

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

ANA LUÍSA ALVES MATOS

Biossólido utilizado na nutrição de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

ANA LUÍSA ALVES MATOS

Biossólido na nutrição de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, Campus Uberlândia, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Reginaldo de Camargo

Co-orientadora: Regina Maria Quintão Lana

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela força em minha caminhada, tudo o que sou hoje é devido ao apoio do meu Pai celestial. Agradeço minha família, que me apoiaram em todos os momentos, lutaram comigo por este sonho, esta é uma vitória nossa.

Ao meu orientador Professor Dr.Reginaldo de Camargo e minha Co-orientadora Regina Maria Quintão Lana, agradeço pelo auxílio que foi dado durante toda minha trajetória acadêmica.

Aos meus amigos, tenho muita gratidão, em especial à Gabriella Cardoso Martins, pelo apoio prestado durante esses anos, e aos demais da 54ª Turma de Agronomia UFU.

A Universidade Federal de Uberlândia e ao Instituto de Ciências Agrárias que concedeu essa oportunidade. Aos professores que tive, agradeço imensamente pelos ensinamentos. Aos técnicos pela paciência e companhia durante esses anos.

E a todos que ajudaram de forma direta e indireta, sendo companheiros nesta caminhada, e contribuindo para eu conseguir alcançar meus objetivos na graduação.

RESUMO

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 mais impactantes sobre a população e o meio ambiente. O objetivo do trabalho foi avaliar a utilização do bio sólido obtido pela desinfecção de lodo de esgoto pela combinação cal hidratada e solarização no fornecimento de nutrientes para o estabelecimento inicial de *Brachiaria 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 (Latosolo 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: adubação mineral 03-30-10 (120 kg ha⁻¹ P₂O₅); bio sólido (60 kg ha⁻¹ N); bio sólido (48 kg ha⁻¹ N) + adubação mineral 03-30-10 (120 kg ha⁻¹ P₂O₅); bio sólido (60 kg ha⁻¹ N) + gesso agrícola (40 kg ha⁻¹ S); bio sólido (60 kg ha⁻¹ N) + magnesita (30 kg ha⁻¹ Mg); bio sólido (60 kg ha⁻¹ N) + superfosfato simples (120 kg ha⁻¹ P₂O₅); bio sólido (60 kg ha⁻¹ N) + verdete (60 kg ha⁻¹ K₂O); bio sólido (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). O experimento foi conduzido por 60 dias desde a semeadura. As variáveis analisadas foram número de perfilhos, altura média de plantas, teores de clorofila a e b, massa fresca, massa seca, área foliar, teor de nutrientes no solo após o experimento e teor de nutrientes foliares. O bio sólido calcado apresenta-se com alternativa de menor custo para complementação na adubação do solo para cultivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, além disso, mostra-se como excelente corretivo de solo, com rápido poder de reação.

Palavras-chave: Corretivo de solo, lodo de esgoto, pastagens.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 PASTAGENS – ASPECTOS GERAIS E UTILIZAÇÕES	6
2.1.1 NUTRIÇÃO EM <i>BRACHIARIA BRIZANTHA</i>	7
2.2 FONTES ALTERNATIVAS PARA ENRIQUECIMENTO DE SOLOS	7
2.3 CARACTERIZAÇÃO E TRATAMENTO DO LODO DE ESGOTO	9
2.3.1 APLICAÇÃO AGRÍCOLA DE LODO DE ESGOTO	11
2.3.2 APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO EM FORRAGEIRAS.....	12
2.3.3 REGULAMENTAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA DO BIOSSÓLIDO..	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO	16
3.2 VARIÁVEIS FITOTECNICAS.....	18
3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 VARIÁVEIS FITOTECNICAS.....	21
4.2 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO	26
4.3 ANÁLISE QUÍMICA FOLIAR.....	29
5 CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

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 nutrientes devido a sua composição conter N, P, K e outros nutrientes. Por convenção, dá-se o nome de biossólido 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 biossólidos gerados nos processos de tratamento de esgotos urbanos é emergente no Brasil, isso tende a aumentar 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 (ANDREOLI&PEGORINI, 1998). Assim pode-se afirmar que as aplicações do biossólido 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, a aplicação desses biossólidos possibilitará uma destinação adequada do resíduo e uma melhoria nutricional das áreas cultivadas com forrageiras.

O biossólido geralmente teve sua aplicação ligada à adubação orgânica, com utilização de doses elevadas no solo, o que acaba corroborando com as proibições legislativas pela maior possibilidade de contaminação do solo. No entanto, a utilização do biossólido em doses semelhantes às de adubos mineirais, inclusive com adição de fontes específicas de nutrientes, com baixo custo e fácil acesso, como verdete, gesso agrícola, magnesita, mostra-se como outra interessante alternativa para a destinação agrícola do biossólido.

Além disso, a realização de estudos e pesquisas técnicas com culturas até então limitadas pela legislação como caminhos alternativos para destinação do biossólido

mostram-se de grande importância para possível atualização e flexibilização legislativa.

Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho avaliar a utilização do bio sólido desinfetado pela combinação cal hidratada e solarização no fornecimento de nutrientes para o estabelecimento inicial de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PASTAGENS – ASPECTOS GERAIS E UTILIZAÇÕES

As pastagens brasileiras ocupavam, em 2011, área em torno 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 (MAPA), com base em dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), nas últimas três décadas a redução na área cultivada foi de aproximadamente 0,2% ao ano, desde 1975 (MAPA, 2013).

A pastagem é um componente da produção agropecuária estando 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 *Brachiaria* têm-se firmado pela capacidade de adaptação às diversas condições ambientais e de manejo da pastagem (EMBRAPA, 1985; ALCÂNTARA, 1987). Sendo que estudos demonstram que a cobertura do solo com *Brachiaria brizantha* promove melhorias nos seus atributos físicos, demonstrando seu potencial para utilização em projetos de recuperação de áreas degradadas (CORDEIRO et al., 2008).

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 possibilitar o estabelecimento em áreas erodidas,

levando à boa estabilização de aterros e taludes (COSTA, 2004).

2.1.1 NUTRIÇÃO EM *BRACHIARIA BRIZANTHA*

Os cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf apresentam adaptação à fertilidade do solo de média a alta. Nesse sentido, para essas plantas forrageiras expressarem o máximo potencial de produção, a adubação constitui um dos fatores mais importantes, uma vez que fornece os nutrientes para atender as 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, por meio de pastejo natural ou por meio de corte (CANTARUTTI et al, 1999).

2.2 FONTES ALTERNATIVAS PARA ENRIQUECIMENTO DE SOLOS

O gesso agrícola é um importante insumo para a agricultura, ao longo dos anos, as informações sobre o uso do gesso agrícola para melhoria do ambiente radicular das plantas foram se acumulando, uma vez que é responsável por levar o cálcio para camadas subsuperficiais do solo, com possível diminuição dos efeitos tóxicos de teores elevados de alumínio. 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 fosfatos, o gesso agrícola é comercializado a baixo custo, sendo bastante acessível a 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).

A magnesita é a principal fonte natural de magnésio, com a fórmula química $MgCO_3$, tendo em média na sua composição 47,8% MgO e 52,2% de CO_2 , com estrutura cristalina idêntica à da calcinita. 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 elemento 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) afirmaram 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.

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 fluorapatita, predominante no Brasil (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 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, Dolores do Indaiá, Estrela do Indaiá, Matutina, Papagaios, Rio Paranaíba, São Gotardo, Serra da Saudade e Tiros (KAHN et al., 2011).

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 descartava o seu esgoto diretamente nos corpos hídricos (PIRES, 2003). Em 2009, cerca de 45% dos municípios brasileiros não tinham as redes coletoras de esgotos sanitários (FILHO, 2002; IBGE, 2008).

Atualmente com a instalação das Estações de Tratamento de Esgoto, é necessário 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 têm 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 incentivar a 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).

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. (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).

O processo de caleagem do lodo de esgoto permite a eliminação e/ou destruição 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.

Em estudos realizados para análise do melhor método de desinfecção do lodo, Alves Filho (2014) concluiu que o lodo de esgoto caçado apresentou os maiores níveis de pH, reduzindo a concentração de coliformes termotolerantes a níveis inferiores aos estabelecidos pela Resolução Conama 375/2006 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 N, 2% de P 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 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, é necessário controlar e monitorar a sua 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 Argilosolo Vermelho-Amarelo distrófico, com *Brachiaria 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). Os autores concluíram que lodos de esgoto com concentrações abaixo desse nível não provocam efeitos prejudiciais no desenvolvimento das forrageiras, no que diz respeito à presença de metais pesados.

Araújo et al. (2009), em trabalho realizado com *Brachiaria 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 *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarenico 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, os autores observaram que 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).

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 (ALVES FILHO, 2014)

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

A resolução determina, 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-biossólido para valores superiores a 7,0. Outro fator importante para se observar centra-se na necessidade de licenciamento ambiental das áreas de destinação do biossólido, algo que acaba reduzindo as alternativas de destinação agrícola, além de induzir a destinação incorreta do mesmo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

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 clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen, é classificada como Aw, com a característica de dois períodos distintos no ano: o inverno, ameno e seco; e o verão, quente e chuvoso (MENDES, 2001).

O período de realização do experimento ficou compreendido entre 01 março de 2014 e 30 de maio de 2014. Sendo que entre os dias 01 e 15 de março de 2014 foram realizados os procedimentos de coleta, secagem e peneiramento do solo; entre os dias 16 e 30 de março de 2014 realizou o período de incubação dos tratamentos. E por fim, entre os dias 31 de março de 2014 e 30 de maio de 2014, conduziu-se ensaio com plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu obtidas a partir do semeio de sementes em vasos.

O solo utilizado no experimento foi coletado na Fazenda do Glória, de propriedade da Universidade Federal de Uberlândia, em área de Cerrado. 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.

TABELA 1. Análise química do solo (Latossolo Vermelho distrófico) utilizado no experimento

Análise	Unidade	Valor
pH H ₂ O	-	4,9
P me ^h -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

Análises realizadas no LABAS (Laboratório de Análises de Solo)

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 cada tratamento. 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 serem pequenas. Os produtos fertilizantes foram misturados ao solo com auxílio de sacos plásticos individuais para cada vaso e agitação constante durante trinta segundos. No dia 31 de março de 2014, realizou-se a semeadura de 15 sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Decorridos 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.

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 (CFSEMG) (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 2.

TABELA 2. Teores de nutrientes por fonte alternativa utilizada.

Tratamento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	CaO	MgO
	%					
Fertilizante (03-30-10)	3	30	10	-	-	-
Gesso Agrícola	-	-	-	15	20,3	-
Magnesita	-	-	-	-	-	56
Superfosfato Simples	-	18	-	12	-	-
Verdete	-	-	11	-	-	-
Organomineral	5	24	8	-	-	-

As quantidades encontradas de nutrientes por fonte alternativa utilizada estão em porcentagem.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LODO DE ESGOTO E BIODOSSÍLIDO

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 (Figura 1), 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).



FIGURA 1. Retirada de lodo do reator da centrífuga. (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 (ALVES FILHO, 2014).

A higienização do lodo de esgoto para obtenção do biossólido consistiu na adição de 30% de cal hidratada 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 $0,069 \text{ m}^3$ ($0,30 \times 0,23 \times 1,0 \text{ m}$), com cobertura em vidro e expostas ao sol por 21 dias (Figura 2) (ALVES FILHO, 2014).



FIGURA 2. Lodo em processo de solarização. (Alves Filho, 2014)

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.

3.2 VARIÁVEIS FITOTÉCNICAS

Para obtenção do número de perfilhos realizou-se a contagem do número total de plantas em cada vaso, após isso subtraiu-se o número inicial de plantas (quatro), a diferença foi o número de perfilhos por vaso. O número de perfilhos de cada parcela foi a soma dos perfilhos dos dois vasos.

Já a determinação da altura de plantas foi adotado o método que consisti na medida 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 (Figura 3).



FIGURA 3. Metodologia adotada para análise de altura média das 6 maiores folhas.

Os dados referentes aos valores de clorofila a e b, foram obtidos por análise indireta realizada pelo aparelho Clorofilog, da marca Falker® (Figura 4). 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 apresentam unidade de medida ICF.

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 (teor) de matéria seca em cada parcela foi feita pela relação entre a massa seca e a massa fresca.



FIGURA 4. 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 $AD * MSF * ND / MSD$, 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 $0,95 cm^2$. 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, seguindo a metodologia do mesmo laboratório (metodologia proposta pela Embrapa 2011).

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade dos resíduos, homogeneidade e aditividade de blocos por meio do programa estatístico SPSS, versão 20. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2008) e quando o teste F foi significativo ($p < 0,05\%$) as médias foram comparadas 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

Primeiramente, são apresentados os resultados referentes aos efeitos das diferentes fontes de fertilizantes sobre variáveis fitotécnicas de crescimento e desenvolvimento das plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Posteriormente, apresenta-se os resultados das análises químicas do solo após a condução do experimento. E por fim, serão mostrados os teores de nutrientes presentes nas folhas de cada tratamento.

4.1 VARIÁVEIS FITOTÉCNICAS

Quanto ao número de perfilhos, observa-se que todos os tratamentos apresentaram resultados superiores à testemunha, a qual apresentou um número de perfilhamento reduzido (Tabela 3).

TABELA 3. Resultados médios obtidos para número de perfilhos, *Brachiaria 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 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. CV = 32,10%.

É possível verificar ainda que a adubação mineral isolada ou conjunta com o biossólido apresentaram os melhores resultados para número de perfilhos em *Brachiaria*

brizantha cv. Marandu. Esses resultados podem ser explicados pelo fato de que o perfilhamento dessa espécie depende das condições intrínsecas e extrínsecas (temperatura, luminosidade e umidade) à planta; e nesse sentido trabalhos demonstram o efeito positivo do nitrogênio para tal característica. A adubação nitrogenada está intimamente ligada 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). Assim, principalmente pelo último benefício enumerado, subentende-se que todas as fontes aplicadas determinaram o incremento de certa dose de nitrogênio em relação à testemunha.

Ao observar a altura média das plantas pelas metodologias da média das 6 maiores folhas e da sobreposição da folha A4 tem-se que a altura obtida pelo segundo método apresenta médias menores para todos tratamentos em relação ao primeiro método (Tabela 4).

TABELA 4. Resultados médios obtidos para a variável altura, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Tratamento	Altura média
	(6 maiores folhas) ^{1,2}
	- - cm - -
Adubação Mineral	54,37* a
Biossólido	41,75 ^{NS} b
Biossólido + Adubação Mineral	52,38* a
Biossólido + Gesso (G)	38,50 ^{NS} b
Biossólido + Magnesita (M)	40,50 ^{NS} b
Biossólido + Superfósforo Simples (SFS)	43,13 ^{NS} b
Biossólido + Verdete (V)	39,38 ^{NS} b
Biossólido + G + M + SFS + V	45,13 ^{NS} b
Organomineral	54,63* a
Testemunha	26,00 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 = 21,73%;

Independente dos tratamentos utilizados, 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.

Os dados médios obtidos por medida indireta para clorofila a e b são apresentados na Tabela 5.

TABELA 5. Resultados médios obtidos para clorofila a e b, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Tratamento	Clorofila a ²	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 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 = 13,72%; ³CV = 21,11%.

Para clorofila a, os 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 verdete. Nos demais tratamentos a diferença foi significativa, mostrando que as fontes forneceram certa quantidade de nutrientes que levaram a maiores valores médios de clorofila.

Monteiro et al. (1995), verificaram em seus ensaios que a condução de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu na ausência de nitrogênio e fósforo limitou 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.

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 *Brachiaria brizantha*.

Essa característica deve-se ao fato de que as plantas de sol demonstram menor quantidade de moléculas de clorofila por cloroplasto em relação as demais, principalmente a clorofila b, devido ao fato de que essas plantas não necessitam empregar energia na produção de pigmentos coletores de energia, uma vez que se desenvolvem em ambiente com excesso de luminosidade (SALISBURY; ROSS, 1991).

Com relação aos pesos de matéria seca e fresca os resultados médios são indicados na Tabela 6. Além disso, determinou a relação entre massa seca e massa fresca para os tratamentos.

Por inferência à Tabela 6, têm-se novamente que os todos os tratamentos apresentaram médias de massa seca e fresca superiores à testemunha. No entanto, as melhores fontes de nutrientes para obtenção de massa fresca foram a adubação mineral sem e com adição de biossólido, além do fertilizante organomineral. Enquanto, para a massa seca, apenas o tratamento com a adubação mineral apresentou desempenho superior aos demais.

A relação entre massa seca e massa fresca: que possibilita a afirmação que a relação entre massa seca e massa fresca foi superior na testemunha pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância, apesar de que por Dunnet, a mesma significância, não se observou diferença entre os tratamentos. Essa diferença tem relação com o fato de que as plantas do tratamento testemunha apresentam-se mais estressadas pela falta de nutrientes e acabam possuindo 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 aqueles com ausência de nitrogênio e fósforo apresentaram maior limitação ao desenvolvimento das plantas, com reflexos na altura de plantas e no número de perfilhos.

TABELA 6. Resultados médios obtidos para pesos de massa seca e massa fresca, e relação entre massa seca e massa fresca, *Brachiaria 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 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 = 17,67%; ³CV = 22,89%; ⁴CV = 9,34%.

Com relação à área foliar pode-se afirmar que os melhores tratamentos pelo teste de Scott-Knott, a 0,05 de significância foram: 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. Entretanto, as diferenças em relação à testemunha só foi significativa por Dunnet (0,05) para o tratamento biossólido com adição de adubação mineral (Tabela 7).

TABELA 7. Resultados médios obtidos para área foliar, *Brachiaria 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 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%.

De maneira geral, 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 *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

4.2 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

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. Galdos et al. (2004) encontraram que a aplicação de lodo de esgoto ao solo cultivado com 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. Em contrapartida ocorre 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. Os tratamentos não influenciaram os teores de cobre e boro no solo. 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.

Quanto aos parâmetros legais o valor do pH não pode ultrapassar o nível de 7,0, sendo que para esse experimento nenhum dos tratamentos atingiu tal patamar, mostrando a aplicabilidade do ensaio desenvolvido. 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 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 8. Resultados médios obtidos para análise química dos solos, *Brachiaria 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
3,85 Biossólido + Verdete (V)	^{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 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 = 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 9. Resultados médios obtidos para análise química dos solos (condicionadores), *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

⁶	Tratamento	pH H ₂ O ^{1,2}	V ^{1,3}	m ^{1,4}	M. O. ⁵	C. O.
	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 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 10. 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 a sua concentração na planta.

Em contrapartida, pelo teste de Scott-Knott, observa-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.

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.

Por outro lado, a presença de biossólido calcado no solo levou a valores superiores de cálcio nas folhas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em praticamente todos os tratamentos em que este foi adicionado.

TABELA 10. Resultados médios obtidos para análise química foliar de plantas, *Brachiaria 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 a
Biossólido + G + M + SFS + V	26,9000	2,28 ^{NS} a	26,75 b	8,23* a	9,58* a ^{NS}	1,28 ^{NS} a	6,38 ^{NS} c	209,08	489,25 a	37,95 ^{NS} b
Organomineral	22,8800 30,88 ^{NS} b	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

¹ Médias seguidas por letras distintas na coluna 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

Tendo por base os resultados obtidos no presente experimento, conclui-se que, a adubação mineral convencional torna-se mais eficiente com a complementação da mesma com biossólido, principalmente para fornecimento de fósforo à planta.

O biossólido calcado apresenta-se como alternativa na complementação nutricional para cultivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, podendo ser enriquecido com outras fontes de nutrientes;

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 biossólidos: 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.
- ARAÚJO, 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).

CORDEIRO, F. C.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. dos; STAFFANATO, J. B.; ZON, E. Avaliação de atributos em áreas de pastagens em relevo movimentado em Itaperuna – RJ. **Revista Caatinga** – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró , v. 21, n. 3, p. 179-191, jul./set. 2008.

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.

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.; JASNIEWICZ, 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.

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).

MENDES, P. C. **Gênese e estrutura espacial das chuvas na cidade de Uberlândia – MG. 2001.** 250 f. Dissertação (Mestrado em geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2001.

MESQUITA, E. E.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; PEREIRA, O. G.; PINTO, J. C. Efeitos de métodos de estabelecimento de braquiaria 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.

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 colonião. **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

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.cnpge.embrapa.br/publicacoes/doc70/index.html>>. Acesso em: 01 set. 2013.