero e 40 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo, na qual aplicou-se 29 kg ha<sup>-1</sup> de Cu. Esse aumento se deve tanto a fitomassa seca acumulada quanto à quantidade de Cu adicionada pelo lodo de esgoto,

visto que quando aplicou-se a adubação química a extração foi menor quando comparada às maiores doses de lodo. Silva et al. (1998) verificaram que ao aplicar uma dose de 30 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo na cultura da cana-de-açúcar houve uma exportação de Cu na colheita no valor de 240 g kg<sup>-1</sup>.

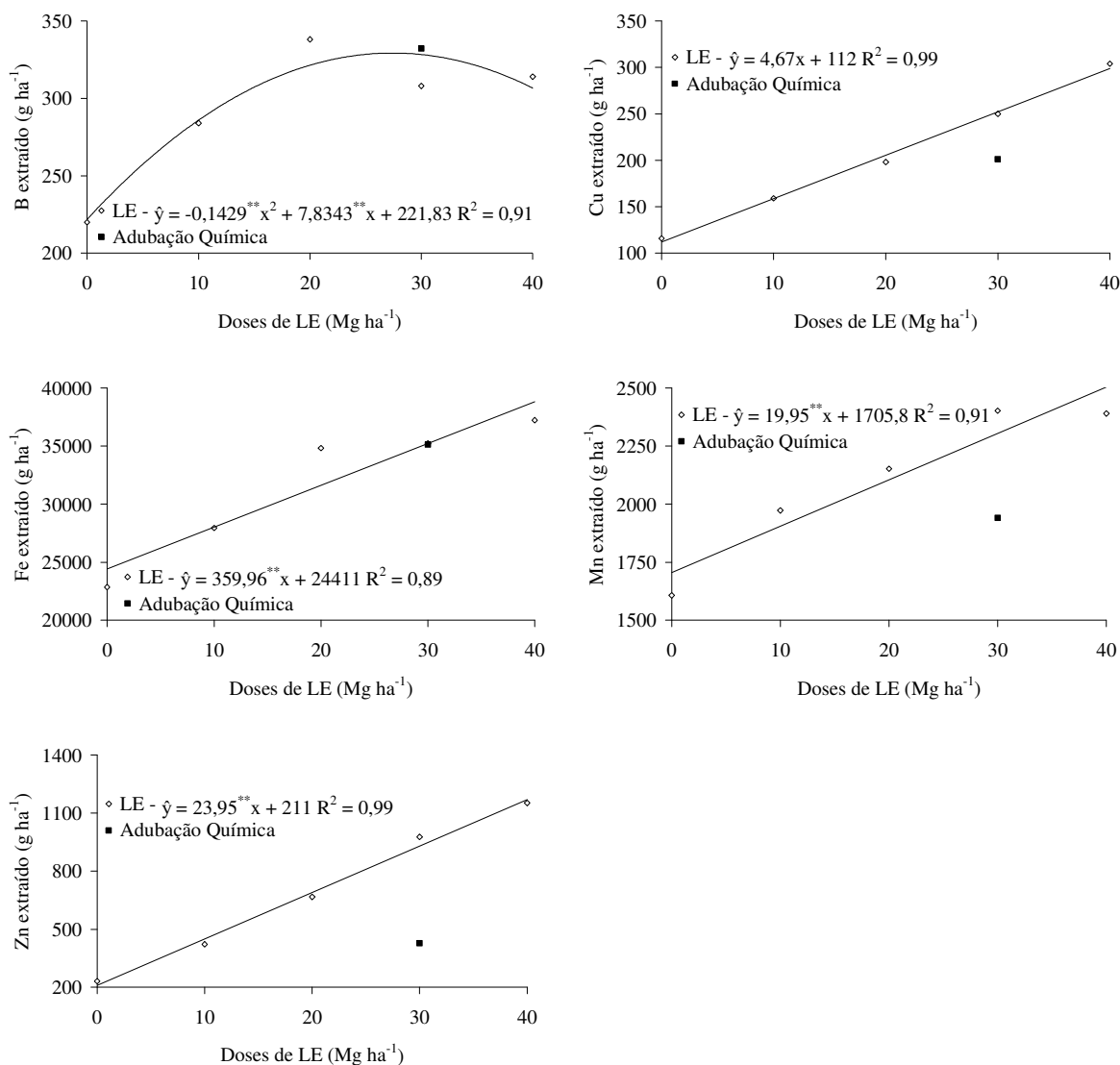


Figura 38. Extração de boro, cobre, ferro, manganês e zinco pela grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

O Fe foi o micronutriente extraído em maior quantidade pela cultura da grama, chegando a 37.597 g ha<sup>-1</sup>. Verifica-se que apenas a maior dose de lodo promoveu

maior extração de Fe quando comparada à adubação química. Como a quantidade de Fe aplicada com a dose de 30 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo ainda foi muito grande (864 kg ha<sup>-1</sup>), esta extração elevada da adubação química pode ser em função da fitomassa seca elevada neste tratamento e também ao elevado teor desse elemento no solo, por se tratar de um solo tropical e ser composto praticamente de óxidos de Fe e Al. Em área altamente compactada ocorre a diminuição do oxigênio presente no solo e possivelmente a redução do ferro, ou seja, passagem do Fe<sup>3+</sup> para Fe<sup>2+</sup>, forma mais absorvida pelas plantas.

Também houve aumento na extração de Mn com o aumento das doses de lodo, porém este acréscimo não foi muito elevado, chegando a apenas 33%, e a adubação química promoveu uma extração menor quando comparada às doses de 20, 30 e 40 Mg ha<sup>-1</sup>.

Para a extração de Zn verifica-se que houve maior resposta em função do aumento das doses de lodo, tendo um acréscimo de aproximadamente 80%. A quantidade extraída pela grama no tratamento que recebeu adubação química foi superior apenas a testemunha e se equívaleu a dose de 10 Mg ha<sup>-1</sup>, onde aplicou-se apenas 5 kg ha<sup>-1</sup> de Zn.

#### **4.1.1.8 Massa e resistência de tapetes de grama**

A Tabela 21 apresenta os resultados da análise de variância e média dos resultados da massa e da resistência do tapete de grama em função de doses de lodo de esgoto e dos sistemas de manejo. Verifica-se que para a massa de tapetes houve diferença significativa para as 5 doses de lodo utilizadas e que os sistemas de manejo não tiveram influência. Para a resistência dos tapetes, houve interação entre as doses de lodo e os sistemas de manejo, onde para as doses de 20, 30, 40 Mg ha<sup>-1</sup> e para a adubação química, tratamentos em que não foi passada escarificador superficial apresentaram tapetes de grama mais resistentes.

Na Figura 39, observa-se que houve redução dos pesos dos tapetes com o aumento das doses de lodo de esgoto. Houve uma redução de 13% do peso do tapete quando comparou-se a adubação química com as dose de 40 Mg ha<sup>-1</sup> de LE. A aplicação do lodo de esgoto reduziu a massa dos tapetes de grama. Essa característica tem uma implicação prática muito importante, uma vez que com a massa menor, consegue-se levar maior número de tapetes com a mesma carga. Murray (1991) avaliando a aplicação de lodo de esgoto compostado para a produção de grama azul de Kentucky (*Poa pratensis* L.) e festuca (*Festuca*

*rubra* L.) também verificou a diminuição do peso dos tapetes por unidade de área ao aplicar doses crescentes do lodo até 200 Mg ha<sup>-1</sup>, incorporados ou aplicados em superfície.

Tabela 21. Resumo da análise de variância e média dos resultados da massa do tapete e resistência do tapete da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

Causa de variação	G.L.	Massa do tapete		Resistência do tapete	
		-----Quadrado médio (significância)-----			
Dose (D)	4	15,8**		278,50**	
Manejo (M)	1	4,2 ns		688,9**	
D X M	4	1,8 ns		64,1 ns	
Bloco	3	2,8 ns		28,20 ns	
Erro 1	3	1,96		19,63	
Erro 2	24	2,18		31,38	
Total	39				
C.V.1 (%)		5,99		18,86	
C.V.2 (%)		6,32		23,84	
Média		23,38		23,50	
Doses de LE	Manejo				
	1	2	1	2	
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----	-----kg m <sup>-2</sup> -----				
0	25,50	25,50	14,00 a	14,50 a	
10	24,75	24,60	19,00 a	23,50 a	
20	23,75	23,70	21,25 b	33,75 a	
30	22,25	22,80	23,75 b	33,75 a	
40	22,25	21,90	18,75 b	32,75 a	
Média	<b>23,70</b>	<b>23,05</b>	<b>19,35 b</b>	<b>27,65 a</b>	
Adubo Químico	25,06	24,50	18,93 b	27,07 a	

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F. Letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. 1 – sistema de manejo com o uso do escarificador; 2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Quando utilizou-se a “estrelinha” a máxima resistência do tapete (22,5 kg) foi alcançada com a dose de 25 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo (Figura 40). Sem o uso deste implemento, verifica-se que a maior resistência do tapete foi encontrada quando aplicou-se a dose de 31 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo que a adubação química também apresentou resultados semelhantes. Doses maiores de lodo promoveram menor resistência dos tapetes provavelmente devido ao maior crescimento das folhas em detrimento aos rizomas e raízes.

Segundo Koske (1994) a utilização de doses mais altas de nitrogênio e a formação muito rápida do tapete podem prejudicar a “liftability” (capacidade de ser manuseado) pela redução no crescimento de rizomas, principais responsáveis pela resistência do tapete (CHRISTIANS, 1998). A maior quantidade de rizomas foi obtida com a aplicação da dose de 26 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo, estando próxima das doses que proporcionaram maior resistência dos tapetes.

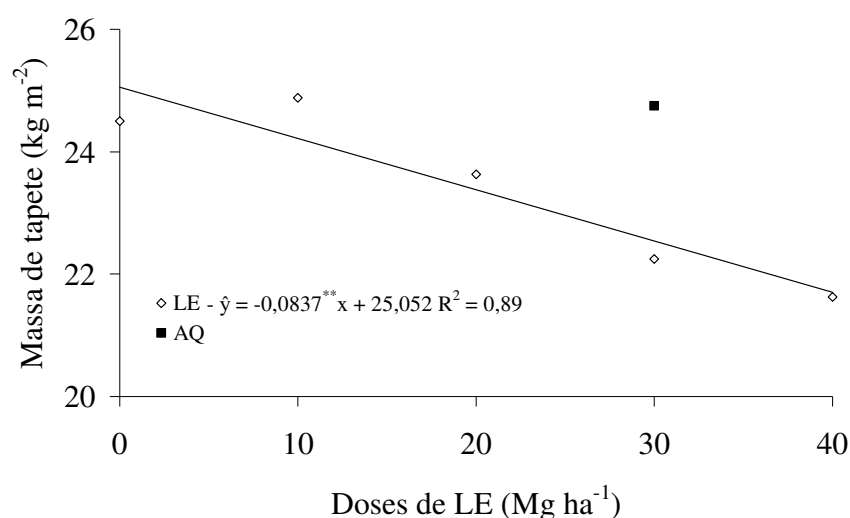


Figura 39. Massa de tapete da grama *Z. japonica* (esmeralda), em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

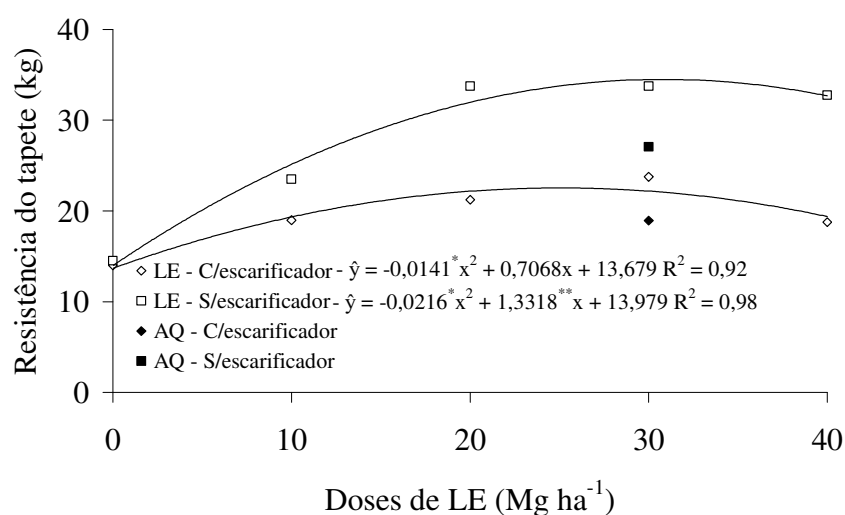


Figura 40. Resistência do tapete de grama *Z. japonica* (esmeralda), em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ), com e sem o uso do escarificador superficial.

## 4.1.2 Características avaliadas no solo

### 4.1.2.1 Análise química do solo

Através da Tabela 22, verifica-se que não houve diferença significativa para os índices de pH do solo, nas quatro camadas avaliadas, em função das doses de lodo aplicadas. Vale ressaltar que foi feita a correção inicial do solo em área total, aplicando-se o calcário em superfície. O valor inicial de pH era 4,6 na camada de 0 – 5 cm. Verifica-se que mesmo tendo sido realizada a calagem, não houve alteração nos valores de pH. Este fato pode ser explicado pela retirada da camada superficial do solo juntamente com o do tapete de grama e também pela baixa mobilidade do calcário quando aplicado em superfície, principalmente em sistemas de produção de tapetes de grama, onde o solo é altamente compactado.

Para a matéria orgânica, houve efeito significativo das doses de lodo apenas na camada superficial (0-5 cm). O aumento do teor de matéria orgânica no solo pelo tratamento com o lodo de esgoto, é razão de sua composição, constituídos de 52% de matéria orgânica na massa de matéria seca do resíduo (Tabela 1) e pela presença de raízes e rizomas já que na adubação química também houve aumento da matéria orgânica.

O uso de lodo de esgoto na agricultura é uma prática de manejo vantajosa por este se tratar de material rico em matéria orgânica. Simonete (2001) avaliando os efeitos da aplicação de doses de lodo sobre as propriedades químicas de um Argissolo Vermelho amarelo, em casa de vegetação, tratado com 0; 10; 20; 30; 40 e 50 Mg ha<sup>-1</sup> (base seca), verificou incrementos significativos nos teores de matéria orgânica de 6% para cada dose aplicada. Rocha et al. (2004), em experimento com eucalipto, verificaram que nas camadas 5-10 e 10-20 cm, após 32 meses da aplicação de lodo de esgoto no solo, houve aumento nos teores de C orgânico. Vários são os trabalhos que observaram expressivos aumentos nos teores de matéria orgânica no solo em razão da aplicação de lodo de esgoto (NASCIMENTO et al., 2004; MARCIANO et al., 2001; BARBOSA et al., 2004), porém nenhum relacionado à produção de grama, que é uma situação muito diferente da agricultura convencional.

Tabela 22. Resumo da análise de variância e média do índice de pH e do teor de M.O. no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-35 cm.

Causa de variação	G.L.	Profundidade (cm)													
		0-5		5-10		10-20		20-35		M.O.		pH		M.O.	
		pH	M.O.	pH	M.O.	pH	M.O.	pH	M.O.	pH	M.O.	pH	M.O.	pH	M.O.
-----Quadrado médio (significância)-----															
Dose (D)	4	0,024 ns	38,62*	0,008 ns	13,150 ns	0,032 ns	10,087 ns	0,022 ns	8,187 ns						
Manejo (M)	1	0,030 ns	0,400 ns	0,016 ns	16,900 ns	0,030 ns	0,025 ns	0,072 ns	4,225 ns						
D X M	4	0,013 ns	6,212 ns	0,008 ns	10,400 ns	0,006 ns	5,087 ns	0,017 ns	7,162 ns						
Bloco	3	0,044 ns	8,567 ns	0,033 ns	13,767 ns	0,029 ns	2,692 ns	0,025 ns	14,092 ns						
Erro 1	3	0,022	12,467	0,001	24,9667	0,004	7,425	0,009	10,958						
Erro 2	24	0,014	6,037	0,025	8,575	0,028	14,787	0,039	8,775						
Total	39														
C.V.1 (%)		3,27	9,21	4,52	13,20	1,40	7,95	2,12	11,67						
C.V.2 (%)		2,58	6,69	3,42	7,74	3,61	11,22	4,26	10,44						
		4,7	37	4,6	38	4,7	34	4,6	28						
-----Manejo-----															
Doses de LE		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	Mg ha <sup>-1</sup>														
0	4,6	4,7	32	35	4,6	4,7	36	37	4,7	4,8	33	33	4,6	4,7	28
10	4,6	4,5	36	36	4,6	4,6	38	38	4,6	4,6	34	33	4,6	4,6	29
20	4,6	4,7	37	38	4,6	4,6	40	40	4,7	4,7	36	35	4,6	4,7	29
30	4,5	4,6	38	38	4,6	4,6	38	38	4,7	4,8	35	34	4,6	4,8	29
40	4,5	4,5	40	39	4,6	4,5	36	41	4,6	4,6	34	37	4,6	4,6	27
Média	<b>4,5</b>	<b>4,6</b>	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>4,6</b>	<b>4,6</b>	<b>37</b>	<b>39</b>	<b>4,6</b>	<b>4,7</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>4,6</b>	<b>4,7</b>	<b>28</b>
Adubo Químico	4,7	4,6	37	37	4,7	4,7	38	37	4,8	4,8	37	34	4,8	4,8	30

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 - sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 - sistema de manejo sem o uso do escarificador.

A Figura 41 apresenta a regressão para a matéria orgânica na camada de 0-5 cm em função das doses de lodo e da adubação química. Houve efeito linear crescente com o aumento das doses de lodo de esgoto, onde as maiores doses de lodo aplicadas proporcionaram uma manutenção da M.O. inicial do solo que variava de 38 a 40 g dm<sup>-3</sup> (Tabela 1).

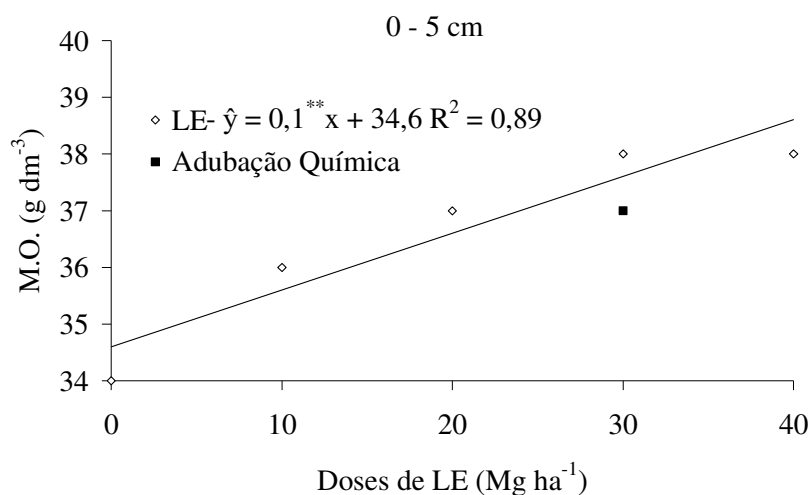


Figura 41. Teor de M.O. no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ), na profundidade de 0-5 cm.

A Tabela 23 apresenta os resultados da análise de variância e médias dos teores de P e da acidez potencial (H+AL) no solo após a colheita dos tapetes de grama. Verifica-se que houve efeito significativo das doses de lodo para os teores de P nas quatro camadas avaliadas, não sendo observado resposta para os tipos de manejo. Para H+Al não houve influência das doses de lodo e nem dos sistemas de manejo.

Para os teores de P, houve efeito linear crescente nas quatro profundidades avaliadas. Pode-se verificar que os teores foram diminuindo de acordo com a profundidade do solo, sendo os maiores teores encontrados na camada superficial. Para os tratamentos que receberam a adubação química os teores de P foram inferiores quando comparados aos tratamentos que receberam o lodo de esgoto. Esse aumento de fósforo no solo pela adição de doses de lodo também pode ser atribuída à decomposição de raízes e estolões que absorveram maior quantidade do nutriente em função do aumento da quantidade aplicada.



Tabela 23. Resumo da análise de variância e média do teor de P e H+Al no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-35 cm.

Causa de variação	G.L.	Profundidade (cm)							
		0-5		5-10		10-20		20-35	
		P	H+Al	P	H+Al	P	H+Al	P	H+Al
Dose (D)	4	79,71**	144,462 ns	32,934*	74,600 ns	21,975*	48,900 ns	12,537*	47,412 ns
Manejo (M)	1	4,225 ns	1,225 ns	0,025 ns	6,400 ns	0,900 ns	42,025 ns	0,400 ns	93,025 ns
D X M	4	2,912 ns	24,162 ns	2,087 ns	33,275 ns	2,525 ns	3,400 ns	0,212 ns	47,087 ns
Bloco	3	93,291*	80,025 ns	68,425 ns	24,667 ns	48,867 ns	50,158 ns	34,467**	29,825 ns
Erro 1	3	4,892	23,625	10,692	45,067	8,567	3,291	13,400	19,625
Erro 2	24	14,029	24,679	9,246	52,387	4,717	38,267	3,808	88,767
Total	39								
C.V.1(%)		16,66	7,81	33,97	11,51	38,01	3,33	35,72	8,43
C.V.2 (%)		28,22	7,98	31,59	12,41	28,21	11,35	31,48	17,92
Média		13	62	10	58	8	55	6	53

Doses de LE	Manejo								
	1	2	1	2	1	2	1	2	
Mg ha <sup>-1</sup>	10	12	13	14	17	10	12	13	14
-----mg dm <sup>-3</sup> -----	9	12	13	15	19	9	11	12	17
-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---	58	59	61	66	66	57	61	61	62
-----mg dm <sup>-3</sup> -----	57	60	62	65	68	54	56	64	68
-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---	54	61	62	65	68	58	61	64	68
-----mg dm <sup>-3</sup> -----	6	8	8	10	12	6	8	10	11
-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---	6	8	8	10	13	6	8	10	11
-----mg dm <sup>-3</sup> -----	5	6	6	7	8	5	6	7	8
-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---	5	6	6	7	8	5	6	7	8
-----mg dm <sup>-3</sup> -----	5	6	6	7	8	5	6	7	8
-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ---	5	6	6	7	8	5	6	7	8
Média	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>62</b>	<b>10</b>	<b>58</b>	<b>59</b>	<b>8</b>	<b>56</b>	<b>54</b>
Adubo Químico	8	9	58	59	7	8	54	53	6
	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	45	47	47	47	45	47	47	45	47

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 - sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 - sistema de manejo sem o uso do escarificador.

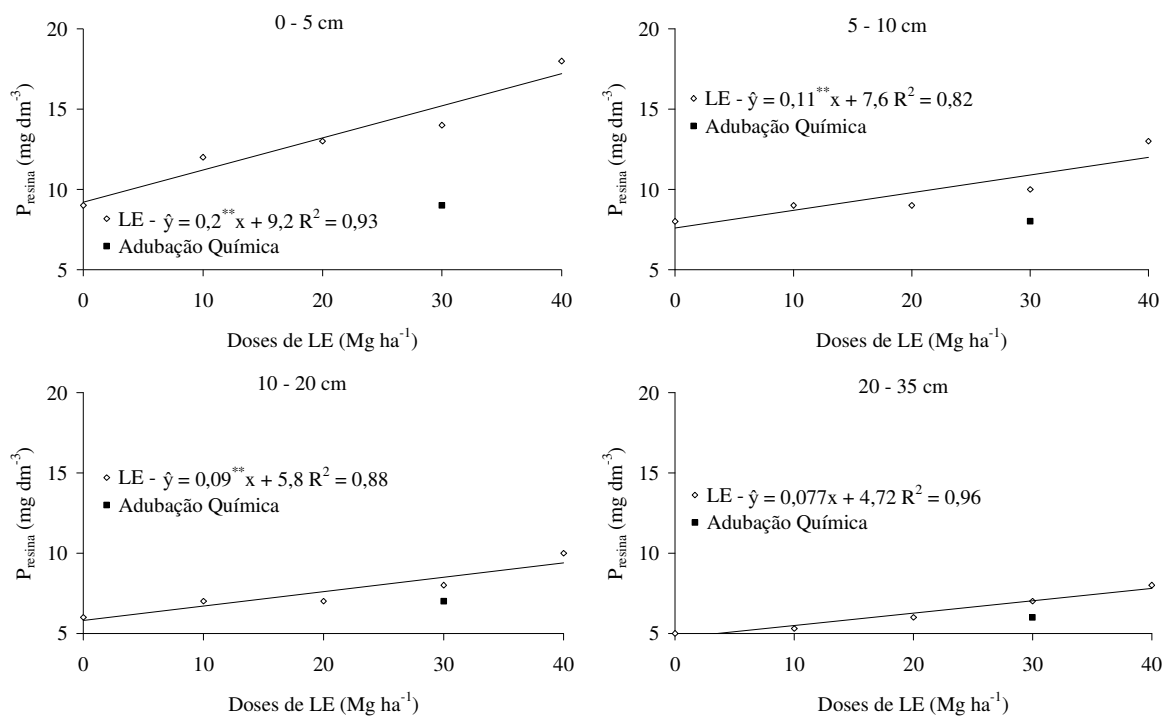


Figura 42. Teor de P no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-35 cm.

Aumento de fósforo disponível no solo em função da aplicação de lodo de esgoto foi demonstrado por vários trabalhos, entre eles Marques (1997), Berton et al. (1989 e 1997), Silva et al. (1998 e 2002a) Nascimento et al. (2004) e Galdo et al. (2004), em razão do lodo de esgoto diminuir a adsorção do nutriente no solo, devido a matéria orgânica presente nesse resíduo fornecer íons orgânicos que competem com o fosfato pelos sítios de adsorção, bem como a formação de complexos e quelatos, aumentando assim sua disponibilidade (HUE, 1995).

As Tabelas 24 e 25 apresentam os resultados da análise de variância e média dos resultados de teores de K e Ca e Mg e S no solo em função das doses de lodo de esgoto e dos sistemas de manejo.

Tabela 24. Resumo da análise de variância e média do teor de K e Ca no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-35 cm.

Causa de variação	G.L.	Profundidade (cm)															
		0-5			5-10			10-20			20-35						
		K	Ca	K	Ca	K	Ca	K	Ca	K	Ca	K	Ca				
-----Quadrado médio (significância)-----																	
Dose (D)	4	0,974*	7,037 ns	1,051 ns	12,537 ns	0,167 ns	14,025 ns	0,087 ns	29,600 ns								
Manejo (M)	1	0,400 ns	8,100 ns	0,484 ns	10,000 ns	0,506 ns	27,225 ns	0,324 ns	70,225 ns								
D X M	4	0,093 ns	3,037 ns	0,262 ns	13,562 ns	0,033 ns	14,225 ns	0,108 ns	24,850 ns								
Bloco	3	0,270 ns	83,267 ns	0,625 ns	53,100 ns	0,891 ns	58,625 ns	0,245 ns	36,092 ns								
Erro 1	3	0,065	26,967	0,335	4,867	0,135	7,492	0,123	12,092								
Erro 2	24	0,235	20,554	0,154	28,317	0,101	50,308	0,097	37,842								
Total	39																
C.V. 1 (%)		11,72	24,38	37,32	10,05	30,93	12,15	41,32	17,32								
C.V. 2 (%)		22,32	21,28	25,37	24,24	26,96	31,49	36,66	30,64								
Média		2,2	21	1,6	22	1,2	23	0,9	20								
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----																	
-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----																	
Doses de LE		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2				
0		1,9	1,4	22	23	1,5	0,8	24	22	1,2	0,8	23	24	0,7	0,6	20	20
10		2,2	1,9	20	20	2,0	2,2	20	19	1,4	1,3	21	20	0,9	0,9	18	20
20		2,2	2,3	22	22	1,7	1,4	21	24	1,3	1,0	24	23	1,1	0,8	21	23
30		2,4	2,3	20	23	1,9	1,4	21	25	1,4	1,2	21	23	1,2	0,7	19	22
40		2,7	2,4	21	21	1,3	1,4	22	23	1,3	1,1	21	24	0,8	0,9	18	23
Média		<b>2,3</b>	<b>2,1</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>1,7</b>	<b>1,4</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>1,3</b>	<b>1,1</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>19</b>	<b>21</b>
Adubo Químico		1,7	2,1	21	24	1,3	1,5	24	27	1,3	1,2	26	25	0,8	0,9	25	21

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 - sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 - sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Tabela 25. Resumo da análise de variância e média do teor de Mg e  $\text{SO}_4^{-2}$  no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-35 cm.

Causa de variação	G.L.	Profundidade (cm)											
		0-5		5-10		10-20		20-35					
		Mg	$\text{SO}_4^{-2}$	Mg	$\text{SO}_4^{-2}$	Mg	$\text{SO}_4^{-2}$	Mg	$\text{SO}_4^{-2}$	Mg	$\text{SO}_4^{-2}$	Mg	$\text{SO}_4^{-2}$
-----Quadro médio (significância)-----													
Dose (D)	4	0,687 ns	3928,04**	2,150 ns	2163,40*	2,712 ns	2992,84*	4,462 ns	3817,59*				
Manejo (M)	1	0,400 ns	2,025 ns	0,900 ns	14,400 ns	0,225 ns	28,900 ns	10,000 ns	3,600 ns				
D X M	4	1,587 ns	77,837 ns	0,275 ns	17,900 ns	1,412 ns	42,587 ns	1,437 ns	240,287 ns				
Bloco	3	5,633 ns	1074,09 ns	4,467 ns	529,367 ns	7,692 ns	1184,167 ns	7,567 ns	1343,00 ns				
Erro 1	3	1,133	158,42	0,300	195,667	4,092	166,700	1,867	104,73				
Erro 2	24	1,987	401,237	1,529	320,017	2,079	539,746	1,967	723,64				
Total	39												
C.V. 1(%)		18,51	13,69	10,14	14,67	36,95	13,57	26,53	10,33				
C.V. 2(%)		24,52	21,79	22,90	18,76	26,34	24,42	27,23	27,14				
Média		6	92	5	95	5	95	5	99				
Manejo													
Doses de LE		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0		6	5	61	54	5	71	72	7	6	67	70	4
10		6	5	90	90	5	91	93	5	5	87	91	4
20		6	6	95	93	6	98	95	6	5	95	97	6
30		6	7	102	99	6	103	99	5	6	105	98	6
40		6	6	114	123	6	119	115	6	5	119	124	4
Média		6	6	92	92	6	96	95	6	5	94	96	5
Adubo Químico		6	5	28	31	6	64	58	6	6	61	66	6

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 - sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 - sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Apenas o K na camada de 0-5 cm, foi influenciado pelas doses de lodo de esgoto aplicadas. Houve ajuste linear crescente com a aplicação das doses de lodo (Figura 43). Esse aumento não foi muito elevado, pois o lodo é um material pobre neste nutriente e todos os tratamentos, exceto a testemunha, receberam uma complementação potássica na mesma dose. Nascimento et al. (2004) também encontraram aumento nos teores de K no solo com a aplicação de lodo de esgoto.

Os teores de Mg no solo não foram influenciados pelas doses de lodo de esgoto e pelos sistemas de manejo, não apresentando também diferença entre as camadas de solo avaliadas (Tabela 25).

Para os teores de S na forma de sulfato houve significância das doses de lodo nas quatro profundidades avaliadas, apresentando efeito linear crescente com o aumento das doses (Figura 44). Observa-se também que os maiores teores foram encontrados na camada de 20-35 cm, mostrando a mobilidade desse ânion no perfil do solo, podendo ser facilmente lixiviado. Geralmente o S fica mais em subsuperfície devido à sua carga negativa e a sua mobilidade no solo.

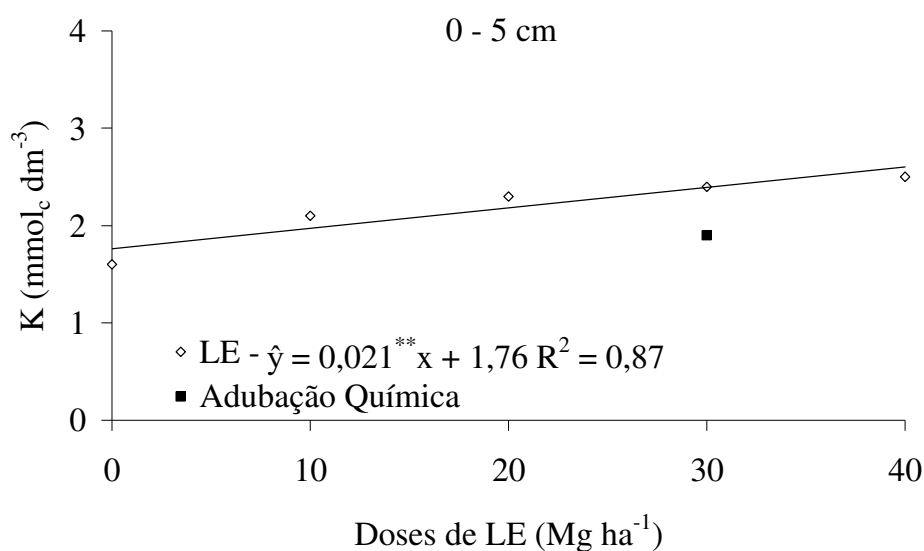


Figura 43. Teor de K no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ), na profundidade de 0-5 cm.

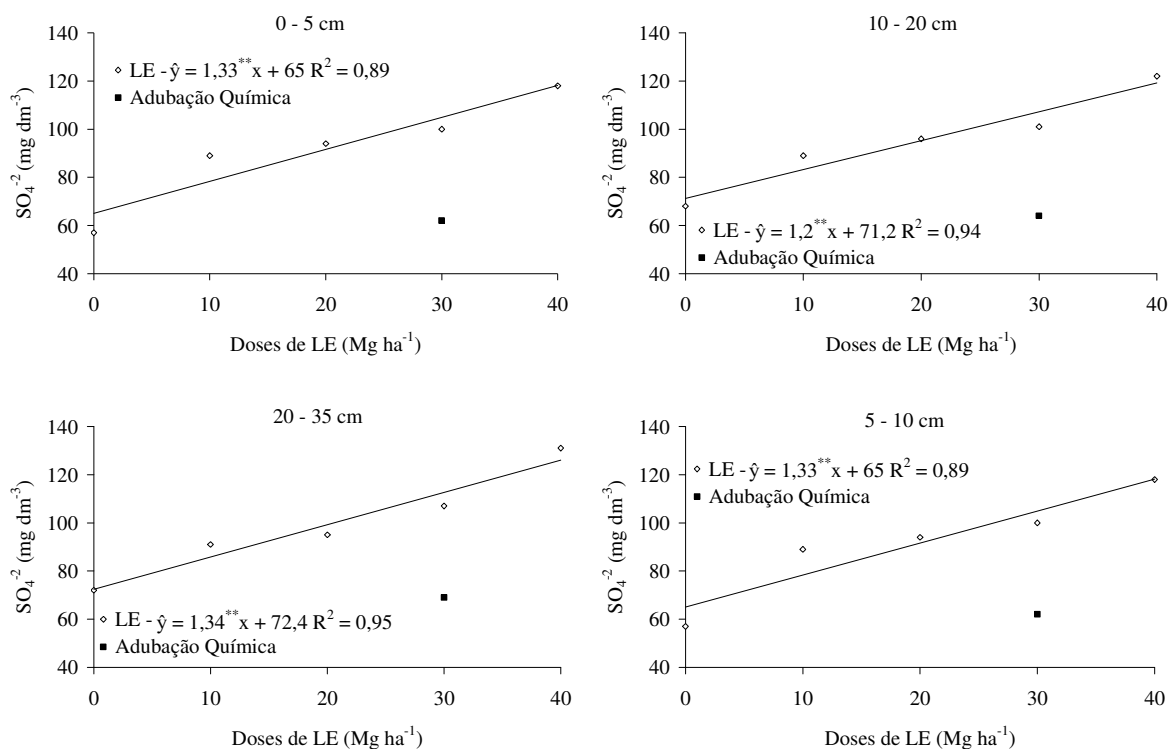


Figura 44. Teor de  $\text{SO}_4^{2-}$  no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-35 cm.

Verifica-se na Tabela 26 que as doses de lodo de esgoto não influenciaram na soma de bases no solo após a colheita dos tapetes de grama. Para a CTC, as doses de lodo aplicadas influenciaram apenas nas camadas de 0-5 e 5-10 cm. Houve efeito linear crescente com o aumento das doses, sendo este efeito mais pronunciado na camada de 0-5 cm (Figura 45). Como sendo uma fonte de matéria orgânica o lodo influenciou na CTC do solo, pois segundo Raij (1969) responde por grande parte da CTC do solo, cerca de 52 a 82% nos solos tropicais.

Tabela 26. Resumo da análise de variância e média da Soma de Bases (SB) e da Capacidade de Troca Catiônica (CTC) calculada do solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-35 cm.

Causa de variação	G.L.	Profundidade (cm)															
		0-5		5-10		10-20		20-35		CTC		CTC					
		SB	CTC	SB	CTC	SB	CTC	SB	CTC	SB	CTC	SB	CTC				
Dose (D)	4	7,837 ns	104,91*	50,350 ns	92,350*	22,412 ns	50,162 ns	54,037 ns	77,850 ns								
Manejo (M)	1	4,900 ns	2,500 ns	24,025 ns	55,225 ns	34,225 ns	4,900 ns	90,000 ns	2,025 ns								
D X M	4	14,087 ns	12,187 ns	8,150 ns	33,225 ns	22,412 ns	10,337 ns	33,562 ns	14,900 ns								
Bloco	3	143,567 ns	74,700 ns	78,292 ns	30,958 ns	84,492 ns	58,200 ns	72,433 ns	15,758 ns								
Erro 1	3	36,367	3,633	10,492	29,558	35,692	6,167	21,533	3,292								
Erro 2	24	32,529	19,667	39,267	17,821	70,695	24,683	55,983	37,442								
Total	39																
C.V. 1 (%)		20,69	2,08	11,54	6,24	20,65	2,96	17,81	2,31								
C.V. 2 (%)		19,57	4,84	22,32	4,85	29,07	5,93	28,72	7,78								
Média		29	92	28	87	29	84	26	79								
Doses de LE		Manejo															
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2				
		mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>															
0		30	30	89	88	24	25	82	82	27	30	85	83	25	26	77	74
10		29	27	87	88	28	26	85	88	27	26	83	80	23	22	76	75
20		31	30	92	91	29	31	85	89	31	29	85	82	27	28	79	83
30		26	31	93	96	29	33	89	89	27	30	81	84	25	27	80	79
40		29	29	95	98	29	30	89	95	28	30	88	88	23	29	81	84
Média		<b>29</b>	<b>30</b>	<b>91</b>	<b>92</b>	<b>27</b>	<b>29</b>	<b>86</b>	<b>88</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>78</b>	<b>79</b>
Adubo Químico		28	31	87	91	31	34	85	87	34	32	81	79	32	27	77	74

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 - sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 - sistema de manejo sem o uso do escarificador.

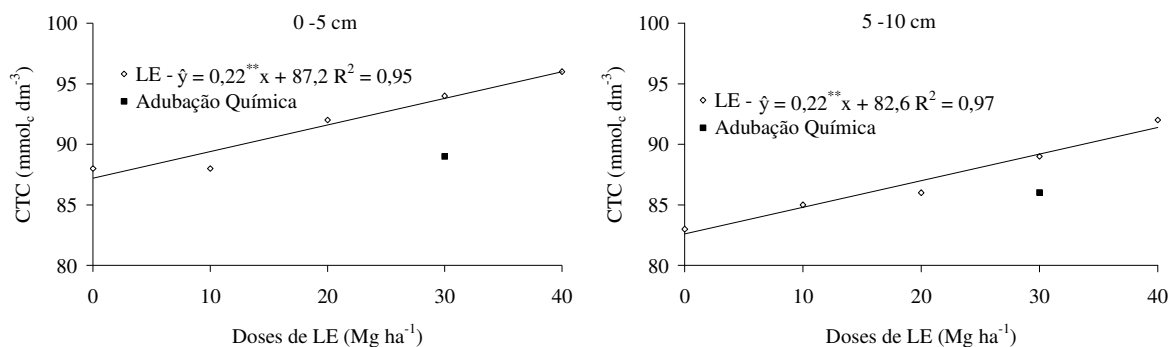


Figura 45. Capacidade de Troca Catiônica (CTC) do solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ), nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm.

Nascimento et al. (2005) estudando as alterações químicas de um solo tratado com lodo de esgoto verificaram que a adição de lodo aumentou a capacidade de troca de cátions (CTC) da camada superficial do solo, atribuindo esse aumento à matéria orgânica adicionada.

A Tabela 27 apresenta os resultados da análise de variância e média da saturação por bases do solo após a colheita dos tapetes de grama.

A saturação por bases (V%) não foi influenciada pelas doses de lodo de esgoto e pelos sistemas de manejo. Verifica-se que os valores encontrados são muito baixos, isso devido a retirada da camada superficial do solo juntamente com o tapete, deixando o solo com o mesmo V% encontrado na análise inicial do solo antes da instalação do experimento (Tabela 1).



Tabela 27. Resumo da análise de variância e média da saturação por bases (V%) do solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-35 cm.

Causa de variação	G.L.	V%						
		Profundidade (cm)						
		0-5	5-10	10-20	20-35			
		-----Quadrado médio (significância)-----						
Dose (D)	4	20,312 ns	22,712 ns	32,162 ns	3817,58 ns			
Manejo (M)	1	0,625 ns	3,600 ns	28,900 ns	3,600 ns			
D X M	4	16,062 ns	14,287 ns	20,087 ns	240,287 ns			
Bloco	3	113,492 ns	72,300 ns	101,267 ns	1343,00 ns			
Erro 1	3	25,825	19,000	13,367	104,73			
Erro 2	24	24,054	52,150	71,358	723,64			
Total	39							
C.V.1 (%)		16,20	13,15	10,54	10,33			
C.V.2 (%)		15,63	21,78	24,34	27,14			
Média		31	33	32	33			
Doses de LE	Manejo							
	1	2	1	2	1	2	1	2
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----	-----%-----							
0	28	32	35	34	36	37	33	35
10	33	31	32	30	33	34	31	29
20	34	31	35	35	36	37	34	34
30	32	34	32	37	33	36	31	36
40	30	30	32	32	32	34	28	35
Média	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>33</b>	<b>34</b>	<b>36</b>	<b>31</b>	<b>34</b>
Adubo Químico	33	34	36	39	41	40	41	36

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

As Tabelas 28, 29 e 30 apresentam o resumo da análise de variância e média dos teores de micronutrientes no solo, após o corte dos tapetes, em função das doses de lodo de esgoto e dos sistemas de manejo utilizados. Verifica-se na Tabela 30 que não houve efeito significativo dos tratamentos utilizados para os teores de B no solo nas quatro profundidades analisadas. Os maiores teores desse elemento foram observados na dose zero, possivelmente pela menor produção de fitomassa nesses tratamentos, e conseqüentemente menor extração desse nutriente.

Tabela 28. Resumo da análise de variância e média do teor de B no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-35 cm.

Causa de variação	G.L.	B						
		Profundidade (cm)						
		0-5	5-10	10-20	20-35			
		-----Quadrado médio (significância)-----						
Dose (D)	4	0,035 ns	0,0436 ns	0,0112 ns	0,094 ns			
Manejo (M)	1	0,002 ns	0,0042 ns	0,0021 ns	0,004 ns			
D X M	4	0,003 ns	0,0090 ns	0,0006 ns	0,0036 ns			
Bloco	3	0,008 ns	0,140 ns	0,0068 ns	0,0167 ns			
Erro 1	3	0,006	0,012	0,0016	0,0073			
Erro 2	24	0,009	0,016	0,0049	0,0134			
Total	39							
C.V.1 (%)		12,34	17,28	7,51	15,84			
C.V.2 (%)		15,04	19,85	13,06	21,50			
Média		0,66	0,65	0,54	0,54			
Doses de LE	Manejo							
	1	2	1	2	1	2	1	2
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----	-----mg dm <sup>-3</sup> -----							
0	0,81	0,73	0,79	0,71	0,65	0,67	0,77	0,69
10	0,60	0,61	0,54	0,58	0,48	0,51	0,47	0,49
20	0,64	0,62	0,62	0,72	0,53	0,55	0,52	0,53
30	0,65	0,64	0,58	0,60	0,58	0,57	0,47	0,45
40	0,62	0,64	0,65	0,67	0,56	0,58	0,51	0,48
Média	<b>0,66</b>	<b>0,66</b>	<b>0,64</b>	<b>0,66</b>	<b>0,56</b>	<b>0,58</b>	<b>0,55</b>	<b>0,53</b>
Adubo Químico	0,60	0,57	0,53	0,53	0,50	0,52	0,47	0,44

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Na Tabela 29 verifica-se que os teores de Cu foram influenciados significativamente apenas pelas doses de lodo nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, os teores de Fe nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm e os teores de Zn sofreram influência das doses de lodo nas quatro camadas avaliadas. Os teores de Mn não foram influenciados pelos tratamentos utilizados (Tabela 30).

Para os teores de Cu os efeitos foram lineares crescente, com o aumento das doses de lodo (Figura 46), sendo os maiores valores encontrados na camada superficial (0-5 cm). Mesmo apresentando efeito linear crescente nas camadas de 0-5, 5-10 e

10-20 cm, os teores de Fe encontrados no solo estão dentro da faixa de ocorrência nos solos brasileiros (Figura 47). Apesar de ser o metal em maior concentração no lodo (Tabela 1), apresentou aumento relativamente pequeno de disponibilidade no solo, indicando encontrar-se no resíduo em formas de baixa disponibilidade, como, por exemplo, óxidos de ferro. Silva et al. (1998) verificaram que 144 dias após a aplicação de  $530 \text{ kg ha}^{-1}$  de Fe com o LE, a concentração no solo era de  $35 \text{ mg dm}^{-3}$ , valor maior que os obtidos neste experimento para a maior dose de lodo, na qual se aplicou aproximadamente  $1152 \text{ kg ha}^{-1}$  de Fe. Vale lembrar que no sistema de produção de tapetes de grama uma camada de solo e praticamente todo o lodo de esgoto aplicado foi levado juntamente com o tapete.

Para os teores de Zn, houve ajuste linear crescente nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, sendo que para a camada de 20-35 cm esse efeito foi quadrático, com o valor máximo (0,44) sendo atingido com a dose de  $29 \text{ Mg ha}^{-1}$  de lodo. Os maiores teores foram encontrados na camada de 0-5 cm atingindo valores de  $4,4 \text{ mg dm}^{-3}$  com a dose de  $40 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Figura 48). Silva et al. (1998), verificaram um aumento no teor de Zn no solo aos 114 dias após a aplicação do lodo atingindo um valor máximo de  $2,6 \text{ mg dm}^{-3}$  com a dose de  $30 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

Oliveira e Mattiazzo (2001) verificaram aumentos lineares, na camada de 0-20 cm, para os teores totais de Cu e Zn no solo, proporcionado pela aplicação de lodo de esgoto, chegando a valores de 43 e  $97 \text{ mg kg}^{-1}$  quando aplicada a dose de  $110 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

Ao analisar o tratamento que recebeu a adubação química, verifica-se que para Cu, Fe, Mn e Zn no solo, os teores foram menores quando comparados aos tratamentos que receberam o lodo de esgoto, fato que pode ser justificado pela presença desses elementos no lodo de esgoto, sendo que com a maior dose de lodo de esgoto aplicada ( $40 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) foram adicionados ao solo  $29 \text{ kg ha}^{-1}$  de Cu,  $1152 \text{ kg ha}^{-1}$  de Fe,  $27 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mn e  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de Zn, que mesmo sendo absorvidos pela planta e transportados com os tapetes, ainda encontraram-se presentes no solo após a colheita.

Tabela 29. Resumo da análise de variância e média dos teores de Cu e Fe no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-35 cm.

Causa de variação	G.L.	Profundidade (cm)															
		0-5		5-10		10-20		20-35									
		Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe	Cu	Fe						
Dose (D)	4	1,0258*	54,350*	0,854*	56,650*	0,355 ns	54,687**	0,278 ns	14,250 ns								
Manejo (M)	1	0,0001 ns	0,225 ns	0,049 ns	0,2250 ns	0,0002 ns	8,100 ns	0,210 ns	4,900 ns								
D X M	4	0,0294 ns	3,475 ns	0,009 ns	4,600 ns	0,0234 ns	1,037 ns	0,007 ns	0,150 ns								
Bloco	3	0,1537 ns	1,692 ns	0,097 ns	7,692 ns	0,0202 ns	6,667 ns	0,220 ns	3,767 ns								
Erro 1	3	0,1807	13,758	0,075	10,092	0,0482	1,700	0,089	0,567								
Erro 2	24	0,0728	7,412	0,186	5,975	0,1538	2,079	0,139	2,500								
Total	39																
C.V. 1 (%)		8,07	13,33	5,64	14,26	4,60	7,90	6,11	5,68								
C.V. 2 (%)		5,12	9,78	8,87	10,97	8,21	8,74	7,64	11,93								
Média		5,3	29	4,86	22,27	4,8	16	4,9	13								
Doses de LE		Manejo															
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2						
		Mg ha <sup>-1</sup> -----mg dm <sup>-3</sup> -----															
0		4,8	4,7	24	25	4,5	4,7	18	18	4,6	4,7	13	13	4,9	4,8	13	12
10		5,0	5,2	26	27	4,6	4,7	21	22	4,6	4,6	15	14	4,6	4,5	12	11
20		5,2	5,3	28	27	4,8	4,8	24	23	4,7	4,8	17	14	5,0	4,8	14	14
30		5,5	5,4	30	28	4,8	4,8	25	22	4,8	4,7	18	18	5,1	5,0	13	12
40		5,7	5,7	32	31	5,4	5,4	24	24	5,2	5,0	20	18	5,1	4,9	15	15
Média		<b>5,3</b>	<b>5,3</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>4,8</b>	<b>4,9</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>4,8</b>	<b>4,8</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>4,9</b>	<b>4,8</b>	<b>14</b>	<b>13</b>
Adubo Químico		4,7	4,6	25	25	4,7	4,5	23	20	4,9	4,7	16	15	4,9	4,8	12	11

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 - sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 - sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Tabela 30. Resumo da análise de variância e média dos teores de Cu e Fe no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-35 cm.

Causa de variação	G.L.	Profundidade (cm)															
		0-5		5-10		10-20		20-35									
		Mn	Zn	Mn	Zn	Mn	Zn	Mn	Zn	Mn	Zn						
Dose (D)	4	30,119 ns	16,998**	34,8078 ns	6,4604*	11,506 ns	1,442**	2,615 ns	0,2115**								
Manejo (M)	1	0,650 ns	0,064 ns	1,2602 ns	0,0202 ns	5,112 ns	0,0008 ns	0,100 ns	0,0018 ns								
D X M	4	1,185 ns	0,036 ns	1,1946 ns	0,0084 ns	1,453 ns	0,0057 ns	0,046 ns	0,0009 ns								
Bloco	3	4,444 ns	0,151 ns	11,1849 ns	0,0102 ns	2,048 ns	0,0051 ns	0,145 ns	0,0007 ns								
Erro 1	3	16,989	0,193	9,695	0,0016	1,568	0,0110	0,185	0,0055								
Erro 2	24	1,878	0,208	5,448	0,0415	2,026	0,0045	0,259	0,0019								
Total	39																
C.V. 1(%)		22,97	21,46	20,31	8,73	10,00	16,47	6,71	21,75								
C.V. 2 (%)		7,64	22,33	15,22	19,09	11,37	10,56	7,95	12,73								
Média		17,9	2,0	15,33	1,07	12,5	0,64	6,4									
Doses de LE		Manejo															
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2						
		-----Mg há <sup>-1</sup> -----mg dm <sup>-3</sup> -----															
0		16,6	15,8	0,4	0,3	13,0	12,8	0,1	0,1	11,9	10,0	0,1	0,1	6,0	5,9	0,1	0,1
10		21,4	20,2	1,3	1,4	19,0	17,5	0,7	0,6	14,3	13,0	0,4	0,4	7,2	6,9	0,3	0,3
20		17,9	17,7	1,9	2,0	15,9	15,3	0,9	0,8	12,6	12,1	0,6	0,5	6,1	6,1	0,5	0,5
30		18,5	18,9	2,1	2,3	16,0	16,1	1,2	1,1	13,6	13,9	0,9	0,8	7,0	7,0	0,4	0,4
40		15,9	16,4	4,2	4,4	13,6	14,0	2,5	2,5	11,9	11,7	1,2	1,2	6,0	5,8	0,5	0,5
Média		<b>18,1</b>	<b>18,8</b>	<b>2,0</b>	<b>2,1</b>	<b>15,5</b>	<b>15,1</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>	<b>12,9</b>	<b>12,2</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>6,5</b>	<b>6,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>
Adubo Químico		18,9	17,8	0,6	0,5	17,0	16,0	0,4	0,3	12,8	11,7	0,4	0,3	6,9	6,8	0,3	0,3

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 - sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 - sistema de manejo sem o uso do escarificador.

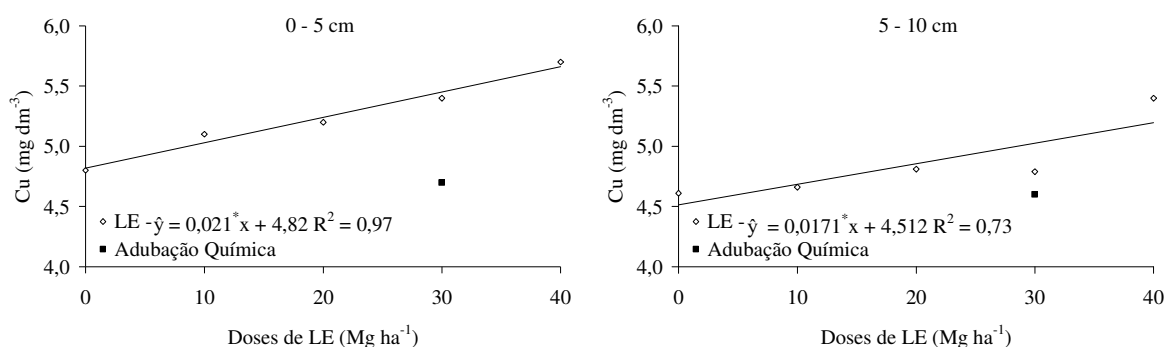


Figura 46. Teor de Cu no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ), nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm.

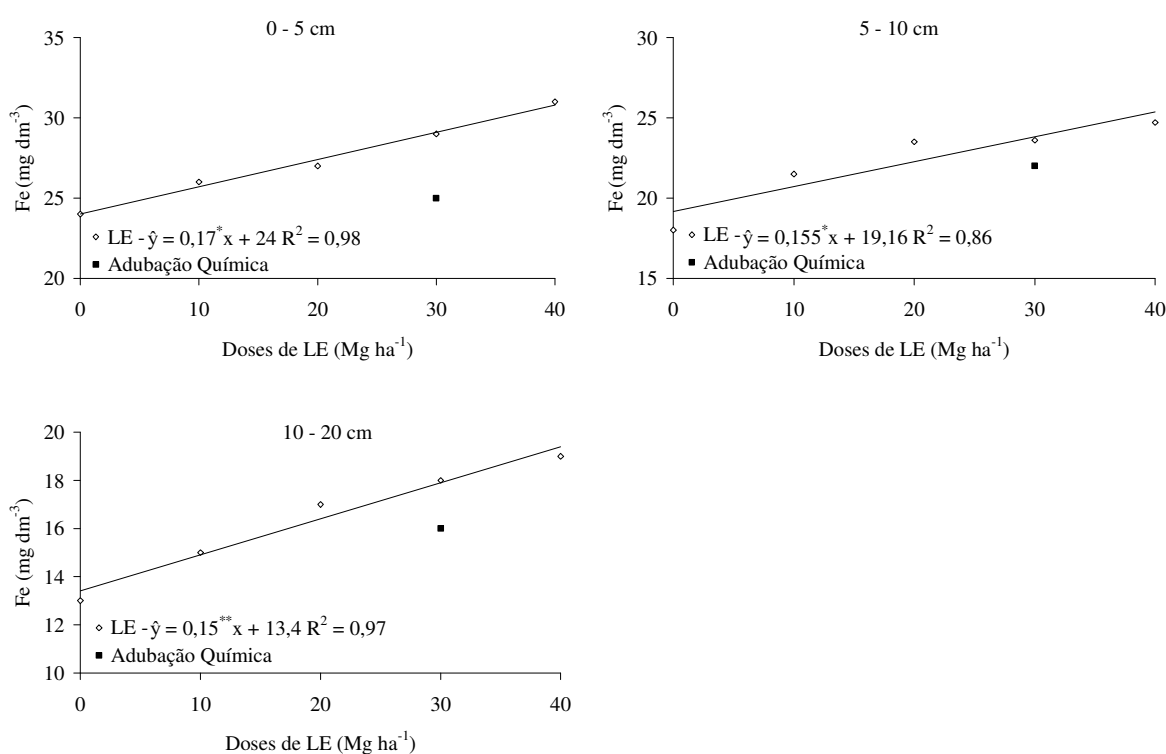


Figura 47. Teor de Fe no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ), nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm.

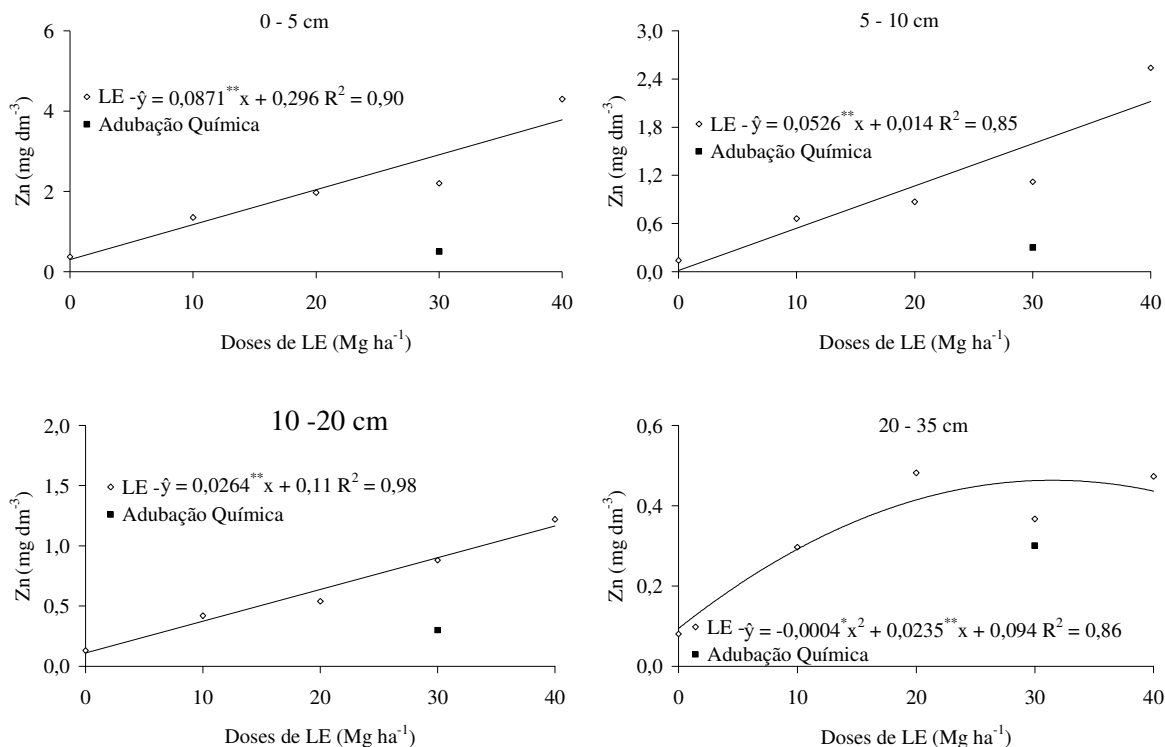


Figura 48. Teor de Zn no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (Esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ), nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-35 cm.

#### 4.1.2.2 Determinação de metal pesado no solo

Com referência aos teores de metais, observa-se que os valores encontrados no lodo de esgoto (Tabela 3), estão bem abaixo do limite estabelecido pelas normas do CONAMA (2006) e da CETESB (1999) que regulamenta a utilização do lodo de esgoto na agricultura no estado de São Paulo. Com base na maior dose de lodo de esgoto aplicada no solo (40 Mg ha<sup>-1</sup>), foi adicionado aproximadamente 0,023; 0,30; 6,11; 0,004; 1,38; e 7,38 kg ha<sup>-1</sup> de As, Cd, Cr, Hg, Ni e Pb, respectivamente.

Segundo Marques et al. (2006) mesmo que os teores de metais pesados encontrados no lodo estejam abaixo do limite, tornam-se pertinentes estudos de diferentes doses deste resíduo aplicadas no solo, pois é importante considerar que os metais presentes no lodo de esgoto, quando aplicados no solo, contribuem para a reserva já existente naturalmente (ANDREOLI et al., 2006) ou por outras fontes antropogênicas, incluindo emissões industriais,

efluentes, fertilizantes, condicionadores de solo e pesticidas, que podem contribuir para o aumento da concentração desses elementos nos solos (SILVEIRA, 2002).

Verifica-se na Tabela 31 que os metais Cd, Cr e Hg, nas quatro profundidades analisadas, apresentaram-se em concentrações abaixo do limite de determinação do método analítico empregado. Apesar disso é impróprio afirmar que esses metais não estavam presentes nas amostras de solo. As concentrações no extrato foram menores que  $0,002 \text{ mg dm}^{-3}$  para Cd,  $0,004 \text{ mg dm}^{-3}$  para Cr e  $0,02 \text{ mg dm}^{-3}$  para Hg, sendo os teores trocáveis menores que 0,02, 0,04 e  $0,2 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente para Cd, Cr e Hg. Andrade e Mattiazzo (2000) avaliando os teores de metais pesados trocáveis no solo após a aplicação de lodo de esgoto, utilizando o extrator Mehlich 3, verificaram que os teores de Cd e Cr também estiveram abaixo do limite de determinação do método analítico utilizado.

Oliveira e Mattiazzo (2001) avaliando a presença de metais pesados em Latossolo tratado com lodo de esgoto verificaram que para os teores de metais Cd, Pb e Ni apresentavam-se abaixo do limite do aparelho quando foram extraídos em “água-régia” ( $\text{HCl} + \text{HNO}_3 - 3:1$ ) através de sistema de digestão em forno de microondas e determinados por espectrometria de absorção atômica convencional com chama ar/acetileno.

Para As, Ni e Pb verificou-se pequenas quantidades disponíveis no solo ( $<1 \text{ mg dm}^{-3}$ ), após o corte dos tapetes de grama, não havendo diferença entre os tratamentos utilizados. Silva et al. (2001), também utilizando o DTPA como extrator, verificaram que a aplicação, no solo, de  $40 \text{ Mg ha}^{-1}$  de LE, provocou aumentos nos teores de Cd, Cr e Pb extraídos. Os teores aumentaram de 0,05 e 0,06 para  $0,2 \text{ mg dm}^{-3}$  para Cd e Cr, e de 0,97 para  $2,5 \text{ mg dm}^{-3}$  para Pb, pois adicionaram-se ao solo  $0,4 \text{ kg ha}^{-1}$  de Cd,  $9,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de Cr e  $4,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de Pb. Segundo os mesmos autores o Cd e o Pb contidos no LE têm baixa solubilidade, ou seja, apenas 20% destes metais foram extraídos pelo DTPA.

Marques et al. (2006) avaliando a aplicação de lodo na cana-de-açúcar verificaram que a aplicação de doses crescentes de lodo de esgoto aumentou as concentrações de Cr, Ni, Pb e Zn no solo (linha e entrelinha), sendo, a dose de  $40 \text{ Mg ha}^{-1}$  de lodo de esgoto a que promoveu as maiores concentrações de metais pesados no solo.



Tabela 31. Resumo da análise de variância e média dos teores de Ar, Cd, Cr, Hg, Ni e Pb no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (Esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm.

Dose de		Profundidade de 0-5 cm				
LE	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb
Mg ha <sup>-1</sup>	-----mg dm <sup>-3</sup> -----					
0	0,180	--	--	--	0,122	0,531
10	0,143	--	--	--	0,112	0,579
20	0,189	--	--	--	0,155	0,718
30	0,131	--	--	--	0,163	0,713
40	0,139	--	--	--	0,155	0,743
AQ	0,191	--	--	--	0,129	0,706
Dose de		Profundidade de 5-10 cm				
LE	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb
Mg ha <sup>-1</sup>	-----mg dm <sup>-3</sup> -----					
0	0,225	--	--	--	0,117	0,518
10	0,270	--	--	--	0,116	0,595
20	0,269	--	--	--	0,132	0,570
30	0,241	--	--	--	0,153	0,700
40	0,243	--	--	--	0,144	0,616
AQ	0,237	--	--	--	0,139	0,678
Dose de		Profundidade de 10-20 cm				
LE	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb
Mg ha <sup>-1</sup>	-----mg dm <sup>-3</sup> -----					
0	0,188	--	--	--	0,089	0,487
10	0,208	--	--	--	0,078	0,531
20	0,337	--	--	--	0,088	0,685
30	0,358	--	--	--	0,108	0,625
40	0,226	--	--	--	0,096	0,589
AQ	0,246	--	--	--	0,107	0,665
Dose de		Profundidade de 20-35 cm				
LE	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb
Mg ha <sup>-1</sup>	-----mg dm <sup>-3</sup> -----					
0	0,217	--	--	--	0,007	0,477
10	0,322	--	--	--	0,098	0,530
20	0,260	--	--	--	0,071	0,581
30	0,283	--	--	--	0,100	0,573
40	0,31	--	--	--	0,097	0,501
AQ	0,197	--	--	--	0,099	0,594

AQ- Adubação Química

Ao avaliar a capacidade de acúmulo de metais no solo e nas plantas de milho cultivadas em Latossolo Roxo Distrófico de textura argilosa e Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico de textura média, os quais receberam cinco aplicações de lodo de esgoto que totalizaram  $387,9 \text{ Mg ha}^{-1}$  (base seca), Anjos e Mattiazzo (2000) verificaram, para os dois solos adubados com lodo, aumentos nas concentrações de Cd, Cr, Cu, Ni e Zn; contudo, essas elevações não ultrapassaram os limites estabelecidos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA, 1993). Ferreira (2005) também verificou acúmulo de metais no solo, porém, as taxas anuais situaram-se dentro dos limites permissíveis.

O emprego de determinados lodos pode ser limitado pela presença de metais pesados, como Cu, Ni, Fe, Zn, Mn, Co, Hg, Cd, Pb e Cr, em quantidades consideráveis e sua aplicação pode levar à contaminação do solo. Segundo alguns autores (BELL et al., 1991 e WARKENTIN, 1992), a aplicação anual prolongada de LE ao solo pode se tornar restritiva ao sistema de produção agrícola pelo enriquecimento de metais pesados no ambiente, porém em sistema de produção de tapete de grama, onde uma pequena camada de solo e praticamente todo o lodo aplicado é levado juntamente com o tapete a aplicação prolongada nestas áreas podem não ser um problema, visto que a quantidade de metais que ficam neste solo são muito baixas. E como a cultura não é utilizada para alimentação humana, os metais pesados acumulados nas plantas não causando perigo à cadeia trófica.

#### **4.1.2.3 Condutividade elétrica do solo**

A condutividade elétrica do solo, avaliada após a colheita dos tapetes de grama não foi influenciada pelos sistemas de manejo (Tabela 32). Verificou-se resposta apenas do lodo de esgoto na condutividade elétrica do solo (Figura 49), sendo esse linear crescente. Porém, os valores encontrados estão bem abaixo de  $2.000 \mu\text{S cm}^{-1}$ , valor acima do qual os solos são considerados salinos (RICHARDS, 1954). Oliveira et al. (2002) avaliando o efeito de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em solo cultivado com cana-de-açúcar verificaram que as doses crescentes de lodo promoveram aumentos na condutividade elétrica do solo, e a medida que aumentava o tempo de incorporação do resíduo, percebia-se tendência significativa de queda em seus valores.

Tabela 32. Resumo da análise de variância e média dos resultados da condutividade elétrica do solo após a colheita dos tapetes da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

Causa de variação	G.L.	Condutividade elétrica do solo	
		-----Quadrado médio (significância)-----	
Dose (D)	4	1853,3 <sup>**</sup>	
Manejo (M)	1	4,90 ns	
D X M	4	8,71 ns	
Bloco	3	48,47 ns	
Erro 1	3	66,17	
Erro 2	24	82,82	
<b>Total</b>	<b>39</b>		
C.V. 1(%)		7,63	
C.V.2 (%)		8,55	
<b>Média</b>		<b>106,4</b>	
		Manejo	
Doses de LE		1	2
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		-----µS cm <sup>-1</sup> -----	
0		87,75	87,75
10		98,00	98,50
20		102,75	106,75
30		114,25	112,50
40		127,50	128,25
<b>Média</b>		<b>106,05</b>	<b>106,75</b>
<b>Adubo Químico</b>		<b>93,68</b>	<b>96,42</b>

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F. 1 – sistema de manejo com o uso do escarificador; 2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

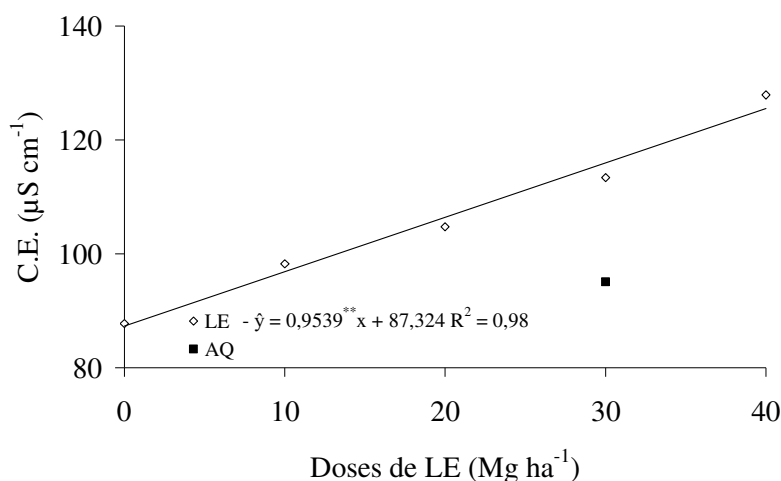


Figura 49. Condutividade elétrica do solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

#### 4.1.2.4 Análise de agentes patogênicos presentes no lodo antes e após a aplicação no solo

##### 4.1.2.4.1 Análise de vírus entéricos (*Adenovirus*)

Verifica-se na Figura 50, que não foi encontrado DNA de *Adenovirus* no solo e no lodo de esgoto antes e após a aplicação, sendo este vírus visível apenas no controle utilizado (b) na banda 301 pb, porém, pode-se observar a presença de outro sinal de DNA no lodo antes da aplicação na superfície do solo (a). Dessa forma, o lodo pode apresentar outros vírus, os quais não foram quantificados. A detecção dos demais vírus, possíveis de estarem presente no lodo de esgoto, não foi possível devido à dificuldade metodológica, relacionadas à inexistência de protocolos específicos.

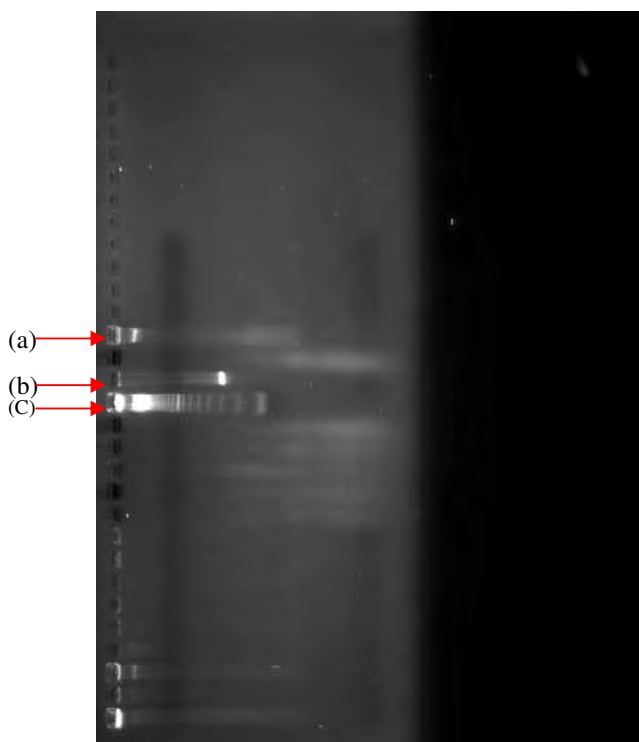


Figura 50. DNA de Adenovirus amplificada por PCR. (a) Presença de DNA presente no lodo de esgoto antes da instalação do experimento; (b) controle positivo – utilizado para o sequenciamento genético do Adenovirus (hexAA\_1885 e hexAA\_1913); (c) peso molecular – utilizado em análise de eletroforese para identificar presença de DNA.

Segundo Roque (1997) inúmeros vírus podem infectar o trato intestinal e serem eliminados através das fezes para o meio ambiente, levando a infectar um humano através da ingestão, vetor ou inalação. Embora não possam se multiplicar no meio ambiente, o vírus excretado pode sobreviver por muitas semanas, especialmente a baixas temperaturas (< 15° C). Entretanto a radiação solar, a predação e a competição minimizam de forma efetiva as possibilidades de infecção dos vírus após a aplicação ao solo. Na produção de grama: lodo na superfície (não incorporado) de cor escura aumenta a temperatura diminuindo a chance de sobrevivência

Straub et al. (1995) realizaram estudos durante 7 anos em uma fazenda, cujo solo foi irrigado com lodo digerido anaerobicamente. Os pesquisadores detectaram partículas virais em 21 das 24 amostras examinadas por PCR e demonstraram um transporte significativo de vírus no solo tanto horizontal quanto verticalmente.

#### **4.1.2.5.2 Análise de ovos de helmintos, cistos de protozoários e coliformes**

Os resultados da viabilidade de ovos de helmintos e coliformes fecais no início e no fim do experimento completo são apresentados nas tabelas 33 e 34. Estes resultados representam a média das análises feitas em triplicatas. Na análise inicial do lodo de esgoto verificou-se a presença de ovos de helmintos, cistos de protozoários e coliformes fecais. Não foi verificada a presença da *Salmonella*. Encontrou-se ovos de helmintos de seis espécies, sendo eles *Ascaris sp.*, *Toxocara sp.*, *Trichuris trichiura*, *Trichuris vulpis*, *Trichuroidea* e *Hymenolepis diminuta*. E destes apenas de duas espécies encontrou-se ovos viáveis: *Ascaris sp.*, com 24,20% de viabilidade dos 5,95 ovos de helmintos por grama de matéria seca encontrados; e *Hymenolepis diminuta*, com 48% de viabilidade dos ovos encontrados. Quanto aos cistos de protozoários, observou-se uma média de 0,87 cistos por grama de lodo de esgoto avaliado.

*Ascaris sp* foi o parasita prevalente no lodo analisado e superando 91% do total de ovos viáveis, o que reflete os níveis de infestação da população humana (CASTRO et al. 2000).

Paulino et al. (2001) estudando a eficiência do tratamento do lodo de esgoto de quatro estações na eliminação de ovos viáveis de helmintos verificou que a redução da viabilidade dos ovos de helmintos variou de 59,7 a 93%.

Ao final do experimento, por ocasião do corte dos tapetes, (nove meses após a aplicação do lodo em superfície) não foi verificado a presença de ovos de helmintos, cistos de protozoários e de coliformes fecais. Provavelmente, a exposição dos microrganismos às condições ambientais adversas, fez com que houvesse a remoção dos mesmos.

Zerbini et al. (1999) ao estudar a remoção de ovos de helmintos em um sistema de tratamento de esgotos domésticos por reator anaeróbio e aplicação superficial no solo verificaram que no efluente final das rampas de aplicação superficial não foram observados ovos de helmintos. Há que se destacar, no entanto, que a contagem “zero” não garante que o efluente final das rampas esteja completamente livre dos ovos de helmintos, tendo em vista que nenhuma das metodologias de enumeração garante um percentual de recuperação de 100% dos ovos eventualmente presentes na amostra processada.

Dentre os mecanismos atuantes na remoção dos microrganismos no método de tratamento por escoamento superficial no solo destacam-se (PAGANINI, 1997): filtração física através do biofilme formado sobre o solo e o colo das plantas; sedimentação; exposição dos microrganismos a condições ambientais adversas, como teor de umidade do solo, temperatura, pH e insolação; adsorção às partículas do solo; predação; dessecação durante os períodos secos.

Silva et al. (2000b) pesquisando a remoção dos coliformes fecais em tratamento de esgotos domésticos por processos anaeróbios e por disposição controlada no solo, após 10 meses de monitoramento, verificaram valores médios de remoção de Coliformes Fecais na ordem de 93,10% nos tabuleiros, o que evidencia uma boa remoção microbiológica no período estudado, e uma remoção de 80% para os sistemas anaeróbios.

Tabela 33. Parâmetros parasitológicos do lodo de esgoto analisados antes da aplicação e após nove meses de aplicação sobre o solo.

Helminto	Análise inicial			Análise realizada após nove meses de aplicação					
	LE			30 Mg ha <sup>-1</sup> de LE			40 Mg ha <sup>-1</sup> de LE		
	Média	Total		Total		Total		Total	
	Viáveis	Inviáveis		Viáveis	Inviáveis	Viáveis	Inviáveis		
<i>Ascaris sp.</i>	1,44	4,51	5,95	0	0	0	0	0	0
<i>Toxocara sp.</i>	0	0,16	0,16	0	0	0	0	0	0
<i>Trichuris trichiura</i>	0	0,27	0,27	0	0	0	0	0	0
<i>Trichuris vulpis</i>	0	0,19	0,19	0	0	0	0	0	0
<i>Trichuroidea</i>	0	0,99	0,99	0	0	0	0	0	0
<i>Hymenolepis diminuta</i>	0,64	0,68	1,32	0	0	0	0	0	0
<i>Taenia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Geral	2,08	6,80	8,88	0	0	0	0	0	0
Cistos de Protozoários		0,87			0			0	

Número total de ovos de helmintos/grama de matéria seca.

Tabela 34. Parâmetros microbiológicos o lodo de esgoto analisados antes da aplicação e após nove meses de aplicação sobre o solo.

Parâmetros	Unidade	Análise inicial	Análise após nove meses de aplicação	
		LE	30 Mg ha <sup>-1</sup> de LE	40 Mg ha <sup>-1</sup> de LE
		Quantidade	Quantidade	Quantidade
Coliformes fecais	NMP/g ST	2,1 x 10 <sup>5</sup>	0	0
Salmonella	Sp/ 25 g ST	ausência	ausência	ausência

NMP – número mais provável

Com base nos parâmetros parasitológicos determinados no lodo de esgoto antes da instalação do experimento, verifica-se que segundo Resolução CONAMA N°380 o resíduo utilizado é classificado como lodo de esgoto classe B, pois apresenta número de ovos viáveis de helmintos acima de 0,25/grama de sólidos totais de lodo.

#### 4.1.2.6 Resistência mecânica à penetração

A grade amostral do índice de cone (IC) foi feita com 6 amostras por parcela, nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm. Verifica-se na Tabela 35 que não houve influência das doses de lodo de esgoto e dos sistemas de manejos utilizados na resistência mecânica do solo a penetração.

Os resultados encontrados nas camadas avaliadas são bastante elevados. São observados resultados médios de compactação de 3,955; 10,155; 9,475 e 4,990 MPa nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm, respectivamente. Bonnin et al. (2006) em área comercial puderam verificar que na superfície (0-10 cm de profundidade), não houve qualquer sinal de compactação, com os valores do IC variando entre 0 e 1000 kPa. Para as camadas mais profundas, (10-20 cm e 20-30 cm de profundidade) surgiram valores de IC bastante acentuados, com predominância de valores entre 2000 a 4000 kPa e na camada de 30-40 cm um IC de 2200 kPa. Neste experimento a camada mais compactada foi a de 5-10 cm atingindo um valor médio de 10.155 kPa ou 10,155 MPa. O teor médio de água no solo estava em torno de 20%, pois essa análise foi realizada no mês de julho de 2006, período de baixa precipitação, conforme pode-se observar na Figura 1.

Os níveis críticos de resistência do solo para o crescimento das plantas variam com o tipo de solo e com a espécie cultivada. De acordo com Canarache (1990) e Silva et al. (2002b), solos com IC acima de 2000 kPa indicam uma possibilidade de compactação, limitando o crescimento radicular para a maioria das culturas. Possivelmente estes limites não podem ser incluídos para a grama, visto que ocorre a formação de tapetes com essa compactação.

De acordo com Lanças (2000), a compactação do solo não é uma propriedade do solo e sim o efeito da variação de algumas de suas propriedades, devido à ação de cargas externas, tais como o tráfego de máquinas e a ação de ferramentas agrícolas. Segundo Godoy e Villas Bôas (2003) no sistema de produção de tapetes de grama ocorre compactação das camadas superficiais que é desejada para facilitar no corte dos tapetes. Esta compactação é realizada pela passagem de um rolo compactador na área onde serão cortados os tapetes e que, normalmente, é irrigada anteriormente a este processo. Além da utilização do rolo compactador, o tráfego de máquinas é intenso e as áreas de produção são utilizadas por vários anos após sua implantação, sem que se mobilize o solo de modo efetivo.



Tabela 35. Resumo da análise de variância e média da resistência do solo a penetração após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), na grade amostral do índice de cone (IC) foi feita com 6 amostras por parcela, nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40.

Causa de Variação	G.L.	Resistência do solo							
		Profundidade do IC (cm)							
		0-5	5-10	10-20	20-40				
		-----Quadrado médio (significância)-----							
Dose (D)	4	0,148 ns	0,935 ns	0,303 ns	1,64 ns				
Manejo (M)	1	1,074 **	2,043 ns	0,225 ns	0,893 ns				
D X M	4	0,025 ns	1,459 ns	1,402 ns	0,206 ns				
Bloco	3	0,224 ns	4,174 ns	1,454 ns	0,950 ns				
Erro 1	3	0,02	5,05	4,18	0,45				
Erro 2	24	0,11	3,03	3,94	0,58				
Total	39								
C.V. 1 (%)		3,59	22,14	21,57	13,47				
C.V.2 (%)		8,44	27,15	20,94	15,29				
Média		3,96	10,15	9,48	4,99				
Doses de LE	Manejo								
	1		2		1		2		
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		-----Pressão MPa-----							
0	3,66	3,93	10,46	9,77	9,67	9,00	4,89	5,23	
10	3,91	4,11	10,61	8,83	10,04	8,83	5,52	5,70	
20	3,99	4,19	10,46	10,22	9,92	9,71	4,95	4,95	
30	3,91	4,28	10,03	10,51	9,01	9,85	4,58	5,41	
40	3,79	4,09	10,33	10,31	9,13	9,61	4,26	4,41	
Média	<b>3,79</b>	<b>4,12</b>	<b>10,38</b>	<b>9,93</b>	<b>9,55</b>	<b>9,40</b>	<b>4,84</b>	<b>5,14</b>	
Adubo Químico	3,89	4,02	10,25	9,48	9,48	9,30	4,90	5,10	

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

## **5.2 EXPERIMENTO: Efeito residual de doses de lodo de esgoto na produção de tapetes de grama esmeralda**

### **5.2.1 Características avaliadas nas plantas**

#### **5.2.1.1 Taxa de cobertura do solo pela grama**

A Tabela 36 apresenta o resumo da análise de variância e média da taxa de cobertura do solo pela grama (TCS) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto e dos sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial “estrelinha”). Verifica-se que o efeito residual das doses de lodo foi significativo nas quatro épocas avaliadas, não havendo interação entre as doses e os sistemas de manejo. Aos 88, 170, 210 e 240 DAC o efeito residual do lodo foi linear, ou seja, houve aumento da taxa de cobertura do solo com o aumento das doses, atingindo valor de 83,7% de fechamento do tapete com a maior dose de lodo aplicada aos 240 DAC (Figura 51). Para o efeito residual da adubação química verifica-se uma taxa de cobertura de 80,9. Aos 330 DAC houve efeito quadrático atingindo 96,5 % do fechamento do tapete com a dose de 31 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo. Os mesmos resultados foram obtidos com o efeito residual na aplicação do adubo químico (96,5% da TCS). Segundo Godoy (2005) é necessário 99,9% de cobertura do solo pela grama para poder ser colhido o tapete. Pequenas falhas de cobertura do solo podem acarretar a quebra da estrutura do tapete na hora da colheita, ou no manuseio para o carregamento, causando queda no rendimento (número de tapetes por hectare).

O fechamento quase completo dos tapetes (96,5%) ocorreu em 330 dias após o corte do tapete anterior, estando próximo da média para a colheita de tapetes no Brasil, que segundo Pimenta (2003) que é de 12 meses e dentro da faixa de formação do tapete de *Zoysia*, no Estado de Lousiana, centro-sul dos EUA que, segundo Koske (1994), ocorre num período de 11 a 18 meses.

Tabela 36. Resumo da análise de variância e média da taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto (LE) e dos sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), aos 88, 170, 210, 240 e 330 dias após a colheita do tapete anterior (DAC).

Causa de variação	G.L.	Taxa de cobertura do solo									
		Data de avaliação (dias após o corte do tapete anterior)									
		Set/06 (88 DAC)	Dez/06 (170 DAC)	Jan/07 (210 DAC)	Fev/07 (240 DAC)	Mai/07 (330 DAC)					
-----Quadrado médio (significância)-----											
Dose (D)	4	1049,92**	925,20**	382,01*	187,37*	85,96**					
Manejo (M)	1	0,81 ns	0,48 ns	2,05 ns	0,06 ns	0,44 ns					
D X M	4	3,15 ns	1,10 ns	0,53 ns	0,79 ns	4,82 ns					
Bloco	3	70,76**	5,81 ns	48,81 ns	11,68 ns	30,63 ns					
Erro 1	3	11,33	9,47	66,29	6,74	1,05					
Erro 2	24	11,30	21,52	22,17	10,47	4,44					
Total	39										
C.V.1 (%)		11,66	6,48	12,35	3,41	1,09					
C.V.2 (%)		11,64	9,76	7,14	4,25	2,24					
Média		28,9	47,5	65,9	76,2	93,96					
Doses de LE		Manejo									
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		-----%-----									
0		14,3	14,4	32,9	32,1	54,8	55,7	71,7	71,0	87,9	88,8
10		20,6	19,1	40,7	41,6	63,3	63,6	72,9	72,4	92,9	94,7
20		30,9	32,6	50,8	50,1	67,8	68,9	76,1	76,8	95,6	94,6
30		37,4	36,9	54,3	53,6	69,2	69,0	77,2	77,3	97,4	95,4
40		41,8	40,7	59,5	59,7	73,3	73,4	83,3	84,2	96,4	95,6
Média		<b>29,0</b>	<b>28,7</b>	<b>47,6</b>	<b>47,4</b>	<b>65,7</b>	<b>66,1</b>	<b>76,2</b>	<b>76,2</b>	<b>94,1</b>	<b>93,8</b>
Adubo Químico		40,8	39,9	57,4	53,0	71,5	69,4	79,4	82,5	96,3	96,8

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

As gramas que não receberam lodo no primeiro ciclo não formaram tapete neste ciclo, não chegando a cobrir o solo totalmente (88,3%) aos 330 dias após o corte

do tapete anterior. No primeiro ciclo a dose de lodo de 31 Mg ha<sup>-1</sup> permitiu a formação do tapete de grama esmeralda (TCS de 100%) em menor tempo (165 dias após a aplicação do lodo) e neste período também, as gramas que não receberam lodo de esgoto e as que receberam 10 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo não formaram tapete, não chegando a cobrir o solo totalmente até o final do experimento (195 DAA).

O efeito residual pode ser considerado importante para proporcionar uma rebrota mais rápida da grama, porém sem receber nenhuma adubação não é possível formar um tapete de grama de boa qualidade e em menor tempo, fazendo com que o produtor não tenha um retorno econômico mais rápido. Segundo Koske (1994) não há queda na produção com a falta de N e sim aumento do tempo de produção. Logo, a adubação nitrogenada é ditada pelo mercado.

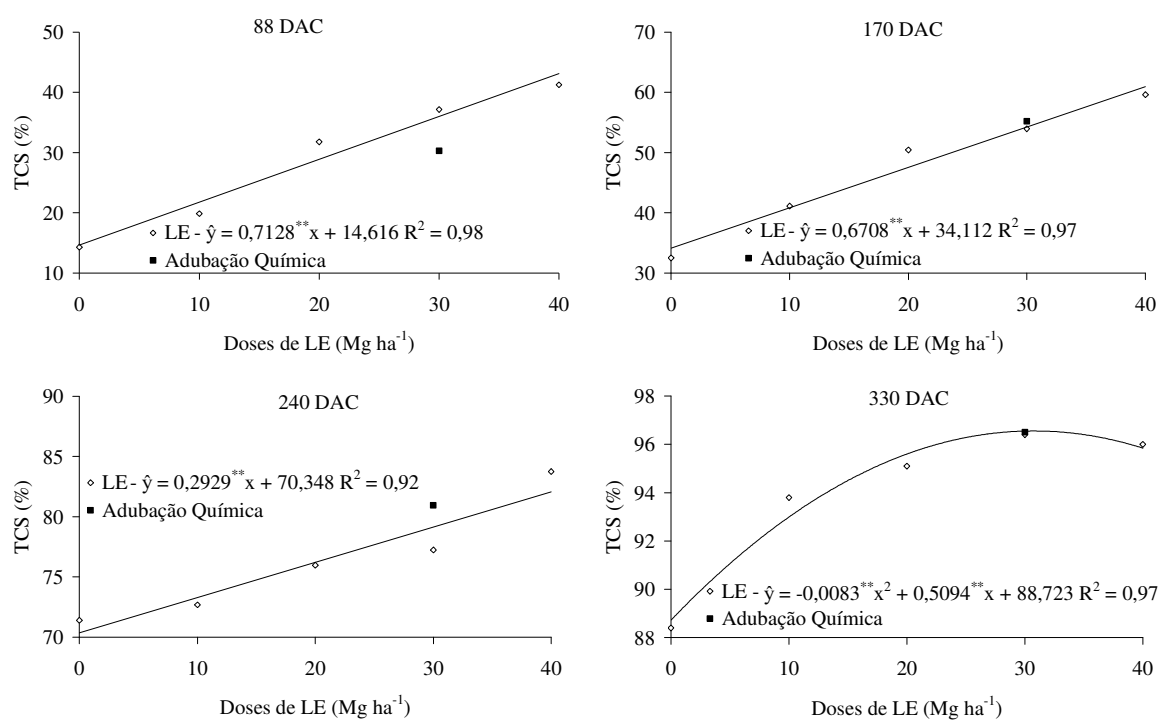


Figura 51. Taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama pela grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ), aos 88, 170, 210, 240 e 330 dias após a aplicação do lodo (DAC).

Lourenço et al. (1996) estudando o efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão, verificaram que o lodo pode apresentar efeito residual para as

culturas subseqüentes, quando empregado em doses elevadas. Pode-se considerar também que após o corte dos tapetes ficam no solo, em área total, estruturas como rizomas, estolões e raízes que funcionam também como reserva de nutrientes. Portanto o efeito residual não é só do solo.

### 5.2.1.2 Intensidade de cor verde da folha

Os sistemas de manejo e as doses de lodo assim como para a concentração de N foliar não influenciaram significativamente a intensidade da cor verde de folha (ICV) da grama esmeralda, medida através do clorofilômetro, nas três épocas amostradas (Tabela 37).

Tabela 37. Resumo da análise de variância e média dos resultados da Intensidade de Cor Verde da folha (ICV) da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), aos 210, 270 e 330 dias após a colheita do tapete anterior (DAC).

Causa de variação	G.L.	Intensidade da cor verde da folha			
		Data de avaliação (dias após o corte do tapete anterior)			
		Jan/07 (210 DAC)	Mar/07 (270 DAC)	330 DAC (mai/07)	
-----Quadrado médio (significância)-----					
Dose (D)	4	1,361 ns	1,179 ns	0,897 ns	
Manejo (M)	1	0,210 ns	0,090 ns	0,462 ns	
D X M	4	0,313 ns	0,268 ns	0,489 ns	
Bloco	3	5,299 ns	8,162 ns	0,823 ns	
Erro 1	3	0,347	0,959	4,934	
Erro 2	24	2,229	1,939	0,789	
Total	39				
C.V.1 (%)		1,91	3,29	8,11	
C.V.2 (%)		4,83	4,68	3,25	
Média		30,9	29,8	27,4	
		Manejo			
Doses de LE		1	2	1	2
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		-----Índice spad-----			
0		30,5	30,9	29,4	29,6
10		30,8	30,2	29,8	29,2
20		30,6	30,9	29,5	29,8
30		31,0	31,1	29,8	29,9
40		31,4	31,7	30,2	30,6
Média		<b>30,8</b>	<b>30,9</b>	<b>29,7</b>	<b>29,8</b>
Adubo Químico		31,1	31,8	30,0	30,7
				28,6	27,5

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador; 2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Os valores de ICV nas três épocas avaliadas encontram-se abaixo dos valores que segundo Godoy e Villas Bôas (2004) são considerados adequados para acelerar a cobertura do gramado pela grama *Z. japonica* (acima de 37 unidades SPAD), assim como dos valores encontrados no experimento 1. Verifica-se também que os valores foram diminuindo com o tempo, atingindo valores de 27,0 unidades aos 330 DAC.

### 5.2.1.3 Concentração de macronutrientes na lâmina foliar

As Tabelas 38 e 39 apresentam os resultados da análise de variância e médias das concentrações dos macronutrientes na lâmina foliar da grama esmeralda. Verifica-se que não houve influência do efeito residual das doses de lodo e dos sistemas de manejos utilizados para nenhum macronutriente analisado aos 210, 270 e 330 dias após o corte do tapete anterior. Assim como para a clorofila, as concentrações de N foram diminuindo com o tempo, chegando a valores de 13 e 14 g kg<sup>-1</sup>. Esta concentração está bem abaixo da faixa considerada ideal por Mills e Jones (1996) para a grama esmeralda, que é de 20 a 24 g kg<sup>-1</sup>. Já Godoy e Villas Bôas (2004) consideraram as concentrações de 24 a 26 g kg<sup>-1</sup> como adequadas para a produção de grama *Zoysia japonica* (esmeralda). Todos os tratamentos necessitariam receber adubação nitrogenada para se manter com concentração adequada de N na folha. Num experimento realizado por Godoy et al. (2007), verificou-se que a ausência da adubação nitrogenada a grama esmeralda cobriu apenas 20% do solo aos 239 dias após o corte.

As concentrações de P encontradas estão um pouco abaixo do considerado crítico por Butler e Hodges (1967), Jones (1980) e Godoy e Villas Bôas (2003). Embora alguns estudos indiquem que a aplicação de P aumenta o crescimento de parte aérea e raízes em gramados estabelecidos (HALL e MILLER, 1974; HYLTON et al., 1965), para a maioria dos estudos tem-se observado pequena resposta, mesmo em solos com baixo nível de P disponível (CHRISTIANS et al, 1979; PRINCHETT et al, 1966; TURNER, 1980; WADDINGTON et al, 1978). De acordo com Godoy e Villas Bôas (2004), pequenas quantidades de P aplicada, podem atender à demanda da planta.

Tabela 38. Resumo da análise de variância e média da concentração de N, P e K na lâmina foliar da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), aos 210, 270 e 330 dias após a colheita do tapete anterior (DAC)

Causa de variação	G.L.	Concentração de nutriente na lâmina foliar																
		Data de avaliação (dias após o corte do tapete anterior)						Data de avaliação (dias após o corte do tapete anterior)										
		Jan/07 (210 DAC)		Mar/07 (270 DAC)		Mai/07 (330 DAC)		Jan/07 (210 DAC)		Mar/07 (270 DAC)		Mai/07 (330 DAC)						
N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K							
Dose (D)	4	0,46 ns	0,14 ns	28,96 ns	1,062 ns	0,183 ns	14,087 ns	2,75 ns	0,231 ns	15,163 ns								
Manejo (M)	1	8,10 ns	0,004 ns	0,0001 ns	0,10 ns	0,132 ns	0,0001 ns	4,90 ns	0,009 ns	0,90 ns								
D X M	4	0,41 ns	0,02 ns	3,06 ns	0,162 ns	0,003 ns	1,562 ns	0,90 ns	0,0115 ns	2,337 ns								
Bloco	3	1,37 ns	0,44*	27,00 ns	4,60 ns	0,099 ns	1,533 ns	3,533 ns	0,023 ns	0,333 ns								
Erro 1	3	2,97	0,04	5,53	10,83	0,023	1,00	9,633	0,018	1,667								
Erro 2	24	1,02	0,05	3,08	1,612	0,023	1,642	0,458	0,017	0,92								
Total	39																	
C.V.1 (%)		9,65	12,70	18,67	22,70	11,23	10,64	22,99	10,85	3,78								
C.V.2 (%)		5,66	13,90	13,93	8,76	11,29	13,63	5,01	10,71	8,87								
Média		18	1,5	13	15	1,3	9	14	1,2	11								
Doses de LE		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2					
-----Mg há <sup>-1</sup> -----		18	1,4	1,4	10	9	15	14	1,2	1,1	7	7	12	13	1,1	1,0	9	8
0		17	1,5	1,5	14	14	15	15	1,4	1,3	10	11	14	15	1,2	1,3	11	13
10		18	1,4	1,6	13	15	14	14	1,3	1,2	11	10	14	14	1,1	1,1	12	11
20		17	1,6	1,5	13	13	14	14	1,5	1,4	10	10	13	14	1,3	1,3	10	11
30		18	1,7	1,8	14	13	15	14	1,6	1,5	10	9	13	14	1,5	1,4	11	11
40		<b>18</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>1,4</b>	<b>1,3</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>	<b>11</b>	<b>11</b>
Média		18	1,3	1,3	13	14	15	15	1,2	1,1	12	10	14	16	1,0	1,0	12	13
Adubo Químico		18	1,3	1,3	13	14	15	15	1,2	1,1	12	10	14	16	1,0	1,0	12	13

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 - sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 - sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Tabela 39. Resumo da análise de variância e média da concentração de Ca, Mg e S na lâmina foliar da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), aos 210, 270 e 330 dias após a colheita do tapete anterior (DAC).

Causa de variação	G.L.	Concentração de nutriente na lâmina foliar														
		Data de avaliação (dias após o corte do tapete anterior)						Data de avaliação (dias após o corte do tapete anterior)								
		Jan/07 (210 DAC)		Mar/07 (270 DAC)		Mai/07 (330 DAC)		Jan/07 (210 DAC)		Mar/07 (270 DAC)		Mai/07 (330 DAC)				
Ca	Mg	S	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S	Ca	Mg	S					
-----Quadrado médio (significância)-----																
Dose (D)	4	0,063 ns	0,034 ns	1,267 ns	0,037 ns	0,010 ns	0,907 ns	0,10 ns	0,0013 ns	0,234 ns						
Manejo (M)	1	0,0001 ns	0,090 ns	1,640 ns	0,225 ns	0,0003 ns	0,006 ns	0,0001 ns	0,0002 ns	0,625 ns						
D X M	4	0,063 ns	0,003 ns	0,132 ns	0,038 ns	0,006 ns	0,061 ns	0,0001 ns	0,0015 ns	0,082 ns						
Bloco	3	0,900 ns	0,026 ns	0,957 ns	0,025 ns	0,0189 ns	0,672 ns	0,033 ns	0,0029 ns	0,073 ns						
Erro 1	3	0,268	0,0022	0,628	0,025	0,0109	0,529	0,067	0,0382	0,630						
Erro 2	24	0,146	0,012	0,230	0,087	0,0042	0,296	0,050	0,007	0,230						
Total	39															
C.V.1 (%)		18,78	13,84	18,70	5,41	11,09	18,85	6,38	19,81	20,33						
C.V.2 (%)		13,89	10,10	11,32	10,11	6,95	14,10	5,52	8,50	12,30						
Média		3	1,1	4,2	3	0,9	3,9	4	1,0	3,9						
-----g kg <sup>-1</sup> -----																
Manejo																
Doses de LE		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2			
0	3	3	1,1	1,3	4,6	5,1	3	3	1,0	4,4	4,4	4	1,0	1,0	3,9	3,9
10	3	3	1,0	1,1	3,6	4,1	3	3	0,9	3,4	3,7	4	1,0	1,0	3,4	3,9
20	3	3	1,0	1,1	3,7	4,2	3	3	1,0	3,7	3,5	4	1,0	1,0	3,7	4,1
30	3	3	1,0	1,1	4,0	4,6	3	3	0,9	3,8	3,8	4	1,0	1,0	3,7	4,0
40	3	3	1,1	1,1	4,3	4,3	3	3	1,0	4,1	3,9	4	1,0	1,0	4,1	4,2
Média	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>4,0</b>	<b>4,5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1,0</b>	<b>3,9</b>	<b>3,9</b>	<b>4</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>3,8</b>	<b>4,0</b>
Adubo Químico	3	3	1,0	1,1	3,7	3,9	3	3	1,0	3,7	3,8	4	1,0	1,0	4,3	4,3

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 - sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 - sistema de manejo sem o uso do escarificador.



Apesar das doses de K não influenciarem na velocidade de formação do tapete de grama esmeralda (VILLAS BÔAS e GODOY, 2004), é importante o fornecimento desse nutriente para que não ocorra uma diminuição na concentração deste no solo.

Os teores foliares de Mg estão abaixo e os de S estão dentro da faixa considerada ideal (Mg: 1,3 a 1,5 g kg<sup>-1</sup> e S: 3,2 a 3,7 g kg<sup>-1</sup>) por Mills e Jones (1996).

### 5.2.1.4 Massa das aparas

Na Tabela 40 verifica-se que houve influência do efeito residual das doses de lodo de esgoto na produção de massa das aparas de grama ao longo do ciclo da cultura.

Tabela 40. Resumo da análise de variância e média dos resultados da massa das aparas da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

Causa de variação	G.L.	Massa das aparas	
		-----Quadrado médio (significância)-----	
Dose (D)	4	252117,64**	
Manejo (M)	1	227,67 ns	
D X M	4	385,26 ns	
Bloco	3	687,94 ns	
Erro 1	3	1891,55	
Erro 2	24	866,22	
Total	39		
C.V. 1(%)		7,43	
C.V.2 (%)		5,03	
Média		585	
Doses de LE		Manejo	
		1	2
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		-----kg ha <sup>-1</sup> -----	
0		293	270
10		575	574
20		672	686
30		693	690
40		706	596
Média		<b>588</b>	<b>563</b>
Adubo Químico		714	729

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Apesar da massa de aparas ter sido baixa, em relação ao experimento anterior, verifica-se efeito quadrático com um máximo valor atingido ( $728 \text{ kg ha}^{-1}$ ) com a dose de  $30 \text{ Mg ha}^{-1}$  de lodo de esgoto (Figura 52).

Da Ros et al. (1993) avaliando o efeito residual do lodo de esgoto no rendimento de matéria seca da associação aveia-ervilhaca verificaram que houve um aumento significativo dos mesmos com as doses de lodo aplicadas no cultivo anterior.

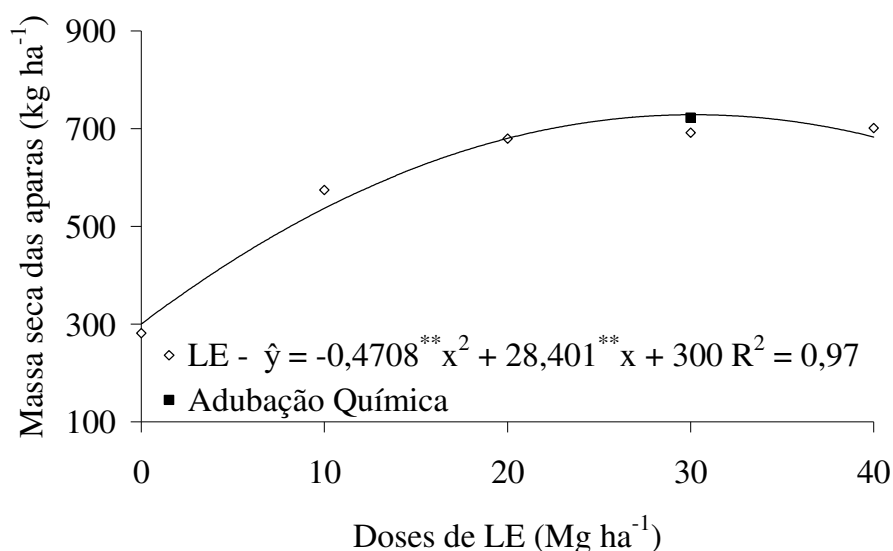


Figura 52. Acúmulo das aparas da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

#### 5.2.1.5 Fitomassa seca das folhas + caules e rizomas + estolões + raízes

A tabela 41 apresenta os resultados da análise de variância e média da fitomassa seca das folhas + caules e rizomas + estolões + raízes da grama esmeralda em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo. Houve influência apenas das doses de lodo para as variáveis analisadas.

Nas Figuras 53, 54 e 55 verifica-se que houve efeito quadrático, onde as doses de 28, 24 e 26  $\text{Mg ha}^{-1}$  proporcionaram os máximos valores de acúmulo de fitomassa

seca de folhas + caules (6,97 Mg ha<sup>-1</sup>), de rizomas + estolões + raízes (6,88 Mg ha<sup>-1</sup>) e fitomassa seca total (14,08 Mg ha<sup>-1</sup>), respectivamente.

Tabela 41. Resumo da análise de variância e média da Fitomassa seca das folhas + caules e estolões + raízes da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

Causa de variação	G.L.	Fitomassa seca							
		Folhas + Caules		Rizomas + Estolões + Raízes		Total			
		-----Quadrado médio (significância)-----							
Dose (D)	4	4,51 *		4,46 *	17,12 **				
Manejo (M)	1	0,06 ns		0,29 ns	0,08 ns				
D X M	4	0,12 ns		0,14 ns	0,39 ns				
Bloco	3	1,27 ns		0,97 ns	3,71 ns				
Erro 1	3	0,61		0,38	0,54				
Erro 2	24	0,91		1,24	1,61				
Total	39								
C.V.1 (%)		12,15		9,80	5,82				
C.V.2 (%)		14,87		17,86	10,03				
Média		6,43		6,24	12,67				
Doses de LE		Manejo							
		1		2		1		2	
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		-----Mg ha <sup>-1</sup> -----							
0		5,08	5,15	5,02	4,89	10,11	10,03		
10		6,73	6,47	6,79	6,34	13,52	12,81		
20		7,72	6,99	6,53	6,78	13,25	13,77		
30		6,68	6,64	6,88	6,70	13,56	13,34		
40		6,77	7,11	6,39	6,08	13,15	13,19		
Média		<b>6,60</b>	<b>6,47</b>	<b>6,36</b>	<b>6,16</b>	<b>12,72</b>	<b>12,63</b>		
Adubo Químico		6,87	6,91	7,00	6,67	13,87	13,58		

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

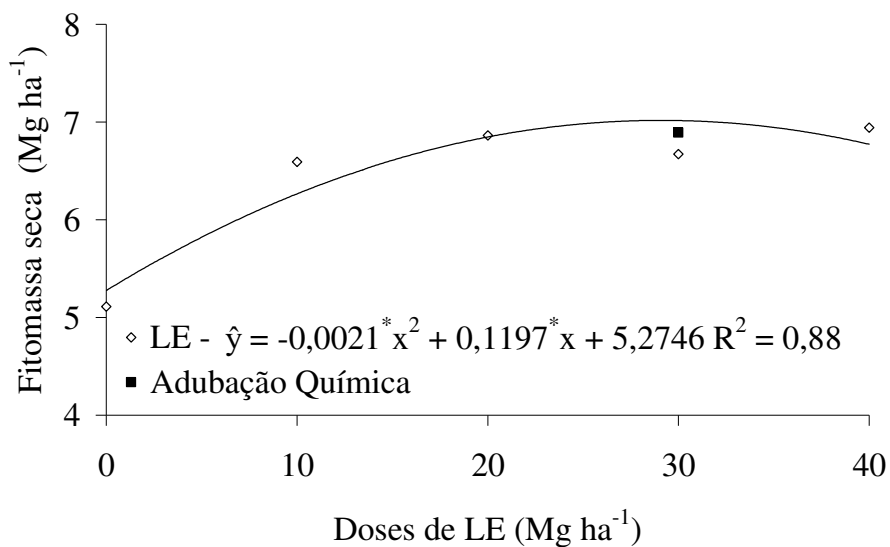


Figura 53. Fitomassa seca de folhas + caule da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

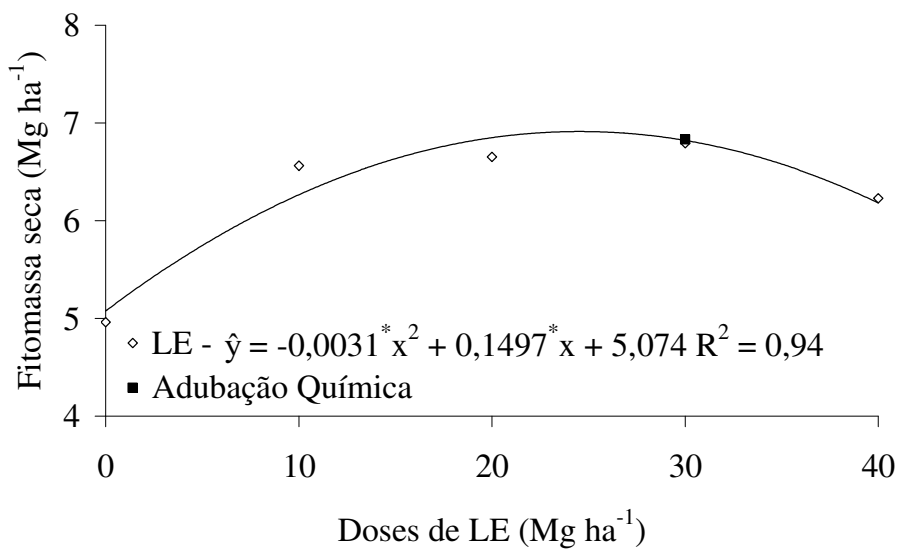


Figura 54. Fitomassa seca de rizomas + estolão + raízes da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

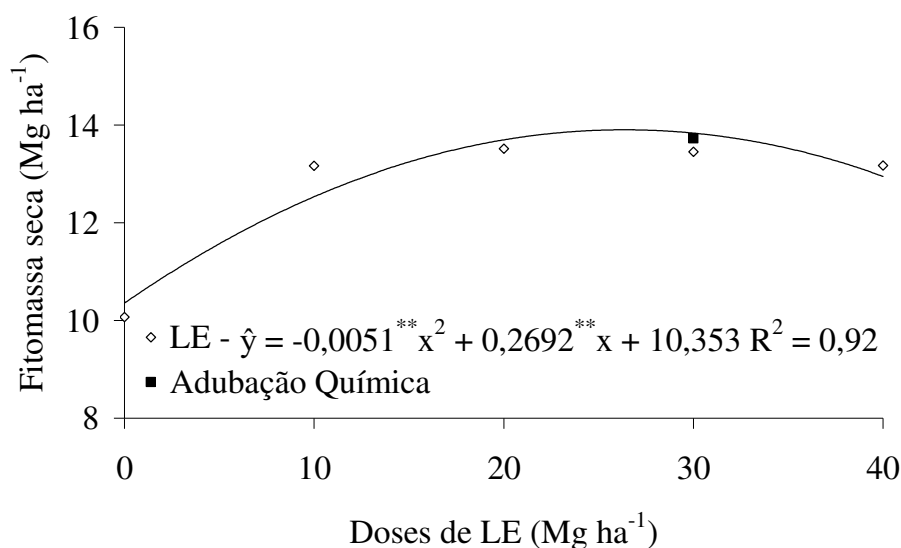


Figura 55. Fitomassa seca total (folhas + caule e rizoma + estolão + raízes) da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

O efeito residual da adubação química foi equivalente às maiores doses de lodo aplicadas. Houve um acréscimo da fitomassa seca total de aproximadamente 29% ao comparar a produção na dose zero e a dose de 26 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo. Isto se deve, principalmente, ao fato de que não houve fechamento de tapete na dose zero, reduzindo assim a acúmulo de material vegetal neste tratamento.

No ciclo anterior a fitomassa total produzida em função das doses de lodo, foi de 17,32 Mg ha<sup>-1</sup>, alcançado com a dose de 28 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto, sendo que a produção da parte aérea foi bem maior que a produção de rizomas e raízes, isto devido à elevada quantidade de N aplicada com o lodo.

#### 5.2.1.6 Acúmulo de macronutrientes nas folhas + caules e rizomas + estolões + raízes

Na Tabela 42 pode-se observar que houve apenas efeito residual das doses de lodo nas quantidades de N, P, K e Ca acumuladas nas folhas + caules da grama esmeralda. Este efeito se deve principalmente ao acréscimo do acúmulo de fitomassa seca,

visto que não houve influência do efeito residual das doses de lodo na concentração desses nutrientes na lâmina foliar.

Tabela 42. Resumo da análise de variância e média da quantidade de macronutrientes acumulada nas folhas + caules da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

		Quantidade de macronutrientes Acumulada pela Grama											
		N		P		K		Ca		Mg		S	
		-----Quadrado médio (significância)-----											
Dose (D)	4	268,86*		5,958*		206,88*		15,276*		0,495 ns		2,91 ns	
Manejo (M)	1	15,75 ns		0,002 ns		8,19 ns		0,012 ns		0,036 ns		0,036 ns	
D X M	4	10,61 ns		0,101 ns		4,08 ns		0,965 ns		0,274 ns		2,277 ns	
Bloco	3	291,68 ns		2,293 ns		27,860 ns		13,457 ns		0,861 ns		8,067 ns	
Erro 1	3	111,24		0,278		12,922		1,097		0,193		2,632	
Erro 2	24	60,91		0,636		18,72		6,433		0,569		5,033	
<b>Total</b>													
CV (%) 1		20,67		10,28		13,23		7,43		10,68		14,63	
CV (%) 2		15,30		15,54		15,92		17,99		18,36		20,26	
Média		51		5		27		14		4		11	
Doses de		Manejo											
LE		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		-----kg ha <sup>-1</sup> -----											
0		41	41	4	4	19	18	11	12	4	4	11	10
10		52	50	5	5	26	27	15	14	4	4	11	10
20		53	54	5	5	31	31	14	15	4	4	10	12
30		52	57	6	6	29	32	15	15	4	4	11	12
40		54	56	6	6	29	31	16	15	4	4	12	11
Média		<b>50</b>	<b>52</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
Adubo Químico		55	55	5	5	27	32	16	15	4	4	11	12

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Para o N, acumulado em maior quantidade pelas folhas + caules, e para o P houve um acréscimo linear atingindo valores máximos acumulados de 54 e 6 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 56). Esses valores são bem menores que os obtidos no ciclo anterior que foram de 73 kg ha<sup>-1</sup> de N e 13 kg ha<sup>-1</sup> de P em função das doses de lodo aplicadas. O efeito residual da adubação química foi semelhante às maiores doses de lodo para o acúmulo de N e para o P foi semelhante às doses de 10 e 20 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto.

Para o K e Ca houve efeito quadráticos, com os máximos acúmulos (31 e 15 kg ha<sup>-1</sup>) com as doses de 28 e 34 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo, respectivamente. Depois do N, o K é o segundo elemento mais acumulado nas folhas e caules da grama, sendo que houve um acréscimo de 42% deste nutriente.

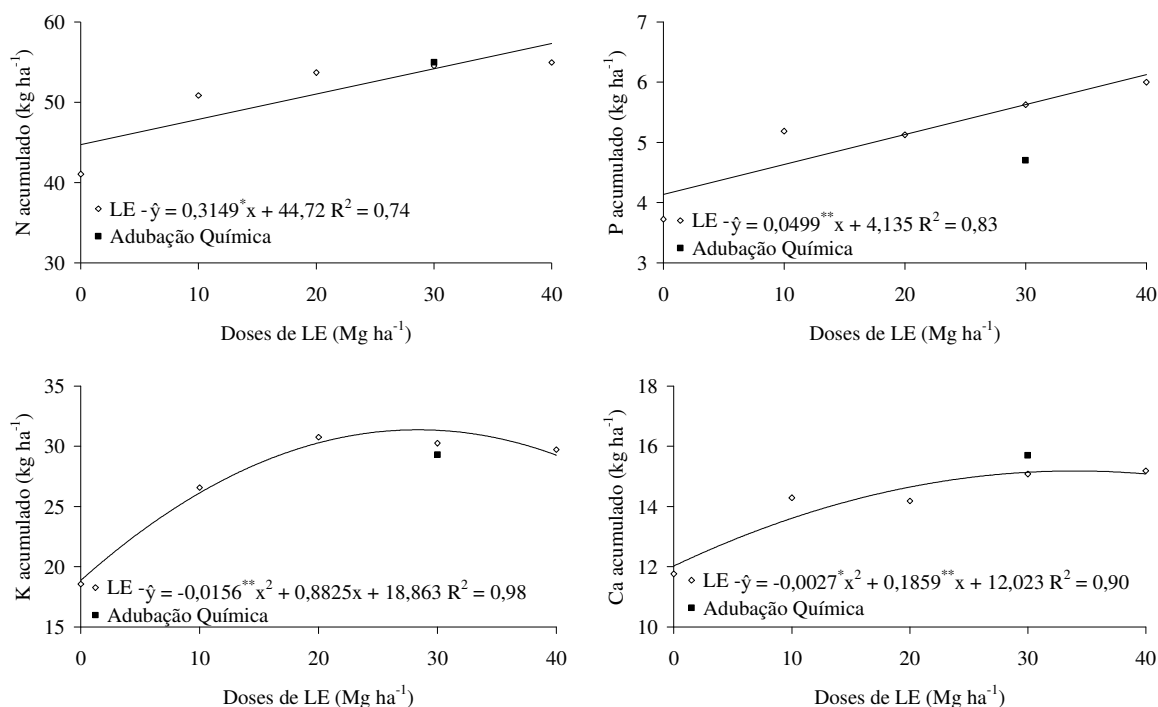


Figura 56. Acúmulo de N, P, K e Ca, nas folhas + caules na grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

Apenas as quantidades de N, P e K acumuladas nos rizomas + estolões + raízes variaram com o efeito residual das doses de lodo de esgoto, não havendo o efeito dos sistemas de manejo (Tabela 43).

Na Figura 57 estão representadas as regressões do acúmulo de N, P e K nos rizomas + estolões + raízes da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ). Para os três nutrientes houve efeito quadrático, com os máximos valores (46, 4 e 21 kg ha<sup>-1</sup>) obtidos no efeito residual das doses de 26, 29 e 23 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Assim como para N e K, o acúmulo de P foi maior

nas folhas e caules quando comparadas às quantidades acumuladas pelos rizomas, estolões e raízes.

Quando se analisa o efeito residual da adubação química, verifica-se que para o N e K este tratamento teve o mesmo efeito das maiores doses de lodo. Já para o P verifica-se um acúmulo menor pelos por essas partes da planta quando comparado o máximo valor obtido pelo efeito residual das doses de lodo.

Tabela 43. Resumo da análise de variância e média da quantidade de macronutrientes acumulada nos rizomas + estolões + raízes da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

		Quantidade de macronutrientes Acumulada pela Grama											
		N	P	K	Ca	Mg	S						
		-----Quadrado médio (significância)-----											
Dose (D)	4	227,52**	6,063**	107,03**	2,595 ns	0,307 ns	4,290 ns						
Manejo (M)	1	3,025 ns	0,289 ns	0,081 ns	0,420 ns	0,210 ns	0,240 ns						
D X M	4	1,970 ns	0,152 ns	4,998 ns	0,048 ns	0,091 ns	0,282 ns						
Bloco	3	48,47 ns	1,218 ns	27,464 ns	0,208 ns	0,291 ns	0,481 ns						
Erro 1	3	7,058	0,164	1,381	0,135	0,134	0,861						
Erro 2	24	33,512	0,623	13,498	0,973	0,245	1,574						
Total													
CV (%) 1		6,34	10,42	7,90	7,28	16,38	15,91						
CV (%) 2		13,83	20,29	21,45	19,56	22,14	21,56						
Média		42	4	17	5	2	6						
Doses de LE		Manejo											
		1		2		1		2		1		2	
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		-----kg ha <sup>-1</sup> -----											
	0	33	32	3	2	9	9	4	4	2	2	5	4
	10	44	42	4	4	20	18	6	5	2	2	6	6
	20	45	46	4	4	20	21	5	5	2	2	6	6
	30	46	45	5	5	19	21	5	5	2	2	6	6
	40	43	43	4	4	16	16	5	5	2	2	6	6
	Média	<b>42</b>	<b>42</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>6</b>
	Adubo Químico	46	45	4	4	20	20	5	4	2	2	6	7

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.



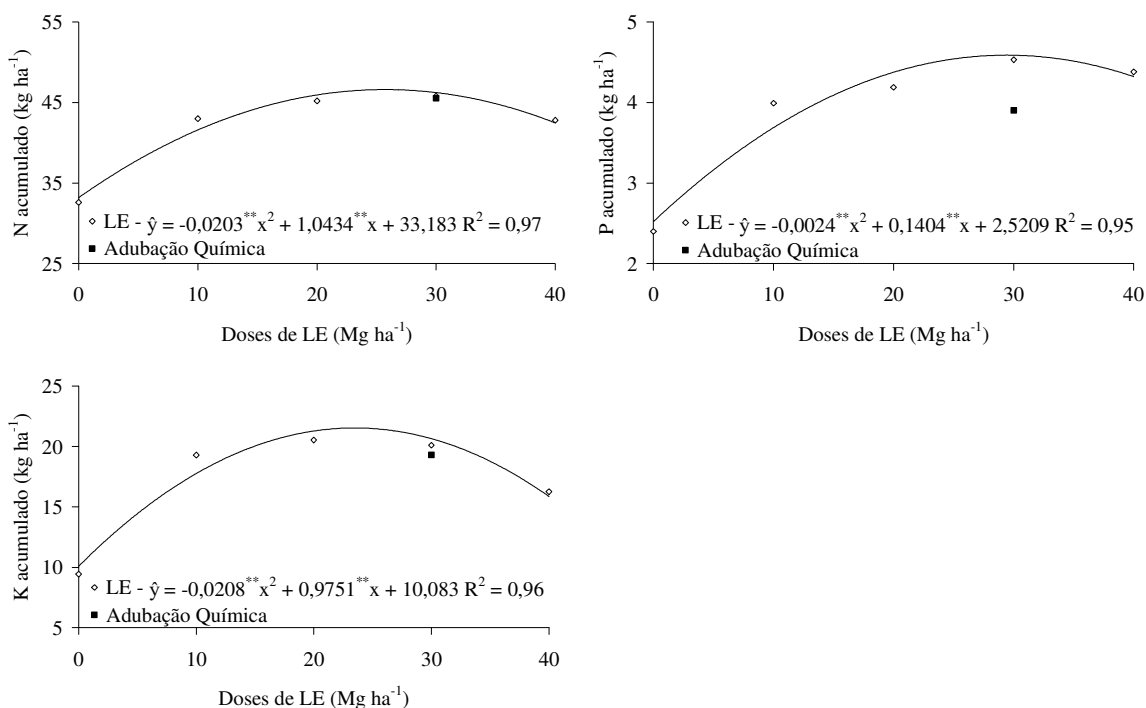


Figura 57. Acúmulo de N, P e K nos rizomas + estolões + raízes na grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

### 5.2.1.7 Extração total de macronutrientes pela grama

Verifica-se na Tabela 44 que houve influência apenas do efeito residual das doses de lodo na extração dos macronutrientes pela grama esmeralda, não havendo interação entre as doses e os sistemas de manejo. Na figura 58 observa-se que houve aumento na extração de todos os macronutrientes em função do efeito residual do lodo de esgoto, mesmo não sendo observado diferença na concentração desses nutrientes na lâmina foliar.

Para N, P, K, Ca e Mg esse efeito foi quadrático, com os máximos valores de extração (112, 11, 60, 22 e 7 kg ha<sup>-1</sup>) atingidos com as doses de 28, 34, 26, 31 e 34 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Para o S houve efeito linear crescente, onde a máxima extração foi de 20 kg ha<sup>-1</sup>.

Tabela 44. Resumo da análise de variância e média da quantidade de macronutrientes extraída pela grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

		Quantidade de macronutrientes Acumulada pela Grama											
		N		P		K		Ca		Mg		S	
		-----Quadrado médio (significância)-----											
Dose (D)	4	1469,41*		31,40**		104,77**		44,558*		2,70*		25,093*	
Manejo (M)	1	5,112 ns		0,552 ns		8,930 ns		0,306 ns		0,42 ns		0,081 ns	
D X M	4	14,832 ns		0,307 ns		9,240 ns		1,122 ns		0,63 ns		2,844 ns	
Bloco	3	554,21 ns		7,035 ns		76,696 ns		18,294*		1,643*		4,289 ns	
Erro 1	3	152,23		0,321		26,733		1,804		0,110		5,924	
Erro 2	24	95,66		1,214		41,564		7,894		0,610		5,897	
Total													
CV (%) 1		12,17		5,78		10,37		6,47		4,82		12,72	
CV (%) 2		9,63		11,24		12,93		13,54		11,33		12,69	
Média		101		10		50		21		7		19	
Doses de LE		Manejo											
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
----Mg ha <sup>-1</sup> ----		-----kg ha <sup>-1</sup> -----											
0		78	77	7	7	31	29	17	17	6	6	17	16
10		104	101	10	10	52	51	22	21	7	7	18	18
20		108	110	10	10	57	59	21	21	7	7	19	21
30		108	112	11	11	55	59	22	22	7	7	20	20
40		107	109	12	11	52	53	23	22	7	7	21	20
Média		<b>101</b>	<b>102</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>49</b>	<b>50</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>19</b>	<b>19</b>
Adubo Químico		112	110	9	9	55	58	23	22	7	7	20	21

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Somente para o P pode-se verificar que o efeito residual da adubação química foi menor quando comparado ao efeito residual das doses de lodo. Esse aumento na extração dos nutrientes se deve principalmente ao aumento da fitomassa seca de folhas + caules, rizomas + estolões + raízes e também ao aumento da matéria seca coletada nas aparas, pois na dose zero e no efeito residual das menores doses de lodo não houve formação de tapete, conseqüentemente produzindo menor quantidade de fitomassa.

Mesmo não tendo recebido adubação, verifica-se que houve extração considerável de macronutrientes pela grama esmeralda, atingindo a seguinte ordem decrescente N > K > Ca > S > P > Mg, extraindo quantidades de 112, 60, 22, 20, 11 e 7 kg ha<sup>-1</sup>,

respectivamente. O nutriente mais extraído é o N, necessitando dessa forma de maiores quantidades aplicadas desse elemento. No ciclo anterior a extração de nutrientes pela grama em função das doses de lodo foi de 198, 37, 142, 32, 14 e 39 kg ha<sup>-1</sup> para N, P, K, Ca, Mg e S.

Ao somar a extração de N dos dois ciclos, verifica-se que a grama conseguiu extrair 310 kg de N da quantidade do nutriente aplicada com o lodo de esgoto, onde na maior dose foram aplicados 400 kg ha<sup>-1</sup> de N (considerando 30% de mineralização).

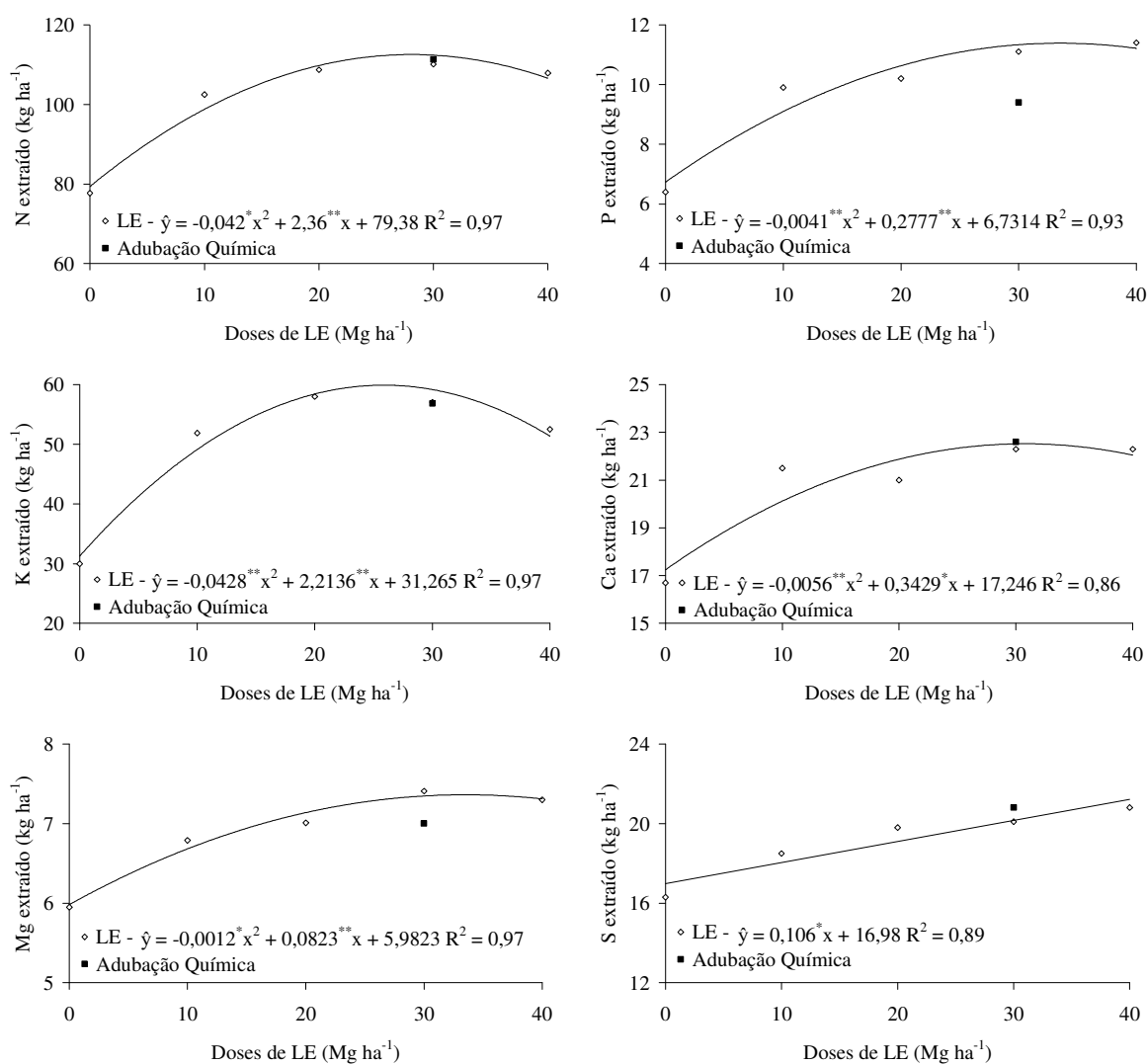


Figura 58. Extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre pela *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

### 5.2.1.8 Massa e resistência de tapetes

A Tabela 45 apresenta o resumo da análise de variância e média dos valores de massa e resistência de tapetes de grama esmeralda. Para massa de tapetes não houve resposta do efeito residual das doses de lodo de esgoto e dos manejos utilizados.

Tabela 45. Resumo da análise de variância e média dos resultados da massa do tapete e resistência do tapete da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial).

Causa de variação	G.L.	Massa do tapete		Resistência do tapete	
		-----Quadrado médio (significância)-----			
Dose (D)	4	0,618 ns		67,689**	
Manejo (M)	1	1,789 ns		0,076 ns	
D X M	4	1,406 ns		0,605 ns	
Bloco	3	20,73 ns		0,018 ns	
Erro 1	3	3,427		0,528	
Erro 2	24	0,891		1,601	
Total	39				
C.V.1 (%)		7,86		5,82	
C.V.2 (%)		4,01		10,13	
Média		23,6		12,5	
Doses de LE		Manejo			
		1	2	1	2
-----Mg ha <sup>-1</sup> -----		-----kg m <sup>-2</sup> -----		-----kg-----	
0		24,2	22,8	7,83	7,00
10		24,4	23,5	12,74	12,57
20		23,7	23,3	13,58	14,29
30		22,8	23,7	14,36	14,21
40		23,7	23,7	14,16	14,16
Média		<b>23,76</b>	<b>23,40</b>	<b>12,53</b>	<b>12,45</b>
Adubo Químico		24,19	23,55	15,00	15,50

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.

No ciclo anterior verificou-se que com a aplicação das doses de lodo houve uma redução de 11 e 15% na massa de tapetes. A diminuição da massa de tapetes é uma característica que tem uma implicação prática muito importante, uma vez que com a massa menor, consegue-se levar maior número de tapetes com a mesma carga. Neste experimento, provavelmente, como parte ou praticamente todo o lodo aplicado foi levado juntamente com o

tapete, o efeito residual das doses de lodo não foi suficiente para reduzir a massa dos mesmos. O lodo de esgoto por ser um material leve proporciona a diminuição da massa dos tapetes, pois fica retido entre a parte aérea e uma fina camada de solo que é retirada juntamente com o tapete.

Na Tabela 45 observa-se também que apenas o efeito residual das doses de lodo influenciou na resistência dos tapetes de grama. Dessa forma, verifica-se que a estrelinha consegue romper apenas a camada superficial do solo, camada esta que foi retirada com a colheita do tapete anterior, não deixando efeito residual neste ciclo analisado.

Na Figura 59 verifica-se que houve um efeito quadrático para a resistência de tapetes em função das doses de lodo, onde a maior resistência do tapete (14,89 kg) foi encontrada quando aplicou-se a dose de 29,13 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo que a adubação química também apresentou resultados semelhantes formando tapetes com resistência de 15,25 kg.

Como a resistência de tapetes de grama está diretamente relacionada com a formação do mesmo, ou seja, formação de parte aérea, raízes e estolões que juntamente com o solo dão a resistência ao tapete verifica-se que as menores doses de lodo proporcionaram menor resistência dos mesmos, provavelmente por ainda não estar formado e consequentemente com menor produção de raízes e estolões.

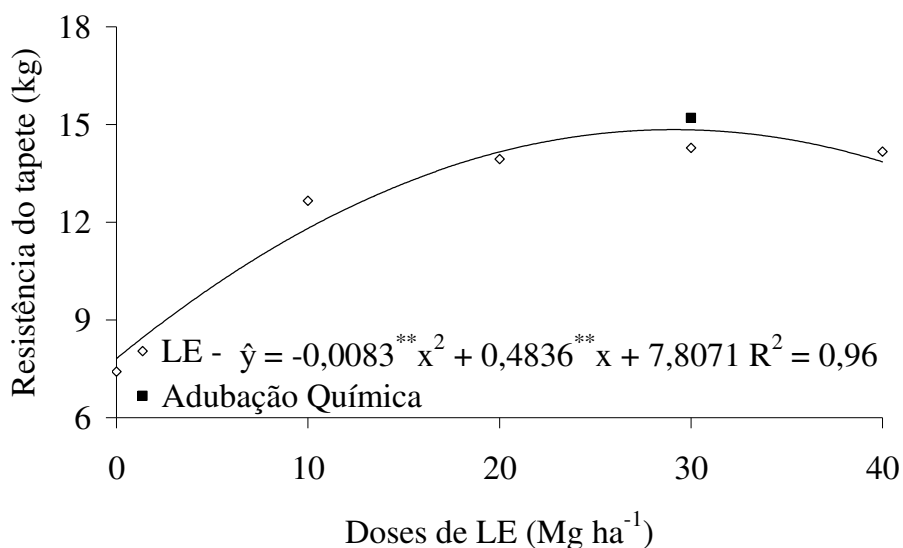


Figura 59. Resistência do tapete de grama *Z. japonica* (esmeralda), em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto (LE) e da adubação química (AQ).

## **5.2.2 Características avaliadas no solo**

### **5.2.2.1 Análise química do solo**

As Tabelas 46 e 47 apresentam os resultados da análise química do solo, em função do efeito residual das doses de lodo de esgoto e dos sistemas de manejo utilizados, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm.

Verifica-se que não houve influência dos tratamentos para nenhuma das variáveis analisadas, fato justificado pela retirada da camada de solo juntamente com o lodo no primeiro corte, extração pela grama e ainda a retirada de mais uma camada de solo no corte dos tapetes deste experimento.

Os valores de pH se equivaleram aos valores iniciais do solo, antes da aplicação do resíduo. Para os teores de P, mesmo tendo aumentado o teor em comparação a análise inicial, verifica-se que não houve influência das doses de lodo, sendo encontrados os maiores teores na camada superficial, provavelmente devido à maior decomposição de rizomas. Os teores de K não estão diferentes dos valores encontrados inicialmente, porém são considerados baixos, necessitando dessa forma uma reposição desse nutriente. Os teores de Ca e Mg ficaram abaixo dos valores encontrados na análise inicial.

Verifica-se que houve um aumento da matéria orgânica do solo, em comparação à análise inicial, possivelmente pela decomposição de restos vegetais e de rizomas (Tabela 47). Houve também uma pequena diminuição da soma de bases e da saturação por bases.

Barcelar et al. (2002) avaliando o efeito residual do lodo de esgoto calado em atributos químicos de um solo húmico verificaram que houve um aumento do pH nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. Não houve efeito residual significativo para os teores de C orgânico nas profundidades estudadas e para o  $\text{Ca}^{+2}$  trocável nas profundidades 0-5 e 10-20 cm. Independente da profundidade considerada não foi observada variações significativas para os valores de CTC da fração orgânica e total em função dos tratamentos estudados.

Tabela 46. Resumo da análise de variância e média dos resultados de índice de pH e teor de P, K, Ca e Mg no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm.

Causa de variação	G.L.	Profundidade (cm)																			
		0-5					5-10														
		pH	P <sub>resina</sub>	K	Ca	Mg	pH	P <sub>resina</sub>	K	Ca	Mg										
-----Quadrado médio (significância)-----																					
Dose (D)	4	0,015 ns	1,100 ns	0,470 ns	16,437 ns	1,187 ns	0,028 ns	2,412 ns	0,036 ns	36,650 ns	0,837 ns										
Manejo (M)	1	0,001 ns	0,025 ns	0,006 ns	0,900 ns	0,025 ns	0,002 ns	3,025 ns	0,025 ns	0,0001 ns	0,025 ns										
D X M	4	0,003 ns	0,775 ns	0,030 ns	3,337 ns	0,212 ns	0,008 ns	2,337 ns	0,018 ns	13,375 ns	0,462 ns										
Bloco	3	0,270 ns	0,292 ns	0,023 ns	4,300 ns	0,492 ns	0,008 ns	0,492 ns	0,009 ns	7,667 ns	1,892 ns										
Erro 1	3	0,003	0,775	0,030	3,337	0,212	0,013	0,492	0,009	5,533	0,92										
Erro 2	24	0,018	1,055	0,010	1,706	0,714	0,023	0,658	0,005	3,329	0,467										
Total	39																				
C.V. 1(%)		1,19	14,26	16,94	9,74	9,46	2,49	14,24	15,36	10,99	10,86										
C.V.2 (%)		2,98	16,64	10,07	6,97	17,33	3,25	16,47	11,05	9,53	13,73										
Média		4,5	6,2	1,0	19	4,9	4,6	4,9	0,6	21	4,9										
-----Manejo-----																					
Doses de LE		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2										
		4,5	4,5	5,2	6,2	0,8	0,7	20	19	4,7	5,0	4,7	4,6	4,7	5,2	0,6	0,6	24	23	5,0	5,0
		4,5	4,4	6,7	6,5	1,3	1,3	17	17	4,7	4,2	4,6	4,5	5,0	4,5	0,7	0,7	19	18	4,7	4,5
		4,5	4,5	6,0	6,0	1,2	1,1	20	21	5,5	5,5	4,7	4,7	6,0	5,2	0,7	0,6	23	24	5,2	5,7
		4,5	4,5	6,2	5,7	1,0	0,9	17	19	4,5	4,7	4,6	4,7	4,0	4,2	0,6	0,6	19	22	4,7	5,0
		4,5	4,4	6,7	6,2	0,9	1,0	19	18	5,0	4,7	4,6	4,6	4,2	4,0	0,7	0,5	22	19	5,2	4,5
Média		<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>6,2</b>	<b>6,1</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>4,9</b>	<b>4,8</b>	<b>4,6</b>	<b>4,6</b>	<b>4,8</b>	<b>4,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>5,0</b>	<b>4,9</b>
Adubo Químico		4,5	4,5	6,0	6,0	0,9	1,3	20	20	5,0	5,0	4,7	4,8	5,0	5,0	0,6	0,7	25	26	5,0	5,1

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 - sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 - sistema de manejo sem o uso do escarificador.

Tabela 47. Resumo da análise de variância e média do índice de pH e do teor de M.O. no solo após a colheita da grama *Z. japonica* (esmeralda) em função do efeito residual de doses de lodo de esgoto e de dois sistemas de manejo (com e sem o uso do escarificador superficial), nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm.

Causa de variação	G.L.	Profundidade (cm)											
		0-5						5-10					
		M.O.	H + AI	SB	CTC	V%	M.O.	H + AI	SB	CTC	V%		
-----Quadrado médio (significância)-----													
Dose (D)	4	39,787 ns	16,100 ns	23,087 ns	8,087 ns	26,150 ns	50,437 ns	57,312 ns	45,725 ns	20,787 ns	66,287 ns	0,025 ns	0,025 ns
Manejo (M)	1	148,22 ns	0,025 ns	2,025 ns	0,225 ns	1,600 ns	12,100 ns	0,225 ns	0,225 ns	0,100 ns	0,025 ns	0,025 ns	0,025 ns
D X M	4	45,662 ns	12,025 ns	2,712 ns	1,537 ns	5,100 ns	16,037 ns	20,412 ns	15,600 ns	11,537 ns	22,462 ns	3,225 ns	3,225 ns
Bloco	3	70,558 ns	14,092 ns	1,492 ns	6,225 ns	6,300 ns	5,933 ns	5,625 ns	13,158 ns	4,167 ns	38,567 ns	2,092 ns	2,092 ns
Erro 1	3	45,662	12,025	2,712	1,537	5,100	11,233	29,825	12,625	38,567	14,179	4,662	7,992
Erro 2	24	45,149	16,125	5,714	14,149	4,400	7,687	34,246	4,662	14,179	7,992	4,662	14,179
Total	39												
C.V. 1 (%)		16,21	5,27	6,72	1,37	8,32	9,06	9,69	13,20	7,44	4,47	7,44	4,47
C.V. 2 (%)		16,12	6,10	9,75	4,17	7,73	7,49	10,38	8,02	4,51	8,75	4,51	8,75
Média		42	66	24	90	27	37	56	27	83	32	83	32

Doses de LE	Manejo																			
	1		2		1		2		1		2									
	---g dm <sup>-3</sup> ---	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	---g dm <sup>-3</sup> ---	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	---g dm <sup>-3</sup> ---	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	---g dm <sup>-3</sup> ---	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	---g dm <sup>-3</sup> ---	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	---g dm <sup>-3</sup> ---	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----								
0	45	43	64	65	25	25	89	90	28	28	38	39	53	54	29	29	82	83	35	35
10	40	41	67	68	22	22	89	90	25	24	39	40	58	62	25	23	83	85	30	27
20	45	33	65	64	26	28	91	91	29	30	39	37	55	54	29	30	84	85	35	36
30	45	42	67	64	23	25	90	89	25	28	34	34	57	53	24	28	81	80	31	34
40	42	40	66	69	24	23	91	91	27	26	37	31	58	58	27	24	86	83	30	29
Média	<b>44</b>	<b>40</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>90</b>	<b>90</b>	<b>30</b>	<b>27</b>	<b>37</b>	<b>36</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>83</b>	<b>83</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
Adubo Químico	41	45	66	66	26	26	92	92	28	28	38	39	53	51	30	32	83	83	36	38

ns, \*, \*\* - não significativo, significativo a 5 e 1% pelo teste F.

1 – sistema de manejo com o uso do escarificador;

2 – sistema de manejo sem o uso do escarificador.



O teor de P encontrado no solo é considerado muito baixo e os teores de K e Mg baixos (RAIJ et al. 1997). Dessa forma observa-se a necessidade da complementação desses nutrientes no solo, além do N que não foi determinado, mas deve estar com pequena quantidade no solo, pois retardou a cobertura do solo pela grama, não chegando a 100% no período de um ano. Vale lembrar que o N é o nutriente responsável pela maior velocidade da TCS.

## 6. CONCLUSÕES

Aos 165 dias após a aplicação do lodo de esgoto, a dose de 31 Mg ha<sup>-1</sup> e a adubação química proporcionaram a produção de tapete de grama esmeralda (100% da taxa de cobertura do solo).

A testemunha e as parcelas que receberam 10 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo não proporcionaram a produção de tapete.

Houve redução na massa dos tapetes de grama com as doses de 30 e 40 Mg ha<sup>-1</sup> de lodo.

Com a utilização do escarificador superficial (“estrelinha”), ocorreu diminuição da resistência dos tapetes de grama esmeralda.

Após nove meses da aplicação sobre a superfície do solo houve eliminação dos coliformes e ovos viáveis de helmintos.

O efeito residual da aplicação de lodo e também da adubação química proporcionou aumento na taxa de cobertura do solo pela grama, porém esse efeito não foi suficiente para a formação de um novo tapete num prazo de aproximadamente um ano.

Não houve efeito residual do uso do escarificador superficial para nenhuma variável avaliada.

O solo precisa de reposição de nutrientes, pois em um ciclo sem receber adubação os mesmos foram exauridos do solo, sendo transportados juntamente com os tapetes.

O lodo de esgoto pode ser utilizado na produção de tapetes de grama podendo substituir a adubação química.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL: Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira, São Paulo, p.314, **Gramia em tapetes** – custo de produção, 2006.

ALLARD, A.; GIRONES, R.; JUTO, P.; WADELL, G. Polymerase chain reaction for detection of adenoviruses in stool samples. **Journal of Clinical Microbiology**, v.28, n.12, p.2659-2667, 1999.

ANDRADE, C. A.; MATTIAZZO, M. E. Nitratos e metais pesados no solo e nas árvores após a aplicação de bio sólido (lodo de esgoto) em plantações florestais de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Florestalis**, n.58, p.59-72, 2000.

ANDRAUS, S.; BORGES, J. C.; MEDEIROS, M. L. B.; TOLEDO, E. B. S. **Sobrevivência de bactérias entéricas do lodo de esgoto, em solo agrícola**. Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná, 1997. p.66-70.

ANDRAUS, S. et al. Pesquisa de *Salmonella* spp. em amostras de lodo de esgoto e solo: isolamento e identificação. In: ANDREOLI, C. V.; BONNET, B. R. P. (Coord.) **Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto**. Curitiba: SANEPAR, 1998. p.59-61.

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S.; HOPPEN, C.; TAMANINI, C. R.; NEVES, P. S. Produção, composição e constituição de lodo de estação de tratamento de água (ETA). In: ANDREOLI, C. V. **Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Rio de Janeiro: ABES, 2006. cap. 3, p.29-48.

ANGLE, J.S. 1994. **Sewage sludge compost for establishment and main tenance of turfgrass**. p. 45–51. In A.R. Leslie (ed) Handbook of integrated pest management for turf and ornamentals. Lewis Publ., Boca Raton, FL.

ANJOS, A. R. M. dos; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em plantas de milho cultivadas em Latossolo repetidamente tratado com bio-sólido. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.769-776, 2000.

AYUSO, M.; HERNÁNDEZ, T.; GARCIA, C.; COSTA, F. Utilización de un lodo aerobio como substitutivo de fertilizantes fosforados inorgánicos. **Suelo y Planta**, Madrid, v.2, n.2, p.271-280, 1992.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS Standard. 1999. **ASAE S313.3**: Soil cone penetrometer, St. Joseph.

BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I. C. B. Condutividade hidráulica saturada e não saturada de Latossolo Vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.403-407, 2004.

BARCELAR, C. A.; ROCHA, A. A.; LIMA M. R.; POHLMANN, M. Efeito residual do lodo de esgoto alcalinizado em atributos químicos e granulométricos de um cambissolo húmico. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.2, p.1-5, 2002.

BASTOS, R.K.X; MARA, D.D. Avaliação de Critérios e Padrões de Qualidade Microbiológica de Esgotos Sanitários Tendo em Vista sua Utilização na Agricultura. In: 17º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES, Rio de Janeiro, 1993.

BELL, P. F.; JAMES, B. R.; CHANEY, R. L. Heavy metal extractability in long-term sewage sludge and metal salt-amended soils. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.20, p.481-486, 1991.

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, 1989.

BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S.; CAMARGO, O. A.; BATAGLIA, O. C. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO<sub>3</sub> na produção de matéria seca e absorção de

Zn, Cu e Ni pelo milho em três Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p.685-691, 1997.

BEARD, J. B. **Turfgrass: Science and culture**. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall, 1973, 235 p.

BOEIRA, R. C. **Uso de lodo de esgoto como fertilizante orgânico: disponibilização de nitrogênio em solo tropical**. Comunicado Técnico, 12. EMBRAPA, Jaguariúna, SP, 2004.

BOEIRA, R. C.; LIGO, M. A. V.; DYNIA, J. F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodos de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.11, p. 1639-1647, 2002.

BONNIN, J. J.; LANÇAS, K. P.; PEREIRA, F. J. Análise de mapas de isocompactação do solo para diagnóstico da necessidade de subsolagem de uma área comercial. In: 2º Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão. **Anais...**, São Pedro, SP, 2006.

BOWMAN, D.C., CHERNEY, C.T., RUFTY JUNIOR, T.W. Fate and transport of nitrogen applied to six warm-season turfgrasses. **Crop Science**., v.42, p.833-841, 2002.

BUTLER, J. D.; HODGES, T. K. Mineral composition of turfgrasses. **Hort Science**, v.2, p.62-63, 1967.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RUMJANEK, V. M.; MORAES, A. A.; GURIDE, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.36, n.12, p.1529-1538, 2001.

CAMARGO, F. A. O.; GIANELLO, C.; VIDOR, C. Potencial de mineralização do nitrogênio em solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.21, p.575-580, 1997.

CARMO J. B. DO, LAMBAIS, M. R. Impacto da aplicação de biossólidos na atividade microbiana dos solos. In: FERTBIO 2000, **anais...**Santa Maria – RS, 2000.

CANARACHE, A. Penetrometer a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil Till. Res.**, v.16, p.51-70, 1990.

CASTRO, E. A.; THOMAZ-SOCCOL V.; HENNIG L.; PAULINO R. C. Correlação entre prevalência de enteroparasitoses na população humana e a presença de patógenos no lodo de esgoto. **In:** Anais do I Seminário Nacional de Microbiologia Aplicada ao Saneamento. Vitória Espírito Santo v.1, p.178-188, 2000.

CARROW, R. N.; WADDINGTON, D. V.; RIEKE, P. E. Turfgrass soil fertility and chemical problem: assessment and management. Chelsea, MI: Ann Arbor Press, 2001, 400p.

CARVALHO, P .C. T.; BARRAL, M. F. **Aplicação de lodo de esgoto como fertilizante.** Fertilizantes, São Paulo, v.3, n.2, p.1-4, 1981.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas - Critérios para projeto e operação.** São Paulo, 1999. 32 p.

CHAE, Y. M.; TABATABAI, M. A. Mineralization of nitrogen in soils amended with organic wastes. **Journal of Environmental Quality.** v.15, n.2, p.193-198, 1986.

CHRISTIANS, N. E. Fundamental of turfgrass management, Chelsea, MI: Arbor Press, 1998, 301p.

CHRISTIANS, N. E., MARTIN, D. P., and WILKINSON, J. F. Nitrogen, phosphorus, and potassium effects on quality and growth of Kentuck bluegrass and creeping bentgrass. **Agronomy Journal**, v.71, p.564-567, 1979.

CIIAGRO ON LINE. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Disponível em: <<http://ciiagro.iac.sp.gov.br>>. Acesso em: 20 de agosto de 2007.

COGGER, C. G.; BARY, A. I.; SULLIVAN, D. M.; MYHRE, E. A. Biosolids processing effects on first and second year available nitrogen. **Soil Science Society of America Journal**, v.68, p.162-167, 2004.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. 41p., 2006.

CORRÊA, J. C. **Utilização de resíduos industriais e urbanos na composição de substratos para mudas de café**. 2001, 198P. Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências agronômicas de Botucatu,. 2001.

DA ROS, C. O.; AITA, C.; CERETTA, 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, 1993.

COREL Corel PhotoPaint v. 10.4.Corel Corporation and Corel Corporation Limited, USA. 2004.

DARRAH, C. H.; POWELL, A. J. Post-harvest heating and survival of sod as influenced by pré-harvest and harvest management. **Agronomy Journal**, v.69, p.283-285, 1977.

DERNOEDEN, P. H., Planting and care of a zoysiagrass lawn. Home & Garden, Maryland Cooperative extension, Univ. of Maryland, Rev 2/99, 1999, 4p.

DUDECK, A. E. **Evaluation of Composted Solid Waste for St. Augustinegrass Sod Production**. Final report University of Florida, 1994. Disponível em: [http://www.hinkleycenter.com/publications/st\\_augustine\\_grass\\_94-3.pdf](http://www.hinkleycenter.com/publications/st_augustine_grass_94-3.pdf). Acesso 05 de maio de 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos-CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 2006. 306 p.



EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ) **Manual de métodos de análise de solo**. 2ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.

EPSTEIN, E.; KEANE, D. B.; MEISINGER, J. J.; LEGG, J. O. Mineralization of nitrogen from sewage sludge and sludge compost. **Journal of Environmental Quality**, v.7, n.2, p.217-222, 1978.

FEMISCA. Uso de lodo de esgoto na agricultura In: XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Cancún, México, p.1-15. Acesso em dezembro de 2007: <http://www.femisca.org/publicaciones/XXVIIPrecongreso/XXVIIPC-T2-LPor.pdf>

FERREIRA, T. L. **Utilização de lodo de esgoto na implantação de cafezal em Latossolo Vermelho distrófico**. 2005, 106p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e btropical – Área de concentração em Gestão de Recursos Agroambientais) - Instituto Agrônomo de Campinas, IAC, Campinas - SP, 2005.

FERREIRA, D.F. **Sisvar versão 4.2**. DEX/UFLA, 2003.

FERREIRA, C. W. **Estudo de patógenos e metais em lodo digerido bruto e higienizado para fins agrícolas, das estações de tratamento de esgotos da ilha do governador e da Penha no estado do Rio de Janeiro**. Mestrado, Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 2000. 89 p.

GALDO, M. V.; DE MARIA, I. C.; CAMARGO, O. A. Atributos químicos e produção do milho em um Latossolo Vermelho eutroférico tratado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.569-577, 2004.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. Nutrição de gramados. In: SIGRA – Simpósio sobre Gramados 1. 2003. Produção Implantação e Manutenção: **anais...**, Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade estadual Paulista, 2003. 1 CD-ROM.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. Doses de nitrogênio para a produção de tapetes de grama Esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.) In: Fertbio, 4, 2004, Lages, **Resumos...**, Lages: UDESC, 2004. (CD-ROM).

GODOY, L. J. G. **Adubação nitrogenada para produção de tapetes de grama santo agostinho e esmeralda.** 2005, 106p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, UNESP, Botucatu, SP, 2005.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. Produção e consumo de gramas crescem no Brasil. In: **Agrianual** – Anuário da Agricultura Brasileira. 10 ed., São Paulo: FNP Consultoria a Agroinformática, 2005, p. 35-38.

GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L.; BACKES, C.; LIMA, C. P. Doses de nitrogênio e potássio na produção de grama esmeralda. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, n.5, p.1326-1332, 2007.

GOMES, F.P. **Curso de Estatística experimental.** 14 ed., Piracicaba: ESALQ, 2000. 477 p.

GONÇALVES, F. T. A. **Dinâmica do nitrogênio em solo tratado com lodo de esgoto e cultivado com café.** 2005, 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Agricultura Tropical e Subtropical, na área de concentração de Gestão dos Recursos Agroambientais. Instituto Agronômico de Campinas, IAC, Campinas, SP, 2005.

GURGEL, R. A. G. Principais espécies e variedades de grama. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 1, 2003, Botucatu. Produção, implantação e manutenção: Anais. Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, 2003. CD-ROM.

HALL, J. R.; MILLER, R. W. Effect of phosphorus season and method of sampling on foliar analysis of Kentucky Bluegrass. In: INTERNATIONAL TURFGRASS RES. CONF., 2, 1974, **Proceedings...**E. C. Roberts, ed. American Society of America, Madison, WI, 1974, p.155-171.

HIGASKINO, C. E. K. Determinação de coliformes fecais em amostras de lodo de esgoto por fermentação em tubos múltiplos. In: ANDREOLI, C. V., BONNET, B. R. **Manual de métodos para análises microbiológicas e parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto**. Curitiba: Sanepar, 1998. p.27-35.

HYLTON, L. O.; Jr., ULRICH, A.; CORNELIUS, D. R.; OKHI, K. Phosphorus nutrition of Italian ryegrass relative to growth, moisture content, and mineral constituents. **Agronomy Journal**, v.57, p.505-508, 1965.

HUE, N. V. Sewage sludge In: RECHCIGL, J. E. (Ed.) Soil amendments and environmental quality. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995, p.199-247.

JONES, J. R. **Turf analysis**. Golf Course Management. v.48, n.1, p.29-32, 1980.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Ranton, CRC Press, 1986, 315 p.

KARCHER, D. E., RICHARDSON, M. D. Quantifying turfgrass color using digital image analysis. **Crop Science**, v.43, p.943-951, 2003.

KELLING, K. A.; WALSH, L. M.; KEENEY, D. R.; RYAN, J. A.; PETERSON, A.E.A. field study of the agricultural use of sewage sludge: II. Effect on soil N and P. **Journal of Environmental Quality**, v.6, n.4, p.345-352, 1977.

KIESLING, T. C. Bermudagrass rhizome initiation and longevity under differing potassium nutritional levels. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.11, p.629-635, 1980.

KOSKE, T. J. Sod production for Louisiana. LSU Ag Center, 1994. Disponível em: <[http://www.lsuagcenter.com/en/lawn\\_garden/commercial\\_horticulture/turfgrass/sod\\_farming/Sod+Production+in+Louisiana.htm](http://www.lsuagcenter.com/en/lawn_garden/commercial_horticulture/turfgrass/sod_farming/Sod+Production+in+Louisiana.htm)>. Acesso em 05 de fevereiro de 2008.

LANDSCHOOT, P. J.; WADDINGTON, D. V. Response of turfgrass to various nitrogen fertilizers. **Soil Science Soc. American Journal**, v.51, p.225–230, 1987.

LANÇAS, K. P. Diagnóstico e controle localizado da compactação do solo. IN: Congresso Internacional Do Agronegócio Do Algodão/Seminário Estadual Da Cultura Do Algodão, 5. 2000. Cuiabá, **Anais**. Cuiabá: Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso, 2000. p.25-32.

LINDEN, D. R.; CLAPP, C. E.; DOWDOY, R. H. Hydrologic management: nutrients. In: PAGE, AL.; GEASON, T.L.; SMITH, I.E.; ISKANDAR, J.K.; SUMMERS, L.E. (eds.). **Utilization of municipal wastewater and sludge on land**. Riverside: University of California, 1983. p.79-103.

LOURENÇO, R. S.; ANJOS, A. R. M.; LIBARDI, P. L.; MEDRADO, M. J. S. Efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão, no sistema de produção da bracinga. **Sanare**, v.5, n.5, p.90-92, 1996.

MAGDOFF, F. R.; AMADON, J. F. Nitrogen availability from sewage sludge. **Journal of Environmental Quality**, v.9, n.3, p.451-455, 1980.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**, 2ed. Piracicaba: POTAFOS (Associação brasileira de pesquisa da potassa e do fosfato), 1997. 317p.

MARCIANO, C. R.; MORAES, S. O.; OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Efeito do lodo de esgoto e do composto de lixo urbano sobre a condutividade hidráulica de um Latossolo Amarelo saturado e não saturado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.1-9, 2001.

MARQUES, M. O. **Incorporação de biossólidos em solos cultivados com cana de açúcar**. Jaboticabal, 1997, 111p. Tese de Livre docência (Agronomia/Agricultura) Faculdade de Ciência Agrônômica e Veterinária, Universidade Estadual Paulista.

MARQUES, M. O.; NOGUEIRA, T. A. R.; FONSECA, I. M.; MARQUES, T. A. Metais pesados em solo tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Colloquium Agrariae**, v.2, n.1, p.46-56, 2006

MARTINS, A. L. C.; BATAGLIA, O. C.; CAMARGO, O. A.; CANTARELLA, H. Produção de grãos e absorção de Cu, Fe, Mn e Zn pelo milho em solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p. 563-574. 2003.

MCCRIMMON, J.N. Effects of mowing height, nitrogen rate, and potassium rate on palmetto and raleigh st. augustinegrass. **Journal of Plant Nutrition**, v. 27, n.1, p. 1-13, 2004.

MELFI, A. J., MONTES, C. R. **Impacto dos biossólidos sobre o solo**, cap.9 In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. P.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Biossólidos na Agricultura. 1<sup>o</sup> ed., São Paulo: SABESP, 2001. 468p.

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**, v.18, p.449-455, 1994.

MILLS, H. A.; JONES JR., J. B. Plant analysis handbook II: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Athens, Georgia, EUA: MicroMacro Pub. Inc., 1996. 456 p.

MURRAY, J. J. Utilization of composted sewage sludge in sod production. P. 544. In R.W. Sheard (ed) proc. 4 Int. Turfgrass Research Conf., Univ: of Guelph. P.544, 1991.

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.

NASCIMENTO, C. W. A.; BIONDI, C. M.; ACCIOLY, A. M. A. Alterações químicas em argissolo tratado com lodo de esgoto. **CAATINGA**, v.18, n.3, p.185-194, 2005.

NORRIE, J.; GOSSELIN, A. Paper sludge amendments for turfgrass. **HortScience**, v.31, p.957-960, 1996.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em Latossolo tratado com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.171-180, 2001.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ROSSETO, R. Efeito das aplicações sucessivas de lodo de esgoto em 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.

PAGANINI, W. S. **Disposição de esgotos no solo (escoamento à superfície)**. Fundo editorial da AESABESP. São Paulo. 1997, 232 pp.

PARKER, C. F.; SOMMERS, L. E. Mineralization of nitrogen in sewage sludges. **Journal of Environmental Quality**. v.12, n.1, p.150-156, 1983.

PAULINO, R. C.; CASTRO, E. A.; THOMAZ-SOCCOL, V. Tratamento anaeróbio de esgoto e sua eficiência na redução da viabilidade de ovos de helmintos. **Revista da Sociedade Brasileira de medicina tropical**, v.34, n.5, 2001.

PIMENTA, C. H. Produção de gramas. In: SIGRA – Simpósio sobre Gramados 1. 2003. Produção Implantação e Manutenção: **anais...**, Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade estadual Paulista, 2003. 1 CD-ROM.

PRINCHETT, W. L.; HORN, G. C. Fertilization fights turf disorders. **Better Crops Plant Food**, v.50, n.3, p.22-25, 1966.

RAIJ, B. Van. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral dos solos. **Bragantia**, Campinas, v.2, n.8, p.85-112, 1969.

RAIJ, B. van; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CATARELLA, H.; BELLINAZZI JR., R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100).

RAIJ, B. Van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Boletim Técnico 100**. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas, Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p.

RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC/FUNDAG, 2001, 285p.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A.; BETTIOL, W.; DYNIA, J. F. Efeito de aplicações de lodos de esgoto sobre os teores de metais pesados em folhas e grãos de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.30, p.575-582, 2006.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis improvements of saline and alkaline soils**. Washington: Department of Agriculture. 1954. 160p.

ROCHA, R. E. M.; PIMENTEL, M. S.; ZAGO, V. C. P. Avaliação de bio-sólidos de águas servidas domiciliares como adubo em couve. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.38, n.12, 2003.

ROCHA, G. N.; GONÇALVES, J. L. M.; MOURA, I. M. Mudanças da fertilidade do solo e crescimento de um povoamento de *Eucalyptus grandis* fertilizado com bio-sólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p.623-639, 2004.

ROQUE, O. C. C. Sistemas Alternativas de Tratamento de Esgotos Aplicáveis as Condições Brasileiras – Tese de Doutorado em Saúde Pública, FIOCRUZ – Rio de Janeiro, 1997. 153 p.

SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná: **Manual Técnico para Utilização Agrícola do lodo de esgoto no Paraná**, 1997, 96p.

SARTAIN, J. B. Fertility considerations for sod production. University of Florida, EDIS, 2002. Disponível em:< <http://flrec.ifas.ufl.edu/turfgras.htm>> Acesso em: 10 de agosto de 2002.

SANTOS, F. M.; VIEIRA, M. J.; GARRAFA, P.; MONEZI, T. A.; PELLIZARI, V. H.; HÁRSI, C. M.; MEHNERT, D. U. Water Science and Technology: **Water Supply**, v.14, n.2, p.79-85, 2004.

SIKORA, L. J.; TESTER, C. F. TAYLOR, J. M.; PARR, J. F. Fescue yield response to sewage sludge compost amendments. **Agronomy Journal**, v.72, p.79-84, 1980.

SILVA, F. C., BOARETT, A. E., BERTON, R. S., ZOTELLI, H. B., PEIXE, C. A., MENDONÇA, E. Cana de açúcar cultivada em solo adubado com bio sólido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1-8, 1998.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. (Ed.). Fundamentos de química do solo. Porto Alegre: Genesis, 2000a. p.45-62.

SILVA, F. D.; MELO, J. L. S.; MELO, H. N. S.; FILHO, M. L.; VARGAS, G. M. R.; LIMA, A. M. Absorção de coliformes fecais através da disposição controlada no solo pelo método da lixiviação. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre. **Anais...** XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2000b, p.1-8.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEIXE, C. A.; BERNARDES, E. M. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.5, p.831-840, 2001.

SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; SHARMA, R. D. Alternativa agrônômica para o bio sólido produzido no distrito federal. I – Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados



em Latossolo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.487-495, 2002a.

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo. In: MORAES, M. H.; MÜLLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. **Qualidade física do solo**: métodos de estudo-sistemas de preparo e manejo do solo. Jaboticabal: Funep, 2002b, p.1-18.

SIMONETE, M.A. Alterações nas propriedades químicas de um argissolo adubado com lodo de esgoto e desenvolvimento e acúmulo de nutrientes em plantas de milho. Piracicaba, 2001, 89P. Tese de doutorado. Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2001.

SIMONETE, M. A.; KIEHL, J. C.; ANDRADE, C. A.; TEIXEIRA, C. F. A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.10, p.867-874, 2003.

SILVEIRA, M. L. A. **Extração seqüencial e especiação iônica de zinco, cobre e cádmio em latossolos tratados com biossólido**. 2002. 166 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas). - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

STARK, S. A.; CLAPP, C. E. Residual nitrogen availability from soils treated with sewage sludge in a field experiment. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.9, p.505-512, 1980.

STRAUB, T.; PEPPER, I. A.; GERBA, C. P. Comparison of PCR and cell culture for detection of enteroviruses in sludge-amended field soils and determination of their transport. **Appl. Environm. Microbiol.**, v.61, p.2066-2068, 1995.

TESTER, J. M.; SIKORA, L. J.; TAYLOR, J. M.; PARR, J. F. Nitrogen utilization by tall fescue from sewage sludge compost amended soils. **Agronomy Journal**, v.74, p.1013-1018, 1982.

TESTER, C. F. Tall fescue growth in greenhouse, growth chamber, and field plots amended with sludge compost and fertilizer. **Soil Science**, v.148, p.452-458, 1989.

TURNER, T. R. Soil test calibration studies for turfgrasses. Ph. D. diss. The Pennsylvania State University, University Park, PA. Diss. Abstr, p.24480-24499, 1980.

TOMAZ-SOCCOL, V.; PAULINO, R. C.; CASTRO, E. A. de, TRACZ, J. Eficácia dos diferentes processo de tratamento do lodo na redução da viabilidade de ovos de helmintos. **Sanare**, Curitiba, v.8, n.8. p.24-32.1997.

TOMAZ-SOCCOL, V. Aspectos sanitários do lodo de esgoto: Seminário sobre gerenciamento de biossólidos do mercosul, 1., 1998, Curitiba. **Palestras...** Curitiba: Sanepar/ABES, 1998, p.65-72.

THOMAZ-SOCCOL, V.; CASTRO, E. A.; PAULINO; R. IN: SANEPAR, Manual de métodos para análises Parasitológicas em reciclagem de lodo, Curitiba, 2000, p.27-41.

UNRUH, J. B. Biologia de gramas de clima quente. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 2, 2004, Botucatu. Manejo das gramas na produção e em gramados formados: **Anais**. Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2004. CD-ROM.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 1993. 40 CFR Parts 257, 403 and 503. Final rules: Standards for the use of sewage sludge. Fed. Reg. v.58, n. 32, 9248 – 9415, 1993.

VAZ, L. M. S.; GONÇALVES, J. L .M. Uso de biossólidos em povo mento de eucalipto: efeito em atributos químicos do solo, no crescimento e na absorção de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.747-758, 2002.

VIEIRA, R. F.; CARDOSO, A. A. Variações nos teores de nitrogênio mineral em solo suplementado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.7, p.1435-1441, 2003.

VOING, T.; FERMANIAN, T. Midwest regional turf foundation of perdue university, 1992. Disponível em: <http://www.co.allen.in.us/images/stories/pdf/ach122.pdf>. Acesso 05 de maio de 2008.

WATSON, L; DALLWITZ, M. F. **The grass genera of the world**. United Kingdon: CAB Publications, 223-986 p., 1992.

WADDINGTON, D. V.; TURNER, T. R.; DUICH, J.; M.; MOBERG, E. L. Effect of fertilization of 'Penncross` creeping bentgrass. **Agronomy Journal**, v.70, p.713-718, 1978.

WARKENTIN, B. P. Soil science for environmental quality-how do we know what we know. **Journal of Enviromental Quality**, Madison, v.21, p.163-166, 1992.

ZERBINI, A.M.; CHERNICHARO, C.A.L.; VIANA, E.M. Estudo da remoção de ovos de helmintos e indicadores bacterianos em um sistema de tratamento de esgotos domésticos por reator anaeróbio e aplicação superficial no solo. In: 20º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Rio de Janeiro. **Anais...** do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1999. p.895-904.