

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**LODO DE ESGOTO COMPOSTADO NA PRODUÇÃO DE TAPETES DE
GRAMA ESMERALDA E NA MANUTENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO**

FLÁVIA DINIZ MOTA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU - SP
FEVEREIRO DE 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CÂMPUS DE BOTUCATU

**LODO DE ESGOTO COMPOSTADO NA PRODUÇÃO DE TAPETES DE
GRAMA ESMERALDA E NA MANUTENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO**

FLÁVIA DINIZ MOTA

Orientador: Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU - SP
FEVEREIRO DE 2016

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

M917L Mota, Flávia Diniz, 1982-
Lodo de esgoto compostado na produção de tapetes de grama esmeralda e na manutenção de água no solo / Flávia Diniz Mota. - Botucatu : [s.n.], 2016
ix, 54 f. : il. color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016

Orientador: Roberto Lyra Villas Bôas

Inclui bibliografia

1. Lodo de esgoto. 2. Gramados. 3. Compostagem. 4. Solos - Umidade. I. Villas Bôas, Roberto Lyra. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. III. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: LODO DE ESGOTO COMPOSTADO NA PRODUÇÃO DE TAPETES DE GRAMA ESMERALDA E NA MANUTENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO

AUTORA: FLÁVIA DINIZ MOTA**ORIENTADOR: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS
Depto de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Dra. CAROLINE DE MOURA D'ANDRÉA MATEUS
Pós-Doutoranda no Depto de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Prof. Dr. HÉLIO GRASSI FILHO
Depto de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu

Botucatu, 25 de fevereiro de 2016.

Dedico

Ao meu filho

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por tudo.

A Faculdade de Ciências Agronômicas, pela oportunidade da realização do Mestrado, em especial ao Departamento de Engenharia Rural e Recursos Naturais.

Ao professor Roberto Lyra Villas Boas pela orientação, apoio, ensinamentos e possibilitar a concretização de mais uma etapa em minha vida. Por sempre me incentivar a seguir em frente e por fazer diferença na minha vida.

As amigas da ESALQ Camila Abrahão e Caroline Michels Vilela pelo apoio e incentivo.

As amigas Ana Paula Schimidt e Ana Cláudia Lima Silva por me ampararem no início dessa jornada.

As amigas, Andreia Aparecida Ferreira da Silva, Aira Nava, Caroline D'Andrea Mateus, Tatiane Bortoletto, Thiara Silvestre Nascimento e Daniele Scudeletti pela amizade e companheirismo nos dias árduos.

A Andrea Akatsu pela amizade, paciência, compreensão e solidariedade.

Aos amigos Thomás Fiore de Andrade, Rafael Barcelos, Renan Lima de Sousa e Victor Rocha Araújo pela ajuda na execução e conclusão do experimento, e pela parceria durante o mestrado, todos momentos foram importantes para meu crescimento pessoal e profissional.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Recursos Ambientais pela ajuda na execução do projeto.

Aos funcionários da Biblioteca pela atenção e ensinamentos transmitidos.

Ao estagiário Luiz Fernando Tambelli Arantes pela colaboração durante o experimento.

Ao grupo Tera Ambiental pelo fornecimento do lodo de esgoto compostado utilizado no experimento.

Ao Emerson Rocha (LR Gramas) por proporcionar a realização do experimento em sua área de produção.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	1
SUMMARY	3
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1 Produção de grama no Brasil	8
2.2 Uso de lodo de esgoto na agricultura e na produção de grama.....	9
2.3 Alterações químicas e físicas no solo provenientes do uso do lodo de esgoto	11
2.4 Lodo de esgoto <i>in natura</i> e lodo de esgoto compostado.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Localização e caracterização da área experimental.....	14
3.2 Delineamento experimental e tratamentos	16
3.3 Instalação do experimento.....	18
3.4 Características avaliadas nas plantas.....	18
3.5 Características avaliadas no solo	21
3.6 Análise estatística	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5 CONCLUSÃO	49
6 REFERÊNCIAS	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultado da análise química inicial do Latossolo Vermelho Distrófico da área experimental, na profundidade de 0-10 cm.....	15
Tabela 2. Composição granulométrica e textural do Latossolo Vermelho Distrófico da área experimental, na profundidade de 0-10 cm.....	15
Tabela 3. Composição química do lodo de esgoto compostado utilizado no experimento.	17
Tabela 4. Médias e resumo da análise de variância da taxa de cobertura do solo (TCS). (n=5)	24
Tabela 5. Médias e resumo da análise de variância do índice de coloração verde (ICV). (n=5)	27
Tabela 6. Médias e resumo da análise de variância da concentração de N na lâmina foliar. (n=5).....	30
Tabela 7. Médias e resumo da análise de variância da concentração de P na lâmina foliar. (n=5).....	32
Tabela 8. Médias e resumo da análise de variância da concentração de K na lâmina foliar. (n=5).....	33
Tabela 9. Médias e resumo da análise de variância da concentração de Ca na lâmina foliar. (n=5).....	35
Tabela 10. Médias e resumo da análise de variância da concentração de Mg na lâmina foliar. (n=5).....	35
Tabela 11. Médias e resumo da análise de variância da concentração de S na lâmina foliar. (n=5).....	37
Tabela 12. Médias e resumo da análise de variância da massa de aparas. (n=5)	38
Tabela 13. Médias e resumo da análise de variância da massa dos tapetes de grama esmeralda. (n=5)	40
Tabela 14. Médias e resumo da análise de variância da resistência dos tapetes de grama esmeralda. (n=5)	42
Tabela 15. Porcentagem de tapetes íntegros. (n=5).....	43
Tabela 16. Médias e resumo da análise de variância do índice de pH, teor de M.O, P _{resina} , H+AL e K no solo, na profundidade de 0-10cm. (n=5)	44

Tabela 17. Médias e resumo da análise de variância do teor de Ca, Mg, da Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e da Saturação por Bases (V%) do solo na profundidade de 0-10cm. (n=5)	46
Tabela 18. Médias e resumo da análise de variância da umidade do solo. (n=5).....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Temperatura média do ar em Itapetininga durante julho de 2015 a janeiro de 2016.	15
Figura 2. Precipitação e evapotranspiração real de Itapetininga durante julho de 2015 a janeiro de 2016.	16
Figura 3. a - Demarcação da área experimental; b - Lodo de esgoto compostado; c - Vista geral da área após aplicação do composto.	18
Figura 4. a - Conjunto “lighbox”; b - Câmera acoplada a “lightbox”.	19
Figura 5. a – Equipamento de ensaio de resistência; b - Avaliação da resistência do tapete.	20
Figura 6. Curva característica de retenção de água no solo da área experimental em Itapetininga - SP.	21
Figura 7. Taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama esmeralda em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação, aos 45 dias após a aplicação (DAA).	26
Figura 8. Taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama esmeralda em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação, aos 156 dias após a aplicação do lodo compostado (DAA).	26
Figura 9. Intensidade de Cor Verde (ICV) pela grama esmeralda em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação, aos 45 dias após a aplicação (DAA).	28
Figura 10. Concentração de N na folha da grama esmeralda em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação, aos 93 dias após a aplicação (DAA).	31
Figura 11. Concentração de K na folha da grama esmeralda em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação, aos 93 dias após a aplicação (DAA).	34
Figura 12. Concentração de Ca na folha da grama esmeralda em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação, aos 93 dias após a aplicação (DAA).	36

Figura 13. Concentração de S na folha da grama esmeralda em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação, aos 93 dias após a aplicação (DAA).....	37
Figura 14. Massa dos tapetes de grama esmeralda em função das doses de lodo de esgoto compostado (LEC) e adubação química (AQ).....	39
Figura 15. Resistência dos tapetes de grama esmeralda em função das doses de lodo de esgoto compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação.	41
Figura 16. Teor de K no solo em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação.	45
Figura 17. Capacidade de Troca Catiônica (CTC) no solo função das doses de lodo compostado (LEC) e adubação química (AQ).	47

RESUMO

O lodo de esgoto, resíduo de maior volume gerado durante os processos de tratamento de efluentes domésticos, apresenta disposição final problemática, inviabilizando seu uso direto na agricultura. Porém, legalmente, surgiu a possibilidade de misturar o lodo de esgoto com uma fonte de carbono, gerando o composto a base de lodo de esgoto, viabilizando seu uso na agricultura. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o uso de lodo de esgoto compostado na produção de tapetes de grama esmeralda e sua influência na manutenção de água no solo. O experimento foi instalado em uma propriedade de produção de grama, localizada em 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, com doze tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram definidos por cinco doses de lodo de esgoto compostado (0,10, 20, 30 e 40 Mg ha⁻¹, base seca), uma dose de adubo inorgânico e duas formas de aplicações (aplicação única e parcelada do composto). Utilizou-se o lodo de esgoto compostado da Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Jundiá. As doses aplicadas correspondem às doses de 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Observou-se que aos 212 dias após aplicação do composto, a dose de 30 Mg ha⁻¹ permitiu formação completa do tapete de grama (100% da taxa de cobertura). Verificou-se redução de 8% na massa dos tapetes de grama que receberam doses de 40 Mg ha⁻¹ em relação a dose de 30 Mg ha⁻¹, e 10 % em relação a adubação química. A maior resistência e a formação completa dos tapetes foi observada para dose de 30 Mg ha⁻¹. A testemunha, as parcelas que receberam doses de 10 e 20 Mg ha⁻¹ não formaram tapetes.

Para as doses de 30 e 40 Mg ha⁻¹ todos os tapetes cortados apresentaram-se inteiros, sem danos e com ótimas características de comercialização. A aplicação de lodo de esgoto compostado não alterou a umidade do solo na camada de 0-5cm.

Palavras- chaves: *Zoysia japonica*, compostagem, nitrogênio, taxa de cobertura, resistência, umidade do solo.

COMPOUNDED SEWAGE SLUDGE IN THE ZOYSIAGRASS SOD PRODUCTION AND WATER MAINTENANCE IN THE SOIL. BOTUCATU, 2016. 54p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: FLÁVIA DINIZ MOTA

Adviser: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

SUMMARY

The sewage sludge, major waste volume generated during treatment processes of domestic effluents shows a problematic final disposal, impairing its direct use in agriculture. Although another legally possibility have emerged, which is the sludge and a carbon source mixing, generating a compound based in sewage sludge, enabling its use in agriculture. The aim of this work was evaluate compounded sewage sludge doses maintain water in soil in the zoysiagrass sod production. The experiment was installed grass grower property locates in Itapetininga, São Paulo. The used crop was the *Zoysia japonica* Steud, known as “Esmeralda”. The experimental delineation used in the work was the randomized blocks one, with twelve treatments and five repetitions. The treatments were defined by five compound sludge doses (0, 10, 20, 30 and 40 Mg ha⁻¹, dry base), an inorganic fertilizer dose and two applications (compound unique and parceled application). It was used the sewage sludge compounded from the Sewage Treatment Station of Jundiai County. The rates applied correspond to 100, 200, 300 and 400 kg ha⁻¹ of nitrogen. It can be concluded that the 212 days after the compound application, the 30 Mg ha⁻¹ rate allowed the complete formation of the sod (100% cover rate). It was verified that happened a weight loss in zoysiagrass sod with the applied compounded sewage sludge doses raising, and resistance raising for 30 Mg ha⁻¹ doses. The control and plots which received doses of 10 Mg ha⁻¹ have not formed sod. There were no losses and all sod were good using the rates of 30 and 40 Mg ha⁻¹. There was a reduction of 8% in the weight of sod that received 40 Mg ha⁻¹ rate compared to 30 Mg ha⁻¹ rate, and 10% compared to chemical fertilizer. The 30 Mg ha⁻¹ rate showed the best sod strength and formation. Control and plots that received 10 Mg ha⁻¹ rates did not form sod. In the 30 and 40 Mg ha⁻¹ rates, 100% of the sod showed integers, with no

damage and with great marketing features. The application of composted sewage sludge did not affect the soil moisture in the 0-5cm layer.

Keywords: *Zoysia japonica*, composting, nitrogen, soil cover rate, resistance, soil moisture.

1 INTRODUÇÃO

A produção e comercialização de gramas no Brasil estão presentes em vários estados, geralmente cultivada para compor projetos esportivos e paisagísticos devido sua adaptabilidade ao clima tropical, podendo ainda, se desenvolver com eficiência em condições adversas de temperatura, porém observa-se que em altas temperaturas seu crescimento e desenvolvimento sobressai (GURGEL, 2003).

Segundo Zanon; Pires (2010), o Brasil tem uma área de aproximadamente 17.000 hectares cultivados. Dentre os estados produtores podem-se destacar São Paulo, Minas Gerais e Paraná, sendo a grama esmeralda (*Zoysia japonica* Steud) a espécie produzida em maior escala.

A exigência nutricional de macronutrientes e micronutrientes da grama se assemelha as demais culturas, havendo variação das necessidades nutricionais entre espécies e cultivares. A grama esmeralda possui exigência nutricional média, quando comparada com diferentes espécies, como bermuda e são carlos (GODOY et al, 2012).

O lodo de esgoto, resíduo de maior volume gerado durante o processo de tratamento de efluentes domésticos, apresenta disposição final problemática, o que compromete, em parte, os efeitos benéficos da coleta e tratamento (BRADY; WEIL, 2012).

Para o lodo gerado pelas 502 Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), a

disposição final tem sido basicamente os aterros sanitários. O aterro sanitário, certamente não é a melhor opção de destino, pois devido à alta umidade do lodo de esgoto, a contaminação do solo e do lençol freático é acentuada; dessa maneira maiores são as restrições para a escolha da área onde este resíduo será depositado (FEAM, 1995).

Uma alternativa apontada e já utilizada em algumas ETEs da SABESP é o emprego do lodo de esgoto como fertilizante orgânico e condicionador de solo em áreas agrícolas e florestais (BETTIOL, 2000).

Vários institutos de pesquisa desenvolveram estudos sobre uso do lodo de esgoto em culturas agrícolas e no plantio de árvores. Mesmo com os resultados encontrados por essas inúmeras pesquisas, referente ao uso do lodo como condicionador de solo e fonte de nutrientes, obstáculos com o não atendimento a Resolução Conama 375/2006 são encontradas. A Resolução estabelece limites de tolerância para indicadores de patogenicidade para os lodos Classe A, o que inviabilizaram o uso direto do lodo de esgoto na agricultura. Isto ocorreu porque, além da análise de ovos de helmintos e salmonela, por essa resolução há necessidade das análises de vírus.

Legalmente surgiu a possibilidade de misturar o lodo de esgoto com uma fonte de carbono, enquadrando-o como Produto Fertilizante Orgânico Composto Classe D, através do Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA), pelo Decreto Federal 4.954 de 14/01/2004 e as Instruções Normativas 23 de 31/08/2005 e 27 de 05/06/2006. Neste caso, o produto final (composto a base de lodo de esgoto) também deverá atender a limites de tolerância de patogenicidade, para coliformes termo tolerantes, helmintos, salmonela, porém não há restrição para vírus.

A compostagem é uma técnica de redução e inativação de patógenos, uma vez que, por um processo aeróbio controlado de decomposição biológica por microrganismos mesófilos, e termófilos, há decomposição da matéria orgânica e criam-se condições para a inativação dos microrganismos patogênicos e parasitas, que são sensíveis às elevações de temperatura (KIEHL, 1985).

Além de ser rico em nitrogênio (N), elemento de maior resposta pelas plantas, o composto orgânico, por apresentar matéria orgânica mais estabilizada, tem influencia direta sobre propriedades físicas e biológicas do solo, melhorando a retenção de água, aumentando a porosidade e conseqüentemente facilitando a drenagem, evitando com isso o escoamento superficial.

Inúmeras pesquisas vêm reafirmando o uso do lodo de esgoto em gramados, com respostas positivas no desenvolvimento da grama esmeralda e na fertilidade do solo, porém não há trabalhos científicos que respaldem o uso do lodo de esgoto compostado, inclusive seu efeito nas características físicas e na retenção de água do solo. Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar doses de lodo de esgoto compostado na produção de grama esmeralda e sua influência na manutenção de água no solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção de grama no Brasil

A grama esmeralda (*Zoysia japonica* Steud), pertencente à família das Gramíneas (*Gramineae*), é uma das principais espécies cultivadas no Brasil, juntamente com a santo agostinho (*Stenotaphrum secundatum*); a bermuda (*Cynodon dactylon*) e a são carlos (*Axonopus affinis* Chase); todas de clima quente.

A grama esmeralda é originária do Japão, China e sudeste da Ásia. Possui hábito de crescimento estolonífero-rizomatoso, apresentando alta resistência ao pisoteio e alta taxa de cobertura do solo (CHRISTIANS, 1998). De acordo com Backes et al., (2010) nas gramas rizomatosas, os rizomas e estolões são responsáveis pela resistência dos tapetes produzidos, enquanto que, nas gramas estoloníferas, os estolões são os responsáveis pela garantia de resistência destes tapetes.

Segundo Pimenta (2003) a produção de grama é uma cultura de longo prazo de taxa de retorno interna. Possui um tempo de colheita de doze meses em média e alto custo de implantação inicial, devido aos maquinários específicos utilizados, implantação do sistema de irrigação, que deve suprir toda área e do manejo da própria cultura.

Em áreas de produção, há um intenso tráfego de máquinas. Além dos maquinários utilizados para o manejo da cultura (roçadeiras, pulverizadores, trator com adubadora, etc), há a necessidade de compactação da área antes dos cortes

dos tapetes. Dessa maneira, há uma intensa compactação do solo e conseqüentemente ocorre o aumento da densidade, promovendo uma lenta mineralização da matéria orgânica, afetando diretamente a disponibilidade e a eficiência de absorção de nutrientes (RIBEIRO, 1999; GODOY; VILLAS BÔAS, 2005). Por isso o uso de material orgânico tem finalidade de promover a retenção de água na superfície do solo evitando, neste caso o escoamento superficial, aumentando a porosidade, reduzindo a densidade do solo. Além disso, pode facilitar a rebrota e conseqüentemente reduzir o tempo de produção de tapetes na área.

O N é o macronutriente exigido em maior quantidade para a produção de tapetes de grama, favorecendo a produção de massa, melhoria no vigor e taxa de cobertura do solo. A demanda de N varia com o tipo de solo, no entanto, há resultados da literatura onde melhores respostas ocorreram com até 408 kg ha⁻¹ de N por ha por ano (GODOY et al., 2007). O lodo de esgoto pode apresentar concentração de N de 32 g kg⁻¹ com base na matéria seca e, portanto, quando aplicado em doses elevadas, pode suprir a demanda integral deste nutriente na produção de tapetes de grama.

2.2 Uso de lodo de esgoto na agricultura e na produção de grama

É notório que devido sua alta concentração de matéria orgânica, o lodo de esgoto compõem importante incremento para a fertilidade do solo, oferecendo a planta os nutrientes de que ela necessita, conseqüentemente, contribui para o aumento e desenvolvimento da produção agrícola, sendo dispensável muitas vezes o uso de fertilizantes, o que acarreta em menos gastos para o produtor rural e ainda colabora com a manutenção do meio ambiente (NOGUEIRA et al., 2008).

Quanto ao aspecto químico, a aplicação do lodo de esgoto como fonte de adubação orgânica, e sua lenta liberação dos nutrientes, é uma alternativa de aumentar a eficiência da adubação nitrogenada em gramados. Favorecendo, dessa maneira, o lento crescimento da grama, ocasionando um menor custo de corte. (ANGLE, 1994).

O N é um fator restritivo a definição da dosagem máxima de lodo de esgoto a ser aplicada ao solo, pois acima de certo nível, o N pode lixiviar na forma de nitrato e contaminar o lençol freático. O lodo de esgoto possui altos teores de N, P e baixos de K. Os micronutrientes se apresentam em quantidades menores que os

macronutrientes. Porém quando o lodo é aplicado para prover a demanda de N, a demanda dos micronutrientes também é suprida (SANEPAR, 1997).

Além do N e de outros macro e micronutrientes, o lodo de esgoto, dependendo de sua procedência, pode apresentar metais pesados, o que pode limitar o seu uso agrícola. Há, no entanto, uma norma CETESB P 4230 Agosto/99 de uso agrícola do lodo de esgoto para o Estado de São Paulo que apresenta os valores limites de metais pesados, a partir do qual o lodo deverá ter sua disposição final nos aterros sanitário.

De modo geral, o lodo de esgoto gerado em ETE de cidades do interior não apresenta limitações quanto à concentração desses metais, exceto em casos de esgotos clandestinos, principalmente de áreas industriais. Alguns resultados demonstram que em solos adubados com lodo de esgoto, ocorreu aumento nos teores de Zn, Cu, Ni e Pb no solo (JUNO et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2014). Em outros, porém observou que os teores de Cu, Zn, Pb, Cd, Ni e Cr não aumentaram acima dos limites estabelecidos, quando foram aplicadas doses de até 75 Mg ha^{-1} de lodo de esgoto (JUNO et al., 2013).

Quando o lodo de esgoto é compostado, espera-se que com a diluição da massa da fonte de carbono, haja diminuição da concentração de metais pesados e, portanto, não apresente restrições quanto a concentração de metais pesados no cultivo de grama.

A presença de patógenos é outro aspecto a ser considerado na utilização do lodo de esgoto na agricultura. No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, “definiu critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodo de esgoto gerado em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados”, com a Resolução 375/06. Há uma grande variedade de patógenos presentes no lodo de esgoto, como coliformes fecais, ovos de helmintos, protozoários, vírus, entre outros (CARRINGTON, 2001).

No processo de compostagem do lodo de esgoto, em função do calor gerado nas pilhas durante a decomposição, há grande possibilidade dos organismos patogênicos serem eliminados e, portanto, é uma técnica de redução e inativação de patógenos.

A variação na quantidade de organismos patogênicos presentes no lodo dependerá do tratamento que esse receberá (ANDRAUS et al., 1997). Piana

(2009), observou que 100% dos ovos viáveis de helmintos e coliformes foram eliminados do lodo de esgoto após o processo de compostagem.

Por isso, mesmo considerando que o lodo de esgoto compostado (LEC) poderá ser transportado para uma residência juntamente com o tapete de grama, o mesmo tem menor chance de levar organismos patogênicos em relação ao lodo puro.

2.3 Alterações químicas e físicas no solo provenientes do uso do lodo de esgoto

Em função de não haver trabalhos com o uso de lodo de esgoto compostado nas propriedades químicas e físicas do solo, serão apresentados resultados sobre o uso do lodo de esgoto nas propriedades descritas.

A incorporação do lodo de esgoto no solo depende das características do lodo e do solo, como também das condições climáticas do local onde será aplicado, a cultura a ser desenvolvida e das frequências de aplicações. De acordo com Cheng et al., (2007) o lodo de esgoto apresenta macronutrientes e grandes quantidades de micronutrientes. Outros autores constataram teores de carbono de 30% (base seca); N, P e S em altas quantidades e baixa de K, além de apresentar um pH na faixa de 6,0 a 7,0 (TEDESCO et al., 2008).

Após duas aplicações anuais consecutivas de 10 e 20 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto tratado, De Maria et al., (2007) observaram o aumento do teor de matéria orgânica e a estabilidade de agregados na camada 0,0-0,10 m do solo. De acordo com Souza et al., (2005) observaram que houve aumento da macroporosidade decorrente do teor de matéria orgânica, em camadas de 0,0 – 0,10 m, não sendo observado nenhuma alteração da resistência do solo a penetração e a umidade, com aplicações de até 50 Mg ha⁻¹ em Latossolos. Souza et al., (2012) não encontraram alterações nas propriedades físicas do Latossolo Vermelho, quando receberam aplicações e lodo de esgoto.

De acordo com Barbosa et al., (2007) a aplicação de 12 Mg ha⁻¹ de lodo calcado proporcionou a diminuição da resistência do solo a penetração e o aumento da porosidade total do solo. O alto índice de matéria orgânica presente no lodo de esgoto favorece a estabilização da estrutura do solo, a formação de agregados e aumenta a capacidade de retenção de água no solo e também de nutrientes, o que permite melhor utilização de fertilizantes químicos (SANEPAR, 1997).

Costa et al., (2014) em um experimento analisando a distribuição de fósforo em Latossolos, observaram o aumento nos teores de P disponíveis no solo, quando adubados com lodo de esgoto.

Backes (2008) avaliando a produção de tapetes de grama adubados com lodo de esgoto constatou a necessidade de reposição de nutrientes no solo, pois os nutrientes presentes são transportados junto com o tapete de grama, pois ficam concentrados na camada superior de 1 cm, que é retirada na colheita dos tapetes.

Quanto as propriedades físicas, Gupta et al., (1977) observaram efeito significativo na estrutura do solo, com aumento da porosidade e redução da densidade. Wong; Ho (1991) constataram que a capacidade de retenção de água aumenta linearmente conforme a dose de lodo, em função da diminuição da densidade do solo e aumento da porosidade. No entanto, os mesmos autores observaram menor conteúdo de água no solo em função de doses mais elevadas, podendo ocorrer pelo aumento da macroporosidade.

Considerando o sistema de produção de grama, onde o solo é compactado para a retirada do tapete, o uso de uma fonte orgânica aplicada neste sistema poderá gerar inicialmente efeitos favoráveis na retenção de água no solo, porém com o desenvolvimento da planta sobre a camada de lodo compostado aplicado, há possibilidade dos efeitos físicos se estenderem ao aumento de porosidade e densidade, afetando positivamente a qualidade do tapete.

Em função da possibilidade de haver variação no conteúdo de água no solo em relação às doses de lodo de esgoto compostado, o aproveitamento desta água pela planta poderá gerar efeitos favoráveis com relação ao crescimento da grama. Portanto, através de avaliações com sensor de umidade do solo, poderá ser constatada a capacidade do composto de lodo gerar no sistema economia, ou melhor, maior eficiência do uso da água na formação de tapetes de grama.

Segundo Hill (1991) o manejo da irrigação inclui alguns dos seguintes procedimentos: a) calcular o armazenamento de água no solo utilizando informações de solo, culturas, tempo e manejo de irrigação; b) monitorar o conteúdo de água no solo com instrumentos ou técnicas amostrais, como tato, gravimetria, blocos de gesso, tensiômetros e sonda de nêutrons; c) observar e medir indicadores de plantas, como quando a cultura mostra evidências de estresse por mudança de cor ou murcha da folha, ou pelo uso de medidas de temperatura do dossel; d) combinação dos métodos acima, a fim de se reduzir o número de visitas ao campo.

Existem muitos métodos utilizados na determinação da umidade e tensão de água no solo, no entanto, os métodos mais comuns são, respectivamente: o uso de tensiômetros e o método gravimétrico (AGUIAR e SILVA et al., 2005). Em países onde a irrigação é realizada com técnicas modernas, o tensiômetro é bastante usado, principalmente onde o controle da irrigação é automatizado (BERNARDO, 1995).

2.4 Lodo de esgoto *in natura* e lodo de esgoto compostado

Conforme já descrito, a legislação e exigência quanto ao uso do lodo de esgoto *in natura* diretamente no solo é recente e, portanto há poucos trabalhos envolvendo o uso do lodo de esgoto compostado. No entanto, acredita-se que o composto, devido à mistura de lodo de esgoto rico em N com fontes de carbono, seja empobrecido em nutrientes de forma geral. Devido à compostagem espera-se uma população microbiana mais diversificada e, portanto um efeito mais intenso sobre propriedades físicas do solo.

É de se esperar também uma capacidade diferenciada de retenção de água do lodo compostado em relação ao lodo *in natura*, uma vez que o primeiro passa por um processo de decomposição da matéria orgânica, reduzindo o tamanho das partículas e num estágio mais avançado, humificadas, o que permitirá mais retenção. O incremento de matéria orgânica pode estar diretamente relacionado a capacidade de retenção de água. Alguns autores em seus trabalhos obtiveram resultados distintos quando analisaram essa relação, como por exemplo Vieira (1981), que observou aumento da capacidade de retenção de água quando se tem alta concentração de matéria orgânica no solo, diferente de Beutler et al, (2002) e Grohmann; Medina(1962), que verificaram pouca influência na capacidade de retenção de água do solo em relação ao teor de matéria orgânica no mesmo; notificando maior importância de outras propriedades, como a densidade do solo.

O lodo de esgoto por constituir um material homogêneo e diferente do composto que dependendo da fonte de carbono, pode apresentar heterogeneidade em relação ao tamanho das partículas, proporcionando alteração na densidade e porosidade do solo. A matéria orgânica tem a capacidade de aumentar o número de macroporos, dessa maneira reduzindo a densidade e a relação entre massa e volume.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado e conduzido em propriedade produtora de grama, localizada em Itapetininga. 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.

O experimento foi iniciado aos 60 dias após o corte do tapete anetrior. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2006).

3.1.1 Caracterização do solo

Para caracterização química do solo foram coletadas amostras (compostas de 10 subamostras simples) na profundidade 0-10 cm, onde ocorre o desenvolvimento radicular da grama, em toda a área experimental com a utilização de uma sonda. A análise química foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo no Departamento de Recursos Naturais da Faculdade de Ciências Agrônômicas, segundo a metodologia de Raij et al., (2001).

A caracterização física foi realizada, na profundidade de 0-10cm, no Laboratório de Física do Solo e determinou-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, na profundidade de 0-10 cm.

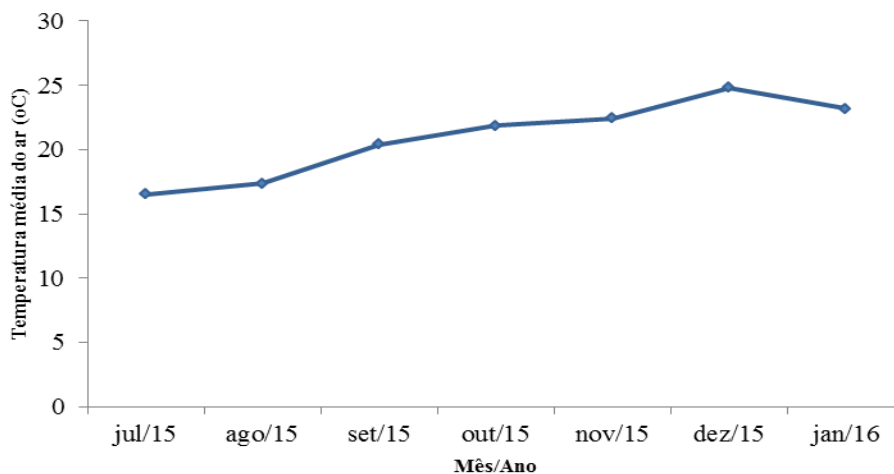
Camada	pH	M.O.	P _{resina}	H+AL	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
Cm	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----						
0-10	5,2	33	50	41	3,2	40	11	54	95	56
	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	-----mg dm ⁻³ -----									
0-10	0,78		1,4		40		2,0		2,9	

Tabela 2. Composição granulométrica e textural do Latossolo Vermelho Distrófico da área experimental, na profundidade de 0-10 cm.

Camada	Areia	Argila	Silte	Textura do solo
Cm	-----g kg ⁻¹ -----			
0-10	98	670	232	Muito Argiloso

3.1.2 Dados meteorológicos

Os dados de precipitação (mm) e temperatura média (graus Celsius) diária, no período de julho a dezembro de 2015, foram obtidos através do Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas - CIIAGRO (CIIAGRO *Online*, 2015).

**Figura 1.** Temperatura média do ar em Itapetininga durante julho de 2015 a janeiro de 2016.

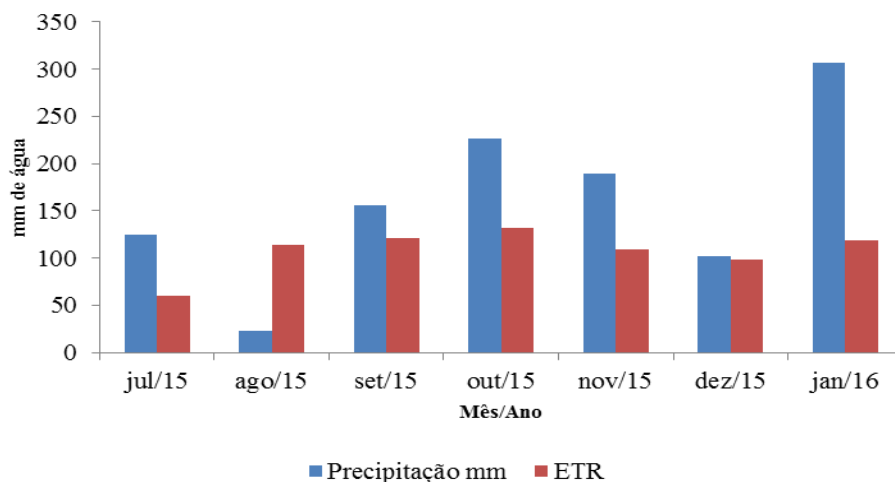


Figura 2. Precipitação e evapotranspiração real de Itapetininga durante julho de 2015 a janeiro de 2016.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com cinco repetições e 12 tratamentos. Os tratamentos foram definidos por cinco doses de lodo de esgoto compostado (0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha⁻¹, base seca), uma dose de adubo inorgânico e duas formas de aplicação. Cinco tratamentos receberam o adubo através de aplicação não parcelada correspondente a dose total e os demais, foram adubados parceladamente em duas aplicações; 50% do adubo orgânico aplicado no início do experimento e o restante, após atingirem 50% da taxa de cobertura.

O lodo de esgoto compostado utilizado foi proveniente da estação de tratamento de esgoto da cidade de Jundiaí, que utiliza o processo biológico aeróbio, consistindo em lagoas de aeração com difusores de membrana. A composição química do lodo de esgoto pode ser observada na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química do lodo de esgoto compostado utilizado no experimento.

Parâmetro	Unidade ⁽¹⁾	Concentração	VMP ⁽²⁾
Nitrogênio	g kg ⁻¹	10,7	-
Fósforo	g kg ⁻¹	6	-
Cálcio	g kg ⁻¹	35,3	-
Magnésio	g kg ⁻¹	5	-
Enxofre	g kg ⁻¹	9,3	-
Carbono Orgânico	g kg ⁻¹	165	-
Sódio	mg kg ⁻¹	1305	-
Potássio	mg kg ⁻¹	8452	-
Sólidos Totais	%	69,8	-
Sólidos Voláteis	%	30,0	-
pH	-	8,6	-
Umidade	%	27,2	-
CTC	mmolc kg ⁻¹	314	-
Relação C/N	-	15	-
Arsênio	mg kg ⁻¹	2,05	20
Cádmio	mg kg ⁻¹	< 0,1	3
Chumbo	mg kg ⁻¹	24,2	150
Cobre	mg kg ⁻¹	124	-
Cromo	mg kg ⁻¹	52,0	200
Níquel	mg kg ⁻¹	23	70
Mercúrio	mg kg ⁻¹	0,517	1
Molibdenio	mg kg ⁻¹	5,68	-
Selênio	mg kg ⁻¹	< 1	80
Zinco	mg kg ⁻¹	354	-

⁽¹⁾Resultados expressos com base em massa seca. ⁽²⁾VMP: Valores Máximos Permitidos segundo Instrução Normativa SDA Nº 27, 05 de junho de 2006 – Anexo V – Limites Máximos de Contaminantes Admitidos em Fertilizantes Orgânicos.

Cada bloco foi dividido em doze parcelas de 2 x 2,5 m com 1m de bordadura, totalizando aproximadamente 350 m² de área experimental. Para demarcação das parcelas foi utilizado fio de barbante com diâmetro de 5mm (Figura a). As Figuras b e c, representam o lodo de esgoto compostado utilizado e a vista geral da área experimental após a aplicação.

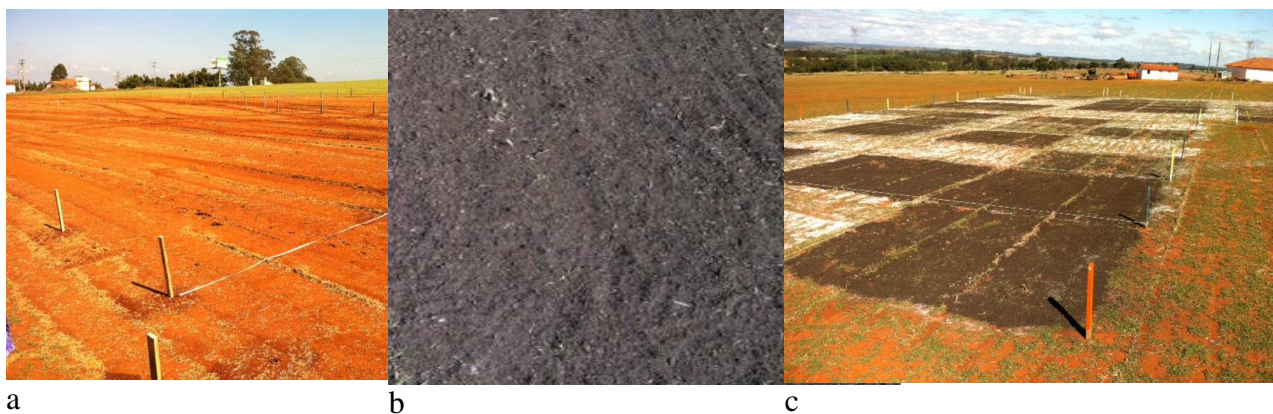


Figura 3. a - Demarcação da área experimental; b - Lodo de esgoto compostado; c - Vista geral da área após aplicação do composto.

3.3 Instalação do experimento

O experimento foi conduzido entre os meses de julho de 2015 a janeiro de 2016, iniciado aos 60 dias após o corte do tapete anterior. Após o estaqueamento foi feita a calagem da área total, com aplicação de $1,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário dolomítico (PRNT 95%), de acordo com a saturação de base (Tabela 1). Aos 60 dias após a colheita dos tapetes anteriores foi realizada a adubação não parcelada e a primeira aplicação da adubação parcelada, e novamente aos 127 dias após a primeira foi realizada a segunda aplicação. O lodo de esgoto compostado foi aplicado manualmente e espalhado sobre a superfície do solo com ajuda de um rastelo, logo após a calagem.

Nas parcelas onde foi realizada a adubação inorgânica, foi aplicada 670 kg ha^{-1} de ureia, aos 25 dias após o início do experimento, sendo fornecida a dose de 300 kg ha^{-1} de N em uma única aplicação. O controle de plantas daninhas foi realizado manualmente.

3.4 Características avaliadas nas plantas

3.4.1 Taxa de cobertura do solo pela grama

A taxa de cobertura do solo (TCS) foi avaliada através de imagem digital. As imagens foram obtidas paralelamente a superfície do gramado com uma câmera digital Sony, acopladas a uma “lightbox” (Figura 4) semelhante à produzida por PETERSON et al., (2011). As imagens foram descarregadas em um

computador e analisadas no software Sigma Scan, que permitiu obter, através da contagem de pixels verde, a taxa de cobertura vegetal.

As taxas foram determinadas aos 45, 93, 127, 156 dias após a aplicação do lodo de esgoto compostado (DAA).

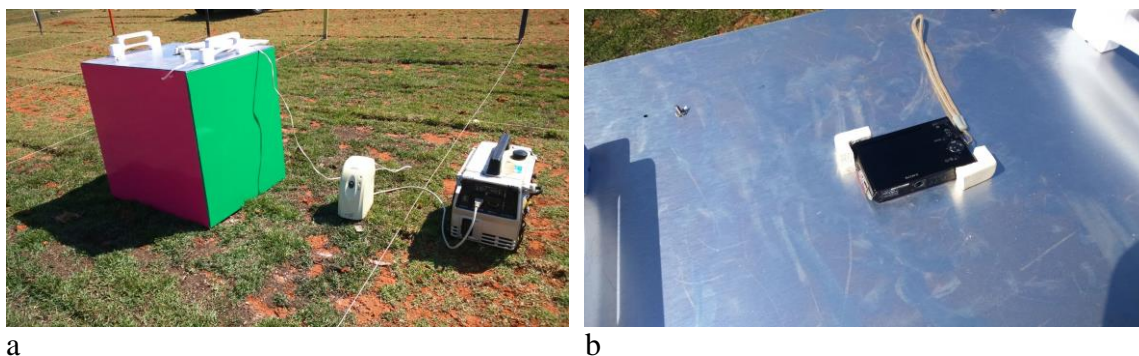


Figura 4. a - Conjunto “lighbox”; b - Câmera acoplada a “lightbox”.

3.4.2 Intensidade da coloração verde

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

As folhas foram coletadas nas parcelas, colocadas em sacos plásticos e os mesmos em caixa de isopor com gelo. Logo após a chegada ao laboratório, as folhas foram hidratadas e posteriormente realizadas uma leitura por folha em 30 folhas por parcelas, obtendo um valor médio por tratamento.

O ICV foi medido aos 45, 93, 127 e 156 dias após a aplicação do lodo de esgoto compostado (DAA).

3.4.3 Acúmulo de aparas

Foi realizada a roçada em cada parcela, utilizando uma roçadeira helicoidal a gasolina com motor, recolhendo as aparas para determinação da fitomassa seca. As aparas foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação e renovação de ar forçada por 72 horas na temperatura de 65°C. Após secagem foram pesadas para determinar a quantidade de massa seca total coletada em cada tratamento.

As roçadas foram realizadas aos 93 e 156 dias após aplicação do lodo de esgoto compostado (DAA).

3.4.4 Concentração de nutrientes na lâmina foliar

Depois de quantificada a matéria seca, as aparas foram moídas e enviadas para o Laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Solos e Recursos Ambientais – Ciência do Solo da UNESP para determinação da concentração de nutrientes, de acordo com a metodologia modificada de Malavolta et al., (1997).

As análises foram realizadas aos 93 e 156 dias após a aplicação do lodo de esgoto compostado (DAA) determinando-se a concentração de macronutrientes nas aparas.

3.4.5 Massa e resistência dos tapetes

A operação de colheita dos tapetes de grama foi realizada com auxílio de uma cortadeira mecânica acoplada a um trator, posteriormente à utilização do rolo compactador. Após a colheita dos tapetes, os mesmos foram separados de acordo com cada tratamento, cortados em tamanhos menores (40 x 60 cm), para facilitar o transporte. A pesagem foi feita em balança digital de 100kg e após foi realizado o teste de resistência dos tapetes de grama, utilizando o equipamento de ensaio de resistência, conforme metodologia descrita por Santos et al. (2010).

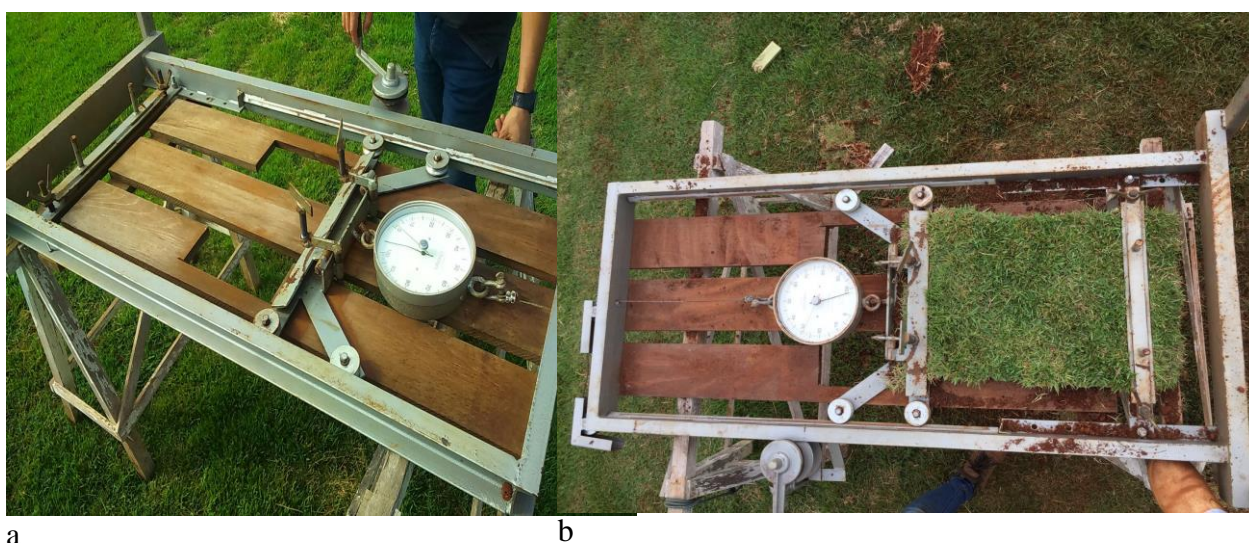


Figura 5. a – Equipamento de ensaio de resistência; b - Avaliação da resistência do tapete.

3.5 Características avaliadas no solo

3.5.1 Curva característica de retenção de água do solo

A determinação da curva foi realizada no laboratório de física do solo do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP. Para análise foram retiradas amostras indeformadas na camada de 0-10 cm, com anel volumétrico de 5cm de altura e 5cm de diâmetro. As características da curva foi determinada pelo método descrito por Camargo et al. (1986) e ajustadas pelo modelo de Van Genuchten (1980), apresentada na Figura 6.

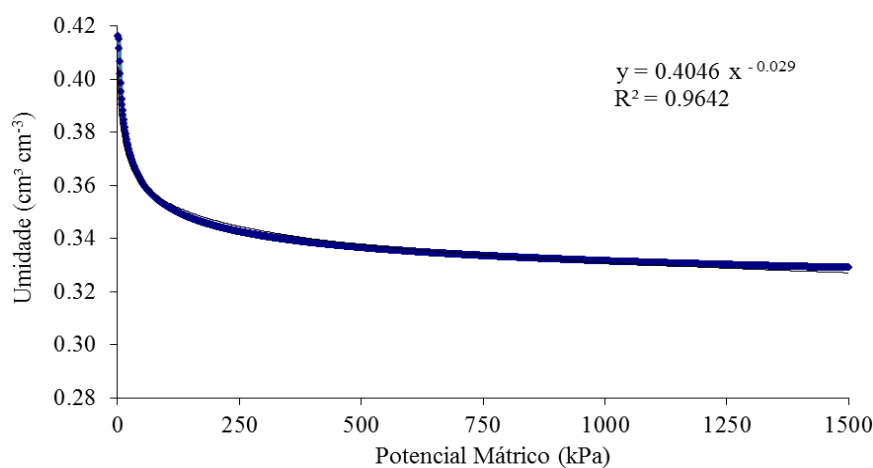


Figura 6. Curva característica de retenção de água no solo da área experimental em Itapetininga - SP.

3.5.2 Análise química do solo

Foi realizada análise química de macronutrientes do solo para fins de fertilidade e caracterização da área experimental de acordo com as metodologias descritas por Rajj et al. (2001). Os micronutrientes foram analisados através da extração com DTPA-TEA, método descrito por Camargo et al., (1986). A análise química do solo foi feita no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da UNESP. Foram coletadas amostras simples na profundidade de 0 a 10 cm.

3.5.3 Caracterização da umidade do solo

O acompanhamento da umidade do solo em função dos tratamentos foi realizado com sensor de umidade Delta T-ML2, na profundidade de 0-5cm. Para realizar as medidas foi necessário o uso de um gabarito para perfurar o solo, devido à elevada compactação da área. A umidade foi medida aos 127 e 156 dias após a aplicação do lodo compostado (DAA).

3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade, heterogeneidade e análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Foram realizadas análises de regressão, conforme comportamento observado. Utilizou-se o software Minitab 13.0 (MINITAB M, 2000) para análise de variância e teste de médias e o Origin 6.0 (Origin, Microcal software, Inc., versão: 6.0; Northampton, Massachusetts - USA. 2000) para análise de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características avaliadas na planta

4.1.1 Taxa de cobertura do solo (TCS)

De acordo com GODOY (2005) a taxa de cobertura do solo é o primeiro indicativo na formação de tapetes de grama. Através da porcentagem de fechamento da área, quando atingir 100% pode ser tomada a decisão do corte do tapete.

A Tabela 4 representa as médias e o resumo da análise de variância da taxa de cobertura do solo em função das doses de lodo de esgoto compostado e das formas de aplicação. Observou-se interação significativa entre dose e aplicação aos 45 e aos 156 dias após aplicação do lodo compostado (DAA) e aos 93 e 127 dias não houve efeito significativo para doses e nem para aplicação.

O parcelamento da aplicação do lodo compostado não mostrou vantagem em relação à aplicação total, em todas as épocas de amostragem. Uma explicação para este efeito advém do fato de que a maior massa de matéria orgânica no solo reteria maior volume de água que estaria sendo fornecida a planta, principalmente durante o período sem chuva.

Tabela 4. Médias e resumo da análise de variância da taxa de cobertura do solo (TCS). (n=5)

Doses de LEC Mg ha ⁻¹	Taxa de cobertura do solo (%)							
	45 DAA		93 DAA		127 DAA		156 DAA	
	Aplicação							
	1	2	1	2	1	2	1	2
0	18,5 b	19,0 a	27,9	35,6	56,6	62,8	60,9 Abc	49,7 Bb
10	24,6 b	20,0 a	32,9	37,3	61,5	60,3	59,3 bc	55,6 b
20	27,2 b	22,2 a	30,9	29,3	65,1	62,8	75,0 Aab	64,2 Bab
30	31,8 b	22,2 a	30,1	26,6	66,9	58,7	82,4 Aa	63,0 Bab
40	48,7 Aa	22,5 Ba	39,6	31,1	66,7	62,4	90,0 Aa	72,0 Ba
AI	18,3 b		36,8		68,9		68,7 c	

	----- p -----			
Dose (D)	0,0001	0,547	0,841	0,0001
Aplicação (A)	0,0001	0,953	0,248	0,0001
D x A	0,001	0,713	0,721	0,032
C.V (%)	29,00	36,7	25,45	5,58

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Nota-se pelos resultados apresentados que a TCS aos 45 DAA já havia atingido aproximadamente 49%, sendo este valor encontrado para a aplicação total do composto de lodo e para a dose de 40 Mg ha⁻¹. Para a mesma dose, porém aplicada de forma parcelada, a área coberta que representa o desenvolvimento da grama esmeralda, atingiu menos da metade, cerca de 22%. O efeito da adubação inorgânica neste momento da aplicação foi semelhante à testemunha. Isto ocorreu uma vez que a adubação nitrogenada foi aplicada aos 25 dias após aplicação do lodo compostado e, portanto os efeitos ainda não tinham sido observados.

Aos 93 DAA, houve pequeno aumento da TCS em relação à observação anterior, uma vez que neste período, ocorreram poucas chuvas o que prejudicou o crescimento da grama esmeralda. Especificamente a adubação química teve um crescimento diferenciado visto que a adubação foi aplicada aos 70 dias após o início do experimento. Nesta época de avaliação não foi observado diferença estatística entre as doses, apesar da diferença entre os tratamentos mais extremos superar 20% na TCS. Nesta data o coeficiente de variação foi mais elevado, atingindo 37%, o que possivelmente ocasionou essa diferença não significativa entre os tratamentos.

A avaliação realizada aos 127 DAA também não gerou diferenças estatísticas entre os tratamentos, quer seja para as doses ou para aplicação.

Mesmo assim, os valores mais elevados para a aplicação de lodo de esgoto compostado apresentaram maior cobertura com grama, significando melhor desenvolvimento. Nesta época, o valor de TCS observada para a adubação química, apesar de não significativo foi 2% superior à dose de 40 Mg de lodo por ha. Este resultado foi observado, pois nesta época de avaliação todo o N inorgânico na forma de ureia já havia sido aplicado, conforme manejo utilizado na prática na propriedade.

Os resultados observados nas épocas 93 e 127 DAA podem ser explicados pela maior transpiração nos tratamentos com maior dose de composto, e consequentemente redução do conteúdo de água no solo. Já os tratamentos cujo TCS foram menores, preservaram maior conteúdo de água no solo, permitindo uma taxa de crescimento maior nestes períodos e consequente menor variação entre tratamentos. Apesar de o composto ser uma fonte orgânica e reter água, este efeito não conseguiu superar neste período seco a capacidade da planta em transpirar.

Aos 156 DAA com o aumento das chuvas os tratamentos com composto promoveram aumento diferenciado na TCS, chegando às doses mais elevadas de lodo compostado (40 Mg ha⁻¹) a 90%, ou seja, quase 30% em relação à testemunha sem composto ou a 20% de diferença da adubação inorgânica. Este resultado pode ser relacionado diretamente ao efeito da umidade do solo favorecendo a decomposição da matéria orgânica e a liberação de nutrientes.

Nas Figuras 7 e 8 estão representadas as regressões da Taxa de Cobertura do Solo (TCS) em função das doses de lodo de esgoto compostado utilizadas, os 45 e aos 156 DAA. É possível observar que a aplicação do composto de lodo em uma única vez apresentou resultados superiores e significativos em relação à aplicação parcelada. Uma explicação para essa diferença observada pode ser o tempo de decomposição da metade do composto de lodo aplicado parceladamente em novembro não tenha ocorrido integralmente, necessitando de maior tempo para liberar os nutrientes desta porção aplicada tardiamente.

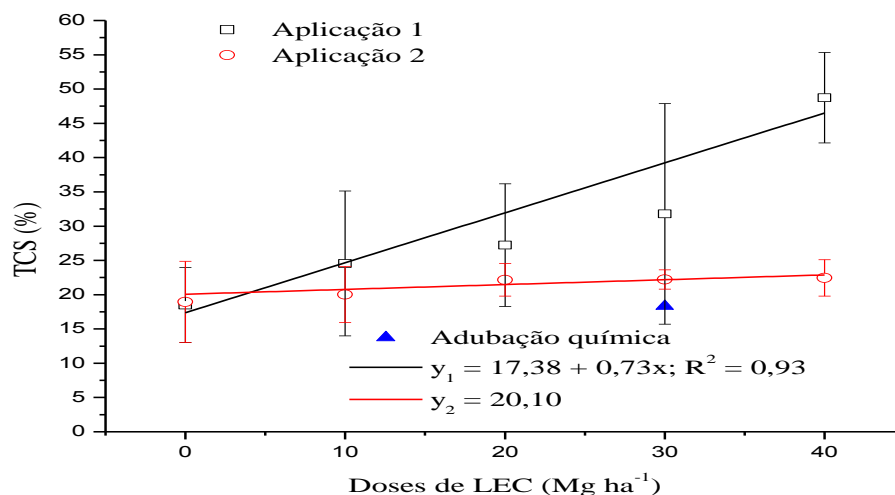


Figura 7. Taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama esmeralda em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação, aos 45 dias após a aplicação (DAA).

Aos 156 DAA, a dose de 40 Mg ha⁻¹ possibilitou a TCS de 90%. O tratamento que recebeu adubação química atingiu uma taxa de cobertura 68,7%. Backes et al., (2009) avaliando doses de 0, 10, 20, 30 e 40 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto, verificou que a dose de 40Mg ha⁻¹, em aplicação única, possibilitou a formação do tapete de grama (TCS 100%) aos 165 DAA.

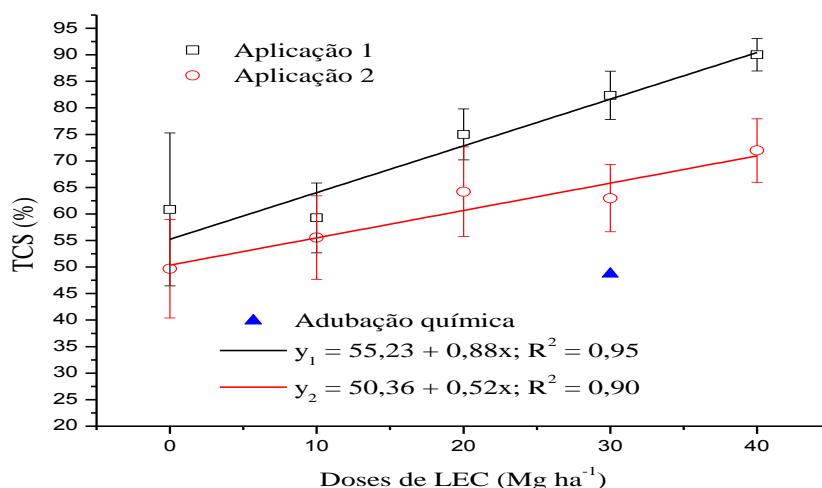


Figura 8. Taxa de cobertura do solo (TCS) pela grama esmeralda em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação, aos 156 dias após a aplicação do lodo compostado (DAA).

A taxa de cobertura do solo é um indicativo da velocidade de formação dos tapetes de grama, quando cobre totalmente a superfície do solo, produzindo rizomas e raízes, estruturando o tapete a ser cortado (CHRISTIANS, 1998).

4.1.2 Índice de coloração verde

O índice de coloração verde (ICV), representada pelo valor SPAD, está diretamente relacionada com a concentração de clorofila nas folhas, representando maior produção de carboidratos e dessa maneira proporcionando rápido enraizamento dos tapetes após o plantio.

As doses de lodo de esgoto compostado e as duas aplicações foram significativas para o índice de coloração verde aos 45 e aos 93 dias após aplicação compostado. Aos 127 dias, verificou-se efeito significativo apenas nas doses, e aos 156 dias após aplicação não houve efeito significativo (Tabela 5).

Tabela 5. Médias e resumo da análise de variância do índice de coloração verde (ICV). (n=5)

Doses de LEC Mg ha ⁻¹	Índice de coloração verde (SPAD)									
	45 DAA		93 DAA		127 DAA			156 DAA		
	Aplicação		Aplicação		Média			Média		
	1	2	1	2	Média	1	2	Média	1	2
0	27,9 Ac	27,0 Aa	26,9	27,4	27,1 b	26,5	26,1	26,3 b	27,8	27,2
10	30,4 Abc	28,7 Aa	28,4	29,3	28,8 ab	27,6	25,9	26,7 ab	26,6	25,6
20	31,6 Abc	28,7 Aa	28,6	27,4	28,0 ab	27,8	26,9	27,3 ab	26,8	26,7
30	35,0 Aab	30,7 Aa	31,5	29,2	30,3 a	29,0	29,2	29,1 ab	27,7	27,1
40	37,0 Aa	30,5 Ba	32,4	28,8	30,6 a	31,7	26,9	29,3 a	29,5	28,6
Média			29,5 ^a	28,4 ^B		28,5	27,0			
AQ	27,6 Ac	-	28,8	-	28,8 Aab	26,4	-	26,4ab	25,5	-
	----- p -----									
Dose (D)	0,0001		0,004		0,016			0,320		
Aplicação (A)	0,0001		0,026		0,071			0,820		
D x A	0,007		0,221		0,119			0,914		
C.V (%)	7,02		7,85		8,37			11,23		

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Aos 45 DAA, os resultados de intensidade de coloração verde (ICV) expressam de forma crescente o aumento a ICV quanto maior a dose de lodo

aplicada. O resultado do tratamento com adubo químico não diferiu da testemunha, uma vez que nesta época de avaliação a adubação com ureia ainda não havia sido realizada. A aplicação parcelada de composto de lodo gerou resultados estatisticamente diferentes da aplicação não parcelada, reforçando que neste caso maior quantidade de N foi liberada do composto incrementando o índice de clorofila e consequentemente a cor verde avaliada pelo clorofilômetro.

Verifica-se também que o ICV aos 45 dias após a aplicação foi maior em relação às demais épocas avaliadas, devido a maior liberação de N ter ocorrido até esta data, corroborando os resultados encontrados por Backes (2008). Na Figura 9, observa-se que aos 45 DAA, os índices de cor verde variaram de 27,9 a 37 unidades spad, apoiando o conceito em que com o aumento das doses, a partir de uma situação de deficiência de N, há uma resposta linear do índice de coloração verde da grama, relacionado ao incremento de clorofila (CARROW et al., 2001).

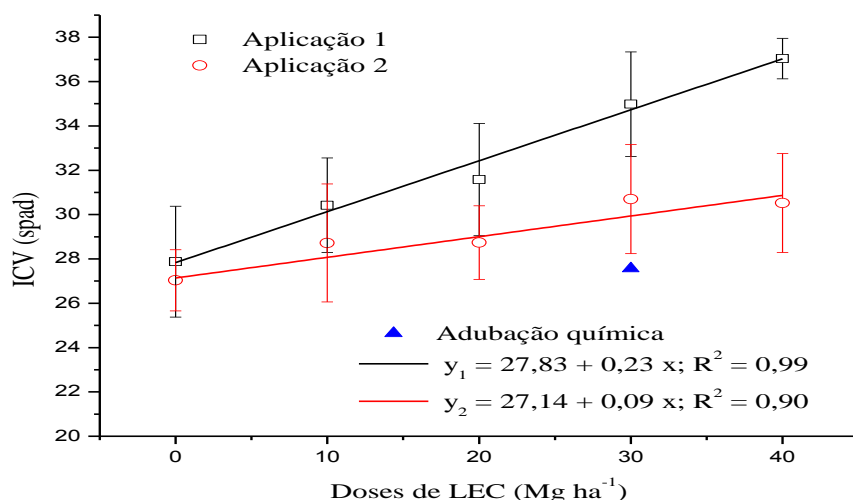


Figura 9. Intensidade de Cor Verde (ICV) pela grama esmeralda em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação, aos 45 dias após a aplicação (DAA).

Diferente do observado para TCS, houve diferença estatística entre os tratamentos para dose e aplicação, sendo os maiores valores obtidos para aplicação única de composto para a dose de 30 e 40 Mg ha⁻¹, conforme descrito na Tabela 4. Como o ICV se correlaciona com teor de N, pode inferir que a dose aplicada de 30 Mg ha⁻¹ a planta de esmeralda atingiu o valor máximo de teor de N, podendo para este parâmetro indicada como dose ótima.

Aos 127 dias foi possível observar diferenças significativas apenas entre a maior dose e a testemunha, não sendo notadas diferenças entre as formas de aplicação. A adubação química apesar de apresentar valor numericamente menor, não foi diferente estatisticamente.

A avaliação realizada aos 156 DAA não apresentou resultados estatisticamente diferentes, no entanto foi possível observar a TCS apresentada na Tabela 4, em que houve diferença de cobertura do solo e conseqüentemente de massa de planta. Este fato pode ter gerado um fator de uniformidade dos resultados de ICV, visto que nos tratamentos com maior dose de lodo compostado as plantas cresceram mais e com isso o N foi diluído na parte aérea da planta, o que causou diminuição de concentração em comparação com a testemunha ou doses mais baixas de composto. Beard (1973) constatou o efeito de diluição na concentração de clorofila, quando utilizadas doses muito altas de N, favorecendo a redução da cor verde.

Os valores de ICV variaram ao longo do experimento, de 27 até 37 índices SPAD. Para o referido trabalho pode-se considerar a dose de 30 Mg ha⁻¹ como ótima, uma vez que o incremento do valor SPAD, de aproximadamente 5%, não justifica o aumento da dose aplicada para 40 Mg ha⁻¹, elevando assim os custos de produção. Em seu trabalho Godoy (2005) verificou que gramas *Z. japonica* que receberam altas doses de N atingiram ICV maior que 37 unidades SPAD aos 90, 192 e 296 dias após o corte (DAC), entretanto, quando não foi aplicado N os valores de índice SPAD variaram de 22,9 a 28,9 aos 124, 192 e 296 DAC.

4.1.3 Concentração de nutrientes na lâmina foliar

A Tabela 6 apresenta os resultados da análise de variância e médias das concentrações de N na lâmina foliar da grama esmeralda aos 93 dias após a aplicação. É possível observar que houve interação significativa entre doses e aplicação para concentração desse nutriente.

Tabela 6. Médias e resumo da análise de variância da concentração de N na lâmina foliar. (n=5)

Concentração de N na lâmina foliar (g kg ⁻¹)				
Doses de LEC Mg ha ⁻¹	93 DAA		156 DAA	
	Aplicação			
	1	2	1	2
0	10,39 c	10,85	13,89	12,93
10	12,19 bc	11,86	12,64	10,22
20	13,64 bc	11,52	14,74	12,74
30	14,71 Ab	11,21 B	12,74	10,13
40	18,95 Aa	12,81 B	15,03	11,72
AQ	10,21 c	-	11,68	-
----- p -----				
Dose (D)	0,001		0,505	
Aplicação (A)	0,001		0,058	
D x A	0,001		0,937	
C.V (%)	12,64		29,44	

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Na Figura 10 pode-se observar que houve aumento linear na concentração de N na lâmina foliar, atingindo o valor máximo de 18,95 g kg⁻¹ com a dose de 40 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto compostado. Experimentos realizados a campo e em estufas, com aplicação de lodo de esgoto *in natura* e compostado resultaram em aumento linear da concentração de nitrogênio na lâmina foliar (BACKES et al., 2010; TESTER, 1989).

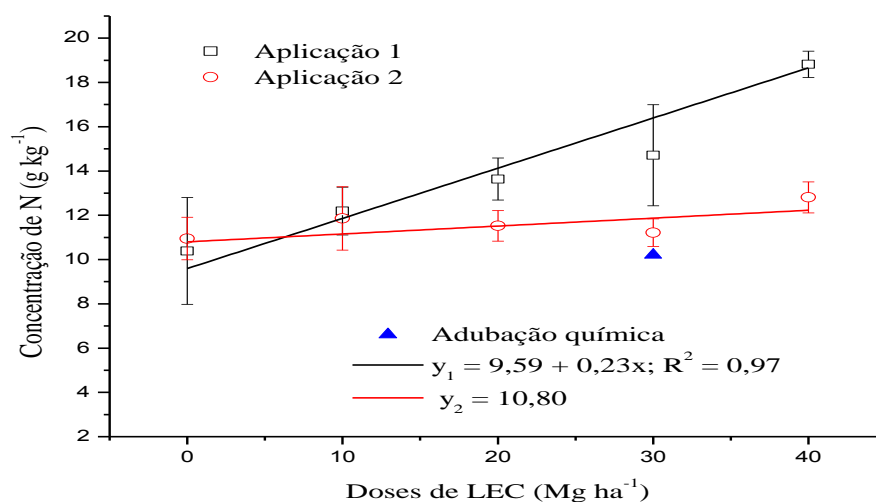


Figura 10. Concentração de N na folha da grama esmeralda em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação, aos 93 dias após a aplicação (DAA).

Aos 156 DAA a concentração de N na lâmina foliar de 15,03 g kg⁻¹ foi a que proporcionou a maior taxa de cobertura, de 90% conforme mostra a Tabela 4. Backes (2008) verificou que aos 105 DAA a concentração de N na lâmina foliar de 17 g kg⁻¹ foi a que proporcionou mais que 95% de taxa de cobertura do solo pela grama (TCS) e aos 165 DAA a faixa de concentração foi de 19 a 22 g kg⁻¹.

Devido ao efeito da diluição, há uma tendência da diminuição da concentração de nutrientes na folha ao longo do ciclo e também por ter ocorrido roçadas com recolhimento de aparas, ou seja, remoção de nutrientes junto com as mesmas, justificando a redução da concentração aos 156 DAA.

Em relação à concentração de P, houve diferença estatística com relação às doses de lodo de esgoto compostado (Tabela 7). A concentração de P nas folhas foi crescente com as doses de lodo aplicado. Ayuso et al., (1992), apontou que há um aumento na quantidade de fósforo disponível no solo quando adubado com lodo de esgoto.

Tabela 7. Médias e resumo da análise de variância da concentração de P na lâmina foliar. (n=5)

Concentração de P na lâmina foliar (g kg ⁻¹)						
Doses de LEC Mg ha ⁻¹	93 DAA			156 DAA		
	Aplicação					
	1	2	Média	1	2	Média
0	2,20	2,26	2,23 ab	2,30	1,99	2,14 ab
10	2,29	2,23	2,26 ab	2,13	1,96	2,04 b
20	2,49	2,18	2,18 ab	2,19	2,11	2,15 b
30	2,46	2,30	2,38 ab	2,25	2,20	2,22 ab
40	2,68	2,41	2,54 a	2,50	2,36	2,43 a
Média	2,42	2,28		2,27A	2,12B	
AQ	2,10	-	2,10b	2,08	-	2,08 b

----- p -----

Dose (D)	0,005	0,002
Aplicação (A)	0,071	0,019
D x A	0,250	0,666
C.V (%)	9,93	9,17

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Não houve resposta à aplicação parcelada de lodo compostado, mesmo considerando que no tratamento parcelado apenas metade da quantidade de P havia sido fornecida. Isso pode ser explicado pelo chamado efeito diluição, ou seja, no tratamento onde a quantidade de lodo foi integral, apesar de a planta absorver maior quantidade de P também houve o aumento de massa, promovendo a diluição e conseqüentemente diminuindo a concentração. O contrário ocorreu no tratamento parcelado, onde menor quantidade lodo compostado aplicado gerou um crescimento menor e conseqüentemente menor diluição do P absorvido.

Os valores encontrados aos 93 DAA foram maiores que na avaliação aos 156 DAA. Este fato é observado de modo geral nas culturas, onde a absorção de nutrientes não acompanha o crescimento em massa da planta, diminuindo a sua concentração.

Nos trabalhos realizados por Backes (2009), a concentração de P aumentou com o aumento das doses de lodo, sendo que os valores encontrados aos 165 DAA foram maiores quando comparadas a outras avaliações.

Em virtude da liberação lenta dos nutrientes no processo de decomposição da matéria orgânica do lodo, é possível uma melhora no aproveitamento

dos mesmos. Porém a fixação do P ao alumínio e ao Ferro no solo é reduzida com aumento da matéria orgânica (CARVALHO; BARRAL, 1981).

Para a concentração de K, verificou-se interação significativa entre dose e aplicação aos 93 DAA, como mostra a Tabela 8.

Tabela 8. Médias e resumo da análise de variância da concentração de K na lâmina foliar. (n=5)

Concentração de K na lâmina foliar (g kg^{-1})				
Doses de LEC Mg ha^{-1}	93 DAA		156 DAA	
	Aplicação			
	1	2	1	2
0	7,56 cd	7,40 a	10,36	9,23
10	8,76 bcd	8,70 a	10,12	7,58
20	10,04 abc	8,16 a	10,00	9,80
30	10,84 ab	9,00 a	10,26	8,26
40	12,52 Aa	9,30 Ba	12,77	9,28
Média	-	-	10,70A	8,83B
AQ	7,10 Ad		7,66	-

	----- p -----	
Dose (D)	0,0001	0,178
Aplicação (A)	0,002	0,034
D x A	0,040	0,520
C.V (%)	14,90	26,70

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Pode-se observar um aumento linear na concentração de K para aplicação única, atingindo valor de $12,52 \text{ g kg}^{-1}$ para dose de 40 Mg ha^{-1} . Diferente do observado para N e P, o K está na forma livre, como K^+ , e, portanto com a aplicação não parcelada, grande quantidade desse nutriente ficou disponível e foi absorvida pela planta. Deve-se lembrar que há a chamada absorção de luxo, ou seja, a planta absorve uma quantidade superior a que de fato necessita para os processos bioquímicos.

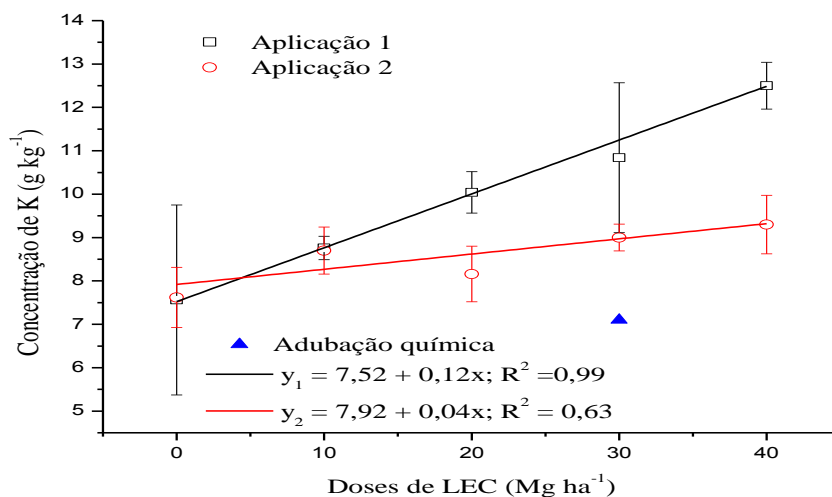


Figura 11. Concentração de K na folha da grama esmeralda em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação, aos 93 dias após a aplicação (DAA).

Aos 156 DAA não houve diferença entre as concentrações do K em função das doses de lodo de esgoto compostado, apenas com relação às aplicações. A não diferença observada quanto às doses de lodo pode ser explicada pelo efeito diluição, pois à medida que aumentou a quantidade de K⁺ fornecida, proporcionalmente aumentou também a massa da planta. A diferença entre a concentração da aplicação única e parcelada pode ser justificada pela maior lixiviação de K⁺ quando a segunda parcela de lodo foi aplicada, visto que neste período houve aumento das chuvas em relação à aplicação em uma única vez. Há também a hipótese de que parte do K⁺ é absorvido por osmose. Para que este fenômeno de contato íon-raiz ocorra, quanto maior a concentração de raízes maior absorção. Portanto, como houve maior crescimento de plantas nos tratamentos com dose única, também há de se esperar maior desenvolvimento de sistema radicular.

As diferenças ocorridas na absorção do K aos 93 e 156 DAA são relativamente baixas, deixando bastante nítido que o composto de lodo de esgoto é um material pobre no referido elemento.

As tabelas a seguir (Tabela 9 e 10) apresentam os valores encontrados para o Ca e Mg no que diz respeito à análise de variância e média dos resultados da concentração destes elementos em função das doses de lodo de esgoto compostado e das aplicações aos 93 e 156 DAA, respectivamente. Houve efeito

significativo apenas para as doses de lodo aos 93 DAA para Ca, não ocorrendo resposta para diferentes aplicações.

Tabela 9. Médias e resumo da análise de variância da concentração de Ca na lâmina foliar. (n=5)

Concentração de Ca na lâmina foliar (g kg^{-1})					
Doses de LEC Mg ha^{-1}	93 DAA			156 DAA	
	Aplicação			1	2
	1	2	Média		
0	1,96	1,65	1,80 b	1,34	1,30
10	2,04	1,92	1,98 b	1,42	1,14
20	2,70	1,82	2,26 ab	1,22	1,30
30	2,68	2,58	2,63 ab	1,30	1,18
40	3,22	2,82	3,02 a	1,87	1,26
Média	2,52	2,16		-	-
AQ	1,96	-	1,96 b	1,16	-

----- p -----

Dose (D)	0,004	0,549
Aplicação (A)	0,122	0,229
D x A	0,799	0,412
C.V (%)	31,80	32,06

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Tabela 10. Médias e resumo da análise de variância da concentração de Mg na lâmina foliar. (n=5)

Concentração de Mg na lâmina foliar (g kg^{-1})				
Doses de LEC Mg ha^{-1}	93 DAA		156 DAA	
	Aplicação		1	2
	1	2		
0	1,38	1,25	1,18	1,07
10	1,34	1,30	1,10	1,04
20	1,44	1,34	1,06	1,12
30	1,60	1,46	1,06	1,06
40	1,77	1,56	1,17	1,06
AQ	1,36		1,10	

----- p -----

Dose (D)	0,074	0,937
Aplicação (A)	0,297	0,593
D x A	0,860	0,837
C.V (%)	19,60	17,43

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

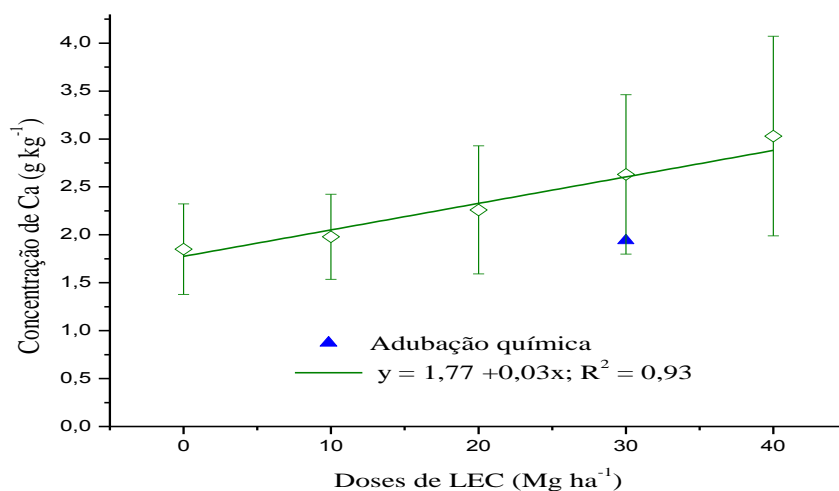


Figura 12. Concentração de Ca na folha da grama esmeralda em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação, aos 93 dias após a aplicação (DAA).

Nota-se um aumento linear da concentração de Ca com aumento com as doses de lodo de esgoto compostado (Figura 12). O nutriente em questão está presente no composto utilizado, sinalizando uma diferença de 40% entre a testemunha e a maior dose utilizada (40 Mg ha⁻¹).

Esses resultados observados eram esperados, uma vez que com a aplicação de 40 Mg ha⁻¹ (35,3 g kg⁻¹ de composto de lodo), houve um aumento de 1400 kg de Ca no solo. Enquanto que a concentração de Mg, no lodo de esgoto compostado é de 5 g kg⁻¹ de composto de lodo, não apresentando diferenças estatísticas para esse parâmetro.

No trabalho realizado por Backes (2008), considerando estes mesmos elementos, foi observado aumento contínuo nas concentrações de Ca e Mg em função das doses de lodo aos 45 DAA.

A Tabela 11 apresenta a análise de variância da concentração de S na folha nas duas épocas de avaliação. Aos 93 DAA houve efeito significativo das doses e aplicação com relação à concentração de S na folha de grama, porém o melhor resultado foi obtido com a dose de 40 Mg ha⁻¹ (Figura13).

Tabela 11. Médias e resumo da análise de variância da concentração de S na lâmina foliar. (n=5)

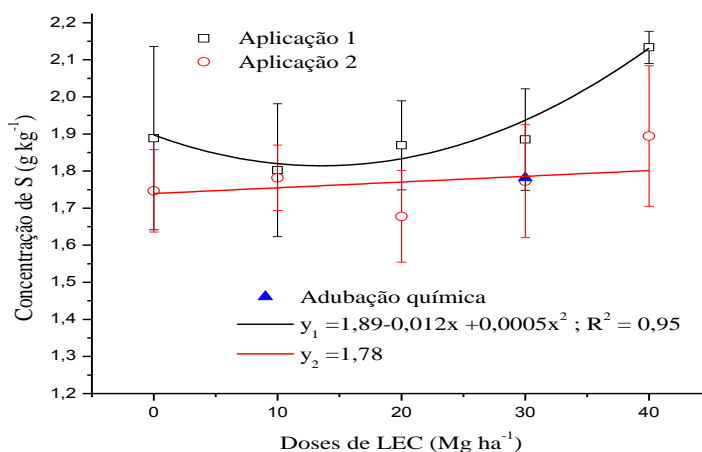
Concentração de S na lâmina foliar (g kg ⁻¹)							
		93 DAA			156 DAA		
Doses de LEC		Aplicação					
Mg ha ⁻¹		1	2	Média	1	2	Média
0		1,89	1,73	1,81 ab	2,10	1,94	2,02 a
10		1,80	1,78	1,79 b	1,88	1,79	1,83 a
20		1,87	1,68	1,77 b	1,90	1,86	1,88 a
30		1,88	1,77	1,82 ab	1,87	1,76	1,81 a
40		2,12	1,89	2,00 a	2,17	1,91	2,04 a
	Média	1,91 A	1,77 B		1,98	1,85	
	AQ	1,78 b	-		1,83	-	

----- p -----

Dose (D)	0,012	0,092
Aplicação (A)	0,006	0,048
D x A	0,468	0,823
C.V (%)	26,70	11,02

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Na mineralização do lodo de esgoto, o comportamento do S é muito semelhante ao do N e, portanto os resultados observados seguem o mesmo modelo.

**Figura 13.** Concentração de S na folha da grama esmeralda em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação, aos 93 dias após a aplicação (DAA).

No trabalho de Backes (2008), o S não apresentou diferença significativa nas três épocas avaliadas.

4.1.4 Massa de aparas

A Tabela 12 apresenta os resultados da análise de variância e médias da massa de aparas em função das doses de lodo de esgoto compostado e das aplicações. Observa-se que não houve efeito significativo para doses e aplicação aos 93 DAA. Mesmo assim, a maior dose do lodo compostado, 40 Mg ha⁻¹ aplicado gerou maior massa de aparas, 28,28 kg ha⁻¹.

Tabela 12. Médias e resumo da análise de variância da massa de aparas. (n=5)

Doses de LEC Mg ha ⁻¹	Massa de aparas (kg ha ⁻¹)				Média
	93 DAA		156 DAA		
	Aplicação				
	1	2	1	2	
0	21,84	14,28	20,98	15,58	18,28
10	17,72	16,86	16,90	16,94	16,92
20	16,92	13,98	15,82	13,82	14,82
30	22,22	23,18	23,01	19,94	21,47
40	28,28	18,76	28,68	16,74	22,71
Média	-	-	21,07 A	16,60 B	
AQ	17,62	-	15,94	-	
----- p -----					
Dose (D)	0,075		0,086		
Aplicação (A)	0,066		0,044		
D x A	0,501		0,357		
C.V (%)	36,98		37,04		

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

As não diferenças observadas entre as épocas de avaliações e entre tratamentos não estão de acordo com os resultados discutidos anteriormente, como a taxa de cobertura de solo, que foi crescente em função das doses de lodo de esgoto compostado aplicadas. Esses resultados contraditórios nos indicam que esta medida de aparas não foi um parâmetro adequado de comparação para os tratamentos. Uma justificativa para o fato pode ser a irregularidade do terreno gerada pela área coberta por

grama em relação aquela em que a grama ainda não estava formada, não permitindo com isso um corte homogêneo das aparas.

4.1.5 Massa e resistência de tapetes de grama

Nas Tabelas 13 e 14 são representadas as análises de variância e médias referentes as massas e resistências dos tapetes de grama esmeralda. Houve significância em relação às doses de lodo de esgoto compostado e aplicações para os pesos dos tapetes e resistência.

Nota-se um decréscimo da massa do tapete para maior dose utilizada (40 Mg ha^{-1}) em relação à dose anterior, isso porque o lodo de esgoto compostado acaba por fazer parte do tapete cortado, pois as raízes e rizomas se formam nesta região (Figura 14). Como a densidade do lodo é inferior a do solo, os tapetes formados são mais leves, o que é um aspecto muito interessante, pois quando se pensa na carga de um caminhão está será menor, permitindo que maior quantidade de tapetes sejam transportados.

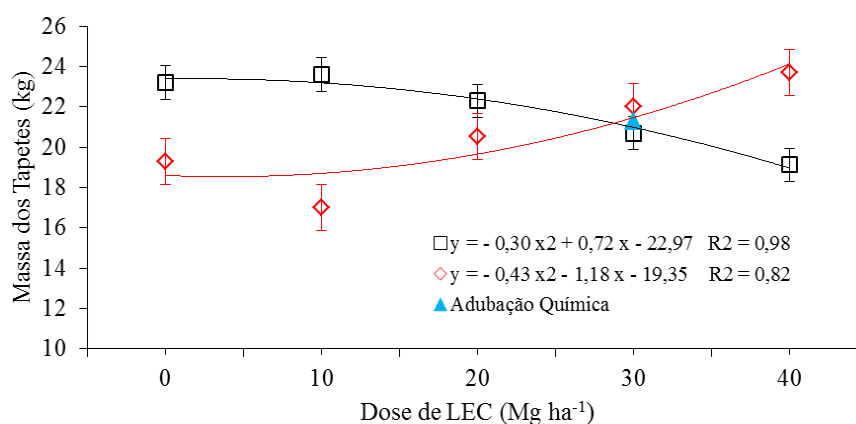


Figura 14. Massa dos tapetes de grama esmeralda em função das doses de lodo de esgoto compostado (LEC) e adubação química (AQ).

Houve um decréscimo de 8% de massa em relação à dose de 30 Mg ha^{-1} e 10% em relação à adubação química. Este efeito é mais pronunciado quando a aplicação ocorreu em uma única parcela. A aplicação parcelada do lodo de esgoto compostado não promoveu o mesmo efeito devido ao fato de que no momento da aplicação da segunda parcela, parte das raízes e rizomas da grama já haviam se

formado, o que não gerou uma aplicação uniforme. Também é possível observar que na testemunha (dose 0), os valores foram bem distintos, significando que também pode haver outro problema envolvido nesta determinação.

No momento do corte do tapete, a não aplicação de composto de lodo (testemunha) e a dose de 10 Mg ha⁻¹ não geraram tapetes íntegros, pois a formação de raízes e rizomas não se deu por completa. Com isso, foi analisado parte do tapete coletados, o que certamente gerou resultados diferentes dos esperados, principalmente para o parcelamento da aplicação do lodo de esgoto compostado.

Tabela 13. Médias e resumo da análise de variância da massa dos tapetes de grama esmeralda. (n=5)

Massa dos tapetes (kg)			
Doses de LEC Mg ha ⁻¹	Aplicação		
	1	2	Média
0	23,20	19,30	21,25 a
10	23,60	17,0	20,30 b
20	22,30	20,53	21,41 a
30	20,70	22,00	21,35 a
40	19,12	23,72	21,42 a
Média	21,07 A	16,60 B	
AQ	21,26	-	21,26 a
----- p -----			
Dose (D)	0,002		
Aplicação (A)	0,035		
D x A	0,202		
C.V (%)	12,70		

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Backes et al., (2010) analisando a massa de tapetes de grama adubados com lodo de esgoto observou redução de 13% quando comparou a adubação inorgânica com as doses de 40 Mg ha⁻¹.

A resistência do tapete de grama está relacionada diretamente com o desenvolvimento de raízes, estolões e parte aérea juntamente com o solo. Quando as raízes e estolões não estão bem formados, o produtor lança mão de intensa compactação do solo antes de retirar o tapete.

Neste experimento, as menores doses de lodo de esgoto compostado proporcionaram menor resistência, provavelmente devido o tapete ainda não ter sido formado.

Para a aplicação única de composto de lodo, observou-se, que a maior resistência do tapete foi encontrada com a dose de 30 Mg ha⁻¹. Doses maiores promoveram menor resistência dos tapetes (Figura 15). Uma das hipóteses seria um maior crescimento da área foliar em detrimento aos rizomas e raízes, o que já foi observado em vários experimentos, entre eles o de Backes (2008).

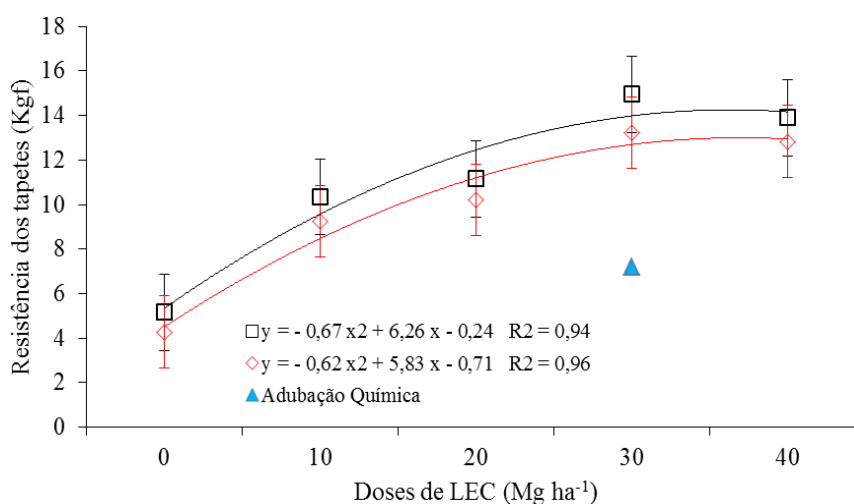


Figura 15. Resistência dos tapetes de grama esmeralda em função das doses de lodo de esgoto compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação.

Nota-se também que a aplicação parcelada do composto de lodo não atingiu os mesmos níveis de resistência do tapete quando a aplicação foi única, reforçando o aspecto favorável da aplicação não parcelada. Sob este aspecto, em termos práticos, a aplicação não parcelada gera um custo menor e proporciona resultados melhores em relação ao parcelamento. Outro aspecto que deve ser destacado é que a resistência do tapete para doses de 10 Mg ha⁻¹ já foi superior a ao uso da adubação inorgânica em 2 Kg. Este aspecto traz qualidade no tapete de grama, principalmente no seu manuseio onde ele será plantado. É comum que neste momento, devido à massa do tapete, o mesmo se rompa e aumente muito o retrabalho, pois além de gerar falhas no fechamento da área e conseqüentemente a necessidade de fechar as falhas formadas, também gera “retalhos” de grama que muitas vezes não são usados no plantio.

Tabela 14. Médias e resumo da análise de variância da resistência dos tapetes de grama esmeralda. (n=5)

Resistência dos tapetes (kgf)			
Doses de LEC Mg ha ⁻¹	Aplicação		
	1	2	Média
0	5,17	4,28	4,72 bc
10	10,35	9,25	9,80 ab
20	11,15	10,22	10,68 a
30	14,95	13,24	14,10 a
40	13,9	12,84	13,37 a
Média	11,10 A	9,96 B	
AQ	7,17	-	7,17 c
----- p -----			
Dose (D)	0,0001		
Aplicação (A)	0,043		
D x A	0,061		
C.V (%)	15,70		

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Observou-se também que houve aproveitamento de 100% dos tapetes com as doses de 30 e 40 Mg ha⁻¹, para aplicação não parcelada. Doses menores não formaram tapetes e a aplicação parcelada não obteve 100% de aproveitamento, mesmo nas maiores doses. A adubação inorgânica produziu 60% de tapetes íntegros (Tabela 15). É importante salientar que todos os tratamentos, mesmo para dose 0 irão gerar tapetes íntegros, no entanto o tempo para isso é muito superior ao observado para doses de 30 e 40 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto compostado. Com isso, pode-se deduzir que os tapetes tiveram uma formação mais rápida para as duas maiores doses de lodo de esgoto compostado e com isso, o corte pode ocorrer precocemente.

Portanto, a aplicação do lodo de esgoto compostado antecipa o corte dos tapetes possibilitando a formação de um novo tapete na área.

Tabela 15. Porcentagem de tapetes íntegros de acordo com as doses de lodo de esgoto compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação. (n=5)

Tapetes íntegros		
Doses de LEC	Aplicação	
	1	2
Mg ha ⁻¹	%	
0	-	-
10	-	-
20	40	-
30	100	20
40	100	60
AQ	60	

4.2 Características avaliadas no solo

4.2.1 Análise química do solo

Através da Tabela 16, pode-se observar que não houve diferença significativa para o índice de pH no solo, na camada de 0-10 cm. O fato de não ter alterado o pH da área, é que o material orgânico permaneceu superficialmente e a amostragem de 10 cm diluiu algum efeito que a fonte orgânica pudesse ter gerado no solo. Em trabalho avaliando doses de lodo *in natura* na produção de grama esmeralda, Backes (2008) não encontrou diferenças nos índices de pH em quatro profundidades avaliadas.

Tabela 16. Médias e resumo da análise de variância do índice de pH, teor de M.O, P resina, H+AL e K no solo, na profundidade de 0-10 cm. (n=5)

Doses de LEC	pH		M.O.		P _{resina}		H+AL		K		Média
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Mg ha ⁻¹	pH		g dm ⁻³		mg dm ⁻³		----- mmol _c dm ⁻³ -----				
0	5,18	5,12	41,24	51,80	46,23	53,7	46,86	44,81	4,45	3,96	4,20 cd
10	5,06	5,18	51,86	42,06	52,23	49,52	49,22	44,87	5,11	4,73	4,92 bc
20	5,17	5,32	45,69	41,84	56,71	44,76	46,06	46,88	5,63	5,29	5,46 ab
30	5,29	5,20	43,78	42,06	69,02	45,70	43,50	45,97	5,98	4,88	5,43 ab
40	5,19	5,08	44,61	42,82	50,21	48,26	42,31	45,18	6,41	5,42	5,91 a
Média									5,52 A	4,86 B	
AQ	5,10	-	44,49	-	41,58	-	47,38	-	3,80	-	3,80 d

----- p -----

Dose (D)	0,395	0,944	0,632	0,959	0,0001
Aplicação (A)	0,836	0,880	0,277	0,818	0,006
D x A	0,486	0,478	0,374	0,903	0,175
C.V (%)	3,57	25,66	32,77	18,48	12,53

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Para teores de matéria orgânica, não houve significância em relação a doses e a aplicação, atribuindo o motivo à questão de amostragem já discutida para pH.

Backes (2008) avaliando os teores de M.O no solo em áreas produtoras de grama observou efeito apenas na camada de 0-5 cm. No experimento em questão foram avaliadas nas profundidades 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-35 cm.

Resultados semelhantes ocorreram para P, cujos teores já estavam elevados no solo.

Do mesmo modo que ocorreu para pH, o composto de lodo não influenciou os valores encontrados para H+AL, considerando a profundidade de amostragem realizada.

Houve efeito significativo entre doses e aplicação para teores de K no solo. Observou-se aumento linear com aplicação das doses de lodo de esgoto compostado. A contribuição do lodo, para a aplicação única foi de 0,05 mmol_c dm⁻³ de K por tonelada de composto de lodo aplicado, para a aplicação parcelada o valor foi de

$0,03 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Os resultados apresentados vão de encontro com os encontrados por Backes (2008) e Nascimento et al., (2004), ocorrendo aumento nos teores de K no solo com aplicação de doses de lodo de esgoto.

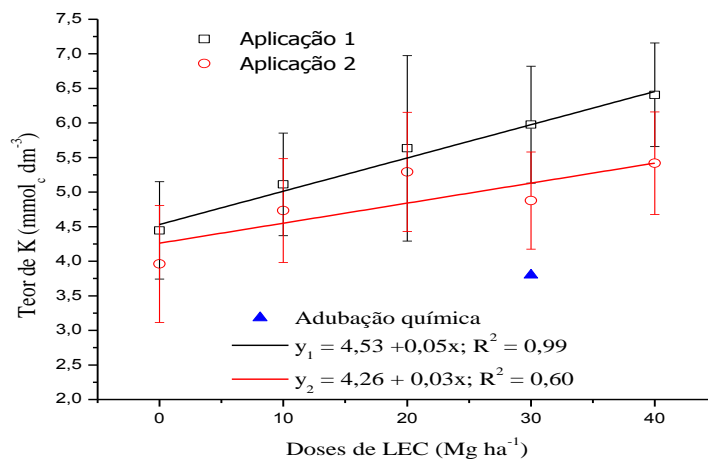


Figura 16. Teor de K no solo em função das doses de lodo compostado (LEC), adubação química (AQ) e formas de aplicação.

Os teores de Ca e Mg no solo não foram influenciados pelas doses de lodo de esgoto compostado e pelas formas de aplicação, não apresentando diferença estatística (Tabela 17).

Tabela 17. Médias e resumo da análise de variância do teor de Ca, Mg, da Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e da Saturação por Bases (V%) do solo na profundidade de 0-10cm. (n=5)

Doses de LEC	Ca		Mg		SB			CTC			V%			
	1	2	1	2	Média	1	2	Média	1	2	Média	1	2	
Mg ha ⁻¹	----- mmol _c dm ⁻³ -----												%	
0	41,39	37,07	13,15	11,56	12,35 ab	58,98	52,59	55,78 ab	105,84	97,40	101,62 b	55,66	53,93	
10	39,95	42,54	11,21	13,01	12,11 ab	56,27	60,28	58,27 ab	105,49	105,15	105,32 ab	53,55	57,18	
20	45,12	46,27	15,02	15,57	15,29 a	65,77	67,13	66,45 a	111,83	114,02	112,92 a	58,60	59,03	
30	45,12	40,52	14,32	13,22	13,77 ab	65,42	58,62	62,02 ab	108,93	104,59	106,76 ab	60,05	55,92	
40	39,66	41,10	12,94	13,01	12,97 ab	59,01	59,53	59,27 ab	101,32	104,71	103,01 b	58,38	56,68	
Média			13,33	13,27		61,09	59,63		106,68	105,17				
AQ	37,07	-	11,28	-	11,28 b	52,15	-	52,15 b	99,53	-	99,53 b	52,49	-	
	----- p -----													
Dose (D)	0,136		0,043		0,048			0,003			0,634			
Aplicação (A)	0,976		0,879		0,850			0,606			0,981			
D x A	0,536		0,715		0,549			0,388			0,775			
C.V (%)	14,57		19,77		14,64			6,60			12,48			

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

Os resultados de soma de bases foram influenciados pelas doses de lodo de esgoto compostado, certamente pelo efeito do observado para K, uma vez que para Ca e Mg não foram afetados pelas doses.

Pode-se observar que houve significância na CTC em relação às doses de lodo de esgoto compostado aplicadas. Ocorreu um efeito linear crescente com o aumento das doses. A CTC determinada é dada pela SB + H + Al. Uma vez que houve aumento da SB era de se esperar também diferença para CTC. Uma das explicações para aumento da CTC com a dose de lodo de esgoto compostado é que a capacidade de fontes orgânicas alterar a CTC do solo. Estudos analisando alterações químicas de um solo tratado com lodo de esgoto verificou que a adição de lodo elevou a CTC da camada superficial do solo, atribuindo essa elevação ao aumento da matéria orgânica (NASCIMENTO et al., 2005; BACKES, 2009).

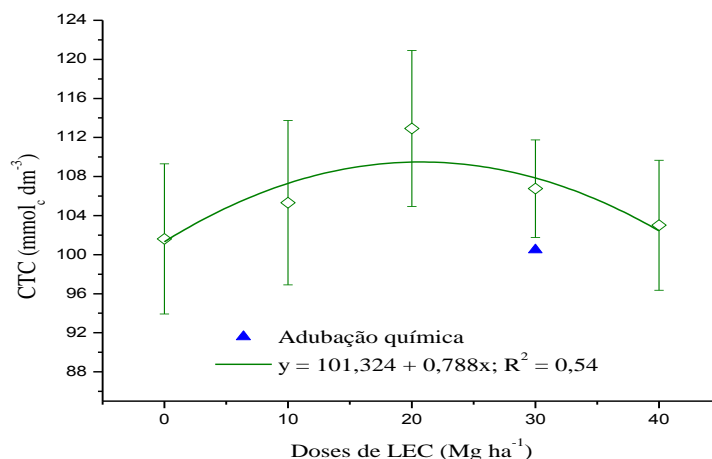


Figura 17. Capacidade de Troca Catiônica (CTC) no solo função das doses de lodo compostado (LEC) e adubação química (AQ).

As médias e análise de variância da saturação por bases (V%), assim como já discutido para o pH não foi influenciada pelas doses de lodo de esgoto compostado e pelas aplicações.

4.2.2 Umidade do solo

Os resultados de umidade do solo são apresentados na Tabela 18. Nota-se que nas medidas realizadas aos 127 e 156 DAA os valores não diferiram estatisticamente entre si. O equipamento utilizado para estas determinações tem uma haste de 5 cm e, portanto, avalia por constante dielétrica a variação da tensão emitida e recebida pelas hastes. Por mais que o lodo de esgoto compostado estivesse presente no solo como já é conhecido, o material orgânico pode reter maior quantidade de água do que a argila e areias, este efeito não foi suficiente para gerar resultados diferentes uma vez que a haste integraliza a umidade dos 5 cm amostrados e não apenas da camada superior (1cm onde o material orgânico se concentrou na dose mais elevada).

Apesar de não ter sido observada diferença estatística, no campo era evidente a diferença, principalmente no início de fechamento do tapete, um diferencial grande entre as doses. Por mais que o aspecto químico do lodo tenha gerado diferenças como as já discutidas, a umidade do solo pode ter contribuído para esse resultado, apenas a forma como foi avaliada não se conseguiu mostrar estas diferenças.

Tabela 18. Médias e resumo da análise de variância da umidade do solo. (n=5)

Umidade do solo (% de água no solo)				
Doses de LEC Mg ha ⁻¹	93 DAA		156 DAA	
	Aplicação			
	1	2	1	2
0	15,3	17,5	29,4	28,5
10	13,6	17,5	27,7	30,2
20	11,5	17,7	32,0	31,8
30	16,6	14,6	33,5	30,3
40	16,0	15,2	34,1	32,1
AQ	16,5	-	29,9	-
	----- p -----			
Dose (D)	0,971		0,199	
Aplicação (A)	0,473		0,615	
D x A	0,248		0,772	
C.V (%)	32,20		14,35	

Médias seguidas de letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey.

5 CONCLUSÃO

A aplicação de lodo de esgoto compostado não alterou a umidade do solo na camada de 0-5cm

Para as doses de 30 e 40 Mg ha⁻¹ 100% dos tapetes cortados apresentaram-se inteiros, sem danos e com ótimas características de comercialização.

6 REFERÊNCIAS

AGUIAR E SILVA, M. A.; DE AZEVEDO, L.P.; SAAD, J.C.C.; Manejo da irrigação com base na umidade do solo. Botucatu: FEHIDRO, 2005, p.50-73.

ANDRAUS, S. et al. **Sobrevivência de bactérias entéricas do lodo de esgoto, em solo agrícola**. Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná, 1997. p.66-70.

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.

AYUSO, M. et al. Utilización de un lodo aerobio como substitutivo de fertilizantes fosforados inorgánicos. **Suelo y Planta**, Madrid, v.2, n.2, p.271-280, 1992.

BACKES, C. **Aplicação e efeito residual do lodo de esgoto em sistemas de produção de tapetes de grama esmeralda**. 2008. 150p. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

BACKES, C. et al. Use of sewage sludge in zoysiagrass production. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1045-1050, 2009.

BACKES, C. et al. Produção, acúmulo e exportação de nutrientes em grama esmeralda adubada com lodo de esgoto. **Bragantia**. Instituto Agronômico de Campinas, v. 69, n. 2, p. 413-422, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/5096>>.

BACKES, C. et al. **Resultados de pesquisas sobre a produção de grama: resistência e espessura de corte de tapetes**. Simpósio sobre gramados. Tópicos atuais em gramados II. Botucatu: FEPAF, 2010.

BACKES, C. et al. Doses de lodo de esgoto compostado em produção de tapete de grama esmeralda imperial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Sociedade Brasileira

de Ciência do Solo, v. 37, n. 5, p. 1402-1414, 2013. Disponível em:
<<http://hdl.handle.net/11449/110174>>.

BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I. C. B. Efeito do lodo de esgoto em propriedades físicas de um Latossolo Vermelho eutroférico. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 1, p. 65-70, 2007.

BEARD, J. B. **Turfgrass: science and culture**. Engewood Cliffs: Prentice-Hall, 1973. 235 p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 657p.

BETTIOL, Wagner. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Meio Ambiente, 2000.

BEUTLER, A. N. et al. Retenção de água em dois tipos de latossolos sob diferentes usos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, n. 3, p. 829-834, 2002. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/114559>>.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. Bookman Editora, 2009.

CAMARGO, O. A. et al. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo; Fundação IAC, 1986. 94 p. (Boletim técnico, 106).

CARRINGTON, E.G. Evaluation of sludge treatments for pathogen reduction: final report European Commission Directorate, General Environment. **Study contract n. B4-3040**, p. 322179, 2001.

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.

CHENG, H. et al. Application of composted sewage sludge as a soil amendment for turfgrass growth. **Ecological Engineering**, v.29, p.96-104, 2007.

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

CIAGRO ON LINE. Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Disponível em: <<http://ciagro.iac.sp.gov.br>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2015.

- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Define critérios e procedimentos, pra uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. 41p., 2006.
- COSTA, V. L. et al. Distribuição espacial de fósforo em Latossolo tratado com lodo de esgoto e adubação mineral. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 287-293, 2014.
- DE MARIA, I. C.; KOCSSI, M. A.; DECHEN, S. C. F. Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto. **Bragantia**, v. 66, n. 2, p. 291-298, 2007.
- 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**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). Como destinar os resíduos sólidos urbanos. Belo Horizonte: FEAM, 1995. 47 p.
- 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 Agrônômicas, UNESP, Botucatu, SP, 2005.
- GODOY, L. J. G.; VILLAS BOAS, R. L. Produção e consumo de gramas crescem no Brasil. In: **Agrianual 2006**: anuário da agricultura brasileira, Sao Paulo, p. 35-38, 2005. 10. ed.
- GODOY, L. J. G. et al. Doses de nitrogênio e potássio na produção de grama esmeralda. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n.5, p. 1326-1332, 2007.
- GODOY, L. J. G. et al. Nutrição, adubação e calagem para produção de gramas. **Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais**, Botucatu, 2012.
- GROHMANN, F. ; MEDINA, H. P. Características de umidade dos principais solos do estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 21, p. 285-295, 1962.
- GUPTA, S. C. ; DOWDE, R. H. ; LARSON, W. E. Hydraulic and termal properties of a sandy soil as influenced be incorporation of sewage sludge. **Soil Science Society of American Journal**, v. 41, p. 601-605, 1977.
- GURGEL, R. A. G. Principais espécies e variedades de grama. In: SIMPOSIO SOBRE GRAMADOS, 1., 2003, Botucatu. **Produção, implantação e manutenção**: anais.... Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Departamento de Recursos Naturais, 2003.
- HILL, R.W. Irrigation scheduling. In : **Modeling Plant and Soil Systems**. p. 491-509, 1991.

- KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. 1 ed. São Paulo. Ceres.492 p. 1985.
- JUNO, G. R. Z. et al. Metais pesados em milho fertilizado com fosfato natural e composto de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 10, p. 1082-1088, 2011.
- JUNO, G. R. Z. et al. Produtividade de milho adubado com composto de lodo de esgoto e fosfato natural de Gafsa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 706-712, 2013.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 317p.
- MINITAB, INC. **Minitab Reference Manual** (release 13.0), Minitab Inc. State Coll. P.A., 2000, USA.
- NASCIMENTO, A. L. et al. Teores de metais pesados no solo e em girassol adubado com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 294-300, 2014.
- NASCIMENTO, C. W. A. et al. 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.
- NOGUEIRA, T.A.R. et al. Cádmio, cromo, chumbo e zinco em plantas de milho e em latossolo após nove aplicações anuais de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 195-207, 2008.
- PETERSON, K.; ARNOLD, K. S.; BREMER, D. **Custom Light Box for Digital Image Turfgrass Analysis**. K- State Turfgrass Research. 2011. p. 89-91.
- PIANA, M. G. Higienização de lodo de estações de tratamento de esgoto por compostagem termofílica. 2009.
- PIMENTA, C. H. Produção de gramas. In: SIGRA – Simpósio sobre Gramados, 1., 2003, Botucatu. **Produção Implantação e Manutenção: anais...**, Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Departamento de Recursos Naturais, 2003. 1.
- RAIJ, B. Van et al. **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC; FUNDAG, 2001, 285p.
- RIBEIRO, M. A. V. **Resposta da soja e do eucalipto a fósforo em solos de diferentes texturas, níveis de densidade e de umidade**. 1999. 71 p. Tese (Doutorado)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- SANEPAR. Companhia de Saneamento do Paraná: **Manual Técnico para Utilização Agrícola do lodo de esgoto no Paraná**, 1997, 96p.

SANTOS et al. Equipamentos para descompactação superficial do solo: estudo de casos. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 5., 2010, Botucatu. **Tópicos atuais em gramados II**. Anais... Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2010. p. 159-165.

SOUZA, M. F. P. et al. Propriedades físicas de um latossolo vermelho tratado com lodo de esgoto. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 9, n. 3, 2012.

SOUZA, Z. M. et al. Estabilidade de agregados e resistência à penetração em Latossolos adubados por cinco anos com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 1, p. 117-123, 2005.

TEDESCO, M. J. et al. Resíduos orgânicos. . In SANTOS, G.A; SILVA, L.Z; CANELLAS, L.P; CAMARGO, F.A de O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, p.13-136, 2008.

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.

VAN GENUCHTEN MT. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science. Society of America Journal**, Riverside, v. 44, p. 892-898, 1980.

VIEIRA, M. J. Propriedades físicas do solo. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Plantio direto no Estado do Paraná. Londrina, Instituto Agrônômico do Paraná, 1981. p.19-30 (Circular, 23)

ZANON, M. E. ; PIRES, E. C. Situação atual e perspectivas do Mercado de Grama no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 5., 2010. Botucatu. **Tópicos Atuais em Gramados II**: anais.... Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2010. p. 47-53.

WONG, J. W. C.; HO, G. E. Effects of gypsum and sewage sludge amendment on physical properties of fine bauxite refining residue. **Soil Science**, v. 152, n.5, p.326-332, 1991.