

JOAQUIM CARLOS DE RESENDE JÚNIOR

BIOSSÓLIDO NA NUTRIÇÃO DE *Urochloa brizantha* cv. Marandu

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador:

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo

Coorientadora:

Prof. D^a. Regina Maria Quintão Lana

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

R433b Resende Júnior, Joaquim Carlos de, 1986
2015 Biossólido na nutrição de *Urochloa brizantha* cv. Marandu /
Joaquim Carlos de Resende Júnior. - 2015.
41 p. : il.

Orientador: Reginaldo de Camargo.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Lodo de esgoto - Teses. 3. Solos - Correção
- Teses. 4. Pastagens - Teses. I. Camargo, Reginaldo de. II. Universidade
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III.
Título.

CDU: 631

JOAQUIM CARLOS DE RESENDE JÚNIOR

BIOSSÓLIDO NA NUTRIÇÃO DE *Urochloa brizantha* cv. Marandu

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Prof^a. Dr^a. Regina Maria Quintão Lana
(Coorientadora)

UFU

Prof. Dr. Cláudio Ricardo da Silva

UFU

Prof^a. Dr^a. Adriane de Andrade Silva

UFU

Prof^a Dr^a Angélica Araújo Queiroz

IFTM - Uberlândia

Prof. Dr. Reginaldo de Camargo
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2015

Dedico

A Deus, pelas bênçãos em cada dia;

A Todos os Santos de devoção, pela interseção e exemplos a serem seguidos;

Aos meus pais, Joaquim Carlos e Vany Luciene, pelos ensinamentos, capacidade de discernimento e respeito;

A minha avó Adair, pelo auxílio durante toda a vida;

Aos meus avós Joaquim de Sousa, Epaminondas e Maria Conceição, que mesmo em outro plano, sei que estão sempre olhando por mim;

Ao meu irmão Sebastião Antônio, pelo simples, porém grandioso fato de ser “meu irmão”...

Ofereço

A minha namorada Nájila de Oliveira Zocante,
pelo companheirismo, amor e cumplicidade
infinitos...

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos meus familiares, pelo auxílio nos problemas do dia-a-dia;

Agradeço ao Professor Dr. Reginaldo de Camargo pela orientação, compreensão e diálogo;

Agradeço enormemente à Prof^{ra} Dr^a. Regina Maria Quintão Lana, pelos ensinamentos e auxílio, sem os quais esse trabalho não seria possível;

A todos meus amigos de longa data, conquistados nessa Universidade, em especial ao Heliomar, Reinaldo, Ivaniele, Camilla, João Eduardo e Letícia;

Agradeço a todos os colegas de trabalho da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Catalão - SEMMAC, que me incentivaram e auxiliaram na conclusão deste ciclo;

Aos estagiários que me ajudaram grandemente na realização deste trabalho: Ana Luisa, Cleidson, Daniel, Farlon, Thiago, Arthur, e outros que porventura tenha esquecido de citar aqui;

A todos os técnicos do laboratório de análises de solo...

E por fim, a todos colegas e professores do Instituto de Ciências Agrárias...

“A simplicidade é o último grau de sofisticação”.

(Leonardo da Vinci)

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	i
ABSTRACT	ii
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	v
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Pastagens – aspectos gerais e utilizações.....	3
2.1.1 Nutrição em <i>Urochloa brizantha</i>	4
2.2 Fontes alternativas para enriquecimento de solos	4
2.2.1. Gesso agrícola.....	4
2.2.2 Magnesita	5
2.2.3 Superfosfato Simples	6
2.2.4 Verdete.....	6
2.3 Caracterização e tratamento do lodo de esgoto.....	7
2.3.1 Aplicação agrícola de lodo de esgoto	10
2.3.2 Aplicação de lodo de esgoto em forrageiras	11
2.3.3 Regulamentação para utilização agrícola do biossólido.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Local e período do experimento	15
3.2 Caracterização do experimento	15
3.3 Caracterização do lodo de esgoto e biossólido	19
3.4 Variáveis fitotécnicas.....	21
3.5 Análise estatística dos dados.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Variáveis Fitotécnicas.....	24
4.2 Análise química do solo	28
4.3 Análise química foliar.....	31
5 CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35

RESENDE JÚNIOR, JOAQUIM CARLOS DE. **BIOSSÓLIDO NA NUTRIÇÃO DE *Urochloa brizantha* cv. Marandu**. 2015. 49 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.¹

RESUMO

O biofossolido é utilizado como fertilizante por apresentar níveis adequados de nutrientes essenciais e matéria orgânica para o crescimento e desenvolvimento das plantas. No entanto, antes de tornar um fertilizante, o lodo de esgoto produzido pelas atividades humanas necessita de um processo de estabilização, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, objetivando a atenuação ou eliminação de algumas características negativas do lodo, principalmente o odor e a atração de insetos, além de redução da concentração de patógeno. Sendo assim, a utilização do biofossolido na agricultura será uma alternativa para amenizar as problemáticas da disposição final deste resíduo gerado no processo de tratamento de esgotos urbanos. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar as variáveis fitotécnicas como número de perfilho, altura de plantas, teores de clorofila a e b, determinar massa fresca e seca, área foliar, teores de nutrientes do solo e foliar da forrageira após aplicação do Biofossolido como fertilizante no estabelecimento inicial da *Urochloa brizantha* cv. Marandu. O experimento foi desenvolvido na casa de vegetação da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Umuarama, com a semeadura de braquiária em vasos de 5 kg de solo (LATOSSOLO VERMELHO Distrófico), com a adoção de delineamento de blocos casualizados, sendo 4 blocos e 10 tratamentos, com 2 vasos por parcela, e a condução de 4 plantas por vaso. Os tratamentos foram os seguintes: adubação mineral 03-30-10 (120 kg ha⁻¹ P₂O₅); biofossolido (60 kg ha⁻¹ N); biofossolido (48 kg ha⁻¹ N) + adubação mineral 03-30-10 (120 kg ha⁻¹ P₂O₅); biofossolido (60 kg ha⁻¹ N) + gesso agrícola (40 kg ha⁻¹ S); biofossolido (60 kg ha⁻¹ N) + magnesita (30 kg ha⁻¹ Mg); biofossolido (60 kg ha⁻¹ N) + superfosfato simples (120 kg ha⁻¹ P₂O₅); biofossolido (60 kg ha⁻¹ N) + verdete (60 kg ha⁻¹ K₂O); biofossolido (60 kg ha⁻¹ N) + gesso agrícola (40 kg ha⁻¹ S) + magnesita (30 kg ha⁻¹ Mg) + superfosfato simples (120 kg ha⁻¹ P₂O₅) + verdete (60 kg ha⁻¹ K₂O); fertilizante organomineral 05-24-08 (120 kg ha⁻¹ P₂O₅); testemunha (sem adição de fontes de nutrientes). Observou-se que a aplicação de biofossolido mais adubação mineral proporcionou melhores resultados para variáveis fitotécnicas: número de perfilhos, altura, clorofila a e b, massa seca e fresca, área foliar, teor foliar da *Urochloa brizantha* cv. Marandu. O biofossolido caído pode ser disposto na pastagem sem adicionar metais pesados e agentes patogênicos.

Palavras-chave: Lodo de esgoto, pastagens, legislação, corretivo de solo.

¹ Orientador: Prof. Dr. Reginaldo de Camargo – ICIAG/UFU.

RESENDE JÚNIOR, JOAQUIM CARLOS DE. **Biosolids in nutrition *Urochloa brizantha* cv. Marandu**. 2015. 49 p. Dissertation (Masters degree in Agronomy/Crop Sciences) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹.

ABSTRACT

The issue of final disposal of biosolids generated in urban wastewater treatment processes is emerging in Brazil, to the extent that deploy and operate effectively, the collection and sewage treatment systems in the country, and this tends to increase. In this context, the practice of recycling in agriculture, alternative enshrined in developed countries, stands out as the most appropriate option for both reduce pressure on the exploitation of natural resources, as to avoid most striking options on the population and the environment. For agricultural use of sewage sludge is required its stabilization process, involving physical, chemical and biological processes, aiming at reducing or eliminating some of the negative characteristics of the sludge, especially the smell and the attraction of insects; addition to reducing the concentration of pathogens. Thus, this study was aimed at evaluating the use of sewage sludge obtained by disinfection of sewage sludge by hydrated lime combination and solarization in providing nutrients for the initial establishment of *Urochloa brizantha* cv. Marandu. The experiment was conducted in a greenhouse at the Universidade Federal de Uberlândia, Campus Umuarama, with sowing brachiaria in pots of 5 kg of soil (Oxisols), with the adoption of a randomized block design, with 4 blocks and 10 treatments with two plants per plot, and the conduct of 4 plants per pot. The treatments were as follows: mineral fertilizer 03-30-10 (120 kg ha⁻¹ P₂O₅); biosolids (60 kg ha⁻¹ N); biosolids (48 kg ha⁻¹ N) + mineral fertilizer 03-30-10 (120 kg ha⁻¹ P₂O₅); biosolids (60 kg ha⁻¹ N) + plaster agricultural (40 kg ha⁻¹ S); biosolids (60 kg ha⁻¹ N) + magnesite (30 kg ha⁻¹ Mg); biosolids (60 kg ha⁻¹ N) + simple superphosphate (120 kg ha⁻¹ P₂O₅); biosolids (60 kg ha⁻¹ N) + verdigris (60 kg ha⁻¹ K₂O); biosolids (60 kg ha⁻¹ N) + plaster agricultural (40 kg ha⁻¹ S) + magnesite (30 kg ha⁻¹ Mg) + simple superphosphate (120 kg ha⁻¹ P₂O₅) + verdigris (60 kg ha⁻¹ K₂O); organomineral fertilizer 05-24-08 (120 kg ha⁻¹ P₂O₅); control treatment (without addition of nutrient sources). It was observed that the biosolid application more mineral fertilizer provided better results for phytotechnical variables: tiller number, height, chlorophyll a and b, fresh and dry weight, leaf area, leaf content of *Urochloa brizantha* cv. Marandu. The limed biosolids can be arranged in the pasture without adding heavy metals and pathogens.

Keywords: Sewage sludge, pastures, legislation, correction of soil.

¹ Supervisor: Prof. Dr. Reginaldo de Camargo – ICIAG/UFU.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Limites máximos permitidos em lodo de esgoto ou produto derivado, de acordos com diferentes normas.....	13
TABELA 2. Análise química do solo (LATOSSOLO VERMELHO distrófico) utilizado no experimento.....	16
TABELA 3. Tratamentos avaliados durante o experimento.	18
TABELA 4. Teores de nutrientes por fonte alternativa utilizada.....	19
TABELA 5. Caracterização inicial do lodo de esgoto utilizado no experimento.	20
TABELA 6. Caracterização físico-química da cal hidratada utilizada na caleação do lodo de esgoto.	20
TABELA 7. Resultados da análise química do biossólido utilizado no experimento. .	21
TABELA 8. Resultados médios obtidos para número de perfilhos, <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu.	25
TABELA 9. Resultados médios obtidos para a variável altura, <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu.	26
TABELA 10. Resultados médios obtidos para clorofila a e b, <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu.	27
TABELA 11. Resultados médios obtidos para pesos de massa seca e massa fresca, e relação entre massa seca e massa fresca, <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu	29
TABELA 12. Resultados médios obtidos para área foliar, <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu.	29
TABELA 13. Resultados médios obtidos para análise química dos solos, <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu.....	32
TABELA 14. Resultados médios obtidos para análise química dos solos (condicionadores), <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu.....	33
TABELA 15. Resultados médios obtidos para análise química dos solos, <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu.....	35

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Metodologias adotadas para análise de altura. (a) média das 6 maiores folhas; (b) disposição de folha A4.	22
FIGURA 2. Aparelho Clorofilog utilizado na obtenção dos valores diretos de clorofila a e b.....	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD - Área de disco foliar

AM – Adubação mineral

B - Biossólido

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente

CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental

CV – Coeficiente de variação

CaO – Óxido de cálcio

ER- Eficiência Relativa

ETE – Estação de tratamento de esgoto

G - Gesso

K₂O – Óxido de potássio

LABAS – Laboratório de Análises de Solo

LVd – LATOSSOLO VERMELHO distrófico

M - Magnesita

MgO – Óxido de magnésio

MS – Massa seca

MSF – Massa seca de folhas

ND – Número de discos foliares

NDT – Não detectável

NMP – Número mais provável

pH – Potencial hidrogeniônico

PN- Poder de Neutralização

PRNT- Poder Reativo de Neutralização Total

SFS – Superfostato simples

ST – Sólidos totais

UFF – Unidade formadora de foco

UFP – Unidade formadora de placa

USEPA - United States Environmental Protection Agency

V – Verdete

1 INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto é um resíduo proveniente das estações de tratamento de esgotos, sendo um subproduto desse processo tratamento. Comumente, é um material rico em matéria orgânica e nutriente devido às atividades humanas. Por convenção, dá-se o nome de bio sólido ao lodo de esgoto que, após a devida desinfecção e tratamento, passa a apresentar as características adequadas para aplicação nos solos (TAMANINI, 2004).

A problemática da disposição final dos bio sólidos gerados nos processos de tratamento de esgotos urbanos é emergente no Brasil, na medida em que se implantam e se operam, efetivamente, os sistemas de coleta e tratamento de esgoto no país e isso tende a aumentar. Neste contexto, a prática de reciclagem na agricultura, alternativa consagrada em países desenvolvidos, se destaca como opção mais adequada tanto por reduzir a pressão sobre a exploração dos recursos naturais, como por evitar opções menos adequadas e mais impactantes sobre a população e o meio ambiente, além de proporcionar os melhores resultados econômicos (ANDREOLI; PEGORINI, 1998).

Assim pode-se afirmar que as aplicações do bio sólido em áreas agrícolas, de florestas e também degradadas podem melhorar as propriedades físicas do solo, uma vez que age como condicionador, melhorando as características do mesmo (TSUTIYA, 2001).

Nesse âmbito, é comum se pensar em pastagens, visto que estas ocupam uma extensa área do país e na maior parte estão degradadas ou com suas capacidades de sustentação de bovinos reduzidas; sendo que a aplicação desses bio sólidos possibilitará uma destinação adequada do resíduo e uma melhoria nutricional das áreas cultivadas com forrageiras.

No entanto, a utilização do bio sólido em pastagens encontra-se regulamentado pela legislação brasileira. De acordo com Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama (2006) as gramíneas forrageiras somente poderão ser instaladas após 24 meses da última aplicação do bio sólido.

Sendo assim, o bio sólido pode ser aplicado como fertilizante, entretanto, doses elevadas no solo pode gerar contaminação ambiental e prejudicar a saúde pública, consequentemente, o produtor será atuado pelo órgão regulamentador. No entanto, a utilização do bio sólido em doses semelhantes às de adubos mineiras, inclusive com adição de fontes específicas de nutrientes, com custo baixo e fácil acesso, dentre elas

verdete, gesso agrícola, magnesita, mostra-se como outra interessante alternativa para a destinação agrícola do biossólido.

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar as variáveis fitotécnicas como número de perfilho, altura de plantas, teores de clorofila a e b, determinar massa fresca e seca, área foliar, teores de nutrientes do solo e foliar da forrageira após aplicação do Biossólido como fertilizante no estabelecimento inicial da *Urochloa brizantha* cv. Marandu

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Pastagens – aspectos gerais e utilizações

As pastagens brasileiras ocupavam, em 2011, área entorno de 152 milhões de hectares, incluindo áreas nativas e cultivadas, correspondendo a cerca de 20% do território nacional. Com a tendência de queda estimada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, com base em dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, nas últimas três décadas a redução na área cultivada foi de aproximadamente 0,2% ao ano, desde 1975 (MAPA, 2013). Assim a área atual ocupada com pastagens está na casa de 150 milhões de hectares.

A pastagem é considerada um dos principais componentes da pecuária brasileira, visto que é o alimento básico do rebanho bovino nacional e a maior parte dos sistemas pecuários são caracterizados por sua utilização como sua principal fonte nutricional (SANCHES, 2003).

O pasto é um componente da produção agropecuária que está presente em todas as regiões do Brasil. No entanto, a baixa produção de espécies forrageiras e as reduzidas concentrações de minerais na forragem influenciam diretamente o desempenho do animal em pastejo (MESQUITA et al., 2002).

Diversas são as espécies de gramíneas forrageiras tropicais que apresentam-se como opções para a formação de pastagens no Brasil. As do gênero *Urochloa* têm-se firmado pela capacidade de adaptação às diversas condições ambientais e de manejo da pastagem (EMBRAPA, 1985; ALCÂNTARA, 1986).

Além disso, a pastagem representa uma alternativa viável e barata para estabilização de áreas degradadas e com processos avançados de erodibilidade, sendo apresentada como a etapa inicial para futuros projetos de revegetação.

A *Urochloa brizantha* têm origem no Zimbábue, leste da África e ocorre naturalmente nas savanas africanas; sendo introduzida no Brasil por volta de 1977 (IBPGR, 1984). Ela possui resistência a cigarrinhas das pastagens, alto potencial de resposta à aplicação de fertilizantes, porém tem baixa adaptação a solos mal drenados e resistência moderada à seca, tolerância ao fogo, baixa resistência à geada e boa capacidade de rebrota (VALLE et al., 2000, GONÇALVES; BORGES, 1997).

A cultivar Marandu foi desenvolvida pela Embrapa e lançada comercialmente em 1984. O nome “Marandu”, na língua Guarani, significa novidade; condizente com

seu real objetivo como nova alternativa de forragem para a região do Cerrado, popularmente também conhecida como Braquiário (SANCHES, 2003).

O capim Marandu é uma forrageira de ciclo perene, com hábito de crescimento cespitoso e entouceiramento. Possui raízes profundas, favorecendo sua sobrevivência em períodos de seca prolongados, além de favorecer seu estabelecimento em áreas erodidas, levando à boa estabilização de aterros e taludes (COSTA, 2004).

2.1.1 Nutrição em *Urochloa brizantha*

As cultivares de *Urochloa brizantha* (A. Rich.) Stapf apresentam adaptação à fertilidade do solo de média a alta. Nesse sentido, para essas plantas forrageiras expressarem o potencial de produção, a adubação constitui um dos fatores mais importantes, uma vez que fornece os nutrientes para atender às suas necessidades metabólicas, levando a um melhor desenvolvimento (COSTA et al., 2009a). Fagundes et al. (2006) afirmam que a baixa disponibilidade de nutrientes é, seguramente, um dos fatores que mais interferem na produtividade e na qualidade da forrageira.

A adubação de pastagem objetiva atender à demanda nutricional das plantas para seu estabelecimento e manutenção. Sendo assim, a adubação de estabelecimento deverá propiciar a rápida formação de pastagem com elevada produção inicial. Já a adubação de manutenção deverá atender à demanda da forrageira durante a fase de pasto, quer por meio de pastejo natural quer por meio de corte (CANTARUTTI et al, 1999).

A melhoria das pastagens pela correção do solo e adubação de manutenção pode proporcionar aumentos na capacidade de suporte e no desempenho animal. Essas práticas, em geral, resultam em ganhos médios de produtividade, sendo viáveis somente em solos e espécies que possuam boa capacidade de resposta (ZIMMER et al, 1998).

2.2 Fontes alternativas para enriquecimento de solos

2.2.1. Gesso agrícola

O gesso agrícola é um importante insumo para a agricultura e um dos benefícios gerados pela cultura é o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular das plantas, devido à elevação dos níveis de cálcio para camadas subsuperficiais do solo e diminuição dos efeitos tóxicos de teores elevados de alumínio em função da complexação do Al^{3+} com SO_4^{2-} . Basicamente, o gesso agrícola é o sulfato de cálcio

diidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), sendo um subproduto industrial da produção de ácido fosfórico (VENEGAS et al., 1999).

Por ser um produto da indústria de fertilizantes fosfatado, o gesso agrícola é comercializado a baixo custo, sendo bastante acessível à maioria dos produtores. Com sua aplicação não ocorre elevação do pH, porém ocorre a diminuição do alumínio tóxico e paralelamente a toxidez de sódio. É ainda importante fonte de dois macronutrientes secundários: cálcio e enxofre (VITTI, 1987). Sendo que a aplicação de enxofre na forma de gesso aumenta a capacidade de suporte da pastagem e consequentemente a quantidade de carne por unidade de área (VITTI; NOVAES, 1985).

De acordo com CUSTÓDIO et al. (2005), a aplicação de gesso promoveu o aumento da produção de matéria verde, matéria seca e altura de plantas de *Panicum maximum*.

Além da elevação nos teores de cálcio e fósforo na superfície do solo, com a crescente dose do gesso aplicado.

Segundo Souza et al. (2001) observou-se incremento no rendimento de matéria seca da *Urochloa decumbens* de até 260 % quando aplicou gesso agrícola em um período de três anos.

2.2.2 Magnesita

A magnesita é a principal fonte natural de magnésio, com a fórmula química MgCO_3 , tendo em média em sua composição 47,8% MgO e 52,2% de CO_2 , com estrutura cristalina idêntica à da calcinita. Ocorre comumente em veios e massas irregulares, derivadas da alteração da serpentina pela ação de águas carbônicas. Geralmente, ela pode passar por processo de enriquecimento através da calcinação permitindo seu uso agrícola e pecuário para fornecimento de magnésio. Na agricultura é um nutriente essencial à planta, sendo utilizado como fertilizante na recuperação de solos deficientes em magnésio; já na pecuária é um elemento necessário ao metabolismo animal na prevenção da hipomagneasemia do rebanho, também conhecida como “doença do sangue” (CORREIA, 2001).

Bernadi et al. (2009) que na adubação intensiva de pastagens, especificamente para o capim-tanzânia, ocorre uma grande demanda por magnésio, e que a aplicação de magnesita foi eficiente no fornecimento desse nutriente às plantas. Inclusive a magnesita leva a um balanço nutricional, que culmina em economia na adubação

nitrogenada, uma vez que com doses menores de nitrogênio as produções de matéria seca foram equivalentes às doses maiores.

2.2.3 Superfosfato Simples

O superfosfato simples (18-20% P_2O_5) foi o primeiro fertilizante químico fabricado industrialmente, através da solubilização de ossos moídos e depois de rochas fosfatadas com ácido sulfúrico, tendo sido patenteado em 1842 na Inglaterra. É constituído principalmente de fosfato monocálcio mono-hidratado e sulfato de cálcio, com a presença de fosfato bi e tricálcio, ácidos fosfóricos e sulfúricos livres, fosfatos e sulfatos de cálcio, magnésio, ferro, alumínio e sílica como impurezas (PADILHA, 2005). O superfosfato simples disponibiliza três macronutrientes: fósforo, cálcio e enxofre, sendo os dois primeiros oriundos do mineral apatita e o enxofre do ácido sulfúrico utilizado na solubilização da rocha (MONTEIRO, 2008).

Essas propriedades, aliados ao menor preço em relação aos demais fertilizantes fosfatados, fazem com que o superfosfato simples seja o produto líder de produção e consumo no Brasil (MONTEIRO, 2008).

Berlamino et al. (2003), em estudos com o capim-tanzânia verificaram que as doses mais elevadas de superfosfato simples, levaram a resultados positivos, com aumento na altura de perfilhos e no rendimento de matéria seca nos cortes avaliados.

O superfosfato simples é uma fonte que disponibiliza fósforo e enxofre aniônico para *Urochloa* e o nutriente enxofre é importante para constituição de proteínas (CORSI, OLIVEIRA E OLIVEIRA, 2007).

2.2.4 Verdete

O verdete é uma rocha com coloração verde tendo em sua composição 13% quartzo, 29 % feldspato potássico, 57 % mica (sendo 9 % de muscovita e 49 % de biotita) e menos de 1% de outros minerais (KAHN et al., 2011). A rocha possui a concentração de K_2O variando entre 7 e 14 % (PIZA et al., 2009).

A principal localização dessa rocha no Brasil está em Minas Gerais, mais especificamente na região do Alto Paranaíba, nos municípios de Abaeté, Carmo do

Paranaíba, Cedro do Abaeté, Dorcas do Indaiá, Estrela do Indaiá, Matutina, Papagaios, Rio Paranaíba, São Gotardo, Serra da Saudade e Tiros (KAHN et al., 2011).

Eichler (1983), observou na cultivo de milho, a proporção de 50% de verdete e 50% calcário magnesiano, calcinada a 1.100°C, apesar de apresentar liberação de potássio na forma disponível em relação ao cloreto de potássio, atingiu níveis de matéria seca equivalentes aos da aplicação de cloreto de potássio. E ainda, apresentou maior efeito residual de potássio no solo, em relação ao adubo mineral, além de atuar também como fonte alternativa para o fornecimento de potássio, cálcio e magnésio ao milho.

2.3 Caracterização e tratamento do lodo de esgoto

Nas últimas quatro décadas, a população urbana brasileira cresceu mais de 100% (IBGE, 2010), sendo que esse rápido crescimento ocorreu de maneira desorganizada, com desrespeito de várias regras de proteção ao meio ambiente e qualidade sanitária aos cidadãos. Há poucos anos, a maioria das cidades brasileiras jogava seu esgoto diretamente nos corpos hídricos (PIRES, 2003). Em 2009, cerca de 45% dos municípios brasileiros não tinham nem ao menos as redes coletoras de esgotos sanitários (FILHO, 2002; IBGE, 2009).

No entanto, contemporaneamente, surgiu um novo problema, ambientalmente semelhante ao anterior: com a instalação das Estações de Tratamento de Esgoto, é necessária a organização de locais adequados para destinação das águas residuárias e do lodo de esgoto proveniente do processo de tratamento (PIRES, 2003).

O crescimento nas demandas da sociedade por um ambiente mais saudável tem exigido das empresas públicas e privadas a definição de políticas ambientais mais avançadas, que geralmente iniciam pelo tratamento dos efluentes. Este tratamento gera um resíduo sólido em quantidades variáveis segundo o tipo de esgoto e o sistema de tratamento adotado, denominado lodo de esgoto. De acordo com o CONAMA (2006), lodo de esgoto ou biossólido é o resíduo gerado nos processos de tratamento de esgoto sanitário.

O termo “lodo” é comumente utilizado entre os pesquisadores para designar os subprodutos sólidos gerados durante o processo de tratamento de esgotos. Já o termo “biossólido” originou-se da denominação lodo biológico proveniente da absorção e conversão da matéria orgânica em biomassa microbiana. Além disso, para

incentivadores de sua utilização agrícola, essa é uma forma mais branda e ressalta os seus aspectos benéficos, valorizando sua reutilização produtiva (SPERLING; ANDREOLI, 2001; MIKI et al., 2001; TAMANINI, 2004).

Os sólidos extraídos por diversos métodos das estações de tratamento incluem areia, lixo e lodo, sendo que, este é o subproduto mais importante dos processos de tratamento. O lodo resultante das operações e processos de tratamento se apresenta, geralmente, em forma líquida ou líquido semissólido, que contém normalmente entre 0,25 a 12% de sólidos, dependendo da operação e processo utilizados (FERREIRA; ANDREOLI, 1999).

O esgoto precisa passar por tratamento adequado, a fim de alcançar os índices de diluição exigidos pela legislação para lançamento em cada corpo receptor. Os processos de tratamento concentram e removem a matéria orgânica e os demais poluentes, que constituirão o lodo de esgoto. Geralmente, nos processos de tratamento utiliza-se a intensificação dos fenômenos naturais de biodegradação que já ocorrem na natureza; sendo mais comuns os métodos de tratamento biológicos, que utilizam os microrganismos presentes no esgoto para degradar a matéria orgânica e purificar a água (CASSINI, 2003).

De maneira geral os esgotos são classificados em sanitários e industriais. Sendo os sanitários provenientes principalmente de despejos domésticos, uma parcela de águas pluviais e águas de infiltração. Já os industriais, como o próprio nome já diz é oriundo de atividades industriais e de maneira geral possuem uma maior concentração de componentes indesejáveis, como metal pesado (FERREIRA; ANDREOLI, 1999).

Para utilização do lodo de esgoto, principalmente na agricultura, se faz necessário o processo de estabilização do lodo de esgoto, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos, objetivando a atenuação ou eliminação de algumas características negativas do lodo, principalmente o odor e a atração de insetos; além de redução da concentração de patógenos (CASSINI, 2003).

O lodo de esgoto pode passar por tratamento bioquímico em função da presença ou ausência de oxigênio livre, na modalidade de digestão aeróbia ou digestão anaeróbia, respectivamente.

O tratamento da fase líquida e os processos de estabilização do lodo geram um material com elevado teor de umidade, tornando imprescindível a sua desidratação para aplicação final na agricultura, com intuito principal de redução do custo de transporte. Com isso é necessário que o lodo passe por um processo de adensamento, que consiste

basicamente no aumento da concentração de sólidos nele contidos, através da remoção parcial da quantidade de água presente no mesmo. É interessante que o processo de adensamento seja feito antes do processo real de desidratação (CASSINI, 2003).

Após o processo de adensamento, o lodo de esgoto deve passar pelo processo de secagem. Sendo que esse processo pode ser natural ou mecânico. Com diferenças básicas, além do método de aplicação, na quantidade de lodo desidratado.

Os sistemas naturais são dependentes do clima, favorecendo a sua adoção em regiões quentes. Além disso, o lodo deve estar bem digerido para facilitar a drenagem e não provocar problemas de odores. Os principais métodos utilizados são: leitos de secagem e lagoas de lodo. Já os sistemas mecânicos necessitam passar antes por um processo de adensamento e, em seguida, por um condicionamento químico que pode ser mineral ou orgânico. Os principais métodos utilizados são: centrifugação; prensa desaguadora contínua; filtros-prensa e secagem térmica de lodos (FERREIRA; ANDREOLI, 1999).

Existem várias alternativas tecnicamente aceitáveis para o tratamento e disposição final do lodo. A mais comum envolve a digestão anaeróbia que pode ser seguida pela destinação final em aterros sanitários exclusivos, seguida de outras alternativas como o *landfarming*, aterro sanitário, lagoas de armazenagem, a incineração ou a reciclagem agrícola (FERREIRA, ANDREOLI, 1999).

O processo de caleagem do lodo de esgoto permite a eliminação e/ou destruição de microrganismos patogênicos, além de redução de odores e valores de nitrogênio resultantes da remoção de amônia, aumento da alcalinidade total, degradação de matéria orgânica e fixação de metais pesados (YAMANE, 2007). Além disso, o processo de higienização é favorecido pela reação entre a cal virgem e a umidade presente no lodo, que eleva a temperatura do lodo (ROCHA, 2009).

Com a incorporação de cal virgem comum (CaO), na proporção de 30 % do peso seco do lodo, houve a destruição de 100 % de ovos de helmintos e inativação significativa de coliformes totais e fecais (BARROS et al., 2006; ALVES FILHO, 2014). Além disso, com o auxílio da radiação solar (solarização), ocorre a inativação de microrganismos patogênicos; uma vez que a radiação ultravioleta possui ação germicida, que leva à destruição de compostos proteicos existentes nas células e a radiação infravermelha aumenta a temperatura, induzindo essa inativação (SILVA, 2007).

Em estudos realizados para análise do melhor método de desinfecção do lodo, Alves Filho (2014) concluiu que o lodo de esgoto caleado apresentou os maiores níveis de pH, reduzindo a concentração de coliformes termotolerantes a níveis inferiores aos estabelecidos pela Resolução Conama 375/2006 já aos sete dias de tratamento.

Entretanto, como o pH atingiu valores acima de 12,0, houve redução significativa dos níveis de nitrogênio, fósforo, carbono e matéria orgânica, alumínio e sódio. Em contrapartida, observou-se a elevação nos teores de cálcio e magnésio. Com isso, Alves Filho (2014) afirma que uma das aplicações mais adequadas do biossólido obtido seria para correção do solo.

2.3.1 Aplicação agrícola de lodo de esgoto

O lodo de esgoto apresenta uma composição muito variável, pois depende da origem e do processo de tratamento do esgoto. Um lodo de esgoto típico apresenta em torno de 40 % de matéria orgânica, 4% de nitrogênio, 2 % de fósforo e os demais macro e micronutrientes. A utilização do lodo de esgoto em solos agrícolas tem como principais benefícios, a incorporação dos macronutrientes: nitrogênio e fósforo; e dos micronutrientes: zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio. No entanto, sua concentração de potássio é baixa, atingindo apenas 0,1% da massa seca (CAMARGO; BETTIOL, 2000; ALVES FILHO, 2014).

Apesar de todas as vantagens, o lodo de esgoto pode apresentar, em sua composição, elementos tóxicos e agentes patogênicos ao homem. Sendo que em altas concentrações podem causar sérios problemas. Geralmente o cádmio e o chumbo podem também aparecer em quantidades consideráveis, especialmente se os lodos provêm de regiões industrializadas. No caso específico do cádmio, pode ser altamente prejudicial para os animais que se alimentem destas plantas. Além disso, tem que se controlar e monitorar a aplicação, pois o zinco, cobre e níquel, se presentes em teores elevados podem ser fitotóxicos para as plantas. Por isso, em todos os países onde o lodo de esgoto é aplicado na agricultura, existem normas estabelecendo, entre outras coisas, as concentrações máximas permitidas de metais pesados no lodo e o teor máximo acumulado no solo (BETTIOL; CAMARGO, 2006).

Em solos tratados com lodo de esgoto, a mobilidade de metais pesados tem sido apontada como nula ou muito baixa. No entanto, a persistência da capacidade do solo em reter tais elementos, em função do tempo, dos níveis de ocorrência da contaminação,

dos fatores climáticos envolvidos e das taxas de degradação da carga orgânica dos diferentes resíduos contaminantes, vem sendo muito questionada por alguns autores (OLIVEIRA; MATTIAZZO, 2001).

2.3.2 Aplicação de lodo de esgoto em forrageiras

Tamanini (2004) em experimento realizado em São José dos Pinhais, PR, para recuperação de área de empréstimo com a aplicação de elevadas doses de biossólido, e posterior plantio de milho, verificou que não houve elevação no teor de metais pesados no solo. Resultado parecido foi encontrado por Miranda (2010), em trabalho realizado em Diamantina, MG, com a finalidade de recuperar área degradada por deposição contínua de lodo de esgoto. O autor identificou ainda que as gramíneas se mostram como uma alternativa à reabilitação e que a concentração de metais pesados no solo estava abaixo dos teores considerados tóxicos para as plantas.

Além disso, em trabalho realizado em um ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, com *Urochloa brizantha* cv. Marandu, os autores encontraram que até a dose de 25 mmol de arsênio, cádmio, cromo e chumbo no solo é possível um desenvolvimento normal da espécie (BOSSU et al., 2010). Com isso, conclui-se que lodos de esgoto com concentrações abaixo desse nível não provocarão efeitos prejudiciais no desenvolvimento das forrageiras, no que diz respeito à presença de metais pesados.

Araújo et al. (2009), em trabalho realizado com *Urochloa decumbens*, no município de Presidente Prudente, SP, com cultivo em vasos de 5 Kg de ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distroférico, encontraram que apenas a maior dose de lodo avaliada (80 mg de N dm⁻³ de solo), equivalente a quatro vezes a exigência de N, proporcionou aumento na produção de biomassa seca e teores foliares de N.

Já Vilela (2009), em Morrinhos, GO, no cultivo de *Urochloa brizantha* cv. Marandu em NEOSSOLO QUARTZARÊNICO afirmou que a destinação do biossólido como fertilizante orgânico, para espécie estudada, demonstrou resultados positivos já no primeiro ano de aplicação alcançando grandes aumentos de produção de matéria seca e efeitos benéficos para as propriedades químicas do solo. Além disso, o biossólido possui alto potencial como fertilizante orgânico podendo substituir parcialmente a adubação.

2.3.3 Regulamentação para utilização agrícola do biossólido

Considerando a necessidade de controle e monitoramento da utilização agrícola dos biossólidos, vários países estabeleceram suas normas técnicas criando as regras para utilização adequada desse resíduo. Nos Estados Unidos, a *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) estabeleceu os critérios de regulamentação do uso do lodo, inclusive agrícola, através da norma 40 CFR 503 (PIRES, 2003). Este critério foi estabelecido pela legislação federal que encoraja o uso racional de biossólidos, dispensando-os da jurisdição e regulamentação relativas a resíduos perigosos, mas assegurando-se da proteção à saúde humana e ao ambiente de qualquer efeito adverso previsto dos poluentes presentes nestes resíduos.

De maneira geral a norma estadunidense, devido o seu pioneirismo, serviu de referência para outros países disciplinarem o uso agrícola do biossólido. Nesse sentido, o Brasil seguindo a tendência mundial, com base na norma supracitada, por meio do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama), órgão consultivo e deliberativo vinculado ao governo federal e integrante do Sistema Nacional de Meio Ambiente (Sisnama), editou a Resolução Conama 375/2006. Entretanto, anterior a essa Resolução, a Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (Cetesb), órgão da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, em 1999, já havia publicado a norma P.4230 com a mesma finalidade (Tabela 1) (ALVES FILHO, 2014).

TABELA 1. Limites máximos permitidos em lodo de esgoto ou produto derivado, de acordos com diferentes normas.

Parâmetro	Brasil - Resolução 375/2006	São Paulo- P 4230 CETESB	EUA (40 CFR 503)
Concentração máxima permitida			
	----- mg dm ⁻³ -----		
Arsênio	41	75	75
Bário	1300	-	-
Cádmio	39	85	85
Chumbo	300	300	840
Cobre	1500	4300	4300
Cromo	1000	-	3000
Mercurio	17	57	57
Molibdênio	50	75	75
Níquel	420	420	420
Selênio	100	-	100
Zinco	2800	7500	7500
Agentes patogênicos em lodo de esgoto ou produto derivado			
Coliformes	< 10 ³ NMP/ g de ST	< 2,0 x 10 ⁶ NMP/g de ST	< 10 ³ NMP/ g de ST
Termotolerantes			
Ovos viáveis de	< 0,25 ovo/g de ST	-	< 1 ovo viável/4 g ST
Helminhos			
<i>Salmonella sp.</i>	Ausência em 10 g de ST	< 3 NMP/ 4 g de ST	< 3 NMP/ 4 g de ST
Vírus entéricos	< 0,25 UFP ou UFF / g de ST	-	< 1 NMP/ 4 g de ST

Fonte: BRASIL, 2006; CETESB, 1999; US EPA, 2002 (adaptado de ALVES FILHO, 2014).

Nota: ST: Sólidos Totais; NMP: Número Mais Provável; UFP: Unidade Formadora de Placa; UFF: Unidade Formadora de Foco.

Dessa maneira, os parâmetros necessários para caracterização do bio-sólido para fins agrícolas no Brasil são determinados pela Resolução Conama 375/2006. No entanto, os parâmetros agrônômicos para sua utilização não são definidos, ficando a cargo do utilizador.

A mesma Resolução, em seu artigo 12, proíbe a implantação de pastagens em solo que recebeu bio-sólido em período inferior a 24 meses da última aplicação. Essa precaução, em certo ponto até é compreensível, como no caso de pastoreio; entretanto deveria ser mais específica, pois os problemas ambientais da aplicação de bio-sólido

devidamente analisado, com índices dentro dos parâmetros pré-estabelecidos, em áreas degradadas, em taludes ou aterros, são bastante reduzidos.

A resolução determina ainda, em seu artigo 17, que a carga de aplicação anual de biossólido em solo, deverá seguir cálculos específicos, a fim de não elevar o pH da mistura solo-bioossólido para valores superiores a 7,0.

Outro fator importante para se observar centra-se na necessidade de licenciamento ambiental das áreas de destinação do bioossólido, algo que acaba reduzindo as alternativas de destinação agrícola, além de induzir a destinação incorreta do mesmo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e período do experimento

O experimento foi desenvolvido na Casa de Vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Umuarama, 18° 53' 05"S 48° 15' 37"O.

O período de realização do experimento ficou compreendido entre 01 março de 2014 e 30 de maio de 2014. Realizou-se procedimentos de coleta, secagem e peneiramento do solo e incubação dos tratamentos. Conduziu-se ensaio com plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu obtidas a partir do semeio de sementes em vasos.

3.2 Caracterização do experimento

O solo utilizado no experimento foi coletado na Fazenda do Glória, de propriedade da Universidade Federal de Uberlândia, em área de Cerrado, com a presença de pastagens invasoras, 18° 58' 12"S 48° 12' 28"O.

O procedimento de coleta consistiu na utilização da camada de 0-20 cm do solo, classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico (LVd). Posteriormente à coleta, o solo foi seco ao ar e peneirado em peneira de 2 mm.

Após o procedimento de peneiramento, coletou-se 20 amostras simples de 100 g cada, a fim de compor uma amostra composta, da qual se realizou a análise química (Tabela 2).

TABELA 2. Análise química do solo (LATOSSOLO VERMELHO distrófico) utilizado no experimento.

Análise	Unidade	Valor
pH H ₂ O	-	4,9
P me ⁻¹	mg dm ⁻³	0,3
K ⁺	mg dm ⁻³	21
S-SO ₄ ²⁻	mg dm ⁻³	3
K ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,05
Ca ²⁺	cmol _c dm ⁻³	0,2
Mg ²⁺	cmol _c dm ⁻³	0,1
Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	0,4
M.O.	dag kg ⁻¹	2,7
C.O.	dag kg ⁻¹	1,6
SB	-	0,35
t	-	0,75
T	-	4,15
V	%	8
m	%	53
B	mg dm ⁻³	0,04
Cu	mg dm ⁻³	0,7
Fe	mg dm ⁻³	41
Mn	mg dm ⁻³	1,2
Zn	mg dm ⁻³	0,4

O solo do experimento é caracterizado como distrófico e todos os elementos essenciais para pastagem estão em níveis inadequados para cultura e o pH baixo reflete em baixa disponibilidade dos nutrientes.

O ensaio foi instalado com dez tratamentos, em quatro repetições, no delineamento de blocos casualizados. Cada parcela era composta de 2 vasos com 5 kg de solo seco ao ar cada, com a adição das fontes de nutrientes de cada tratamento conforme Tabela 3. Realizou-se a pesagem do solo em balança digital com precisão de 2 g; já a pesagem dos compostos fertilizantes utilizados na composição de cada tratamento foi feita em balança analítica com precisão de 3 casas decimais, devido às quantidades.

Os produtos fertilizantes foram misturados ao solo com auxílio de sacos plásticos individuais para cada vaso e agitação constante durante trinta segundos.

Em cada vaso, no dia 31 de março de 2014, realizou-se a semeadura de 15 sementes de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Sendo que após 25 dias da semeadura realizou-se o desbaste, permanecendo 4 plântulas por vaso.

Durante o período de incubação (16 a 30 de março de 2014) o solo foi umedecido a cada três dias até que fosse atingida a capacidade de campo. Já durante a condução das plantas a irrigação foi diária e seguiu o procedimento a seguir: de 31 de março de 2014 a 08 de abril de 2014 utilizou-se entre 300 e 400 mL de água até atingir a capacidade de campo; a partir de 09 de abril de 2014 até o dia do corte das plantas (30 de maio de 2014) utilizou-se entre 150 a 200 mL de água.

TABELA 3. Tratamentos avaliados durante o experimento.

Tratamento	Base para cálculo	Dosagem de aplicação	Quantidade por vaso (g)
Adubação Mineral (03-30-10) (AM)	120 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	400 kg ha ⁻¹	1,00
Biossólido (B)	60 kg ha ⁻¹ de N	2.608,70 kg ha ⁻¹	6,52
Biossólido (B) + Adubação Mineral (03-30-10)	48 kg ha ⁻¹ de N (B); 120 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ (AM)	2.086,95 kg ha ⁻¹ (B); 400 kg ha ⁻¹ (AM)	5,22 (B); 1,00 (AM)
Biossólido (B) + Gesso (G)	60 kg ha ⁻¹ de N (B); 40 kg ha ⁻¹ de S (G)	2.608,70 kg ha ⁻¹ (B); 312 kg ha ⁻¹ (G)	6,52 (B); 0,78 ¹ (G)
Biossólido (B) + Magnesita (M)	60 kg ha ⁻¹ de N (B); 30 kg ha ⁻¹ de Mg (M)	2.608,70 kg ha ⁻¹ (B); 52 kg ha ⁻¹ (M)	6,52 (B); 0,13 (M)
Biossólido (B) + Superfosfato Simples (SFS)	60 kg ha ⁻¹ de N (B); 120 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ (SFS)	2.608,70 kg ha ⁻¹ (B); 668 kg ha ⁻¹ (SFS)	6,52 (B); 1,67 (SFS)
Biossólido (B) + Verdete (V)	60 kg ha ⁻¹ de N (B); 60 kg ha ⁻¹ de K ₂ O (V)	2.608,70 kg ha ⁻¹ (B); 560 kg ha ⁻¹ (V)	6,52 (B); 1,40 (V)
Biossólido (B) + G + M + SFS + V	60 kg ha ⁻¹ de N (B); 40 kg ha ⁻¹ de S (G); 30 kg ha ⁻¹ de Mg (M); 120 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ (SFS); 60 kg ha ⁻¹ de K ₂ O (V)	2.608,70 kg ha ⁻¹ (B); 312 kg ha ⁻¹ (G); 52 kg ha ⁻¹ (M); 668 kg ha ⁻¹ (SFS); 560 kg ha ⁻¹ (V)	6,52 (B); 0,78 (G); 0,13 (M); 1,67 (SFS); 1,40 (V)
Organomineral (05-24-08)	120 kg ha ⁻¹ P ₂ O ₅	500 kg ha ⁻¹	1,30
Testemunha	-	-	-

¹Quantidade de gesso recomendada inicialmente por vaso = 0,67 g. Após correção de umidade (15%) utilizou-se a quantidade de 0,78 g por vaso.

As quantidades convencionadas como base de cálculo para a aplicação da dosagem de nutrientes por unidade de área (ha) em cada tratamento provêm das Recomendações Para Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais (5ª aproximação) (CANTARUTTI et al., 1999). Para determinação das quantidades de cada composto a serem aplicadas em cada vaso, adotou-se a profundidade de 20 cm de solo, equivalentes a 2.000.000 kg de solo por hectare.

As quantidades e teores de nutrientes presentes em cada fonte alternativa consideradas para cada tratamento encontram-se na Tabela 4.

TABELA 4. Teores de nutrientes por fonte alternativa utilizada.

Tratamento	N	P₂O₅	K₂O	S	CaO	MgO
	%					
Fertilizante (03-30-10)	3	30	10	-	-	-
Gesso Agrícola	-	-	-	15	20,3	-
Magnesita	-	-	-	-	-	56
Superfosfato Simples	-	18	-	12	20	-
Verdete	-	-	11	-	-	-
Organomineral	5	24	8	-	-	-

3.3 Caracterização do biossólido

O lodo de esgoto utilizado no experimento adveio da unidade de tratamento ETE – Uberabinha, que trata aproximadamente 95% do esgoto doméstico da cidade de Uberlândia, MG (DMAE, 2015). O material utilizado foi extraído de um reator anaeróbico, após passar por um processo de desaguamento mediante a adição de polímeros catiônicos (Cloreto Férrico) e centrifugação até atingir uma massa seca de 28,79%, sendo coletado na saída da rosca transportadora (ALVES FILHO, 2014).

O lodo de esgoto coletado passou pelo processo de caracterização físico-química e microbiológica de acordo com as exigências da Resolução Conama 375/2006, sendo que os dados encontram-se na Tabela 5. (ALVES FILHO, 2014).

TABELA 5. Caracterização inicial do lodo de esgoto utilizado no experimento.

Análise microbiológica	Resultados	Metodologia
Coliformes totais	3,87 x 10 ⁸ NMP g ⁻¹ de ST	USEPA, 2006
Coliformes Termotolerantes	2,82 x 10 ⁷ NMP g ⁻¹ de ST	USEPA, 2006
Salmonella	Ausência	CETESB, 1993
Ovos de Helmintos	Ausência	USEPA, 1992
Análises química e física	Resultados	Metodologia
pH em CaCl ₂ 1:2,5	8,64	Embrapa, 2009
Nitrogênio – N	31,5 g kg ⁻¹	Raij et al 2001
Sódio – Na	700 mg kg ⁻¹	Embrapa, 2009
Alumínio – Al	34016 mg kg ⁻¹	Embrapa, 2009
Fósforo – P	900,0 mg kg ⁻¹	Embrapa, 2009
Cálcio – Ca	1460 mg kg ⁻¹	Embrapa, 2009
Magnésio- Mg	230,0 mg kg ⁻¹	Embrapa, 2009
Enxofre – S	1100 mg kg ⁻¹	Embrapa, 2009
Zinco – Zn	1494 mg kg ⁻¹	Embrapa, 2009
Manganês – Mn	121 mg kg ⁻¹	Embrapa, 2009
Ferro – Fe	15154 mg kg ⁻¹	Embrapa, 2009
Potássio – K	600 mg kg ⁻¹	Embrapa, 2009
Cobre – Cu	200 mg kg ⁻¹	Embrapa, 2009
Matéria Orgânica – MO	538,21 g kg ⁻¹	Embrapa, 2009
Carbono Orgânico – CO	312,18 g kg ⁻¹	Embrapa, 2009
Relação C/N- total	9,91	
Umidade a 105 °C	73,34 %	Embrapa, 2009
Sólidos Totais – ST	26,66 MS	Embrapa, 2009
Sólidos Voláteis	48,84 %	Embrapa, 2009
Cromo- Cr	158,60 mg kg ⁻¹	ICP/OES
Níquel- Ni	31.625 mg kg ⁻¹	ICP/OES
Cádmio – Cd	1.734 mg kg ⁻¹	ICP/OES
Chumbo - Pb	NDT	ICP/OES

Fonte: (adaptado de ALVES FILHO, 2014).

NMP. Número Mais Provável; MS – Massa Seca; NDT- Não Detectado; Espectrômetro de Plasma Simultâneo- ICP/OES.

A higienização do lodo de esgoto para obtenção do biossólido consistiu na adição de 30% de cal hidratada (Tabela 6) em relação à massa seca do lodo. O material foi misturado em betoneira até a completa homogeneização. E foi acondicionado em caixas metálicas de zinco de 0,069 m³ (0,30 x 0,23 x 1,0 m), com cobertura em vidro e expostas ao sol por 21 dias (ALVES FILHO, 2014).

TABELA 6. Caracterização físico-química da cal hidratada utilizada na caleação do lodo de esgoto.

Produto	CaO	CaCO₃	MgO	MgCO₃	PN	ER	PRNT
Cal Hidratada	79,9 %	142,2%	1,8 %	3,8 %	153,8	99,0	152,2

Após o procedimento de higienização o biossólido passou por análises físico-químicas e microbiológicas. Após tratamento de solarização o biossólido atingiu valor de 0,23 NMP de coliformes termotolerantes por grama de sólidos totais.

3.4 Variáveis fitotécnicas

Realizou-se contagem do número total de perfilhos em cada vaso, após subtração com o número inicial de plantas (quatro), obteve o número de perfilhos por vaso. O número de perfilhos de cada parcela foi a soma dos perfilhos dos dois vasos.

Determinou altura de plantas com trena através das seis maiores folhas de cada vaso e com cálculo posterior da média para cada vaso; e por fim a média dos dois vasos, para obtenção da altura média de cada parcela. O outro método consistiu em colocar uma folha de papel A4 sobre as plantas de cada vaso, sendo a medida de altura feita do local em que a mesma ficava sustentada apenas pelas folhas das plantas até o solo. A altura de cada parcela foi obtida novamente pela média dos dois vasos (Figura 1).

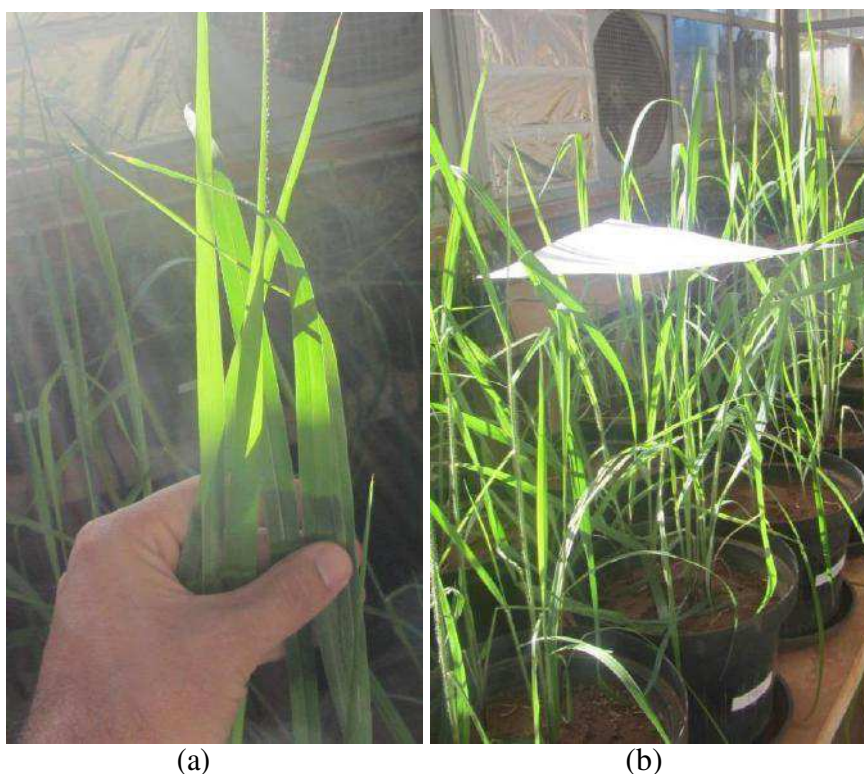


Figura 1. Metodologias adotadas para análise de altura. (a) média das 6 maiores folhas; (b) disposição de folha A4.

Com relação aos dados referentes aos valores de clorofila a e b, estes foram obtidos por análise indireta realizada pelo aparelho Clorofilog, da marca Falker® (Figura 2). Os clorofilômetros são instrumentos que indicam, sem a destruição do

material vegetal, os teores de clorofila a partir das propriedades óticas das folhas (COSTA et al., 2009b). Os valores são próprios do aparelho e não apresentam unidade de medida.

O corte das plantas foram realizados a 5 cm do solo, as massas fresca e seca de cada parcela foram obtidas em balança analítica com precisão de 3 casas decimais. A secagem do material foi realizada em estufa a 65°C até obtenção de peso constante. A obtenção da percentagem (% MS) de matéria seca em cada parcela foi feita pela relação entre a massa seca e a massa fresca.



Figura 2. Aparelho Clorofilog utilizado na obtenção dos valores diretos de clorofila a e b.

Quanto aos dados de área foliar estes seguiram a metodologia de cálculo adotada por Fagan et al. (2005). Para tal, por meio de regra de três, utiliza-se a fórmula $AD \times MSF \times ND / MSD$, em que: AD é a área do disco (cm^2), MSF - massa seca de folhas (g), ND - número de discos e MSD - massa seca de discos (g). O extrator utilizado para obtenção dos discos possui área conhecida de $0,95 \text{ cm}^2$. Foram retirados 10 discos por parcela.

Para análise química do solo após o corte das plantas, foram retiradas três amostras simples de cada vaso, totalizando 6 amostras simples por parcela, para composição da amostra composta. As análises foram realizadas no

LABAS/ICIAG/UFU. Quanto às análises foliares, estas foram realizadas para macro e micronutrientes.

3.5 Análise estatística dos dados

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade, homogeneidade e aditividade de blocos através do programa estatístico SPSS, versão 20.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância através do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2008) e quando o teste F foi significativo ($< 0,05\%$) as médias foram comparadas entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. Além disso, a média de cada tratamento também foi comparada com a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

A única variação com relação ao teste de Dunnet a 0,05 de significância foi adotada nos dados referentes à análise química foliar, em que a testemunha não apresentou material suficiente para tal procedimento; e a comparação pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância foi feita com o tratamento adubação mineral.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Variáveis Fitotécnicas

Observou-se efeitos das diferentes fontes de fertilizantes sobre variáveis fitotécnicas de crescimento e desenvolvimento das plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Verificou-se que o maior número médio de perfilhos foi no tratamento biossólido + adubação mineral e adubação mineral.

TABELA 8. Resultados médios obtidos para número de perfilhos, *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

Tratamento	Nº médio Perfilhos ¹
Adubação Mineral	11,75*a
Biossólido	8,75* b
Biossólido + Adubação Mineral	13,75* a
Biossólido + Gesso (G)	8,00* b
Biossólido + Magnesita (M)	7,00* b
Biossólido + Superfosfato Simples (SFS)	8,00* b
Biossólido + Verdete (V)	5,75* b
Biossólido + G + M + SFS + V	9,00* b
Organomineral	10,00* b
Testemunha	0,50 c

¹ Médias seguidas por letras distintas para número de perfilhos diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; * Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. CV = 32,10%.

É possível verificar ainda que a adubação mineral isolada ou conjunta com o biossólido apresentou os melhores resultados para número de perfilhos em *Urochloa brizantha* cv. Marandu. Esses resultados podem ser explicados pelo efeito positivo do nitrogênio no perfilhamento da forrageira (ALEXANDRINO et al., 2004).

O nitrogênio está intimamente ligado ao alongamento foliar, devido à grande influência do nitrogênio nos processos fisiológicos da planta. A aplicação de nitrogênio traz inúmeros benefícios às plantas: estímulo ao desenvolvimento dos primórdios foliares, o aumento do número de folhas vivas por perfilho, a diminuição do intervalo de tempo para aparecimento de folhas, a redução da senescência foliar e o estímulo ao perfilhamento (PACIULLO et al., 1998).

Foi observada diferença significativa em função dos dois métodos utilizados para determinar altura da forrageira. A aplicação de adubação mineral, biossólido +

adubação mineral e organomineral gerou plantas com maiores alturas.

TABELA 9. Resultados médios obtidos para a variável altura, *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

Tratamento	Altura média (6 maiores folhas) ^{1,2}	Altura média (folha A4) ^{1,3}
	----- cm -----	
Adubação Mineral	54,37* a	38,75* a
Biossólido	41,75 ^{NS} b	21,00 ^{NS} c
Biossólido + Adubação Mineral	52,38* a	28,13* b
Biossólido + Gesso (G)	38,50 ^{NS} b	21,88 ^{NS} c
Biossólido + Magnesita (M)	40,50 ^{NS} b	22,38 ^{NS} c
Biossólido + Superfosfato Simples (SFS)	43,13 ^{NS} b	27,25* b
Biossólido + Verdete (V)	39,38 ^{NS} b	21,00 ^{NS} c
Biossólido + G + M + SFS + V	45,13 ^{NS} b	30,13* b
Organomineral	54,63* a	32,00* b
Testemunha	26,00 b	11,38 d

¹ Médias seguidas por letras distintas na coluna para altura de planta diferem entre si pelo teste de Scott- Knott a 0,05 de significância; * Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância; ^{NS} Não significativo pelo mesmo teste. ²CV = 21,73%; ³CV = 22,39%.

Independente da metodologia utilizada, a adubação mineral esteve entre os tratamentos que resultaram nas maiores alturas de plantas. Utilizando a metodologia das seis maiores folhas, observa-se que a adubação mineral com ou sem biossólido e a adubação organomineral não deferiram entre si.

Monteiro et al. (1995), verificaram em seus ensaios que a condução de *Urochloa brizantha* cv. Marandu na ausência de nitrogênio e fósforo limitaram o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, a produção de matéria seca, na parte aérea e raízes, o que levou a redução também no número de perfilhos e na altura das plantas.

Os dados médios obtidos por medida indireta para clorofila a e b são apresentados na Tabela 10.

TABELA 10. Resultados médios obtidos para clorofila a e b, *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

Tratamento	Clorofila a²	Clorofila b^{1,3}
Adubação Mineral	33,95	10,05* a
Biossólido	32,10	5,90 ^{NS} b
Biossólido + Adubação Mineral	32,48	8,58* a
Biossólido + Gesso (G)	33,38	7,63* a
Biossólido + Magnesita (M)	29,40	7,50* a
Biossólido + Superfosfato Simples (SFS)	33,75	9,80* a
Biossólido + Verdete (V)	30,55	6,10 ^{NS} b
Biossólido + G + M + SFS + V	34,35	9,18* a
Organomineral	31,13	7,95* a
Testemunha	24,45	4,15 b

¹ Médias seguidas por letras distintas na coluna para altura de planta diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; * Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{NS} Não significativo pelo mesmo teste. ²CV = 13,72%; ³CV = 21,11%.

Para clorofila a, os diferentes tratamentos não resultaram em valores significativamente diferentes pelo teste F a 0,05 de significância. Com relação aos teores de clorofila b, os únicos tratamentos que não apresentaram diferenças significativas em relação a testemunha, foram o biossólido isolado e com adição de verdete. Nos demais tratamentos a diferença foi significativa, mostrando que as fontes forneceram quantidade de nutrientes que levaram a maiores valores médios de clorofila.

Martins; Pitelli (2000) observaram que a calagem provoca incremento nos teores de clorofila a e b na planta infestante *Urochloa plantaginea*. Assim, infere-se que as fontes de fertilizantes utilizadas nos tratamentos possuem efeito na nutrição da forrageira.

Por outro lado, é interessante observar que geralmente o teor de clorofila a corresponde a aproximadamente 3 a 4 vezes o teor de clorofila b. Segundo Monteith (1978), essa é uma característica fotossintética das plantas do grupo C4, como o caso da *Urochloa brizantha*.

Verificou-se que aplicação de adubação mineral, biossólido + adubação mineral e organomineral gerou maior peso de matéria fresca. A matéria seca foi superior apenas para adubação mineral – Tabela 11.

TABELA 11. Resultados médios obtidos para pesos de massa seca e massa fresca, e relação entre massa seca e massa fresca, *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

Tratamento	Massa seca ^{1,2}	Massa fresca ^{1,3}	Massa seca / Massa fresca ^{1,4}
	----- g -----		--- % ---
Adubação Mineral	7,099* a	35,667* a	20,61 ^{NS} c
Biossólido	2,474 ^{NS} d	11,452* c	21,21 ^{NS} b
Biossólido + Adubação Mineral	5,824* b	32,793* a	17,89 ^{NS} c
Biossólido + Gesso (G)	2,792 ^{NS} d	13,377* c	20,25 ^{NS} c
Biossólido + Magnesita (M)	2,554 ^{NS} d	13,238* c	18,52 ^{NS} c
Biossólido + Superfosfato Simples (SFS)	4,791* c	21,937* b	21,61 ^{NS} b
Biossólido + Verdete (V)	1,795 ^{NS} d	9,432 ^{NS} c	18,93 ^{NS} c
Biossólido + G + M + SFS + V	4,693* c	24,823* b	19,02 ^{NS} c
Organomineral	5,984* b	32,018* a	19,08 ^{NS} c
Testemunha	0,635 e	2,678 d	24,72 a

¹ Médias seguidas por letras distintas na coluna para altura de planta diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; * Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância. ^{NS} Não significativo pelo mesmo teste. ²CV = 17,67%; ³CV = 22,89%; ⁴CV = 9,34%.

Foi observado que a relação entre massa seca e massa fresca apenas a testemunha apresentou superioridade, indicando que falta de nutrientes geraram menor quantidade de água em suas folhas.

Resultados semelhantes para massa seca de braquiário foram encontrados por Monteiro et al. (1995), através do cultivo em solução nutritiva, em que os tratamentos testemunha e os com ausência de nitrogênio e fósforo corresponderam aos com maior limitação ao desenvolvimento das plantas, com reflexos ainda na altura de plantas e número de perfilho.

Verificou-se diferença significativa para o tratamento adubação mineral isolada ou conjunta com biossólido, fertilizante organomineral, biossólido com a adição de superfosfato simples e biossólido com adição de gesso, magnesita, superfosfato simples e verdete (Tabela 12).

TABELA 12. Resultados médios obtidos para área foliar, *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

Tratamento	Área Foliar^{1,2}
	--- cm ² ---
Adubação Mineral	1402,02 ^{NS} a
Biossólido	805,26 ^{NS} b
Biossólido + Adubação Mineral	1601,01* a
Biossólido + Gesso (G)	748,65 ^{NS} b
Biossólido + Magnesita (M)	813,10 ^{NS} b
Biossólido + Superfosfato Simples (SFS)	1113,77 ^{NS} a
Biossólido + Verdete (V)	607,95 ^{NS} b
Biossólido + G + M + SFS + V	1154,88 ^{NS} a
Organomineral	1350,29 ^{NS} a
Testemunha	517,07 b

¹ Médias seguidas por letras distintas na coluna para altura de planta diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; * Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. ^{NS} Não significativo pelo mesmo teste. ²CV = 29,79%.

O índice de área foliar do capim-braquiária é determinado em relação à unidade de área. No entanto, considerando que o cultivo realizado nesse experimento foi feito em vasos, obteve-se resultados em valores absolutos, com o corte realizado na época em

que começou o maior acamamento das plantas (60 dias); período este, semelhante ao encontrado por Portes et al. (2000), para obtenção do índice de área foliar ótimo para a espécie *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

4.2 Análise química do solo

Observou-se que os teores de fósforo foram superiores nos tratamentos com a adição de superfosfato simples, resultado semelhante para os teores de enxofre, devido à composição do fertilizante – Tabela 13.

Segundo Galdos et al. (2004) encontraram que a aplicação de lodo de esgoto ao solo cultivado por milho elevou a concentração de fósforo no primeiro ano de cultivo de milho, mostrando que a aplicação isolada de lodo de esgoto disponibiliza fósforo ao solo e a adição de outras fontes, como o caso do superfosfato simples, incrementam esse teor. Além disso, verificaram que os teores de fósforo disponíveis no solo onde foi aplicado lodo de esgoto foram semelhantes aos do tratamento com a aplicação de adubo NPK.

A adição de verdete ao biossólido mostrou-se capaz de manter o teor de potássio no solo, contrariando o que Duarte (2012) afirma com relação ao milheto, em que segundo seu trabalho o verdete não foi capaz de liberar seus nutrientes no solo.

Como relação aos teores de cálcio e magnésio observa-se que a adição de biossólido eleva suas concentrações no solo. Segundo Alves Filho (2014), isso se deve em parte pela adição da cal hidratada na higienização do lodo de esgoto, uma vez que esta possui teores consideráveis de cálcio e magnésio em sua composição, chegando a 79,8% CaO e 1,8% MgO. A redução significativa nas concentrações de fósforo e alumínio, devido à formação de compostos poucos solúveis como fosfatos de cálcio e de alumínio.

Ao se considerar os micronutrientes, houve redução nas concentrações de ferro e manganês. Sendo que para cobre e boro não ocorreu significância pelo teste de F (0,05). A redução de micronutrientes está diretamente ligada à elevação do pH do solo, provocando a fixação dos mesmos. Efeito semelhante observa-se em calagens com doses elevadas, levando à imobilização de zinco, ferro, manganês e cobre (PAULINO et al., 1994).

De maneira geral, o pH ácido favorece a absorção de micronutrientes pelas plantas, porém como estes são pouco exigidos podem se tornar tóxicos. Por outro lado,

o pH alcalino reduz a disponibilidade e absorção de micronutrientes. Ambas situações interferem diretamente na produtividade final das culturas (OLIVEIRA et al., 2005).

A redução dos teores de ferro e manganês se mostra benéfico para solo com teores tóxicos desses micronutrientes (ANDREOLI et al., 2001). Além disso, o mesmo autor afirma que o biossólido com pH acima de 12,0 provoca além da fixação dos metais pesados, a insolubilização do fósforo e perdas de nitrogênio por volatilização da amônia.

Com relação à Tabela 14, observa-se que a adição do biossólido caleado ao solo mostrou-se bastante eficiente como condicionador de solo, com elevação rápida do pH e percentagem de saturação por bases (V%), além de redução a zero da percentagem de saturação por alumínio (m%). Esse efeito já foi verificado por vários autores, especificamente em relação ao pH (OLIVEIRA, 1995; SILVA et al., 1998)

Quanto aos teores de matéria orgânica e carbono orgânico, mesmo com a afirmação de Alves Filho (2014) de que a redução desses parâmetros deve-se à elevação do pH do biossólido, proporcionando uma maior mineralização da matéria orgânica total; nesse experimento não foi capaz de reduzir teor de matéria orgânica e carbono orgânico no solo.

Além disso, foi possível observar que o biossólido caleado possui excelentes propriedades corretivas do solo, além de reação rápida nessa correção. No entanto, novos estudos precisam ser realizados a fim de verificar o período de ação do mesmo no solo. Quanto ao período de estocagem autores mencionam que a eficiência na manutenção dos níveis de pH ao longo do tempo de deve à concentração de CaO na cal. Em trabalhos com a adição de cal hidratada na proporção de 29,1% da massa seca do lodo, Rocha (2009) verificou que o pH se manteve a níveis superiores a 12,0 por 60 dias.

TABELA 13. Resultados médios obtidos para análise química dos solos, *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

Tratamento	P ^{1,2}	S ^{1,3}	K ^{1,4}	K ^{1,5}	Ca ^{1,6}	Mg ^{1,7}	Al ^{1,8}	B ⁹	Cu ¹⁰	Fe ^{1,11}	Mn ^{1,12}	Zn ^{1,13}
	----- mg dm ⁻³ -----			----- cmol _c dm ⁻³ -----				----- mg dm ⁻³ -----				
Adubação Mineral	7,25 ^{NS} c	7,00 ^{NS} b	16,00* b	0,04 ^{NS} b	0,50 ^{NS} b	0,10 ^{NS} b	0,53 ^{NS} c	0,1	0,95	37,50 ^{NS} a	2,08 ^{NS} a	0,43 ^{NS} c
Biossólido	1,40 ^{NS} c	19,25 ^{NS} b	17,50 ^{NS} a	0,05 ^{NS} a	1,43* a	0,20* a	0,00* a	0,12	0,95	27,50* b	1,32* b	1,03* b
Biossólido + Adubação Mineral	11,85* b	14,75 ^{NS} b	19,00 ^{NS} a	0,05 ^{NS} a	1,30* a	0,13 ^{NS} b	0,00* a	0,1	0,85	26,75* b	1,43* b	1,15* b
Biossólido + Gesso (G)	3,35 ^{NS} c	28,00* b	15,00* b	0,04* b	1,58* a	0,15* a	0,00* a	0,12	0,95	24,50* b	1,35* b	1,15* b
Biossólido + Magnesita (M)	9,08 ^{NS} b	16,25 ^{NS} b	16,00* b	0,04* b	1,38* a	0,20* a	0,00* a	0,1	0,9	24,25* b	1,38* b	1,28* b
Biossólido + Superfosfato Simples (SFS)	18,75* a	51,50* a	15,00* b	0,04* b	1,68* a	0,18* a	0,00* a	0,12	0,88	28,50* b	1,63 ^{NS} b	1,28* b
Biossólido + Verdete (V)	3,85 ^{NS} c	16,75 ^{NS} b	18,25 ^{NS} a	0,05 ^{NS} a	1,68* a	0,18* a	0,00* a	0,1	0,95	22,75* b	1,33* b	1,73* a
Biossólido + G + M + SFS + V	16,05* a	45,00* a	14,00* b	0,04* b	1,58* a	0,20* a	0,00* a	0,14	0,83	21,75* b	1,28* b	1,23* b
Organomineral	10,45 ^{NS} b	3,00 ^{NS} b	16,75* b	0,04 ^{NS} b	0,48 ^{NS} b	0,10 ^{NS} b	0,40 ^{NS} b	0,17	0,95	37,00 ^{NS} a	1,95 ^{NS} a	0,40 ^{NS} c
Testemunha	1,28 c	6,00 ^{NS} b	21,50 a	0,06 a	0,40 b	0,08 b	0,53 c	0,09	0,93	43,25 a	2,18 a	0,23 c

¹ Médias seguidas por letras distintas na coluna para altura de planta diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; * Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. ^{NS} Não significativo pelo mesmo teste. ²CV = 57,79%; ³CV = 50,54%; ⁴CV = 13,30%; ⁵CV = 14,81%; ⁶CV = 17,25%; ⁷CV = 25,01%; ⁸CV = 45,79%; ⁹CV = 35,14%; ¹⁰CV = 8,48%; ¹¹CV = 14,79%; ¹²CV = 17,63%; ¹³CV = 20,53%

TABELA 14. Resultados médios obtidos para análise química dos solos (condicionadores), *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

Tratamento	pH H₂O^{1,2}	V^{1,3}	m^{1,4}	M. O.⁵	C. O.⁶
Adubação Mineral	4,75 ^{NS} b	20 ^{NS} b	44 ^{NS} b	1,90	1,10
Biossólido	6,18* a	53* a	0* a	1,75	1,02
Biossólido + Adubação Mineral	6,00* a	47* a	0* a	1,93	1,12
Biossólido + Gesso (G)	6,30* a	56* a	0* a	2,00	1,16
Biossólido + Magnesita (M)	6,35* a	53* a	0* a	1,90	1,10
Biossólido + Superfosfato Simples (SFS)	6,35* a	56* a	0* a	1,98	1,15
Biossólido + Verdete (V)	6,63* a	60* a	0* a	1,98	1,15
Biossólido + G + M + SFS + V	6,33* a	57* a	0* a	1,78	1,03
Organomineral	5,00 ^{NS} a	20 ^{NS} b	39* b	1,90	1,10
Testemunha	4,50 b	17 b	50 c	1,83	1,06

¹ Médias seguidas por letras distintas na coluna para altura de planta diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; * Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. ^{NS} Não significativo pelo mesmo teste. ²CV = 5,38%; ³CV = 14,30%; ⁴CV = 31,51%; ⁵CV = 11,46%; ⁶CV = 11,53%.

4.3 Análise química foliar

Os resultados das análises foliares encontram-se na Tabela 15. Onde pode-se observar que não foi utilizado na análise estatística o tratamento testemunha pois este não apresentou material vegetal suficiente para realização das avaliações.

Quanto aos teores de nitrogênio, observa-se que os tratamentos não demonstraram diferenças significativas pelo teste F (0,05). O mesmo acontecendo com os teores de ferro. Em relação aos teores de nitrogênio, mostra que os tratamentos envolvendo a aplicação de biossólido no solo não influenciaram para a sua concentração na planta.

Pelo teste de Dunnet, com relação aos teores de fósforo, potássio, enxofre, cobre, manganês e zinco, é possível inferir que a aplicação de biossólido no solo não levou a diferenças significativas em comparação com a adubação mineral. Isso mostra que mesmo com a possível indisponibilização de fósforo e fixação de micronutrientes no solo pela presença do biossólido caleado, com elevado pH, não houve interferência nesses nutrientes na planta em comparação com a adubação mineral padrão. Além disso, zinco e manganês que podem ser considerados tóxicos, mostraram índices semelhantes aos da adubação mineral, indicando que a utilização do biossólido na formação e estabelecimento da braquiária é uma alternativa interessante. A elevação no teor de fósforo também foi observado por Araújo et al. (2009) com a adição de lodo de esgoto ao cultivo de *Urochloa decumbens*.

Observou-se que a adição de biossólido à adubação mineral mostrou-se eficiente para fornecimento de fósforo. Além disso, os tratamentos com a presença exclusiva de biossólido mostrou-se eficiente no fornecimento de cobre e zinco.

A presença de biossólido caleado no solo levou a valores superiores de cálcio e magnésio nas folhas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, em praticamente todos os tratamentos em que este foi adicionado.

TABELA 15. Resultados médios obtidos para análise foliar, *Urochloa brizantha* cv. Marandu.

Tratamento	N ²	P ^{1,3}	K ^{1,4}	Ca ^{1,5}	Mg ^{1,6}	S ^{1,7}	Cu ^{1,8}	Fe ⁹	Mn ^{1,10}	Zn ^{1,11}
	----- g kg ⁻¹ -----					----- mg kg ⁻¹ -----				
Adubação Mineral	25,3800	1,5 b	36,25 a	6,03 c	4,25 d	0,90 a	5,43 c	201,38	507,27 a	35,35 b
Biossólido	28,4500	1,73 ^{NS} b	43,88 ^{NS} a	6,98 ^{NS} b	4,20 ^{NS} d	1,13 ^{NS} a	10,73* a	193,2	383,98 ^{NS} b	57,13* a
Biossólido + Adubação Mineral	26,3000	2,10 ^{NS} a	36,25 ^{NS} a	7,55* a	5,05 ^{NS} c	1,00 ^{NS} a	6,43 ^{NS} c	271,83	379,93 ^{NS} b	35,08 ^{NS} b
Biossólido + Gesso (G)	21,4500	1,45 ^{NS} b	39,25 ^{NS} a	7,33 ^{NS} a	4,65 ^{NS} c	1,18 ^{NS} a	8,28 ^{NS} b	197,78	470,97 ^{NS} a	53,98* a
Biossólido + Magnesita (M)	28,6500	2,10 ^{NS} a	41,13 ^{NS} a	7,70* a	6,85* b	1,65* a	9,20* b	347,45	338,37 ^{NS} b	50,78 ^{NS} a
Biossólido + Superfosfato Simples (SFS)	19,7500	1,85 ^{NS} b	31,00 ^{NS} b	8,08* a	5,85 ^{NS} c	1,10 ^{NS} a	7,80 ^{NS} b	225,95	489,31 ^{NS} a	35,83 ^{NS} b
Biossólido + Verdete (V)	23,7300	1,73 ^{NS} b	45,63 ^{NS} a	6,68 ^{NS} b	3,68 ^{NS} d	1,18 ^{NS} a	7,98 ^{NS} b	216,53	397,70 ^{NS} b	51,08 ^{NS} a
Biossólido + G + M + SFS + V	26,9000	2,28 ^{NS} a	26,75 ^{NS} b	8,23* a	9,58* a	1,28 ^{NS} a	6,38 ^{NS} c	209,08	489,25 ^{NS} a	37,95 ^{NS} b
Organomineral	22,8800	1,65 ^{NS} b	42,88 ^{NS} a	5,70 ^{NS} c	3,45 ^{NS} d	0,60 ^{NS} a	4,80 ^{NS} c	211,65	532,62 ^{NS} a	30,88 ^{NS} b

¹ Médias seguidas por letras distintas na coluna para altura de planta diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância; * Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. ^{NS} Não significativo pelo mesmo teste. ²CV = 30,34%; ³CV = 16,42%; ⁴CV = 12,39%; ⁵CV = 9,75%; ⁶CV = 16,21%; ⁷CV = 27,82%; ⁸CV = 14,74%; ⁹CV = 40,78%; ¹⁰CV = 20,17%; ¹¹CV = 11,59%.

5 CONCLUSÕES

- Deve-se aplicar o biossólido associado com adubação mineral ou organomineral para fornecer níveis de nutrientes adequados para *Urochloa brizantha* cv. Marandu;
- O biossólido calcado apresenta propriedades corretivas do solo consideráveis, com capacidade de elevação do pH e percentagem de saturação por bases (V%) a índices desejáveis em curto espaço de tempo;
- A adubação mineral convencional torna-se mais eficiente com a complementação da mesma com biossólido, principalmente para fornecimento de fósforo à planta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, P. B. Origem das Brachiarias e suas características morfológicas de interesse forrageiro. In: ENCONTRO PARA DISCUSSÃO SOBRE CAPINS DO GÊNERO *Brachiaria*, Nova Odessa, 1986. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987. p. 1-18.

ALEXANDRINO, E.; VAZ, R. G. M. V.; SANTOS, A. C. dos. Características da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante o seu estabelecimento submetida a diferentes doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 886-893, nov./dez. 2010.

ALVES FILHO, A. **Desinfecção de lodo de esgoto anaeróbico para fins agrícolas**. Dissertação (Mestrado – Agronomia). 2014. 76f. Universidade Federal de Uberlândia – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Uberlândia, 2014.

ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I.; FERNANDES, F. Reciclagem de bio sólidos: Transformando problemas em soluções. 2. Ed. Curitiba: **Sanepar, Finep**, 2001.

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S. Proposta de roteiro para elaboração de planos de distribuição de lodo. In: I SEMINÁRIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIOSSÓLIDOS DO MERCOSUL, Curitiba, dez. 1998.

ARAUJO, F. F. de; GIL, F. C.; TIRITAN, C. S. Lodo de esgoto na fertilidade do solo, na nutrição de *Brachiaria decumbens* e na atividade da desidrogenase. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 1, p. 1-6, jan-mar. 2009.

BARROS, I. T.; COSTA, A. C. S.; ANDREOLI, C. V. Avaliação da higienização do lodo de esgoto anaeróbico através do tratamento ácido e alcalino. **Sanare - Revista Técnica da Sanepar**, v. 24, p.61-69, 2006.

BELARMINO, M. C. J.; PINTO, J. C.; ROCHA, G. P.; FURTINI NETO, A. E.; MORAIS, A. R. de. Altura de perfilho e rendimento de matéria seca de capim-tanzânia em função de diferentes doses de superfosfato simples e sulfato de amônio. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 879-885, jul./ago. 2003.

BERNARDI, A. C. de C.; POLIDORO, J. C.; BENITES, V. **Produção de matéria seca e qualidade nutricional do capim-tanzânia em função de doses de nitrogênio, potássio e magnésio**. 46ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. UEM, Maringá, 2009. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/256004/1/PROCIACCB2009.00047.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. p. 25-36.

BOSSU, C. M.; BERNARDI, A. C. C.; AMARAL, C. D.; SOUZA, G. B.; NOGUEIRA, A. R. A. Produção de *Brachiaria brizantha* cultivada em solo

contaminado com As, Cd, Cr e Pb. **In:** XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Uberlândia, 2010.

CAMARGO, O. A.; BETTIOL, W. Agricultura: opção animadora para a utilização de lodo de esgoto. **O Agrônomo**, Campinas, v. 52, p. 2-3, 2000.

CANTARUTTI, R. B.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, M. M.; FONSECA, D. M. da; ARRUDA, M. L.; VILELA, H.; OLIVEIRA, F. T. T. Sugestões de adubação para as diferentes culturas em Minas Gerais – Pastagens. **In:** RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V.; V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999, p. 332-341, cap. 18.5.

CASSINI, S. T. **Digestão de resíduos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

CETESB. **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Salmonella – Isolamento e identificação: Método de ensaio**. São Paulo, 1993. 42 p (norma técnica L.5128).

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução 375, de 29 de agosto de 2006**. Diário Oficial da União, Brasília (DF), 2006. 30 ago. Seção n. 167, seção 1, p.141-146.

CORREIA, D. M. B. **Magnesita**. Balanço Mineral Brasileiro 2001. 2001. Disponível em:<<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/magnesita.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2015.

COSTA, N. L.; GONÇALVES, C. A.; OLIVEIRA, J. R. C.; OLIVEIRA, M. A. S.; MAGALHÃES, J. A. **Resposta de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu à regimes de corte**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004a. 3p. (Comunicado Técnico 279). ISSN 0103-9458.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; FAQUIN, V.; SILVA, G. P.; SEVERIANO, E. C. Produção de massa seca e nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* (H. Rich) Stapf sob doses de nitrogênio. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1578-1585, nov./dez., 2009b.

COSTA, W. L. U.; BARBIERI JÚNIOR, E.; ROSSIELLO, R. O. P.; MORENZ, M. J. F.; SILVA, R. V. M. M.; RIBEIRO, R. C. Teores de N foliar do Capim-Tifton 85 e sua relação com as leituras de um clorofilômetro. **Associação Brasileira de Zootecnistas**, Águas de Lindóia, 2009.

CUSTÓDIO, D. P.; OLIVEIRA, S. P.; COSTA, K. A. de P.; SANTOS, P. S. M.; FARIA, C. D. Avaliação do gesso no desenvolvimento e produção do capim-tanzânia. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 1, p. 27-34, jan./mar. 2005.

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE UBERLÂNDIA – DMAE. **Esgoto**. 2015. Disponível em: <<http://www.dmae.mg.gov.br/?pagina=Conteudo&id=767>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

DUARTE, I. N. **Termopotássio:** fertilizante alternativo para a agricultura brasileira. 2012. 84 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. 2012.

EISCHLER, V.. **Disponibilidade do potássio do Verdete de Abaeté, calcinado com e sem calcário magnesiano, para a cultura do milho (Zeamays L.) em solos de textura média e argilosa.** 1983. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG, 1983.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, Plantas e Fertilizantes.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009, 2 ed. 627p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Campo Grande, 1985, 31 p. (EMBRAPA/CNPQC. Documentos, 21).

FAGAN, E. B.; MEDEIROS, S. L. P. ; BORCIONI, E.; LUZ, G. L. da; SIMON, J.; JASNIWICZ, L. R.; MANFRON, P. A.; MÜLLER, L.; DOURADO NETO, D. Influência de intervalos entre irrigações na fisiologia e produção de meloeiro sob sistema hidropônico. **Revista Brasileira Agrônômica**, Pelotas, v. 11, n. 4, p. 429-436, out./dez. 2005.

FERREIRA, D. F. SISVAR: Um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium.** Lavras, v.6, p.36-41, 2008.

FERREIRA, A. C.; ANDREOLI, C. V. Produção e características dos biossólidos. **In:** LARA, A. I.; FERREIRA, A. C.; ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S.; IHLENFELD, R. G. K. Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura. Curitiba, 1999. p. 8-20.

FILHO, F. A. País sujo. **Isto é**, n. 1696, p.74-80, abr. 2002.

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

GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. Tópicos de forragicultura tropical. **Cadernos didáticos**, Belo Horizonte: FEP MVZ, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Estimativa da população brasileira.** 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico.** Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, 2008.

IBPGR. **International Board for Plant Genetic Resources.** Royal Botanic Gardens, Kew. 1984.

KAHN, H; TASSINARI, M.N; ANTONIASSI, J. L. **Estudo de caracterização mineralógica em amostra de verdete**, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, Laboratório de Caracterização Tecnológica. 11 de maio de 2011 (Relatório interno – Verde Fertilizantes Ltda, maio de 2011).

MARTINS, D.; PITELLI, R. A. Efeito da adubação fosfatada e da calagem nas relações de interferência entre plantas de soja e capim-marmelada. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 331-347, 2000.

MESQUITA, E. E.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; PEREIRA, O. G.; PINTO, J. C. Efeitos de métodos de estabelecimento de braquiária e estilosantes e de doses de calcário, fósforo e gesso sobre alguns componentes nutricionais da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 2186-2196, 2002.

MIKI, M. K.; ANDRIGUETI, E. J.; SOBRINHO, P. A. **In.:** TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELO, A. J.; MARQUES, M. O. *Biossólidos na Agricultura*. 1ªed. São Paulo: SABESP, 2001. 468p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. 2013. Pecuária brasileira reduz área e dobra produção em 36 anos. 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/noticias/2013/02/pecuaria-brasileira-reduz-area-e-dobra-producao-em-36-anos>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

MIRANDA, V. S. Reabilitação de área degradada pela deposição de resíduos sólidos urbanos usando gramíneas forrageiras, 2010. 33f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.

MONTEIRO, F. A.; RAMOS, A. K. B.; CARVALHO, D. D. de; ABREU, J. B. R. de; DAIUB, J. A. S.; SILVA, J. E. P. da; NATALE, W. Cultivo de *Brachiaria brizantha* Stapf. Cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de micronutrientes. **Scentia Agrícola**, Piracicaba, v. 52, n.1, p. 135-141, jan./abr. 1995.

MONTEIRO, M. F. **Avaliação do ciclo de vida do fertilizante superfosfato simples**. 2008. 179f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia – Escola Politécnica, Salvador, 2008.

MONTEITH, J.L. Reassessment of maximum growth rates for C3 and C4 crops. **Exp. Agric.**, v.14, p. 1-5, 1978.

OLIVEIRA, F. C. **Metais pesados e formas nitrogenadas em solos tratados com lodo de esgoto**. 1995. 90p. Dissertação de Mestrado - Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Piracicaba. 1995.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Mobilidade de metais pesados em um Latossolo Amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scentia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 807-812, 2001.

OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, K. A. de P.; RODRIGUES, C.; MACEDO, F. da R; MOREIRA, F. P.; SANTOS, K. J. G. dos. Manutenção e correção da fertilidade do solo para inserção do cerrado no processo produtivo. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, São Luís de Montes Belos, v. 1, n.1, p. 50-64, 2005. ISSN 1808-8597.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, J. A.; RIBEIRO, K. G. Adubação nitrogenada do capim-elefante cv. Mott. 1. Rendimento forrageiro e características morfofisiológicas ao atingir 80 e 120 cm de altura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.1069-1075, 1998.

PADILHA, C. S. **Uniformidade de aplicação de fertilizantes com diferentes características físicas**. 2005. 83 p. (Relatório de estágio do curso de Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005.

PAULINO, V. T.; COSTA, L. N.; LUCENA, M. A. C. de. Resposta de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu a calagem e a fertilização fosfatada em um solo ácido. **Pasturas Tropicais**, v. 16, n. 2, p. 34 – 40, 1994.

PIRES, A. M. M. Ofício. **Embrapa – Impacto Ambiental**. 2003. Disponível em: < www.mma.gov.br/port/.../ContextualLodoEsgoto-AdrianaPires-0403.doc>. Acesso em: 15 jan. 2015.

PIZA, P. A. DE T.; FRANÇA, S. C. A.; BERTOLINO, L. C. **Termopotássio do Cedro de Abaeté (MG) como fonte alternativa para potássio**. XVII Jornada de Iniciação Científica – CETEM, 2009.

PORTES, T. de A.; CARVALHO, S. I. C. de; OLIVEIRA, I. P. de; KLUTHCOUSKI, J. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, jul. 2000.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: IAC, 2001. 285p.

ROCHA, A. L. C. L. **Higienização de lodo anaeróbico de esgoto por meio alcalino estudo de caso da ETES Lages – Aparecida de Goiânia-GO**. 2009. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente). Programa de pós- graduação em engenharia do ambiente da Universidade Federal de Goiás. 2009.

ROSSI, C.; MONTEIRO, F. A. Doses de fósforo, épocas de coleta e o crescimento e diagnose nutricional nos capins braquiária e colônia. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n.4, p. 1101-1110, out./dez. 1999.

SANCHES, A. B. **Efeitos do silicato de cálcio nos atributos químicos do solo e planta, produção e qualidade em capim-braquiário [*Brachiaria brizantha* (Hoeschst ex. A. Rich) Stapf. Cv. Marandu] sob intensidades de pastejo**. 2003. 140f. Dissertação (mestrado) – Curso Zootecnia, Universidade de São Paulo (Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos), 2003.

SALISBURY, F.B., ROSS, C. W. **Plant physiology**. 3 ed. California, Belmont: Wadsworth Publishing Company. 1991. 692p.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEIXE, C. A.; MENDONÇA, E. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto: nutrientes, metais pesados e produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1-8, 1998.

SPERLING, M. von; ANDREOLI, C. V. Introdução. **In.:** ANDREOLI, C. V.; SPERLING, M. von; FERNANDES, F. Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG: Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. 484 p.

SPSS. IBM SPSS Estatistic. Versão 20. 2012.

TAMANINI, V. S. **Recuperação de áreas degradadas com a utilização de biossólido e gramínea forrageira**. 2004. 196f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

TSUTIYA, M. T. – Alternativas de disposição final de biossólidos. **In.:** TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELO, A. J.; MARQUES, M. O. Biossólidos na Agricultura. 1ªed. São Paulo: SABESP, 2001. 468p.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Method 1681: Fecal Coliforms in Sewage Sludge (Biosolids) by Multiple- Tube Fermentation using A-1 medium**. Office of Water, 45 p. EPA- 821-R-06-013, Washigton, DC 20460, july,2006.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Environmental regulations and technology. Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge**. Office of research and development, 152p. EPA/625/R-92/013, Washigton, DC 20460, December, 1992. Helminthos

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS. 2000. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2000, p. 65-108.

VENEGAS, V. H. A.; DIAS, L. E.; RIBEIRO, A. C.; SOUZA, R. B. de. Uso do gesso agrícola. **In:** RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V.; V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999, p. 332-341, cap. 10.

VILELA, L. A. F. Efeitos da adição de diferentes doses de biossólido (lodo industrial) nas propriedades químicas de um NEOSSOLO QUARTZARÊNICO e na produção de matéria seca de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, 2009. 82 f. Monografia (Curso de Agronomia) – Faculdades Integradas de Mineiros, Mineiros, 2009.

VITTI, G. C. **Acidez do solo, calagem e gessagem**: curso de atualização em fertilidade do solo. Fundação Cargill: Campinas; UNESP:Ilha Solteira, 1987. p. 303-348.

VITTI, G. C.; NOVAES, N. J. Adubação com enxofre. In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS. Nova Odessa, SP, 1985. **Anais...** Nova Odessa, SP, 1985. p. 191- 232.

YAMANE, L.H. **Avaliação da higienização do resíduo de caixa de areia de estações de tratamento de esgoto.** 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

ZIMMER, A. H.; EUCLIDES, V. P. B.; EUCLIDES FILHO, K.; MACEDO, M. C. M. Considerações sobre índices de produtividade de pecuária de corte no estado do Mato Grosso do Sul. Campo Grande: Embrapa CNPGC, 1998. 59p. (Documentos, 70). Disponível em: <<http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/doc70/index.html>>. Acesso em: 01 set. 2013.