

CAROLINA FAÇANHA WENDEL

**Adubação nitrogenada em pastagem tropical por meio de
compostos orgânicos**

Versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

**Dissertação apresentada ao Centro de Energia
Nuclear na Agricultura da Universidade de São
Paulo para a obtenção do título de Mestre em
Ciências**

**Área de concentração: Química na Agricultura e
Ambiente**

**Orientador: Prof. Dr. Cassio Hamilton Abreu
Junior**

**Piracicaba
2012**

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Wendel, Carolina Façanha

Adubação nitrogenada em pastagem tropical por meio de compostos orgânicos / Carolina Façanha Wendel; orientador Cassio Hamilton Abreu Junior. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2012.

82 p.: il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Química na Agricultura e Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Adubo de esgoto 2. Adubo de lixo 3. Brachiaria 4. Nitrogênio 5. Solos

I. Título

CDU 633.2:631.454

Aos meus pais Nelson e Helena, com amor e admiração, por sua compreensão, carinho, presença e incansável apoio ao longo de toda a minha vida.

Aos meus irmãos, João e Cinthia, com quem caminho sempre lado a lado, mesmo estando a quilômetros, ou melhor, a milhas de distância.

À pequena Cristal, por conseguir me trazer para o momento presente, para o lado lúdico e simples da vida.

Ao Mark, pelo carinho e pela companhia nessa etapa da minha vida.

A Deus, por tudo.

Agradeço.

Ao leitor.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Cassio Hamilton Abreu Junior, pela orientação, amizade e livre arbítrio, apoiando todas as decisões tomadas durante o curso, estimulando-me a pensar, a ser criativa e a encontrar os meus próprios caminhos.

Ao Laboratório de Nutrição de Plantas do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da Universidade de São Paulo (LNMP/ CENA/ USP), pela estrutura.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos concedida.

À Keyla Carolina Boralli, grande amiga e parceira na realização deste trabalho, pelo convívio saudável e inestimável contribuição ao longo de toda a execução do experimento.

À Dra. Cristiane Prezotto Silveira, pela amizade, pelos ensinamentos em nutrição mineral de pastagens e pela orientação e apoio em cada uma das etapas do experimento.

À Dra. Edna Ivani Bertoncini, pesquisadora da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA - Polo Centro Sul), pela amizade, ensinamentos e empréstimo de equipamentos.

A todos os funcionários do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do CENA/ USP, especialmente à técnica Cleusa Pereira Cabral, pela ótima convivência ao longo de todos esses anos, pela atenção e apoio na realização das análises químicas e demais procedimentos.

A todos os colegas pós-graduandos e estagiários do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do CENA/ USP, pela amizade e colaboração, especialmente ao André Luiz Oliveira de Francisco, ao Thiago Assis Rodrigues Nogueira, à Camila Santos Vieira, à Laura de Rossi Windlin, à Sarah Mello Leite, ao Felipe Montebelli Motta, ao Rosenildo França de Sousa, ao Elcio Ferreira dos Santos e ao Ezio Nalin de Paulo, que contribuíram de forma decisiva na realização desse trabalho.

Ao Dr. Fernando Carvalho Oliveira, da ETE de Jundiaí; ao Sr. Nivaldo, da Agropecuária Bressiani; e ao Sr. Álvaro Rodrigues, da COTRALIX; pelo fornecimento do composto de lodo de esgoto, do composto de lodo de dejetos suínos e do composto de lixo, respectivamente.

Ao prof. Dr. José Lavres Junior, pelo empréstimo do medidor portátil clorofilômetro, modelo SPAD-502.

Ao prof. Dr. Francisco Antonio Monteiro, pelo empréstimo do aparelho integrador de áreas portátil LI-3100C.

Ao prof. Dr. Carlos Guilherme Silveira Pedreira, pelo fornecimento das sementes de *Brachiaria brizanta* cv. Marandu.

Ao Mark Spekken, pelo auxílio junto à tradução do abstract; ao Marcelo Correa Alves, pelo auxílio junto às análises estatísticas; ao João Geraldo Brancalion, à Adriana Bueno Moretti e à Marília Ribeiro Garcia Henyei, pelo apoio na formatação final deste documento.

À Lúcia Helena Nobre de Souza, à Lívia Mendes de Castro, à Paula Perre e à Pâmela Borges, pela amizade e convivência.

Por fim, a todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para a realização desse trabalho.

“Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque se tornará assim uma máquina utilizável e não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto”.

Albert Einstein

RESUMO

WENDEL, C.F. **Adubação nitrogenada em pastagem tropical por meio de compostos orgânicos**. 2012, 82 p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

A compostagem é uma solução inteligente para a destinação final de resíduos orgânicos. O presente trabalho baseou-se na hipótese de que é possível, por meio da aplicação de compostos orgânicos ao solo, alcançar patamares de produção agrícola equivalentes aos obtidos pela adubação nitrogenada mineral. O experimento foi realizado em vasos com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em dois solos, um de textura argilosa e outro de textura média. Objetivou-se avaliar a dose de nitrogênio (N) proveniente de composto de lixo, composto de lodo de esgoto e composto de lodo de dejetos suínos que fosse equivalente à dose de 150 mg dm⁻³ de N proveniente da adubação nitrogenada mineral. Para isso, as doses de composto orgânico foram determinadas com base nas frações de mineralização de N, estimadas em 30, 15 e 7%. Assim, para a obtenção de 150 mg dm⁻³ de N mineralizado, foram aplicadas doses de, respectivamente, 500, 1.000 e 2.143 mg dm⁻³ de N total, provenientes dos compostos orgânicos. Foram realizados três cortes no capim Marandu, sendo mensurados, a cada corte, o teor de clorofila, o número de folhas e de perfilhos, a área foliar, a biomassa e o teor de N total da parte aérea das plantas. Os resultados foram submetidos à análise de variância, teste de médias e análise de regressão. Foi possível, por meio dos compostos orgânicos, obter resultados de adubação nitrogenada equivalentes, e até superiores, aos obtidos pela adubação mineral, dependendo do tipo de composto, a dose aplicada e a escala temporal. De modo geral, os tratamentos com composto de lodo de esgoto, a partir da dose 1.000 mg dm⁻³ de N, foram superiores ao com adubação mineral no primeiro corte, equivalentes no segundo corte, e superiores no terceiro corte do capim Marandu. A quantidade de N liberada ao sistema por meio dos compostos de lixo e de lodo de dejetos suínos chegou aos patamares dos tratamentos com adubação mineral no segundo corte, na dose 2.143 mg dm⁻³ e no terceiro corte, na dose 1.000 mg dm⁻³ de N. As frações de mineralização de N que geraram resultados mais próximos aos da adubação nitrogenada mineral foram, em média, de 15% para o composto de lodo de esgoto e de 7% para os compostos de lixo e de lodo de dejetos suínos.

Palavras-chave: *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, composto de lixo, composto de lodo de dejetos suínos, composto de lodo de esgoto, mineralização do nitrogênio.

ABSTRACT

WENDEL, C.F. **Nitrogen supply of tropical pasture with organic compounds.** 2012, 82 p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

Composting is a smart final destination for organic residues. The present work was based in the hypothesis that it is possible to obtain similar agricultural productivity levels applying organic compounds on soil in comparison with mineral nitrogen application. The experiment was conducted in pots with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu in two soil types, with clay and sandy clay loam texture. The objective was to evaluate if estimated doses of nitrogen (N) from waste compost, sewage sludge compost and pig manure compost, when applied on the soil, was equivalent to 150 mg dm⁻³ of mineral Nitrogen fertilizer. The doses of organic composts applied were based in estimations of N mineralized of 30, 15 and 7%, correspondent, respectively, to doses of 500, 1000 and 2143 mg dm⁻³ of total N. The grass was harvested three times, on each time the chlorophyll level, the number of leaves, number of branches, leaf area, biomass and total N were measured in the aerial part of the plants. The results were submitted to variance analysis, and regression analysis. It was possible, through the N fertilization by organic composts, to obtain similar and even superior results, in comparison to the mineral N, depending on type of compost, the applied dose and the time frame. The treatment with sewage sludge compost in the dose of 1000 mg dm⁻³ of N was superior to the mineral N in the first harvest, similar in the second and superior in the third harvest of the grass. The waste and pig manure composts reached similarity with the mineral fertilization in the second harvest, in the dose of 2143 mg dm⁻³, and in the third harvest, in the dose of 1000 mg dm⁻³ of N. The mineralization fractions of N found for the composts that were the most similar the mineral fertilization were, in average, of 15% for the sewage sludge compost and 7% for the waste and pig manure compost.

Keywords: *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, nitrogen mineralization, pig manure compost, sewage sludge compost, waste compost.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 Contextualização histórica.....	18
2.2 Compostagem.....	20
2.3 Resíduos orgânicos e seus compostos.....	21
2.3.1 Lodo de Esgoto.....	21
2.3.2 Resíduos sólidos urbanos.....	23
2.3.3 Suínos e seus dejetos.....	26
2.4 Mineralização de N no solo.....	30
2.4.1 Fração de mineralização de fertilizantes orgânicos.....	31
2.5 <i>Brachiaria brizantha</i> Stapf. cv. Marandu	33
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3.1 Planta teste.....	35
3.2 Solos.....	36
3.3 Compostos orgânicos.....	36
3.3.1 Composto de lixo.....	38
3.3.2 Composto de lodo de esgoto	39
3.3.3 Composto de lodo de dejetos suínos	39
3.4 Instalação e condução do experimento.....	39
3.4.1 Tratamentos.....	42
3.4.2 Delineamento experimental e análise estatística.....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1 Disponibilidade de nitrogênio X textura dos solos.....	45
4.2 Disponibilidade de nitrogênio a partir de compostos orgânicos.....	52
4.3 Doses de N de compostos orgânicos comparadas à adubação nitrogenada mineral	56
4.3.1- Primeiro corte.....	58
4.3.2- Segundo corte.....	60
4.3.3- Terceiro corte.....	62
5 CONCLUSÕES.....	65
6 RECOMENDAÇÕES A TRABALHOS FUTUROS.....	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
ANEXOS.....	80

1 INTRODUÇÃO

Os produtos agrícolas são consumidos *in natura* ou processados e, geralmente, o critério econômico é o mais utilizado na compra desses produtos. Quando um produto agrícola é consumido, uma parte dos seus nutrientes é assimilada pelo corpo humano. Outra parte é descartada na forma de resíduos orgânicos, como cascas, embalagens de papel, fibras de tecidos e restos de comida. Há ainda uma terceira parte desses nutrientes, a qual é destinada ao esgoto, na forma de dejetos humanos.

A parte dos nutrientes enviada ao esgoto vai, na maioria das vezes, para os rios, os quais, por sua vez, vão para os mares e oceanos. No Brasil, apenas 14% dos esgotos gerados são destinados às Estações de Tratamento de Esgotos (ETE), nas quais são tratados, gerando outro resíduo: o lodo de esgoto, o qual é bastante rico em nutrientes como nitrogênio e fósforo. Esse lodo é destinado aos aterros mistos com lixo urbano, incinerado, utilizado na produção de agregado leve, para a construção civil; ou destinado à agricultura, na sua forma original ou compostado.

Quanto à parte de nutrientes descartada na forma de resíduos sólidos urbanos, esta vai, em 98% dos casos, para os aterros e lixões, em que os resíduos orgânicos são misturados com vidros, metais, plásticos etc., os quais podem conter elementos potencialmente tóxicos, também chamados de metais pesados. Assim, os resíduos orgânicos, ricos em nutrientes, acabam contaminados física e quimicamente, de modo praticamente irreversível. Os resíduos orgânicos poderiam ser separados na fonte, ou seja, no local em que foram gerados, e transformados em compostos orgânicos por meio de composteiras caseiras, ou então direcionados a unidades de compostagem. Isso levaria ao aproveitamento desses nutrientes e evitaria a sua contaminação.

Porém, a mudança de hábitos e atitudes de uma população, para a melhoria e/ou manutenção da qualidade de vida da sua própria sociedade, ainda é algo a ser muito trabalhado por meio da educação. Não só com relação à forma como os resíduos são descartados, mas também quanto à forma como se opta por qual produto comprar e em qual estabelecimento comercial, revelam o grau de esclarecimento e de sentimento de coletividade de uma população. Ao escolher um produto também se escolhe uma forma de produção, um

tipo de relação de trabalho, um determinado impacto ambiental, ou seja, comprar algo é trazer para casa, além do produto em si, a sua cadeia de fabricação e as consequências. A opção do consumidor em comprar o produto considerando apenas a sua própria comodidade, mantendo-se indiferente à maneira como esse produto foi produzido e à realidade social vivida por quem o produziu, força o produtor a realizar a sua atividade da maneira mais intensiva e “econômica” possível, priorizando o lucro financeiro.

No caso da produção de suínos, muitas vezes quem arca com o prejuízo causado pelo baixo preço que a carne chega ao mercado é o ambiente, pois com a baixa remuneração, o produtor não consegue obter recurso suficiente para investir no tratamento dos resíduos gerados pela suinocultura, de forma que estes acabam sendo dispostos de forma indevida. Os dejetos suínos contêm excessivos teores de nutrientes, principalmente nitrogênio, e de condutividade elétrica, de modo que, se não forem manejados adequadamente, podem comprometer a boa qualidade de corpos d’água, do solo, das plantas, da saúde dos animais e do ser humano.

A compostagem é uma prática simples e economicamente viável de transformar resíduos orgânicos com alto potencial poluente, devido a sua grande quantidade de nutrientes, em compostos orgânicos. Os compostos orgânicos são fertilizantes estabilizados, com baixas taxas de mineralização, de modo que, ao serem aplicados na agricultura, permitem que os nutrientes retornem ao ambiente de forma gradativa, atuando como fertilizantes e condicionadores de solo.

Porém, é necessário que esses compostos sejam aplicados na agricultura de forma adequada, de modo a suprir as necessidades nutricionais das plantas, sem causar desequilíbrio físico-químico ao solo. Para isso, são necessários estudos sobre os critérios a serem considerados na determinação da dose de composto a ser aplicada, para que esses nutrientes possam, outra vez, ser consumidos pelas pessoas, na forma de produtos agrícolas *in natura* ou processados, completando assim o ciclo.

O presente trabalho consiste na aplicação de composto de lixo, de composto de lodo de esgoto e de composto de lodo de dejetos suínos em dois solos, a fim de suprir as necessidades de nitrogênio da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

HIPÓTESE

É possível, por meio da aplicação de uma fração de mineralização de N proveniente de compostos orgânicos ao solo, alcançar patamares de produção agrícola equivalentes aos obtidos pela adubação nitrogenada mineral, de forma segura ao ambiente.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Verificar a dose de N proveniente de composto de lixo, composto de lodo de esgoto e composto de lodo de dejetos suínos que, aplicada ao solo, seja equivalente à adubação nitrogenada mineral (uréia e nitrato de amônio), para o cultivo de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Objetivos específicos

Avaliar a disponibilidade de N oriunda do composto de lixo, do composto de lodo de esgoto e do composto de lodo de dejetos suínos, em função das texturas de dois tipos de solo, um argiloso e outro de textura média.

Analisar o grau de semelhança entre compostos, com relação à disponibilidade de N às plantas, em função da fração de mineralização de N adotada.

Obter, indiretamente, um possível valor da fração de mineralização de N dos compostos orgânicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Contextualização histórica

O homem habita sobre a Terra há cerca de 2 milhões de anos e, a não ser por uma minúscula fração desse tempo, dedicou-se à caça de animais e à colheita de plantas, de modo que não havia grandes oportunidades de crescimento populacional. Há cerca de 10.000 anos atrás os hábitos humanos de obtenção de alimentos começaram a mudar e, com o passar do tempo, o homem deixou de ser somente um caçador-coletor para tornar-se um produtor de alimentos. Por meio do cultivo de plantas, o homem tornou-se capaz de produzir mais com menor esforço, e à medida que essa produção de tornava-se mais eficiente, este podia produzir maiores quantidades em muitas áreas. Como resultado disso, um pequeno número de pessoas podia produzir o suficiente para sustentar uma população numerosa. Assim surgiam as aldeias e, com o tempo, formaram-se as cidades e a civilização. Juntamente com a produção de alimentos, o homem encontrou tempo para as artes, ciências, ofícios e religião (HEISER, 1977).

Até o final do século XVIII, a atividade agrícola utilizava fontes de nitrogênio provenientes do próprio local, como resíduos vegetais, esterco animal, lodo de canais e excrementos humanos; modificados pelo processo de compostagem ou não. A rotação de culturas agrícolas, com uma ou duas colheitas de gramíneas e depois uma de leguminosa, era outro recurso utilizado. Outro método era deixar a terra em pousio por um ou dois anos, para que os microrganismos do solo pudessem reabastecê-lo com nitrogênio. Talvez o melhor exemplo desta agricultura fosse aquela praticada nas planícies da China, em que tudo era aproveitado e a alta produtividade conseguia manter a grande população deste país. Porém, de vez em quando, dependendo do regime de chuvas ou de alguma outra circunstância, a população passava por períodos de fome (SMIL, 2000; STANDAGE, 2010).

As origens da Revolução Verde estão no século XIX, quando os cientistas reconheceram, pela primeira vez, o papel decisivo do nitrogênio na nutrição das plantas. Em 1840, Justus Von Liebig mencionou que “o principal objetivo consiste na produção de nitrogênio sob qualquer forma passível de assimilação”. A elucidação do papel do nitrogênio na nutrição de plantas coincidiu com a percepção da necessidade iminente de aumentar a

produção de alimentos, uma vez que, entre 1850 e 1900, a população da Europa Ocidental e América do Norte cresceu de cerca de 300 milhões para 500 milhões de pessoas. Para acompanhar esse crescimento, ocorreu a expansão de áreas cultivadas nas Grandes Planícies dos Estados Unidos, nas estepes russas, no Canadá, e na Argentina. Isso aumentou a produção de milho e trigo, mas o avanço do processo tinha limites (STANDAGE, 2010).

No início do século XX, havendo poucas terras livres cultiváveis, seria necessário obter mais alimento por unidade de área, ou seja, aumentar a produtividade. Dada a relação entre crescimento vegetal e disponibilidade de N, uma maneira de elevar a produção seria aumentar o fornecimento de N. Considerando que 78% do volume da atmosfera são constituídos por nitrogênio, buscou-se, na Europa, desenvolver, em laboratório, fertilizantes nitrogenados sintéticos. Isso substituiria a adubação nitrogenada orgânica, como húmus e esterco, uma vez que a produção de mais estrume animal não seria viável, pois os animais precisam de comida, a qual, por sua vez, requer terra. E semear plantas leguminosas para enriquecer o solo também não daria certo, pois inviabilizaria o uso da terra para o cultivo de outras culturas (STANDAGE, 2010).

Foi numa tarde 2 de julho de 1909 que Fritz Haber e seu assistente Robert Le Rossignol produziram, por meio do complexo aparelho do laboratório da Universidade Técnica de Karlsruhe, na Alemanha, gotas de um líquido incolor, as quais foram consideradas uma das descobertas tecnológicas de maior impacto sobre a humanidade no século XX. O líquido era amoníaco, produzido a partir de hidrogênio e nitrogênio, utilizando ósmio como catalisador. Havia sido descoberta, portanto, uma nova, valiosa e muito necessária fonte de fertilizante nitrogenado, tornando possível um grande aumento da oferta de alimentos e, conseqüentemente, um grande aumento também da população humana (CHAGAS, 2007; STANDAGE, 2010).

De acordo com dados da ONU, em 1950 a população mundial era estimada em 2,6 bilhões de pessoas, chegando a 5 bilhões em 1987, 6 bilhões em 1999 e, atualmente, é estimada em 7 bilhões de pessoas. O crescimento populacional e a concentração das pessoas nos centros urbanos, somados às facilidades proporcionadas pela chamada “vida moderna”, tem gerado cada vez mais resíduos, a uma taxa de produção maior do que aquela que exprime a capacidade do ambiente degradar (OLIVEIRA, 2000).

Desse modo, o grande desafio das atuais sociedades não é mais a busca por fertilizantes nitrogenados, mas sim resolver a questão do destino final de toneladas de resíduos orgânicos ricos em nutrientes, inclusive em nitrogênio, uma vez que, este, quando em excesso, é considerado um poluente. Nesse sentido, merecem destaque os resíduos sólidos urbanos, os esgotos e os dejetos suínos, seja pelas grandes quantidades produzidas, seja pelo seu potencial poluidor (OLIVEIRA, 2000; BERTONCINI, 2011).

2.2 Compostagem

A compostagem é um dos mais antigos processos biológicos de tratamento e reciclagem que o homem tem conhecimento. A compostagem é definida como um processo biológico, aeróbico e controlado de tratamento e estabilização de resíduos orgânicos, os quais são transformados em adubos orgânicos. Trata-se de um processo comprometido com: I) a proteção ambiental, uma vez que envolve o tratamento de resíduos potencialmente poluentes e a reciclagem de nutrientes e materiais; II) com a saúde pública, pois quebra os ciclos evolutivos de diversas doenças e elimina vetores; III) com o resgate da cidadania, criando oportunidades de emprego, incentivando práticas agrícolas etc. (PEREIRA NETO, 1996; 1999).

De acordo com Kiehl (2002), o processo de compostagem possui três fases: I) fase fitotóxica, caracterizada pela formação de ácidos orgânicos e toxinas de curta duração, geradas pelo metabolismo de organismos existentes no substrato orgânico, o que é natural no material cru ou imaturo; II) fase de semicura ou bioestabilização, em que o composto deixa de ser danoso às raízes e às sementes; III) fase de cura, maturação ou humificação. Ao atingir o auge de suas propriedades benéficas ao solo e às plantas, o que é resultado de um longo período de decomposição, durante o qual foram produzidos húmus e sais minerais, nutrientes para as plantas; o composto está maturado, apresentando boas propriedades físicas, químicas e físico-químicas.

2.3 Resíduos orgânicos e seus compostos

2.3.1 Lodo de Esgoto

Segundo dados de 2008 do IBGE, apenas 3.069 dos 5.564 municípios brasileiros possuem serviço de esgotamento sanitário por rede coletora, de modo que, dos 57.004.862 m³/dia de água consumida, são coletados 12.304.128 m³/dia de esgoto e, destes, 8.460.590 m³/dia são tratados. Ou seja, 21% do esgoto são coletados e, destes, 67% são tratados (IBGE, 2010).

Apesar de ainda ser bastante baixo, é crescente o número de municípios com esgotamento sanitário por rede coletora (IBGE, 2010). Esse crescimento tem exigido a busca por alternativas para a disposição final do lodo de esgoto produzido. O lodo de esgoto é o resíduo acumulado nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), as quais realizam o tratamento das águas servidas, com a finalidade de torná-las o menos poluídas possível, permitindo seu retorno ao ambiente, sem que sejam agentes de poluição (TSUTYA, 2000). O lodo produzido, porém, pode representar mais uma ameaça ao ambiente, caso não sejam encontradas alternativas viáveis do ponto de vista social, econômico e ambiental, para sua utilização.

Cerca de 70% dos sólidos presentes no esgoto são de origem orgânica, ou seja, são uma combinação de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, os quais compõem compostos de proteínas, carboidratos, gorduras e óleos, uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas, etc. (JORDÃO et al., 1995). Já a matéria inorgânica é atribuída à areia e substâncias minerais dissolvidas. Das substâncias orgânicas e inorgânicas do esgoto, muitas permanecem como constituintes do produto final do processo de tratamento, inclusive elementos tóxicos, originários de atividade industrial (PINHEIRO, 2007).

Uma das alternativas para o lodo de esgoto é a sua utilização agrícola. Porém, para que a aplicação deste na agricultura ocorra de forma segura, tanto para a população quanto para o ambiente, é necessário que essa atividade seja regulamentada, determinando-se suas condições e restrições. A Norma P 4.230 (CETESB, 1999) e a Resolução CONAMA nº 375 (2006) estabelecem as concentrações máximas permitidas para elementos e compostos orgânicos potencialmente tóxicos patogênicos e para patógenos, além de exigir redução da

capacidade de atração de vetores, como moscas e roedores. Com relação aos elementos potencialmente tóxicos, Nogueira et al. (2012) demonstraram não haver potencial de contaminação do solo e de plantas de cana-de-açúcar por metais pesados quando o lodo é aplicado pelo critério do nitrogênio, conforme preconizado pela Resolução CONAMA nº 375.

O teor de nutrientes no lodo de esgoto é um dos principais atrativos para o uso deste em solo agrícola. Na literatura há vários estudos que demonstram a sua eficiência como fornecedor de N, P, Ca, S e Zn para várias espécies vegetais (SILVA et al., 1998; MARQUES, 1997; BERTON et al., 1997, 1989; CARVALHO & BARRAL, 1981; FRANCO et al., 2010).

De acordo com Corrêa et al. (2006), a compostagem do lodo de esgoto resulta em consideráveis perdas de nutrientes, principalmente enxofre, nitrogênio e carbono orgânico, por volatilização. Todavia, o uso contínuo desses resíduos *in natura* pode promover desequilíbrio na fertilidade de solos agrícolas, devido à sua aplicação com base na dose agronômica de nitrogênio (CORRÊA et al., 2005). Dessa forma, os nutrientes em menor concentração no lodo de esgoto, como potássio, cálcio e magnésio, podem limitar o desenvolvimento das plantas, sendo necessária adubação suplementar (GUEDES et al., 2006).

Leite et al. (2011) avaliando possíveis melhorias de um lodo de esgoto compostado com poda de árvore, em comparação ao lodo *in natura*, verificaram a redução de 58% no valor de condutividade elétrica nos compostos, o aumento da CTC/C de 12 no lodo para 21 nos compostos, indicando maior quantidade de cargas oriundas de material orgânico, e o acréscimo de 8% nos teores de matéria orgânica. Os parâmetros C, N e relação C/N dos compostos estiveram dentro dos valores estipulados pela legislação brasileira de registro de fertilizante orgânico composto classe D (BRASIL, 2009). Quanto à distribuição das formas de N-orgânico e N-mineral, observaram-se alterações, com predomínio de N-mineral no lodo (60%) e N-orgânico no composto (80%), caracterizando processo de imobilização de N às formas orgânicas, as quais são liberadas lentamente no solo, reduzindo riscos de contaminação de águas subterrâneas com nitrato.

Abreu Junior et al. (2005) relataram uma série de vantagens econômicas e ambientais decorrentes do uso de composto de lodo de esgoto em pomares de citros. Ricci et al. (2010), ao avaliar o potencial de doses de composto de lodo de esgoto e resíduos de roçagem na recuperação de um solo decapitado, concluíram que a aplicação de 80 mg ha⁻¹ deste composto

incrementa a fertilidade do solo, promovendo aumento nos teores de P, Ca, Mg, K, Mn e Fe e do pH. Chacón et al. (2011), ao analisarem a mineralização de N de compostos orgânicos, determinaram que, ao final de 60 dias, a quantidade de N inorgânico liberada pelo composto de lodo de esgoto havia sido mais do que o dobro daquela liberada pelo composto de lixo.

2.3.2 Resíduos sólidos urbanos

Em 1978, na I Conferência Internacional sobre Cuidados Primários de Saúde, realizada em Alma-Ata, o *saneamento básico apropriado* foi considerado um dos oito *elementos essenciais* recomendados para a meta *saúde para todos no ano 2000* (WHO/UNICEF, 1978). A geração crescente e diversificada de resíduos sólidos urbanos e a necessidade da sua disposição final representam um dos problemas mais sérios enfrentados tanto pelas nações ricas e industrializadas quanto pelos países em desenvolvimento (REIS, 2005).

De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no ano 2000 o Brasil destinava, diariamente, às 6.550 unidades de compostagem, 2,87% das 228.413 toneladas de resíduos sólidos urbanos gerados, oriundos da limpeza urbana e da coleta de lixo (IBGE, 2002). Em 2008 a quantidade de resíduos sólidos urbanos compostados foi quatro vezes menor (IBGE, 2010): de um total de 259.547 toneladas de resíduos gerados diariamente, apenas 0,63% foram destinados às 211 unidades de compostagem (Figuras 1 e 2).

No Brasil, a forma como é realizado o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos representa um desperdício, pois além de ser social e economicamente caro, devido aos custos de transporte, aos riscos à saúde, à saturação destes e às dificuldades de se encontrar novas áreas para a implantação de novos aterros sanitários e afins (RODRIGUES et al, 2006); não considera o fato de que a metade dos 0,6 kg per capita de resíduos domésticos gerada por dia é formada por material orgânico (BARREIRA et al., 2006). Esses resíduos contêm recursos caros e escassos, tais como nutrientes e componentes orgânicos com alto grau de degradabilidade, que podem ser destinados a unidades de compostagem, em que, após tratamento, seriam transformados em fertilizantes orgânicos de alta qualidade (REIS et al., 2000; REIS, 2005; BILCK et al., 2009, ABREU JR et al., 2009).

De acordo com a Instrução Normativa 25/2009 (BRASIL, 2009), o produto obtido pela separação da parte orgânica dos resíduos sólidos domiciliares e sua compostagem, resultando em produto de utilização segura na agricultura, atendendo aos parâmetros de umidade máxima de 50%, N total mínimo de 0,5%, carbono orgânicos mínimo de 15%, pH mínimo de 6,5%, relação C/N máxima de 20, e aos limites máximos estabelecidos para contaminantes, é denominado “composto de lixo”.

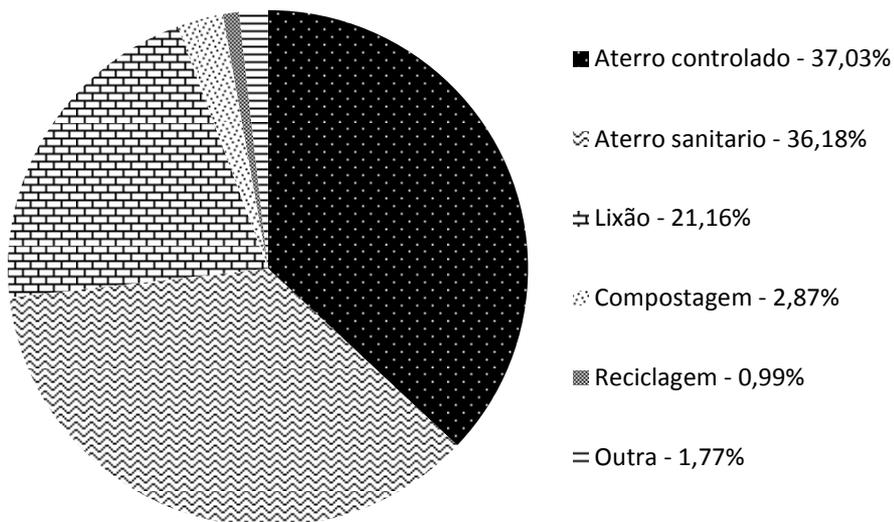


Figura 1- Destino final de resíduos sólidos urbanos do Brasil, no ano 2000 (Adaptado de IBGE 2002).

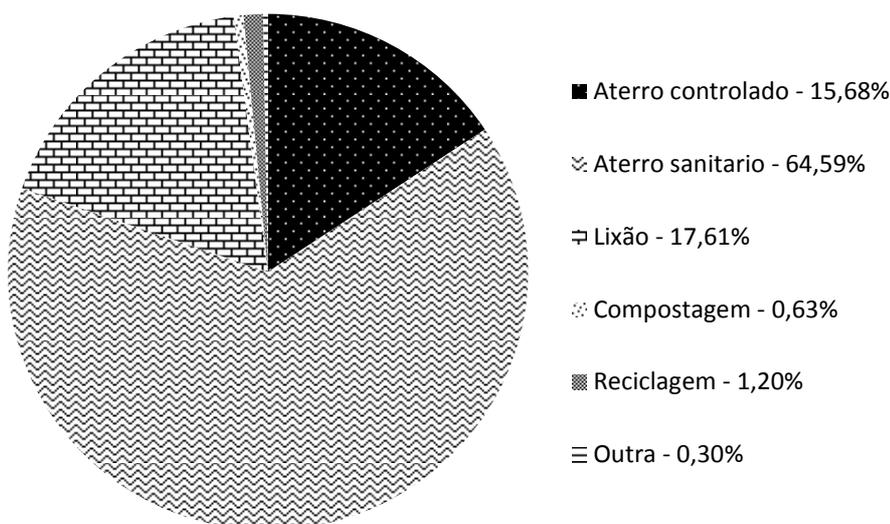


Figura 2. Destino final de resíduos sólidos urbanos do Brasil, no ano 2008 (Adaptado de IBGE 2010).

A aplicação de compostos de lixo em áreas cultivadas, além de propiciar a reciclagem de parte do lixo urbano, promove melhorias na fertilidade do solo, proporcionando incrementos nos teores de matéria orgânica, aumentos na disponibilidade de carbono, nitrogênio, fósforo, enxofre (ABREU JR et al, 2002), potássio, cálcio e magnésio (ABREU JR et al, 2001; LIMA et al., 2011), elevação do pH e da CTC dos solos (ABREU JR et al, 2000; KROB et al., 2011), imprescindíveis para a manutenção e incremento da fertilidade do solo, para produção de alimentos. Porém, é necessária cautela no uso de composto de lixo, devido à qualidade do composto utilizado (SILVA et al., 2004), e ao aumento nos teores de sódio no solo (ABREU JUNIOR et al., 2001; LIMA et al., 2011), o que pode causar efeitos salinos sazonais, em função do aumento da condutividade elétrica (OLIVEIRA et al., 2002).

Todavia, estudos realizados por Abreu Junior *et al.* (2000) mostraram que o aumento da condutividade elétrica dos solos em decorrência da aplicação de composto de lixo foi inferior àquele causado pela aplicação de adubos minerais, principalmente cloreto de potássio e uréia.

Quanto à qualidade dos fertilizantes orgânicos compostos produzidos no Brasil, foram homologadas, pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), as Instruções Normativas IN 23/2005 (BRASIL, 2005), a qual foi revogada pela IN 25/2009 (Brasil, 2009), e a IN nº 27/ 2006 (BRASIL, 2006), as quais determinam as condições e restrições que deve ter o resíduo compostado, para que este possa ser denominado “composto de lixo”. O fechamento de unidades de compostagem e a consequente redução da quantidade de resíduos sólidos urbanos compostados, do ano 2000 para o ano 2008 (Figuras 1 e 2), ocorreram, provavelmente, devido à homologação dessas Instruções Normativas.

Ainda com relação à Legislação Brasileira, em agosto de 2010 foi instituída a Lei 12.305/2010, que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), a qual determina que:

No âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, observado, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos:

I - adotar procedimentos para reaproveitar os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;

II - estabelecer sistema de coleta seletiva;

III - articular com os agentes econômicos e sociais medidas para viabilizar o retorno ao ciclo produtivo dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;

IV - realizar as atividades definidas por acordo setorial ou termo de compromisso na forma do § 7º do art. 33, mediante a devida remuneração pelo setor empresarial;

V - implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido;

VI - dar disposição final ambientalmente adequada aos resíduos e rejeitos oriundos dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.

De acordo com Jacobi & Besen (2011), é crescente o investimento do governo federal na construção de aterros sanitários, de unidades de triagem e compostagem, na infraestrutura e capacitação para organizações de catadores. A realidade brasileira, no entanto, demanda muito compromisso de dirigentes municipais na escolha de soluções adequadas e de baixo custo. Necessita-se de tecnologias compatíveis com o contexto local e com a implantação de coleta seletiva.

Silva et al. (2011), em ampla revisão sobre o sistema de gestão da qualidade do composto de lixo urbano para agricultura em diferentes países, descrevem que o uso de composto não deve ser apenas uma solução para o destino final dos resíduos, mas sim satisfazer as necessidades da agricultura, sem prejudicar o ambiente. Isso só acontecerá a partir de educação ambiental e de investimentos públicos no gerenciamento dos resíduos, dado que a qualidade final do produto é consequência da qualidade da matéria prima. É necessária a definição clara de uma Política Nacional no tratamento de Resíduos Sólidos, que implique na instalação da coleta seletiva pelos municípios. Os autores apontam o sistema da Bélgica como um dos mais abrangentes e integrados, sendo o mais prontamente recomendável no mundo. Em Flanders, a Organização Flamenca de Promoção de Compostagem promove: I) a separação de resíduos orgânicos na fonte; II) a compostagem caseira; III) administra o sistema de garantia de qualidade das empresas de compostagem e IV) faz recomendações sobre o uso do produto, sendo responsável pela sua comercialização.

2.3.3 Suínos e seus dejetos

As raças domésticas de suínos descendem do *Sus scrofa* e do *Sus vitatus*. O javali *Sus scrofa* habitava grandes regiões do continente europeu, apresentava tamanho grande, constituição robusta, capacidade torácica avantajada, era andejo e tinha grande habilidade para procurar alimentos. Habitando regiões de condições climáticas extremas, adaptara-se à luta árdua pela vida e, como todo animal selvagem, era muito pouco precoce, chegando

tardamente ao completo desenvolvimento (cinco anos). Já o javali *Sus vitatus* povoava grandes extensões da Ásia e algumas porções da bacia do Mediterrâneo, tinha porte menor e habitava regiões férteis e de clima propício, adquirindo um temperamento mais dócil e grande propensão para engorda (VIANNA, 1978).

O suíno foi, provavelmente, uma das primeiras espécies a ser domesticada. A suinocultura iniciou-se na China, entre 4.000-5.000 a.C., mas também há vestígios de sua existência por toda a Ásia, Europa e África. No que tange à Europa, a suinocultura tardou a generalizar-se, de modo que só no final do Séc. XVIII é que se começaram a aperfeiçoar os métodos de criação e de melhoramento de raças (SIMÕES, 2004).

A adaptação do javali à vida doméstica foi completa, de forma a perder os costumes selvagens, aumentar sua propensão à engorda, modificar sua conformação e temperamento. Esses caracteres, altamente econômicos, transmitiram-se à descendência através dos séculos, constituindo as raças atualmente conhecidas (VIANNA, 1978).

Os primeiros suínos a chegarem às Américas foram trazidos por Cristóvão Colombo, em 1493, em sua segunda viagem a São Domingos. No Brasil, os suínos foram introduzidos em 1532, no litoral paulista (São Vicente/SP), pelo navegador Martim Afonso de Souza. Anos depois, no governo de Tomé de Souza, um navio com animais domésticos chegou à Bahia, de modo que, em 1580 já havia muitos suínos no Brasil, nas terras hoje paulistas e baianas (SEBRAE, 2008).

No Brasil e no mundo, a suinocultura vem ganhando destaque nas recentes décadas, sendo possível observar este crescimento com base em análise de indicadores sociais e econômicos, como volume de exportação, participação no mercado mundial, aumento do número de empregos na área, entre outros fatores (GARCIA & PALMEIRA, 2006).

A suinocultura é uma atividade de grande importância socioeconômica, uma vez que a carne suína representa quase metade do consumo e da produção de carnes no mundo. O Brasil é o quarto maior produtor mundial de carne suína, abaixo da China, da União Europeia e dos Estados Unidos da América. De acordo com o IBGE (2009), no primeiro trimestre de 2009 foram abatidas 7,3 milhões de unidades de suínos. Comparativamente ao primeiro trimestre de 2008, registrou-se aumento de 7,1% no abate de suínos no Brasil. O estado de São Paulo é o quarto maior produtor, abaixo do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.

Uma das principais limitações da suinocultura consiste no tratamento e destino final dos dejetos suínos. São significativos os riscos de contaminação ambiental decorrentes do atual modelo de produção, caracterizado pela criação intensiva e em confinamento. Se o manejo dos resíduos de um grande número de animais criados em áreas reduzidas for inadequado, poderá causar a eutrofização de rios, contaminação de lençóis freáticos com nitrato, do solo com patógenos e excesso de nutrientes, e do ar com emissões gasosas (KUNZ et al., 2005). O efluente bruto proveniente da criação intensiva de suínos contém elevados valores de DBO, DQO (demanda biológica e química de oxigênio), fósforo, cobre, zinco e nitrogênio na forma orgânica e amoniacal; além de coliformes fecais e ovos de helmintos (VIVAN et al., 2010). De acordo com Bertoncini (2011), o potencial poluidor dos dejetos de suínos é cerca de quatro vezes o dos dejetos humanos.

A criação de suínos em baias exige cuidados higiênicos que dificultem a proliferação de moscas, fungos e bactérias, e que reduzam problemas alérgicos e respiratórios, comuns aos animais. O sistema de lavagem das baias utilizado pela maioria das granjas apresenta consumo de 50 a 150 litros de água por matriz (matriz é núcleo de produção de leitões, em que 1 matriz=10 animais), dependendo da fase de vida do animal e do tipo de lavagem efetuado (manual ou lava jato). Uma granja de pequeno porte produz um volume médio diário de dejetos em torno de 10.000 litros (BERTONCINI, 2011). De acordo com Konzen (2003), o ciclo completo da criação de suínos gera diariamente 140 a 170 litros de dejetos por fêmea, 35 a 40 litros por matriz, e 12 a 15 litros por suíno em fase de terminação (leitões de 25 a 110 kg).

O elevado volume e a elevada carga orgânica e patogênica dos dejetos suínos devem-se aos seguintes fatores: I) baixa conversão alimentar; II) ração concentrada em proteínas, o que sobrecarrega o sistema digestivo monogástrico dos animais; III) adição de cobre, zinco e sódio na ração (cobre para promover o crescimento, zinco para reduzir diarreias, e sódio para evitar o canibalismo e aumentar o consumo de ração); IV) desperdício de água nos bebedouros e nas lavagens das baias; V) fornecimento de água e alimentos contaminados (BERTONCINI, 2011).

Há diversas formas de se realizar o correto tratamento e destino dos efluentes, por meio de esterqueiras, lagoas anaeróbias, lagoas aeradas, lagoas facultativas, lagoas com plantas enraizadas e decantação com peneiras de microfiltros. A utilização dos dejetos na geração de energia e produção de adubos, utilizando biodigestores e composteiras, também

são práticas que podem ser adotadas, uma vez que agregam valor ao dejetos (SCHULTZ, 2007).

Existem tecnologias de baixo custo que podem ser aplicadas principalmente em granjas pequenas e médias, como sistemas de tratamento utilizando biodigestores menores (VIVAN et al., 2010; RODRIGUES et al., 2010), com uso de anéis de bambu para enchimento dos reatores (BERTONCINI, 2008), seguidos de lagoas de estabilização. O sistema de camas sobrepostas, o qual consiste na criação de animais em piso forrado com maravalhas ou cascas, representa outra opção de tratamento para pequenas propriedades (COSTA et al., 2006).

Processos de compostagem de dejetos brutos ou semi-tratados com materiais estruturantes, como palhas, maravalhas e bagaços, também são alternativas pouco custosas para o tratamento de dejetos e para o uso sustentável destes em solos agrícolas (MATOS et al., 1998; SEDIYAMA et al., 2000; DAÍ PRA, 2006; OLIVEIRA & HIGARASHI, 2006). Os dejetos de suínos possuem alto potencial fertilizante, em função de suas características químicas, podendo substituir em parte ou totalmente a adubação mineral, contribuindo para o aumento da produtividade das culturas e a redução dos custos de produção (SCHERER, 2000).

Magalhães et al. (2006), ao avaliarem o processo de compostagem de bagaço de cana-de-açúcar e resíduos da suinocultura, concluíram que os compostos produzidos tiveram características físicas, químicas e biológicas que atenderam à legislação brasileira, apresentando requisitos desejáveis para a utilização agrícola do composto produzido. Matos et al. (1998) e Sedyama et al. (2000), ao realizarem a compostagem de dejetos suínos com palha de café e bagaço de cana-de-açúcar, para suplementação de nitrogênio dos solos, obtiveram como resultado um fertilizante orgânico de alta qualidade. Conforme Matos et al. (1998), a compostagem de dejetos suínos com resíduos vegetais é uma técnica de processamento de resíduos altamente promissora, uma vez que a disposição destes em uma forma mais estável é capaz de trazer efeitos benéficos à estrutura, à capacidade de troca catiônica e ao nível nutricional do solo.

2.4 Mineralização de N no solo

Conforme Malavolta (1976), a mineralização do N é a mudança do N orgânico em N mineral. A mineralização, ou amonificação, consiste em uma séria de reações bioquímicas, predominantemente a desaminação, em que a população microbiana libera o excesso de N para o solo na forma de amônia, a qual é rapidamente oxidada a nitrato por meio de bactérias nitrificadoras (YAMADA et al., 2007). A quantidade de N mineralizado em amostras de solos é 60 a 80% proporcional à quantidade de N total destas (BLACK, 1968). Portanto, o processo de mineralização é 20 a 40% influenciado por outros fatores, como umidade, temperatura, reação do solo e relação C/N (MALAVOLTA, 1976).

As bactérias *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Serratia* e *Micrococcus*; bem como diversos tipos de fungos e actinomicetos, são responsáveis pela mineralização de formas orgânicas de N, representadas pelas proteínas. Esses microrganismos sintetizam enzimas que hidrolisam as grandes moléculas protéicas, dando origem a unidades mais simples. Dependendo do microrganismo considerado, tal processo se dá aeróbica ou anaerobicamente, de forma que a mineralização de N pode ocorrer em níveis médios ou excessivos de umidade no solo. Porém, a amonificação é mais rápida quando a capacidade de retenção de água no solo está entre 50 e 75% (ALEXANDER, 1961).

A temperatura influencia o crescimento dos microrganismos e a atividade das diferentes enzimas que participam do processo. A temperatura ótima para a amonificação está entre 40 e 60° C, indicando a natureza termofílica dos microrganismos envolvidos. As bactérias geralmente liberam mais NH_4^+ do que os fungos. Estes, porém, desempenham um papel predominante em solos ácidos. A mineralização do N é maior quando a reação do solo encontra-se próxima à neutralidade (pH 7,0) (MALAVOLTA, 1976).

A relação C/N é um fator determinante para a mineralização de N. Durante a decomposição da matéria orgânica no solo, a população microbiana assimila C, por meio de reações catabólicas, a fim de obter energia necessária às reações anabólicas envolvidas na síntese celular. Simultaneamente à assimilação de C, a biomassa microbiana necessita de N para a produção de compostos nitrogenados (YAMADA et al., 2007). Quando se adiciona ao solo restos de cultura com relação C/N muito elevada, microrganismos e plantas competirão pelo N disponível, de modo que, ao final do processo, dar-se-á elevada liberação de CO_2 e reduzida produção de húmus (BUCKMAN & BRADY, 1969).

2.4.1 Fração de mineralização de fertilizantes orgânicos

A fração do N-orgânico que é transformada em N-mineral é denominada fração de mineralização de N (CETESB, 1999). A partir da fração de mineralização e da quantidade de N recomendada para determinada cultura, pode-se obter a dose agrônômica de composto a ser aplicada ao solo. Dessa forma, é possível satisfazer as necessidades de N das plantas e evitar a problemas de saúde e ambientais (BERTONCINI, 2011).

As plantas podem acumular elevados níveis de nitrato ou translocá-lo, através dos seus tecidos, sem efeitos prejudiciais. Porém, se o homem ou os animais consumirem material vegetal com altos teores de nitrato, podem sofrer de metemoglobinemia, doença em que o fígado reduz o nitrato a nitrito, o qual se liga à hemoglobina de modo que esta se torna incapaz de se combinar com o oxigênio. O homem e outros animais são capazes também de converter o nitrato a nitrosaminas, as quais são potentes carcinogênicos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

De acordo com Schröder et al. (2008), o excesso de N em formas orgânicas degrada-se microbiologicamente a nitrato, cujo excesso pode contaminar corpos d'água superficiais e sub-superficiais. Na Europa há regiões classificadas como vulneráveis a nitrato, e a regulamentação considera não somente doses, mas também épocas de aplicação de compostos orgânicos, buscando reduzir a poluição das águas com nitrato (CEC, 1991; Reino Unido, 1996). Em solos brasileiros, esse processo foi estudados por Dynia et al. (2006) e Oliveira et al. (2001).

Tendo isso em vista, a disposição de fertilizantes nitrogenados ao solo, inclusive os orgânicos, deve ser regulamentada. Os estados de São Paulo e Paraná possuem legislação própria para a disposição de resíduos oriundos do lodo de esgoto. A CETESB reconheceu a necessidade de rever a norma paulista de 1999 (Norma P 4.230), baseada na da agência ambiental norte-americana, USEPA – 40 CFR Part 503 (1993), devido a sua inadequação quanto aos parâmetros inerentes aos solos, biota e clima de São Paulo.

Tais diferenças podem ser exemplificadas pelos trabalhos de Boeira et al. (2002) e Parker e Sommers (1983). Boeira et al. (2002) obtiveram, no Brasil, uma fração de mineralização de N de mais de 30% em 15 semanas de incubação em lodo de esgoto,

enquanto Parker e Sommers (1983), nos Estados Unidos, obtiveram fração de mineralização de 15% em 16 semanas de incubação.

Conforme Pinheiro (2007), muitos estudos foram realizados, propostas e parâmetros foram elaborados, a fim de definir normas para a utilização do lodo de esgoto em todo o território brasileiro. Esse esforço resultou na resolução CONAMA nº 375 (2006), a qual representa um grande avanço na determinação de critérios e procedimentos para o uso agrícola do lodo de esgoto em território brasileiro. Essa resolução considera que os lodos de esgoto digeridos aeróbica e anaerobicamente possuem fração de mineralização de 30% e 20%, respectivamente, e que o lodo de esgoto compostado possui fração de mineralização de 10%.

No entanto, ainda há muito a ser realizado nesse campo do conhecimento, inclusive considerando outros tipos de fertilizantes orgânicos, como o composto de lixo e o de dejetos suínos. Em pesquisa realizada por Chacón et al. (2011), o composto de lixo urbano apresentou fração de mineralização de N menor do que a do composto de lodo de esgoto. Mantovani et al. (2006) encontraram valores de fração de mineralização de N do composto de lixo de 12% em 18 semanas, e concluíram que este apresenta potencial fertilizante de liberação lenta de N às plantas.

Quanto aos dejetos suínos, de acordo com Scherer (2000), em média, 50% do N dos resíduos sólidos e 80% do N dos esterco líquidos ficam disponíveis às plantas no seu primeiro cultivo. Os resíduos sólidos, com uma menor taxa de mineralização que os esterco líquidos, disponibilizaram ainda 20% do N no segundo cultivo e 10% no terceiro cultivo. No entanto, essas informações referem-se ao uso de resíduos não compostados. É importante considerar que, em se tratando da utilização de compostos orgânicos, tanto sua fração de mineralização quanto a sua concentração de nutrientes é menor do que a da matéria fresca da qual se originaram (CORRÊA et al., 2005; BARREIRA et al., 2006; BASTIDA et al., 2008; TERHOEVEN-URSELMANS et al., 2009).

A dificuldade de se prever a fração de mineralização de fertilizantes orgânicos em geral, é decorrente dos vários fatores que interferem nesse processo, como o teor de N total, a relação C/N, o grau de maturação e a biodegradabilidade do carbono do fertilizante orgânico; além da textura, condutividade elétrica e reação do solo (HEBERT et al., 1991; TISDALE et al., 1985; McCLUNG e FRANKENBERGER Jr., 1985).

2.5 *Brachiaria brizantha* Stapf. cv. Marandu

No Brasil, atualmente, a área coberta por pastagens nativas e cultivadas é cerca de 200 milhões de hectares (MARTINELLI et al., 2011). Em 1970, a área de pastagens cultivadas era estimada em aproximadamente 30 milhões de hectares. Quinze anos depois, em 1985, essa área cresceu em quase 2,5 vezes, ocupando então 74 milhões de hectares (ZIMMER e CORRÊA, 1993). Em 1997, Zimmer & Euclides Filho estimaram a área ocupada por pastagens de *Brachiaria* spp. em 80 milhões de hectares, o equivalente a 10% de todo o território brasileiro.

No ano de 1977 a *Brachiaria brizantha* cv Marandu foi incluída no processo de avaliação de plantas forrageiras da EMBRAPA/CNPQC, Campo Grande-MS (NUNES et al., 1985). A *Brachiaria brizantha* cv Marandu é uma pastagem originária de uma região vulcânica da África, na qual os solos apresentam fertilidade média a alta, com precipitação pluviométrica anual de aproximadamente 700 mm e cerca de oito meses de seca no inverno (RAYMAN, 1983). Possui ampla adaptação climática, de até 3.000 m de altitude, e temperatura ideal de crescimento de 30-35°C e mínima de 15°C (SKERMAN e RIVEROS, 1990). As características agrônômicas são de alta produção de forragem e persistência, boa capacidade de rebrota e tolerância ao frio e à seca (PORZECANSKI et al., 1979).

Em 1984, após anos de estudos e avaliações, a EMBRAPA/CPAC, Planaltina-DF lançou, em nível nacional, a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. O nome marandu, em guarani, significa “novidade”, pelo fato de representar uma nova alternativa, principalmente para a região dos cerrados (NUNES et al., 1985). A cultivar marandu diferencia-se dos demais ecótipos de *B. brizantha* pela associação obrigatória das seguintes características: planta robusta, com perfilhamento intenso nos nós superiores dos colmos floríferos; pêlos presentes na porção apical dos entrenós; bainhas pilosas; lâminas largas e longas, com pubescência na face inferior, glabra na face superior, e margens não cortantes; raque 4 sem pigmentação arroxeadada e espiguetas ciliadas no ápice (VALLS & SENDULSKY, 1984).

Dentre as opções de braquiárias, a cultivar Marandu tem sido considerada promissora devido a sua alta capacidade produtiva. Esta gramínea possui elevada produção de massa verde e é bastante responsiva às adubações, podendo atingir até 36 t ha⁻¹ de massa seca por

ano (GHISI & PEDREIRA, 1987). Porém, tendo em vista a baixa fertilidade dos solos brasileiros, o território nacional conta com uma apreciável parcela da área de pastagem em processo de degradação. A adubação tem sido indispensável na formação, na manutenção e na recuperação destas (BONFIM-SILVA & MONTEIRO, 2006). No caso das pastagens exclusivas de gramíneas, a adubação nitrogenada tem sido uma das maiores necessidades, principalmente na recuperação de áreas degradadas (MYERS & ROBBINS, 1991; COSTA et al., 2010).

Araújo et al. (2009), ao estudarem o uso de compostos orgânicos na adubação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*, demonstram que estes são capazes de incrementar significativamente o teor de massa seca do capim, em relação à testemunha. De acordo com Amorim (2011), o composto de lixo é capaz de aumentar a concentração de nitrogênio na *Brachiaria decumbens*. No entanto, ainda são raros os trabalhos que abordam a adubação nitrogenada de pastagens por meio de compostos orgânicos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Centro de Energia Nuclear na Agricultura, da Universidade de São Paulo (CENA/ USP), em Piracicaba, SP, durante os meses de setembro de 2011 a janeiro de 2012.

3.1 Planta teste

A planta teste utilizada foi *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Figura 3), por ser uma espécie altamente responsiva à adubação nitrogenada (ALEXANDRINO et al., 2004), além de apresentar ciclo curto entre cortes, possibilitando a análise da quantidade de nitrogênio liberado às plantas ao longo do tempo.



Figura 3- Plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

3.2 Solos

Os ensaios foram realizados utilizando-se amostras de solo de textura argilosa (Nitossolo Háptico álico) e de textura média (Latosolo Vermelho-Amarelo álico). Ambos coletados de 0 a 20 cm de profundidade, sendo o Nitossolo de área de canavial da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) do município de Piracicaba, SP, e o Latossolo de área de pastagem da APTA de Nova Odessa, SP. As análises química e granulométrica das amostras de solos foram realizadas pelo Laboratório Agrotécnico Piracicaba Ltda. (Pirasolo), e encontram-se nas tabelas 1, 2 e 3.

3.3 Compostos orgânicos

Os compostos orgânicos utilizados no experimento foram: composto de lixo, composto de lodo de esgoto e composto de lodo de dejetos suínos (Tabelas 4 e 5).

Antes de serem utilizados no experimento, tanto o composto de lixo quanto o composto de lodo de dejetos suínos foram estocados a céu aberto por aproximadamente quatro meses, o que não ocorreu com o composto de lodo de esgoto, o qual foi utilizado logo após o término do processo de compostagem.

Tabela 1. Resultados da análise química para caracterização da fertilidade das amostras de solo de textura argilosa (Nitossolo Háplico álico) e média (Latossolo Vermelho-Amarelo álico).

Textura do solo	M.O.	P	SO ₄	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V%	m%	pH _{CaCl₂}	pH _{H₂O}	C.E.	
	g dm ⁻³	^{resina} --mg dm ⁻³ --		-----mmol _c dm ⁻³ -----								-----%-----				μS cm ⁻¹
Argilosa	22	8	11	1,0	32	15	25	0	48	73	66	0	5,3	6,2	43,4	
Média	22	6	7	1,2	24	7	18	0	32	50	64	0	5,3	5,8	36,4	

Análises realizadas pelo Laboratório Agrotécnico Piracicaba Ltda. (Pirasolo).

Tabela 2. Teores de micronutrientes das amostras de solo de textura argilosa (Nitossolo Háplico álico) e média (Latossolo Vermelho-Amarelo álico).

Micronutriente/ Textura do solo	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----mg dm ⁻³ -----				
Argilosa	0,40	0,8	44	8,2	1,1
Média	0,52	1,0	116	3,0	1,3

Análises realizadas pelo Laboratório Agrotécnico Piracicaba Ltda. (Pirasolo).

Tabela 3. Granulometria das amostras de solo de textura argilosa (Nitossolo Háplico álico) e média (Latossolo Vermelho-Amarelo álico).

Granulometria/ Textura do solo	Argila	Silte	Areia total	Areia grossa	Areia fina
	-----g kg ⁻¹ -----				
Argilosa	410	170	420	200	220
Média	230	180	590	170	420

Análises realizadas pelo Laboratório Agrotécnico Piracicaba Ltda. (Pirasolo).

Tabela 4. Teores de macronutrientes, matéria orgânica, pH e condutividade elétrica dos compostos de Lodo de esgoto, de lodo de dejetos suínos e de lixo.

Composto	N	P	K	Mg	S	M.O.	C _{org}	C/N	pH	pH	C.E.
									CaCl ₂	H ₂ O	
	-----g kg ⁻¹ -----										μS cm ⁻¹
Lodo	24,0	8,25	1,78	1,90	10,25	458,00	364,50	15,2	5,4	5,6	1.521
Suíno	11,9	11,75	11,25	4,53	4,75	201,60	156,00	13,1	7,6	8,6	579
Lixo	9,70	5,45	2,10	2,25	2,75	162,32	121,50	12,5	7,3	8,2	265

Análises realizadas pelo Laboratório Agrotécnico Piracicaba Ltda. (Pirasolo).

Tabela 5. Teores de micronutrientes presentes no composto de lodo de esgoto, no composto de lodo de dejetos suínos e no composto de lixo.

Micronutriente/ Composto	Na	Cu	Zn	Mn	Fe
		-----mg kg ⁻¹ -----			
Lodo	345	290	1450	280	23,00
Suíno	355	105	308	550	11,80
Lixo	285	235	548	280	18,20

Análises realizadas pelo Laboratório Agrotécnico Piracicaba Ltda. (Pirasolo).

3.3.1 Composto de lixo

O composto de lixo foi fornecido pela Cotralix - Consórcio Intermunicipal de Tratamento e Disposição Final de Lixo de Parapuã, SP. A Cotralix recebe os resíduos sólidos urbanos dos municípios de Parapuã, Rinópolis, Iacri e Bastos, região centro-oeste do estado de São Paulo. Na Cotralix o resíduo sólido urbano é depositado em esteiras, nas quais os materiais recicláveis são separados dos resíduos orgânicos e dos rejeitos. Estes são direcionados a uma peneira rotatória com malha de 80 mm. O material que passa através da malha da peneira é alocado em leiras de compostagem, a céu aberto, em pátio com piso impermeabilizado. O material que não passa pela malha é direcionado ao aterro de rejeitos.

Na leira de compostagem o composto permanece por no mínimo 120 dias, é revirado uma vez por mês, por motivos econômicos, e umedecido quando necessário. Após esse período, o composto é estocado a céu aberto por tempo indeterminado, até a sua comercialização.

3.3.2 Composto de lodo de esgoto

O composto de lodo de esgoto com bagaço de cana-de-açúcar foi obtido da ETE de Jundiaí – SP. Para a produção do composto, o lodo de esgoto desaguado, com 20% de teor de sólidos, é submetido ao processo de compostagem com bagaço de cana-de-açúcar na proporção 1:1 volume:volume. O material passa pelo processo de compostagem por 50 dias, sendo que, nos primeiros 20 dias, o material é distribuído em leiras, as quais são revolvidas diariamente, para remoção do excesso de umidade e oxigenação da massa. Nesta fase a temperatura da massa fica em média a 50 graus. Na sequência o composto é empilhado por mais 30 dias sem revolvimento, para completa higienização e estabilização. Durante esta fase a temperatura média da massa em compostagem é de 65 graus. Ao final do processo a umidade do composto é de 30 e 40%. Não há adição de água no processo. Todo o processo é realizado em ambiente protegido por estufas agrícolas.

3.3.3 Composto de lodo de dejetos suínos

O composto chamado, no presente trabalho, de composto de lodo de dejetos suínos, foi formado pela compostagem dos seguintes resíduos: lodo do biodigestor e da lagoa de decantação da granja de suinocultura da Agropecuária Bressiani, de Capivari-SP, misturados com película de café, cama de galinha, torta de filtro de usina de cana-de-açúcar, bagaço de cana-de-açúcar, cinza de caldeira, esterco de boi e cascas de batata. O processo de compostagem dura de 90 a 100 dias, o material é revirado a cada 10 dias e umedecido conforme a necessidade. O processo é realizado a céu aberto.

3.4 Instalação e condução do experimento

Cada unidade experimental foi constituída por um vaso plástico vedado, com capacidade de 4 dm³. Os vasos foram preenchidos com 3 dm³ de amostra de solo. Todos os tratamentos receberam adubação de base com os seguintes macro e micronutrientes, em forma de solução nutritiva: 200 mg dm⁻³ de P e 258 mg dm⁻³ de Ca (CaHPO₄ p.a.); 200 mg dm⁻³ de K e 40 mg dm⁻³ de S (KCl e K₂SO₄ p.a.); 63 mg dm⁻³ de Mg (MgCl₂.6H₂O p.a.); 0,8 mg dm⁻³ de B (H₃BO₃ p.a.); 1,2 mg dm⁻³ de Cu (CuCl p.a.); 0,15 mg dm⁻³ de Mo (Na₂MoO₄ p.a.) e

4 mg dm⁻³ de Zn (ZnCl₂ p.a.). Após a aplicação, o solo e a solução nutritiva foram homogeneizados em cada uma das unidades experimentais (Figura 4). A adubação potássica com KCl foi fracionada ao longo dos primeiro cinco dias após o plantio. A adubação nitrogenada foi realizada conforme item 3.4.1.

Não foi necessária a correção dos solos, devido aos valores de V% superiores a 60 (RAIJ et al., 1997).



Figura 4- Aplicação da adubação de base, na forma de solução nutritiva, em todos os tratamentos e homogeneização desta com o solo.

Para obtenção das plântulas de braquiária, realizou-se semeadura em bandejas com areia lavada (Figura 5), no dia 05/09/2011. Quinze dias após a germinação, oito mudas foram plantadas nos respectivos tratamentos (Figura 6), e ao longo de duas semanas foram realizados desbastes, a fim de se manterem cinco plantas por vaso. A irrigação com água deionizada ocorreu de forma empírica, devido às dificuldades em se estabelecer a capacidade de retenção de água de cada tratamento.



Figura 5- Plantas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu semeadas em areia lavada.

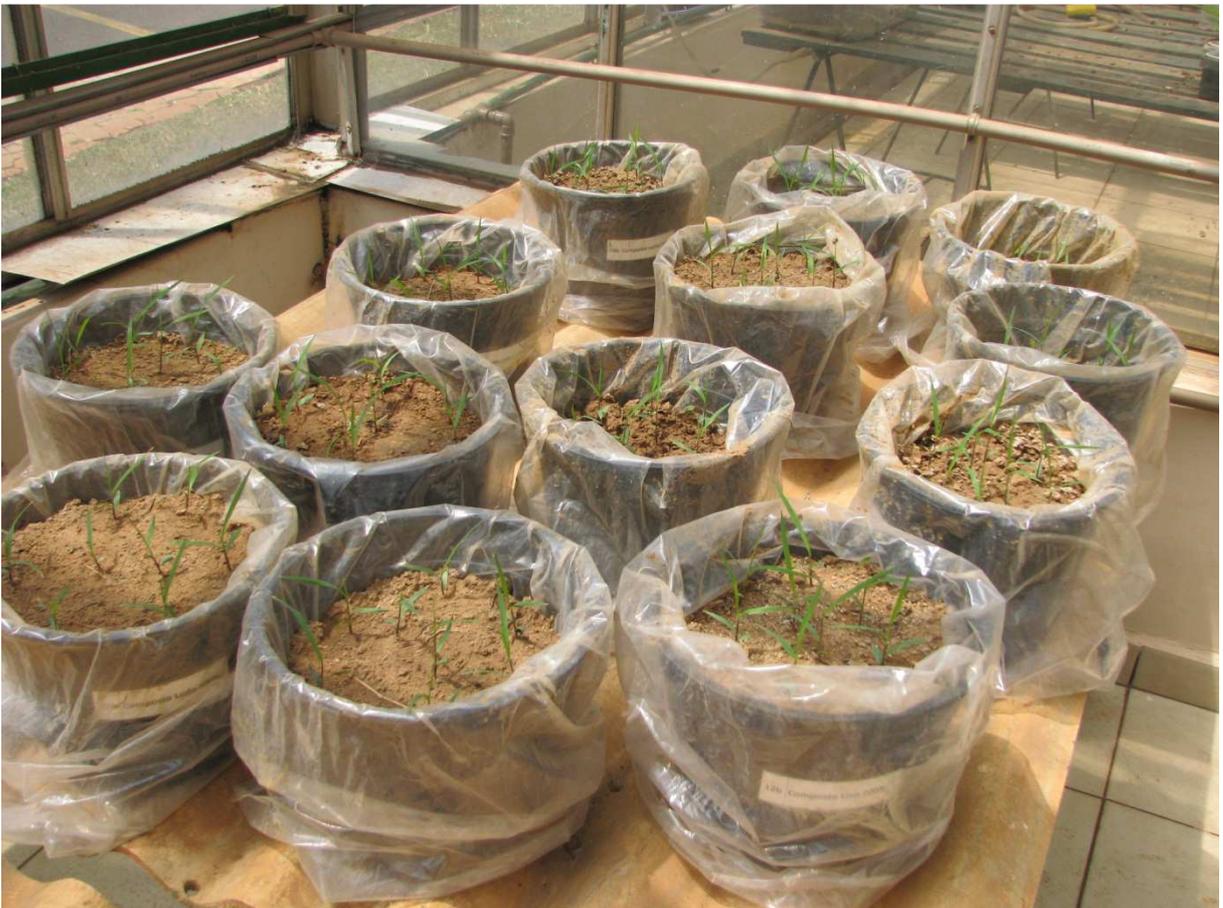


Figura 6- Mudas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu plantadas nas unidades experimentais.

No decorrer do experimento foram realizados três cortes: o primeiro aos 43 dias após o plantio, o segundo aos 40 dias após o primeiro corte e o terceiro aos 37 dias após o segundo corte. A cada corte foram realizadas as análises das seguintes variáveis: “clorofila”, “folhas”, “perfilhos”, “área foliar”, “biomassa” e “N total”.

A medição da clorofila foi realizada por meio do medidor portátil clorofilômetro, modelo SPAD-502, fazendo-se uma média de dez medições do teor de clorofila no terço médio do lado inferior e superior das folhas-bandeira das plantas de cada parcela. O número de folhas e de perfilhos foi obtido pela contagem dos mesmos. A medição da área foliar foi realizada pelo aparelho integrador de áreas portátil LI-3100C. A biomassa da parte aérea das plantas foi obtida por secagem do material em estufa a 60°C por 75 horas e pesagem do mesmo em balança analítica. Após a secagem e pesagem, o material foi moído em moinho de facas tipo Willey, para a realização da análise dos teores de N total da parte aérea das plantas, pelo método Semi-micro-Kjeldahl (MALAVOLTA et al., 1989).

3.4.1 Tratamentos

No presente trabalho, as doses de compostos orgânicos utilizadas no experimento foram calculadas com base no suprimento de 150 mg dm⁻³ de N às plantas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, pois, de acordo com Silva et al. (2009), essa espécie responde de forma crescente até a dose de 190 mg dm⁻³ de N.

Com a finalidade de se avaliar o potencial dos compostos como fonte de N, foram consideradas as frações de mineralização de 7, 15 e 30%, correspondendo, respectivamente, às doses de 2.143, 1.000 e 500 mg dm⁻³ de N total, além de uma dose zero. Como o teor de N de cada um dos compostos é diferente (Tabela 4), a dose de cada composto aplicada aos tratamentos foi proporcionalmente diferente (Tabela 6).

Com finalidade comparativa, foram também conduzidos dois tratamentos controle, com adubo nitrogenado mineral: um com uréia e outro com nitrato de amônio, ambos na dose 150 mg dm⁻³ de N. No tratamento com uréia foi realizado o parcelamento da dose de N, de modo que 40% foi aplicado junto com a adubação de base, e os outros 60% aos 30 dias após o plantio.

Tabela 6. Descrição dos tratamentos, considerando o teor de N total dos fertilizantes e a fração de mineralização estimada, objetivando fornecer 150 mg dm⁻³ de N mineralizado às plantas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu.

Trat.	Fertilizante utilizado como fonte de N	Teor de N (g kg ⁻¹)	Fração de mineralização de N (%)	Dose de N aplicada (mg dm ⁻³)	Dose de fertilizante aplicada (g dm ⁻³)
1	Composto de lixo	9,7	7	2143	220,9
2		9,7	15	1000	103,1
3		9,7	30	500	51,5
4		9,7	-	0	0
5	Composto de lodo de esgoto	24,0	7	2143	89,3
6		24,0	15	1000	41,7
7		24,0	30	500	20,8
8		24,0	-	0	0
9	Composto de lodo de dejetos suínos	11,9	7	2143	180,1
10		11,9	15	1000	84,0
11		11,9	30	500	42,0
12		11,9	-	0	0
13	Uréia	450	100	150	0,333
14	Nitrato de Amônio	340	100	150	0,441

Os cálculos utilizados para a determinação das doses de N e das doses de compostos, que foram aplicadas nos tratamentos, encontram-se a seguir.

Cálculo 1: Cálculo realizado para a obtenção da dose de N a ser aplicada, visando fornecer 150mg dm⁻³ de N mineralizado, considerando as frações de mineralização de 7, 15 e 30%.

Exemplo: considerando-se a fração de mineralização de 7%:

$$\begin{array}{l} 150 \text{ mg dm}^{-3} \text{ ————— } 7\% \\ X \text{ ————— } 100\% \end{array}$$

$$X = 2143 \text{ mg dm}^{-3}$$

Portanto, para os tratamentos em que foi considerada a fração de mineralização de 7%, foi necessária a aplicação de 2143 mg de N por dm³ de solo, para a obtenção de 150mg dm⁻³ de N mineralizado.

O mesmo cálculo foi realizado para as frações de mineralização de 15 e 30%.

Cálculo 2: Cálculo realizado para a obtenção da dose de composto a ser aplicada em cada tratamento:

Exemplo: considerando o composto de lixo (com 0,97% de N total) e a fração de mineralização de N de 7% (2143 mg dm⁻³ de N), tem-se:

$$\begin{array}{r} 2143 \text{ mg dm}^{-3} \text{ ————— } 0,97\% \\ X \text{ ————— } 100\% \end{array}$$

$$X = 220927,8 \text{ mg dm}^{-3}$$

Como 220927,8 mg dm⁻³ é equivalente a 221g dm⁻³, e como os tratamentos foram formados por 3 dm⁻³ de solo, então, nesse tratamento, foram aplicados 663 g de composto de lixo.

Os mesmos cálculos foram realizados para o composto de lodo de esgoto (2,4% de N total) e para o composto de dejetos suínos (1,19% de N total).

3.4.2 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi em esquema fatorial inteiramente casualizado. Os tratamentos foram constituídos de 3 compostos orgânicos (lixo, lodo de esgoto e lodo de dejetos suínos), 4 doses (0, 500, 1000 e 2143 mg dm⁻³ de N) e dois solos (textura argilosa e média), com 2 tratamentos controle (uréia e nitrato de amônio), e 3 repetições, totalizando 78 unidades experimentais. Foram realizadas análises de variância, teste de médias (Tukey) e análise de regressão, pelo programa SAS (1999).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Disponibilidade de nitrogênio X textura dos solos

Considerando os tratamentos com compostos orgânicos, as plantas crescidas em Latossolo Vermelho-Amarelo álico textura média apresentaram resultados superiores aos das crescidas em Nitossolo Háplico álico textura argilosa (Figuras 7 a 12; Tabela 1 do Anexo).

No primeiro corte, essa superioridade foi significativa para as variáveis “biomassa”, “perfilhos”, “folhas” e “área foliar”. No segundo corte, para a variável “área foliar”. No terceiro corte, para as variáveis “clorofila”, “folhas” e “N total”. Apesar da inconstância ao longo dos cortes, todas as variáveis sofreram interferência significativa em função dos solos utilizados.

Esses resultados podem ser explicados por Mendonça & Rowell (1996) que, ao analisarem dois latossolos do Cerrado brasileiro, verificaram que o teor de carbono e de substâncias húmicas no solo de textura argilosa foi maior do que aquele encontrado nos solos de textura mais arenosa, ou seja, a interação matéria orgânica-argila preserva os componentes orgânicos da biodegradação (VOLKOFF et al., 1984).

A existência dessa interação matéria orgânica-argila pode ser confirmada ao se verificar que, diferentemente dos tratamentos com compostos orgânicos, os tratamentos com adubação nitrogenada mineral não diferiram entre solos (Figuras 7 a 12).

Outra possível explicação para esses resultados consiste no fato do solo de textura média permitir maior circulação de ar pelos seus poros, acelerando assim o processo de degradação da matéria orgânica e conseqüentemente a disponibilização de nutrientes mineralizados às plantas.

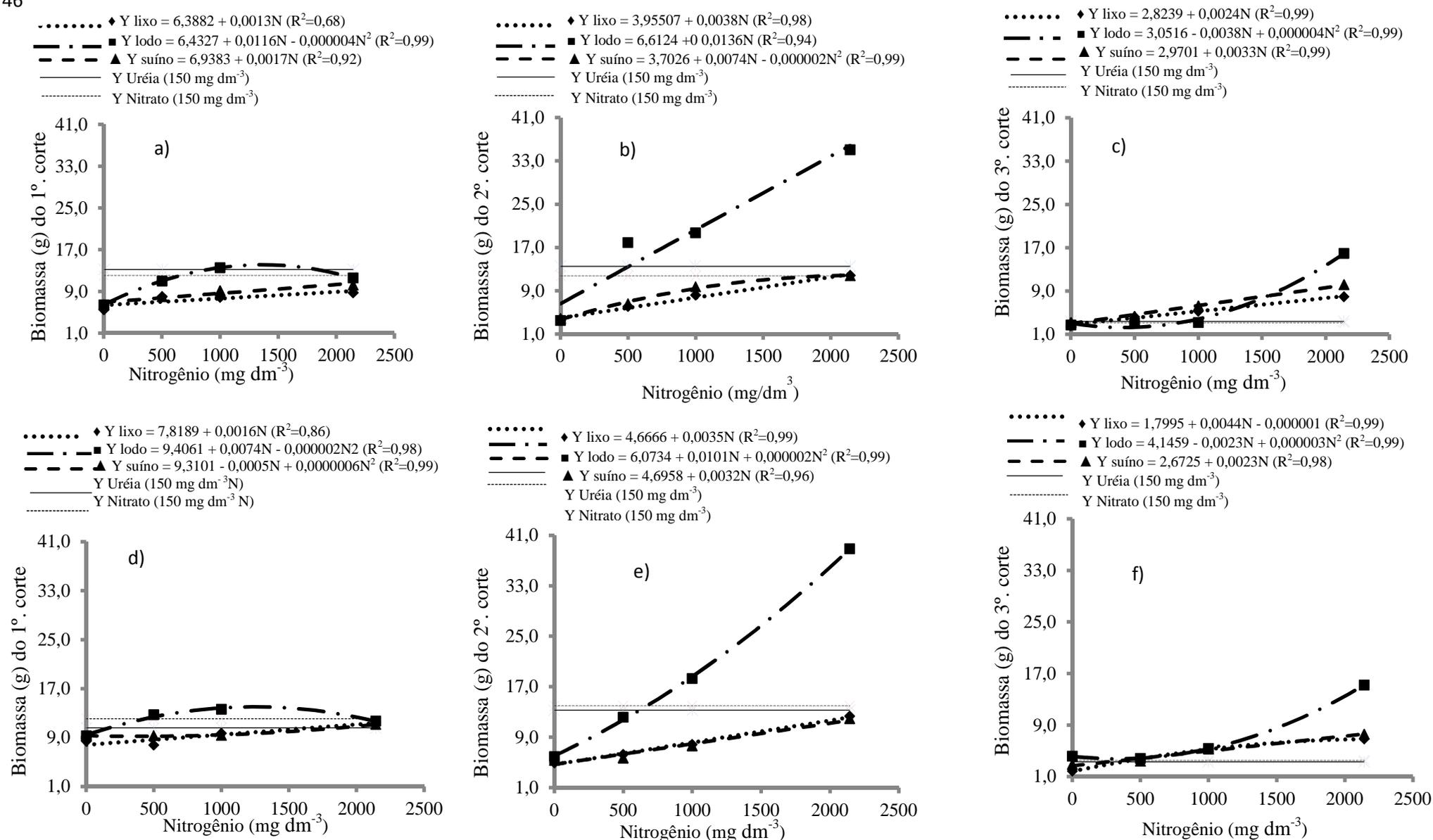


Figura 7- Biomassa da parte aérea do 1º, 2º, e 3º corte de *Brachiaria brizantha* cv Marandu cultivada em Nitossolo textura argilosa (a, b, c) e Latossolo textura média (d, e, f) adubada com 150 mg dm^{-3} N provenientes de composto de lixo, composto de lodo de esgoto e composto de lodo de dejetos suínos, considerando a fração de mineralização de 7, 15 e 30%, ou seja, adubada com 2143, 1000 e 500 mg dm^{-3} N, além da dose zero; em comparação com a adubação mineral (uréia e nitrato de amônio) na dose de 150 mg dm^{-3} N.

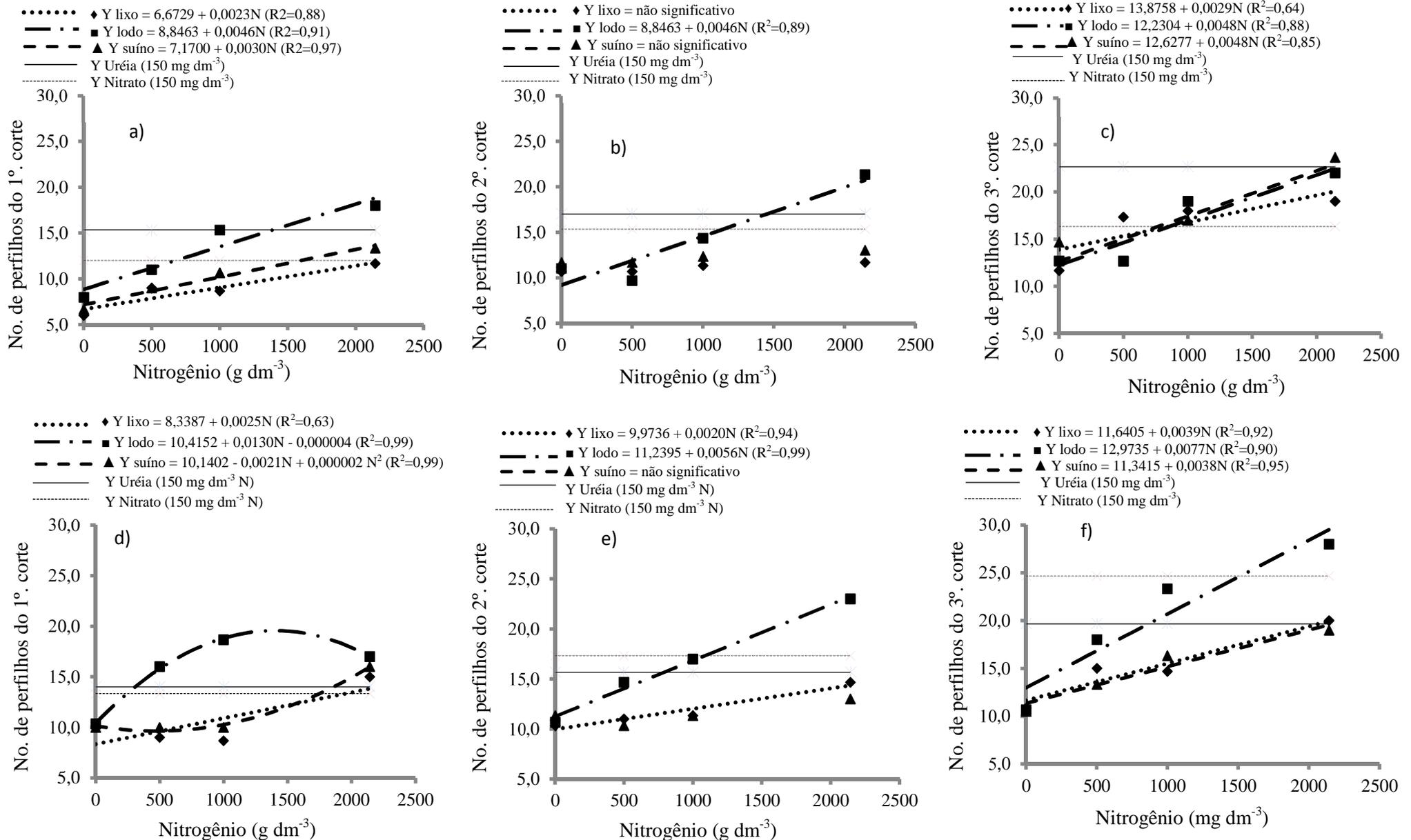


Figura 8- Número de perfilhos do 1º, 2º, e 3º corte de *Brachiaria brizantha* cv Marandu cultivada em Nitossolo textura argilosa (a, b, c) e Latossolo textura média (d, e, f) adubada com $150 \text{ mg dm}^{-3} \text{ N}$ provenientes de composto de lixo, composto de lodo de esgoto e composto de lodo de dejetos suínos, considerando a fração de mineralização de 7, 15 e 30%, ou seja, adubada com 2143, 1000 e 500 $\text{mg dm}^{-3} \text{ N}$, além da dose zero; em comparação com a adubação mineral (uréia e nitrato de amônio) na dose de $150 \text{ mg dm}^{-3} \text{ N}$.

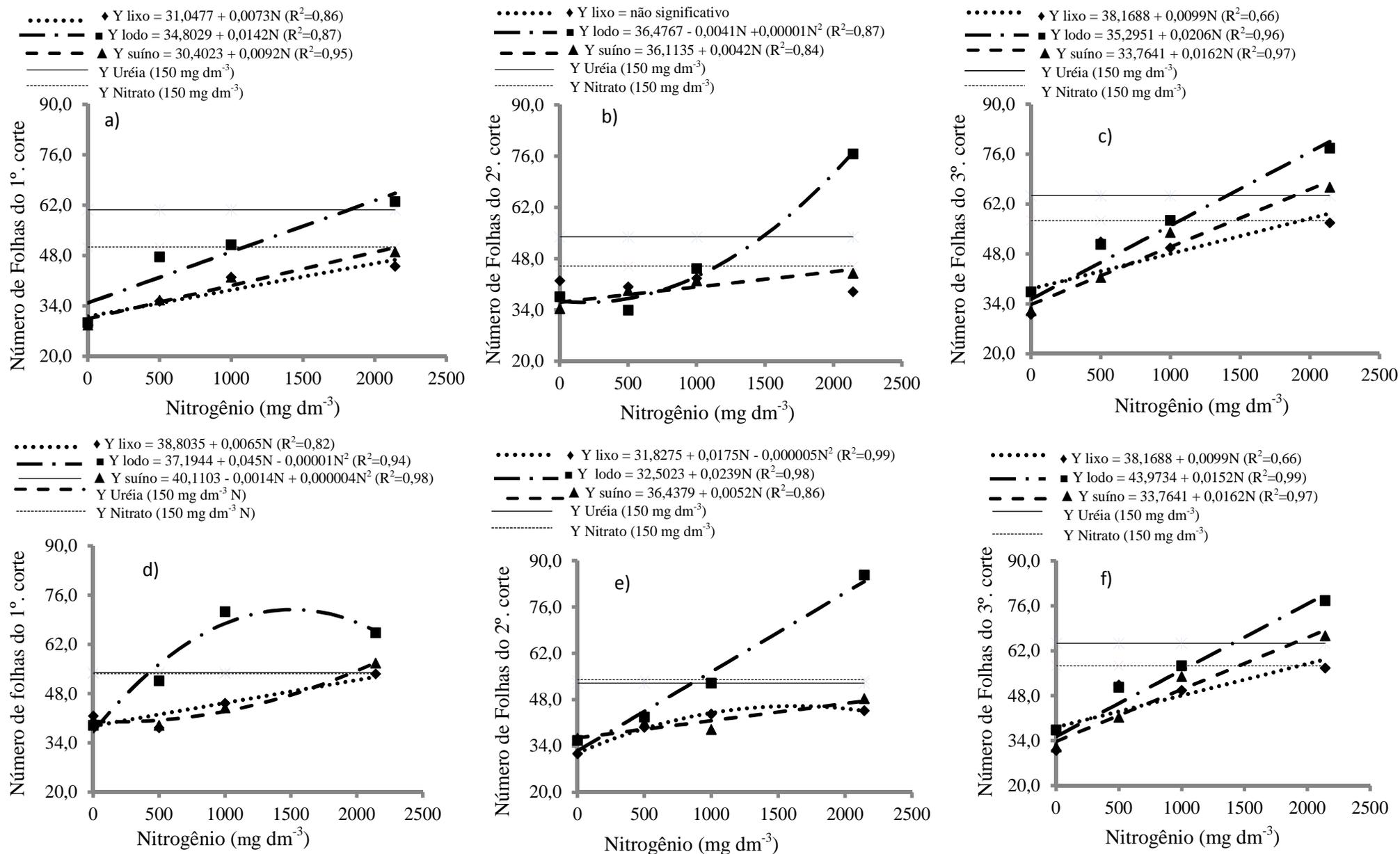


Figura 9- Número de folhas do 1º, 2º, e 3º corte de *Brachiaria brizantha* cv Marandu cultivada em Nitossolo textura argilosa (a, b, c) e Latossolo textura média (d, e, f) adubada com 150 mg dm^{-3} N provenientes de composto de lixo, composto de lodo de esgoto e composto de lodo de dejetos suínos, considerando a fração de mineralização de 7, 15 e 30%, ou seja, adubada com 2143, 1000 e 500 mg dm^{-3} N, além da dose zero; em comparação com a adubação mineral (uréia e nitrato de amônio) na dose de 150 mg dm^{-3} N.

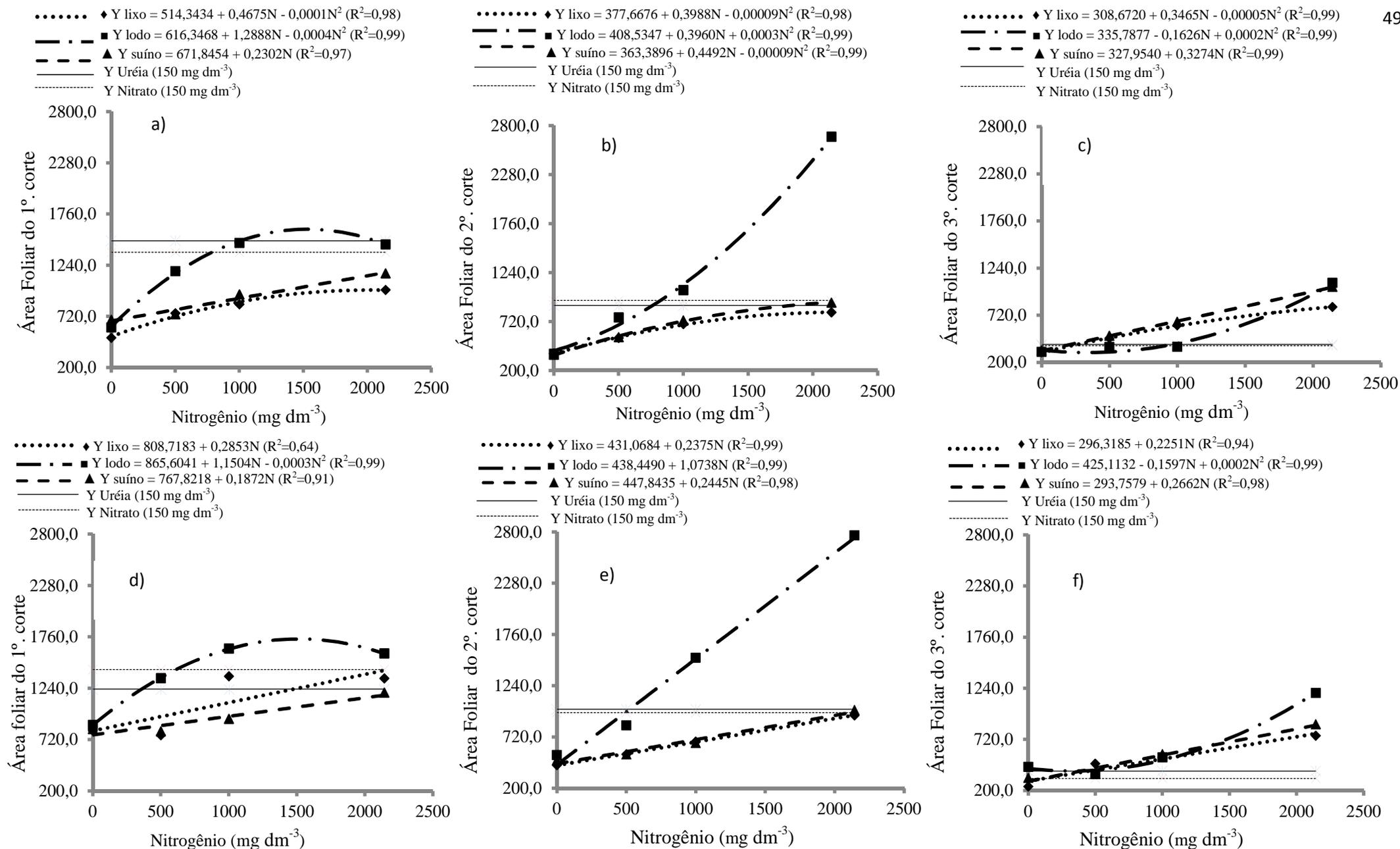


Figura 10- Área foliar do 1º, 2º, e 3º corte de *Brachiaria brizantha* cv Marandu cultivada em Nitossolo textura argilosa (a, b, c) e Latossolo textura média (d, e, f) adubada com 150 mg dm⁻³ N provenientes de composto de lixo, composto de lodo de esgoto e composto de lodo de dejetos suínos, considerando a fração de mineralização de 7, 15 e 30%, ou seja, adubada com 2143, 1000 e 500 mg dm⁻³ N, além da dose zero; em comparação com a adubação mineral (uréia e nitrato de amônio) na dose de 150 mg dm⁻³ N.

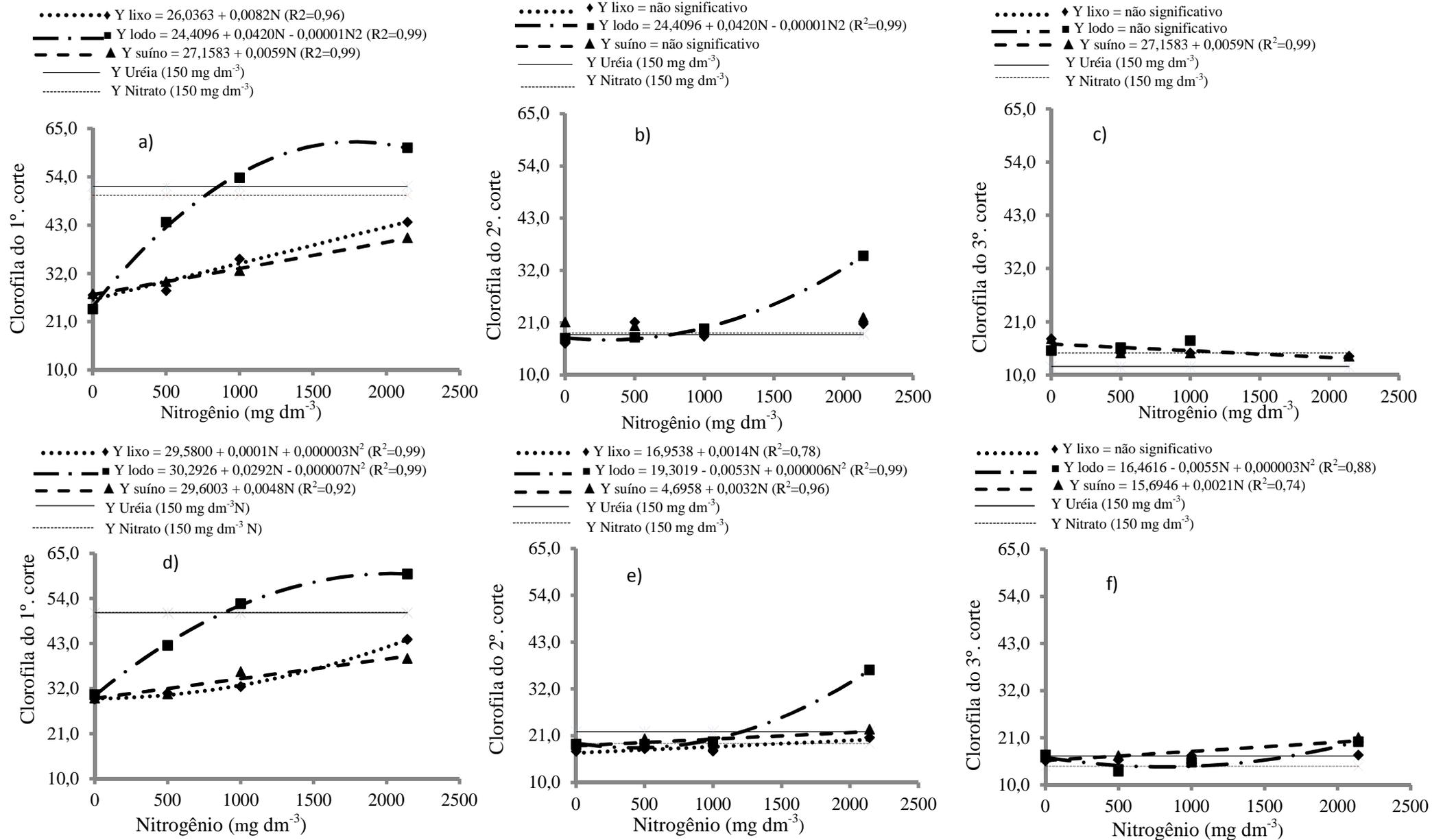


Figura 11- Teor de clorofila do 1º, 2º, e 3º corte de *Brachiaria brizantha* cv Marandu cultivada em Nitossolo textura argilosa (a, b, c) e Latossolo textura média (d, e, f) adubada com 150 mg dm⁻³ N provenientes de composto de lixo, composto de lodo de esgoto e composto de lodo de dejetos suínos, considerando a fração de mineralização de 7, 15 e 30%, ou seja, adubada com 2143, 1000 e 500 mg dm⁻³ N, além da dose zero; em comparação com a adubação mineral (uréia e nitrato de amônio) na dose de 150 mg dm⁻³ N.

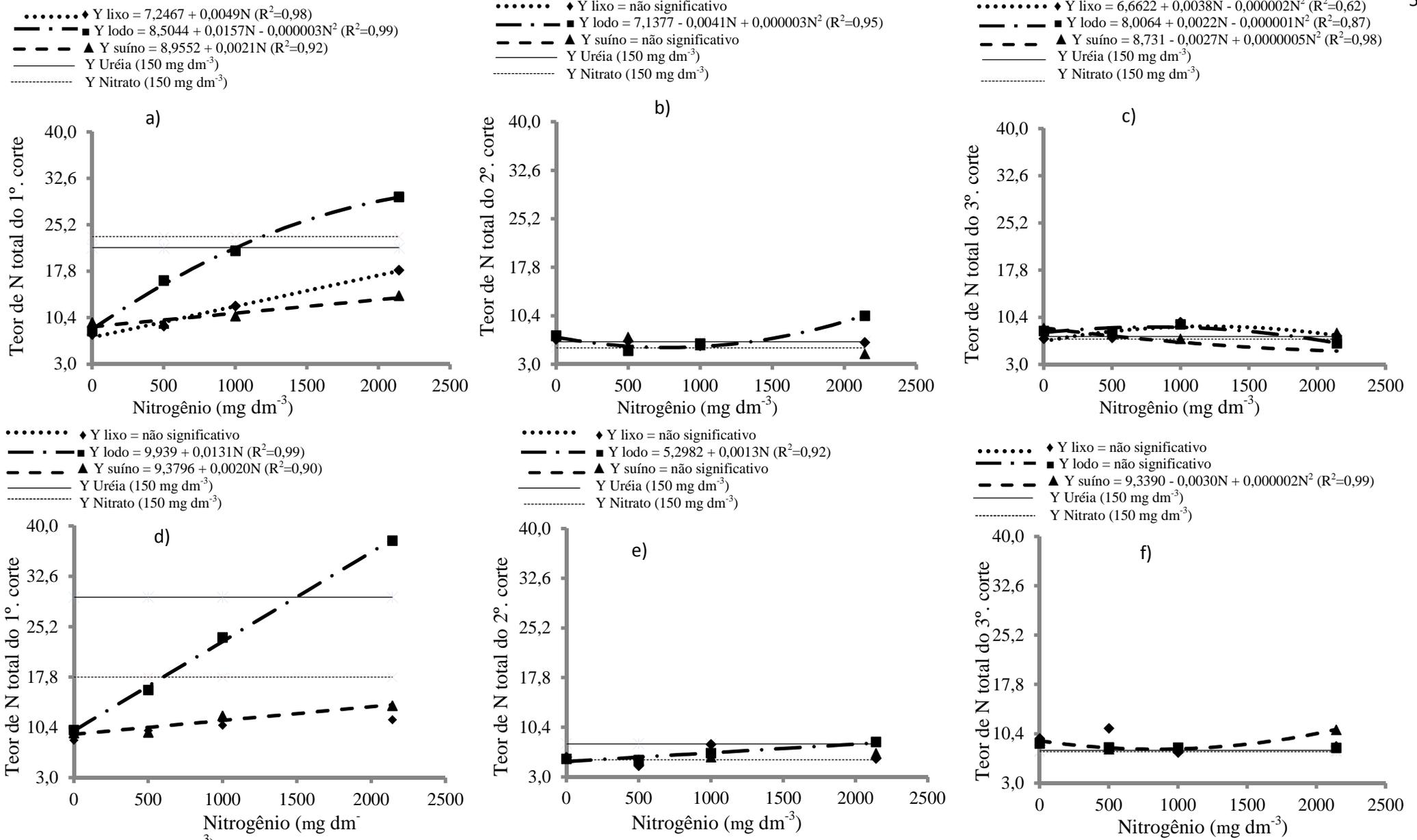


Figura 12- Teores de N total do 1º, 2º, e 3º corte de *Brachiaria brizantha* cv Marandu cultivada em Nitossolo textura argilosa (a, b, c) e Latossolo textura média (d, e, f) adubada com 150 mg dm⁻³ N provenientes de composto de lixo, composto de lodo de esgoto e composto de lodo de dejetos suínos, considerando a fração de mineralização de 7, 15 e 30%, ou seja, adubada com 2143, 1000 e 500 mg dm⁻³ N, além da dose zero; em comparação com a adubação mineral (uréia e nitrato de amônio) na dose de 150 mg dm⁻³ N.

4.2 Disponibilidade de nitrogênio a partir de compostos orgânicos

Os tratamentos com doses de composto de lodo de esgoto apresentaram resultados superiores aos daqueles com doses de composto de lixo e de composto de lodo de dejetos suínos, principalmente no primeiro e no segundo cortes (Figuras 7 a 12).

Os resultados obtidos na presente pesquisa estão de acordo com aqueles obtidos por Chacón et al. (2011) que, ao analisarem a mineralização de N de compostos orgânicos, determinam que, ao final de 60 dias, o composto de lodo de esgoto havia acumulado mais do que o dobro da quantidade de N inorgânico liberada pelo composto de lixo. Mantovani et al. (2006) também afirmam, por meio de estudos de mineralização de resíduos em solos, que o composto de lixo possui lenta taxa de degradação e liberação de N às plantas.

Convém mencionar que, com relação ao tratamento com composto de lodo de esgoto na dose 2143 mg dm^{-3} de N, no período que antecedeu o primeiro corte da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, foram observadas necroses nas pontas e margens das folhas mais velhas das plantas (Figura 13). Esse sintoma pode ter sido causado por efeito de salinidade, comprovado pela alta condutividade elétrica do composto de lodo de esgoto. Isso pode ter contribuído para a não linearidade da produtividade em relação às doses de composto aplicadas. Por isso esses dados ajustaram-se a uma função polinomial de segundo grau (Figuras 7 a 12).

A dificuldade na determinação da capacidade de retenção de água dos tratamentos também pode ter contribuído com esse sintoma. Como não era sabido que os tratamentos com composto de lodo de esgoto, principalmente na dose 2.143 mg dm^{-3} de N, demandariam uma quantidade de água superior à dos demais tratamentos de mesma dose, então além da salinidade, esses podem ter sofrido problemas de deficiência hídrica.

Kaiser (1987) afirmou que o estresse hídrico pode causar inibição da fotossíntese, mesmo em plantas C_4 , sobretudo em decorrência da maior resistência à entrada de CO_2 por difusão. Isso ocorre devido à redução da turgescência das células-guarda dos estômatos, seguida pelo fechamento do poro estomático (BARUCH, 1994; SILVA et al., 2001). No entanto, para Kuwahara e Souza (2009), períodos relativamente curtos de deficiência hídrica não afetam significativamente o crescimento da *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória, de modo que esta poderia ser indicada para regiões com períodos de estiagem.

Bonfim-Silva et al. (2007), ao estudarem o nitrogênio na produção e no uso de água pelo capim *Brachiaria decumbens*, na recuperação de pastagens degradadas, mencionam que a disponibilidade de água no solo é um fator que precisa ser considerado, para que os nutrientes fornecidos estejam disponíveis e sejam absorvidos pelas plantas. Convém lembrar que o transporte de N até as raízes é essencialmente efetuado por fluxo de massa, de modo que há necessidade de se garantir a quantidade adequada de água para o suprimento desse nutriente às plantas.



Figura 13- Folha velha do tratamento com composto de lodo de esgoto na dose 2.143 mg dm^{-3} de N, no período que antecede o primeiro corte das plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Os resultados obtidos dos tratamentos com composto de lodo de esgoto, no segundo corte da *Brachiaria brizantha* cv Marandu, foram superiores àqueles encontrados no primeiro corte, para todas as variáveis, exceto para “clorofila” e “N total”. Estas variáveis apresentaram resultados superiores nas análises realizadas no primeiro corte do experimento (Figuras 7 a 12).

No terceiro corte, os resultados dos tratamentos com composto de lodo de esgoto no solo de textura média foram superiores àqueles obtidos no de textura argilosa, na dose $1000 \text{ mg dm}^{-3} \text{ N}$ para as variáveis “biomassa” e “área foliar” (Figuras 7 e 10), e nas doses 500, 1000 e $2143 \text{ mg dm}^{-3} \text{ N}$ para a variável “perfilhos” (Figura 8).

Tal diferença entre solos já foi retratada no item 3.1, porém, foi interessante perceber, ao analisar os resultados obtidos por ocasião do terceiro corte, que os tratamentos com composto de lodo de esgoto sofreram maior interferência do que os tratamentos com os demais compostos, no que se refere às diferentes texturas de solo. Ou seja, a quantidade de N retida na fração argila, nos tratamentos com composto de lodo de esgoto, no terceiro corte, foi mais representativa do que nos períodos anteriores, e mais representativa para os tratamentos com composto de lodo de esgoto do que para os com os demais compostos. Uma possível explicação para esse fato consiste na redução dos estoques de N nos tratamentos com composto de lodo de esgoto, devido a sua rápida mineralização ao logo dos primeiros 83 dias do experimento (período em que ocorreu o primeiro e o segundo corte). Como a quantidade de N disponível às plantas, em comparação aos períodos anteriores, foi menor, então a quantidade de N retida na fração argila tornou-se mais representativa.

Tal diferença entre solos já foi retratada no item 3.1, porém, foi interessante perceber, ao analisar os resultados obtidos por ocasião do terceiro corte, que os tratamentos com composto de lodo de esgoto sofreram maior interferência das diferenças texturais de solo do que os tratamentos com os demais compostos. Isso pode ter ocorrido devido à maior redução nos estoques de N nos tratamentos com composto de lodo de esgoto, devido a sua rápida mineralização ao logo dos primeiros 83 dias do experimento, ou seja, no período em que ocorreu o primeiro e o segundo corte. Desse modo, a quantidade de N retida na fração argila, nos tratamentos com composto de lodo de esgoto, tornou-se mais representativa neste período do que nos anteriores.

Corrêa et al. (2010), ao compararem o potencial fertilizante do lodo de esgoto não compostado ao composto de lixo, atribuíram ao processo de compostagem a baixa fração de mineralização e o baixo teor de nutrientes do composto de lixo. No entanto, no presente trabalho, essas diferenças são atribuídas ao grau de maturação dos compostos (ver item 2.3) e à matéria prima utilizada na produção dos compostos, uma vez que os lodos de esgoto são conhecidos por apresentarem elevados teores de N e P, e matéria orgânica prontamente

mineralizável (BARBARICK e IPPOLITO, 2000; CORRÊA et al., 2005; TERHOEVEN-URSELMANS et al., 2009).

De acordo com Kiehl (2002), o composto está maturado, ou estabilizado, quando este alcança o auge de suas propriedades benéficas ao solo e às plantas, o que é resultado de um longo período de decomposição, durante o qual foram produzidos húmus, sais minerais, nutrientes para as plantas. Ao atingir essa fase o composto apresenta boas propriedades físicas, químicas e físico-químicas. Segundo o mesmo autor, um composto está maturado quando a relação C/N está entre 8/1 e 12/1 e o pH acima de 6,0. No presente trabalho, o composto de lodo de esgoto foi o que permaneceu menos tempo em maturação, e também foi o que apresentou maior relação C/N, menor pH e maior condutividade elétrica (Tabela 4). Esses fatores podem, pelo menos em parte, explicar a maior inconstância, ao longo do tempo, dos resultados obtidos para os tratamentos com composto de lodo de esgoto, em comparação àqueles encontrados para os tratamentos com compostos de lixo e de lodo de dejetos suínos.

Os tratamentos com compostos de lixo e de lodo de dejetos suínos, responderam às doses de adubação orgânica residual de forma praticamente constante ao longo dos cortes, para todas as variáveis, exceto para o teor de clorofila e de N total na parte aérea das plantas (Figuras 7 a 12). O mesmo não ocorreu para os tratamentos composto de lodo de esgoto e para aqueles com adubação nitrogenada mineral. Nos tratamentos com adubação nitrogenada mineral, no terceiro corte, além das variáveis “clorofila” e “N total”, as variáveis “biomassa” e “área foliar” também apresentaram resultados semelhantes aos obtidos dos tratamentos com doze zero de adubação nitrogenada.

A baixa, porém constante mineralização de N dos compostos de lixo e de lodo de dejetos suínos pode ser bastante interessante para situações específicas, como na recuperação de pastagens degradadas, em que as condições de resposta das plantas são limitadas, não respondendo prontamente a altos níveis de adubação nitrogenada (OLIVEIRA et al., 2005; YAMADA et al., 2007). Nesse caso, com a utilização de compostos orgânicos, é possível satisfazer as necessidades de N das plantas por um prazo mais longo, além de evitar problemas ambientais decorrentes do excesso de nitrato no meio (BERTONCINI, 2011).

4.3 Doses de N de compostos orgânicos comparadas à adubação nitrogenada mineral

A estimativa da fração de mineralização de N dos compostos orgânicos foi realizada de forma indireta, ou seja, por meio de uma planta teste (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu). Os resultados das variáveis obtidas dos tratamentos com doses de N provenientes do composto de lixo, do composto de lodo de esgoto e do composto de lodo de dejetos suínos foram comparados àqueles com adubação nitrogenada mineral na dose 150 mg dm^{-3} de N (Figura 14).

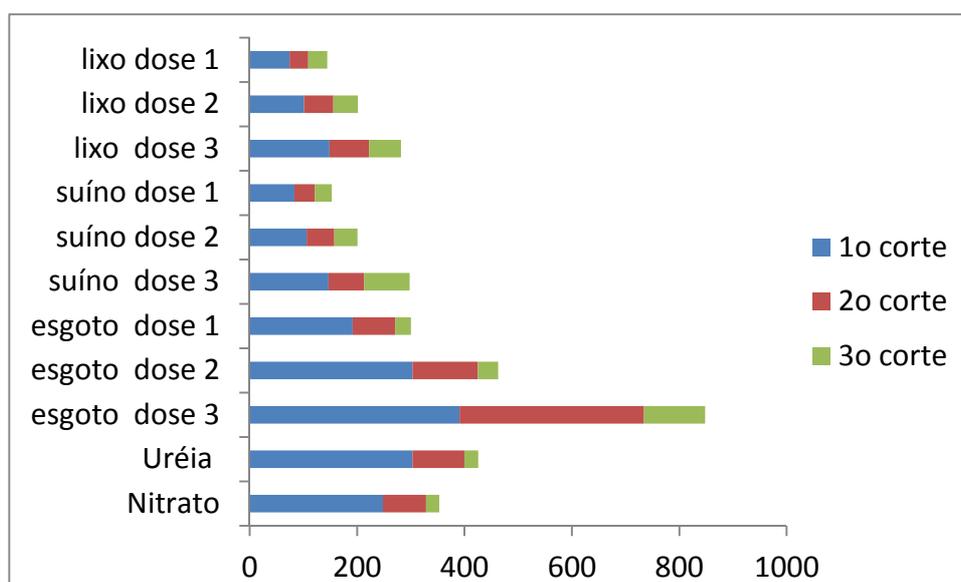


Figura 14- Quantidades de N total exportadas, ao longo de três cortes, pela parte aérea das plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubadas com três doses crescentes de N (500 , 1.000 e 2.143 mg dm^{-3}) provenientes de composto de lixo, composto de lodo de dejetos suínos e composto de lodo de esgoto, além de dois tratamentos com adubação mineral na dose 150 mg dm^{-3} .

O critério para se estabelecer a dose dos compostos orgânicos que suprisse as necessidades de 150 mg dm^{-3} de N para a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi definido com base em frações de mineralização estimadas para o N proveniente dos compostos (Tabela 6).

Os resultados apresentados a seguir foram submetidos ao teste de médias (Tukey, 5%) e discutidos por dose, por composto e por corte. Optou-se por não realizar distinção entre solos devido à baixa diferença encontrada entre os mesmos, para esse tipo de análise (Tabelas 7 a 9). Essa baixa diferença ocorreu, provavelmente, devido ao fato dos tratamentos com adubação mineral terem participado dessas análises, pois estes não sofreram interferência das diferentes texturas dos solos (ver item 4.1).

Tabela 7- Teste de médias do primeiro corte de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, comparando-se os resultados obtidos dos tratamentos com Nitossolo Háplico álico textura argilosa (Argilosa) e Latossolo Vermelho-Amarelo álico textura média (Média), por dose de N proveniente de composto de lixo, composto de lodo de esgoto e composto de lodo de dejetos suínos. Juntamente a cada dose aplicada de N proveniente de compostos orgânicos foram também analisados os resultados obtidos dos tratamentos com adubação mineral (uréia e nitrato de amônio), na dose 150 mg dm⁻³.

Solo / Variável	----- 500 mg dm ⁻³ N-----		----- 1.000 mg dm ⁻³ N-----		-----2.143 mg dm ⁻³ N-----	
	Argilosa	Média	Argilosa	Média	Argilosa	Média
Biomassa	10,5 a	10,5 a	11,2 a	11,1 a	11,2 a	11,4 a
Clorofila	40,7 a	41,0 a	44,7 a	44,5 a	49,2 a	48,9 a
Perfilhos	11,3 a	12,5 a	12,4 a	12,9 a	14,1 a	15,1 a
Folha	45,9 a	47,3 a	49,2 a	53,7 a	53,6 a	56,7 a
Área Foliar	1106 a	1114 a	1221 a	1317 a	1291 a	1356 a
N total	15,9 a	16,6 a	17,8 a	18,7 a	21,3 a	22,1 a

As letras (Tukey, 5%) referem-se à comparação entre solos, dentro de cada variável, para cada dose isoladamente.

Tabela 8- Teste de médias do segundo corte de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, comparando-se os resultados obtidos dos tratamentos com Nitossolo Háplico álico textura argilosa (Argilosa) e Latossolo Vermelho-Amarelo álico textura média (Média), por dose de N proveniente de composto de lixo, composto de lodo de esgoto e composto de lodo de dejetos suínos. Junto a cada dose aplicada de N proveniente de compostos orgânicos foram também analisados os resultados obtidos dos tratamentos com adubação mineral (uréia e nitrato de amônio), na dose 150 mg dm⁻³.

Solo / Variável	----- 500 mg dm ⁻³ N-----		----- 1.000 mg dm ⁻³ N-----		-----2.143 mg dm ⁻³ N-----	
	Argilosa	Média	Argilosa	Média	Argilosa	Média
Biomassa	11,2 a	10,3 a	12,6 a	12,2 a	16,8 a	18,1 a
Clorofila	19,3 a	19,6 a	18,9 a	19,3 a	23,0 a	24,1 a
Perfilhos	12,9 a	13,8 a	14,1 a	14,5 a	15,7 a	16,7 a
Folha	42,7 a	46,1 a	46,0 a	48,5 a	51,9 a	57,1 a
Área Foliar	740 a	778 a	863 a	964 a	1251 a	1333 a
N total	6,1 a	5,8 a	6,0 a	6,7 a	6,6 a	6,8 a

As letras (Tukey, 5%) referem-se à comparação entre solos, dentro de cada variável, para cada dose isoladamente.

Tabela 9- Teste de médias do terceiro corte de *Brachiaria brizantha* cv Marandu, comparando-se os resultados obtidos dos tratamentos com Nitossolo Háplico álico textura argilosa (Argilosa) e Latossolo Vermelho-Amarelo álico textura média (Média), por dose de N proveniente de composto de lixo, composto de lodo de esgoto e composto de lodo de dejetos suínos. Junto a cada dose aplicada de N proveniente de compostos orgânicos foram também analisados os resultados obtidos dos tratamentos com adubação mineral (uréia e nitrato de amônio), na dose 150 mg dm⁻³.

Solo / Variável	----- 500 mg dm ⁻³ N-----		----- 1.000 mg dm ⁻³ N-----		-----2.143 mg dm ⁻³ N-----	
	Argilosa	Média	Argilosa	Média	Argilosa	Média
Biomassa	3,6 a	3,5 a	4,3 a	4,5 a	8,1 a	7,3 a
Clorofila	14,2 a	15,4 a	14,0 b	15,9 a	14,3 b	17,8 a
Perfilhos	16,3 a	18,1 a	18,6 a	19,3 a	20,7 a	22,3 a
Folha	49,9 a	53,0 a	57,3 a	56,5 a	69,0 a	64,5 a
Área Foliar	421 a	387 a	481 a	472 a	740 a	708 a
N total	7,5 a	8,7 a	8,0 a	8,0 a	7,2 b	8,7 a

As letras (Tukey, 5%) referem-se à comparação entre solos, dentro de cada variável, para cada dose isoladamente.

4.3.1- Primeiro corte

No primeiro corte, na dose 500 mg dm^{-3} de N, apenas os tratamentos com composto de lodo de esgoto atingiram os patamares da adubação nitrogenada mineral, e apenas para as variáveis “biomassa”, “perfilhos” e “área foliar”, (Tabela 10). Já na dose 1000 mg dm^{-3} de N, os tratamentos com composto de lodo de esgoto apresentou resultados superiores aos dos tratamentos com adubação nitrogenada mineral para as variáveis “biomassa”, “perfilhos”, “folha” e “área foliar”; e resultados semelhantes aos dos tratamentos com adubação nitrogenada mineral para “clorofila” e “N total” (Tabela 11).

Na dose 2143 mg dm^{-3} de N os resultados obtidos dos tratamentos com composto de lodo de esgoto superaram aqueles obtidos dos tratamentos com adubação nitrogenada mineral, exceto para a variável “biomassa”, cujos resultados foram semelhantes para ambos os tratamentos (Tabela 12). Já os tratamentos com composto de lixo e com composto de dejetos suínos atingiram os patamares da adubação mineral apenas na dose 2.143 mg dm^{-3} de N, e apenas para as variáveis “biomassa” e “perfilhos” (Tabela 12).

A partir desses resultados foi possível inferir que a fração de mineralização do N dos fertilizantes orgânicos compostos, em 43 dias, foi entre 15 e 30% para o composto de lodo de esgoto, e igual ou inferior a 7% para os compostos de lixo e de lodo de dejetos suínos, nas condições do presente experimento.

Tabela 10- Valores obtidos no primeiro corte das plantas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu adubadas com a dose de 500 mg dm⁻³ de N proveniente de fertilizantes orgânicos compostos, dose equivalente a fração de mineralização de N de 30%, considerando o suprimento de 150 mg dm⁻³ de N; em comparação com os valores obtidos da adubação mineral (uréia e nitrato de amônio) na dose 150 mg dm⁻³ de N.

Fator/Variável	Lixo	Suíno	Lodo	Uréia	Nitrato
Biomassa	7,8 b	8,7 b	11,9 a	11,9 a	12,1 a
Clorofila	29,5 c	30,4 c	43,1 b	51,2 a	50,2 a
Perfilhos	9,0 c	9,5 bc	13,5 a	14,7 a	12,7 ab
Folha	36,8 b	37,3 b	49,7 ab	57,3 a	52,0 a
Área Foliar	758 b	772 b	1261 a	1358 a	1399 a
N total	9,5 c	9,6 c	16,1 b	25,5 a	20,5 ab

As letras (Tukey, 5%) referem-se à comparação entre fontes de N, para cada variável isoladamente.

Tabela 11- Valores obtidos no primeiro corte das plantas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu adubadas com a dose de 1.000 mg dm⁻³ de N proveniente de compostos orgânicos, dose equivalente a fração de mineralização de N de 15%, considerando o suprimento de 150 mg dm⁻³ de N; em comparação com os valores obtidos da adubação mineral (uréia e nitrato de amônio) na dose 150 mg dm⁻³ de N.

Fator/Variável	Lixo	Suíno	Lodo	Uréia	Nitrato
Biomassa	8,8 c	9,3 bc	13,6 a	11,9 ab	12,1 ab
Clorofila	33,9 b	34,4 b	53,3 a	51,2 a	50,2 a
Perfilhos	8,7 d	10,3 cd	17,0 a	14,6 ab	12,7 bc
Folha	43,7 b	43,0 b	61,2 a	57,3 ab	52,0 ab
Área Foliar	1102 ab	936 b	1554 a	1358 ab	1399 ab
N total	11,5 b	11,4 b	22,3 a	25,5 a	20,5 a

As letras (Tukey, 5%) referem-se à comparação entre fontes de N, para cada variável isoladamente.

Tabela 12- Valores obtidos no primeiro corte das plantas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu adubadas com a dose de 2.143 mg dm⁻³ de N proveniente de compostos orgânicos, dose equivalente a fração de mineralização de N de 7%, considerando o suprimento de 150 mg dm⁻³ de N; em comparação com os valores obtidos da adubação mineral (uréia e nitrato de amônio) na dose 150 mg dm⁻³ de N.

Fator/Variável	Lixo	Suíno	Lodo	Uréia	Nitrato
Biomassa	10,1 a	10,7 a	11,6 a	11,9 a	12,0 a
Clorofila	43,9 c	39,8 d	60,3 a	51,2 b	50,2 b
Perfilhos	13,3 b	14,7 ab	17,5 a	14,7 ab	12,7 b
Folha	49,3 b	52,8 ab	64,2 a	57,3 ab	52,0 ab
Área Foliar	1164 b	1176 b	1523 a	1358 ab	1399 ab
N total	14,7 c	13,7 c	33,7 a	25,5 ab	20,6 bc

As letras (Tukey, 5%) referem-se à comparação entre fontes de N, para cada variável isoladamente.

4.3.2- Segundo corte

No segundo corte, na dose 500 mg dm^{-3} de N, os teores de clorofila e N total das plantas foram semelhantes para todos os tratamentos. Os tratamentos com composto de lodo de esgoto apresentaram resultados semelhantes aos com adubação nitrogenada mineral apenas para a variável “biomassa”. Todos os tratamentos com fertilizantes orgânicos compostos, na dose 500 mg dm^{-3} de N, apresentaram resultados de “perfilhos”, “folhas” e “área foliar” inferiores àqueles que receberam adubação nitrogenada mineral (Figura 14, 15 e 16; Tabela 13).

Na dose 1000 mg dm^{-3} de N os tratamentos com composto de lodo de esgoto tiveram resultados superiores aos dos tratamentos com adubação mineral para “biomassa” e “área foliar”, e inferiores para “perfilhos” (Tabela 14). Já na dose de 2143 mg dm^{-3} de N, os tratamentos com composto de lodo de esgoto apresentaram resultados superiores àqueles obtidos dos tratamentos com adubação mineral, para todas as variáveis (Figura 14; Tabela 15).

Tais resultados indicam que, no período de 43 a 83 dias após a aplicação do composto de lodo de esgoto, a fração de mineralização obtida por meio da comparação com a adubação nitrogenada mineral, igualmente residual, foi de aproximadamente 15%. Nessas mesmas condições, os compostos de lixo e de lodo de dejetos suínos tiveram fração de mineralização de 7%, pois apenas na dose 2143 mg dm^{-3} de N é que os resultados desses tratamentos foram semelhantes, para todas as variáveis, aos dos tratamentos com adubação nitrogenada mineral residual (Figuras 15 e 16; Tabela 15).



Figura 15- Tratamentos com composto de lodo de esgoto nas doses de, respectivamente, da esquerda para da direita, 0, 500, 1000 e 2143 mg dm⁻³ de N, seguidos dos experimentos com nitrato de amônio e uréia, ambos na dose na dose 150 mg dm⁻³ de N, um dia antes do segundo corte da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.



Figura 16- Tratamentos com composto de lixo nas doses de, respectivamente, da esquerda para da direita, 0, 500, 1000 e 2143 mg dm⁻³ de N, seguidos dos experimentos com nitrato de amônio e uréia, ambos na dose na dose 150 mg dm⁻³ de N, um dia antes do segundo corte da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.



Figura 17- Tratamentos com composto de lodo de dejetos suínos nas doses de, respectivamente, da esquerda para da direita, 0, 500, 1000 e 2143 mg dm⁻³ de N, seguidos dos experimentos com nitrato de amônio e uréia, ambos na dose na dose 150 mg dm⁻³ de N, um dia antes do segundo corte da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Tabela 13- Valores obtidos no segundo corte das plantas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu adubadas com a dose de 500 mg dm⁻³ de N proveniente de compostos orgânicos, dose equivalente a fração de mineralização de N de 30%, considerando o suprimento de 150 mg dm⁻³ de N; em comparação com os valores obtidos da adubação mineral (uréia e nitrato de amônio) na dose 150 mg dm⁻³ de N.

Composto/Variável	Lixo	Suíno	Lodo	Uréia	Nitrato
Biomassa	6,2 b	6,1 b	15,0 a	13,4 a	12,8 a
Clorofila	19,5 a	20,3 a	18,4 a	20,2 a	19 a
Perfilhos	10,8 b	11,0 b	12,2 b	16,3 a	16,3 a
Folha	40,0 b	40,2 b	38,3 b	53,3 a	50,2 a
Área Foliar	544 c	549 c	801 b	946 a	956 a
N total	5,6 a	6,3 a	5,3 a	7,2 a	6,3 a

As letras (Tukey, 5%) referem-se à comparação entre fontes de N, para cada variável isoladamente.

Tabela 14- Valores obtidos no segundo corte das plantas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu adubadas com a dose de 1.000 mg dm⁻³ de N proveniente de compostos orgânicos, dose equivalente a fração de mineralização de N de 15%, considerando o suprimento de 150 mg dm⁻³ de N; em comparação com os valores obtidos da adubação mineral (uréia e nitrato de amônio) na dose 150 mg dm⁻³ de N.

Composto/Variável	Lixo	Suíno	Lodo	Uréia	Nitrato
Biomassa	8,0 c	8,7 c	19,0 a	13,4 b	12,8 b
Clorofila	17,7 a	19,1 a	19,6 a	20,2 a	19 a
Perfilhos	11,3 b	11,8 b	15,7 b	16,3 a	16,3 a
Folha	43,2 ab	40,5 b	49,2 ab	53,3 a	50,2 ab
Área Foliar	683 d	696 cd	1289 a	946 bc	956 b
N total	6,8 a	5,9 a	6,4 a	7,2 a	6,3 a

As letras (Tukey, 5%) referem-se à comparação entre fontes de N, para cada variável isoladamente.

Tabela 15- Valores obtidos no segundo corte das plantas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu adubadas com a dose de 2.143 mg dm⁻³ de N proveniente de compostos orgânicos, dose equivalente a fração de mineralização de N de 7%, considerando o suprimento de 150 mg dm⁻³ de N; em comparação com os valores obtidos da adubação mineral (uréia e nitrato de amônio) na dose 150 mg dm⁻³ de N.

Composto/Variável	Lixo	Suíno	Lodo	Uréia	Nitrato
Biomassa	12,1 b	11,9 b	36,9 a	13,4 b	12,8 b
Clorofila	20,6 b	22,3 b	35,7 a	20,2 b	19 b
Perfilhos	13,2 b	13,0 b	22,2 a	16,3 b	16,3 b
Folha	41,8 b	46,2 b	81,2 a	53,3 b	50,2 b
Área Foliar	879 b	957 b	2724 a	946 b	956 b
N total	6,1 b	5,6 b	9,3 a	7,2 ab	6,3 b

As letras (Tukey, 5%) referem-se à comparação entre fontes de N, para cada variável isoladamente.

4.3.3- Terceiro corte

No terceiro corte, os tratamentos com fertilizantes orgânicos compostos, na dose 500 mg dm⁻³ de N, tiveram menor número de folhas e de perfilhos do que aqueles com adubos nitrogenados minerais. Com relação às demais variáveis, nessa dose, todos os tratamentos foram semelhantes entre si (Tabela 16).

Na dose 1.000 mg dm⁻³ de N, os tratamentos adubados com composto de lixo e com composto de lodo de dejetos suínos tiveram, pela primeira vez, resultados superiores aos tratamentos com adubação mineral, para as variáveis “biomassa” e “área foliar” (Tabela 17).

Essa tendência se repetiu na dose 2143 mg dm⁻³ de N, em que todos os tratamentos com fertilizantes orgânicos compostos apresentaram resultados superiores aos dos tratamentos com adubação nitrogenada mineral, também para a variável “folhas” (Tabela 18; figuras 16, 17 e 18).

Tabela 16- Valores obtidos no terceiro corte das plantas de *Brachiaria brizantha* adubadas com a dose de 500 mg dm⁻³ de N proveniente de compostos orgânicos, dose equivalente a fração de mineralização de N de 30%, considerando o suprimento de 150 mg dm⁻³ de N; em comparação com os valores obtidos da adubação mineral (uréia e nitrato de amônio) na dose 150 mg dm⁻³ de N.

Composto/Variável	Lixo	Suíno	Lodo	Uréia	Nitrato
Biomassa	3,9 a	3,9 a	3,5 a	3,4 a	3,3 a
Clorofila	15,5 a	15,7 a	14,1 a	14,2 a	14,5 a
Perfilhos	16,2 ab	13,0 b	15,3 ab	21,2 a	20,5 a
Folha	50,3 ab	44,5 b	44,8 b	62,2 a	55,3 ab
Área Foliar	467 a	434 a	367 a	397 a	353 a
N total	9,2 a	7,9 a	8,3 a	7,6 a	7,3 a

As letras (Tukey, 5%) referem-se à comparação entre fontes de N, para cada variável isoladamente.

Tabela 17- Valores obtidos no terceiro corte das plantas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu adubadas com a dose de 1000 mg dm⁻³ de N proveniente de compostos orgânicos, dose equivalente a fração de mineralização de N de 15%, considerando o suprimento de 150 mg dm⁻³ de N; em comparação com os valores obtidos da adubação mineral (uréia e nitrato de amônio) na dose 150 mg dm⁻³ de N.

Composto/Variável	Lixo	Suíno	Lodo	Uréia	Nitrato
Biomassa	5,3 a	5,7 a	4,29 ab	3,4 b	3,3 b
Clorofila	15,3 a	15,4 a	15,5 a	14,2 a	14,5 a
Perfilhos	16,3 a	16,7 a	21,2 a	21,2 a	20,5 a
Folha	53,2 a	57,3 a	56,7 a	62,2 a	55,3 a
Área Foliar	572 ab	608 a	453 bc	397 c	353 c
N total	8,6 a	7,6 a	8,8 a	7,6 a	7,3 a

As letras (Tukey, 5%) referem-se à comparação entre fontes de N, para cada variável isoladamente.

Tabela 18- Valores obtidos no terceiro corte das plantas de *Brachiaria brizantha* cv Marandu adubadas com a dose de 2.143 mg dm⁻³ de N proveniente de compostos orgânicos, dose equivalente a fração de mineralização de N de 7%, considerando o suprimento de 150 mg dm⁻³ de N; em comparação com os valores obtidos da adubação mineral (uréia e nitrato de amônio) na dose 150 mg dm⁻³ de N.

Composto/Variável	Lixo	Suíno	Lodo	Uréia	Nitrato
Biomassa	7,4 b	8,9 b	15,6 a	3,4 c	3,3 c
Clorofila	15,5 a	17,5 a	18,5 a	14,2 a	14,5 a
Perfilhos	19,5 a	21,3 a	25,0 a	21,2 a	20,5 a
Folha	64,7 ab	75,5 a	76,2 a	62,2 ab	55,3 b
Área Foliar	783 b	953 b	1133 a	397 c	353 c
N total	8,0 a	9,5 a	7,3 a	7,6 a	7,3 a

As letras (Tukey, 5%) referem-se à comparação entre fontes de N, para cada variável isoladamente.



Figura 18- Tratamentos com composto de lodo de esgoto nas doses de, respectivamente, da esquerda para da direita, 0, 500, 1000 e 2143 mg dm⁻³ de N, seguidos dos experimentos com nitrato de amônio e uréia, ambos na dose na dose 150 mg dm⁻³ de N, um dia antes do terceiro corte da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.



Figura 19- Tratamentos com composto de lixo nas doses de, respectivamente, da esquerda para da direita, 0, 500, 1000 e 2143 mg dm⁻³ de N, seguidos dos experimentos com nitrato de amônio e uréia, ambos na dose na dose 150 mg dm⁻³ de N, um dia antes do terceiro corte da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.



Figura 20- Tratamentos com composto de lodo de dejetos suínos nas doses de, respectivamente, da esquerda para da direita, 0, 500, 1000 e 2143 mg dm⁻³ de N, seguidos dos experimentos com nitrato de amônio e uréia, ambos na dose na dose 150 mg dm⁻³ de N, um dia antes do terceiro corte da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

5 CONCLUSÕES

Por meio da aplicação de compostos orgânicos ao solo é possível atingir patamares de adubação nitrogenada equivalentes, e até superiores, aos obtidos pela adubação mineral; considerando o tipo de composto, a dose aplicada e a escala temporal.

As plantas cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo álico textura média apresentaram resultados superiores aos daquelas cultivadas em Nitossolo Háptico álico textura argilosa.

Os tratamentos adubados com composto de lodo de esgoto apresentaram resultados superiores aos adubados com composto de lixo e com composto de lodo de dejetos suínos, os quais foram semelhantes entre si.

O tratamento com aplicação de composto de lodo de esgoto a partir da dose 1.000 mg dm^{-3} de N foi superior ao com adubação mineral na dose 150 mg dm^{-3} de N, no primeiro corte; equivalente ao tratamento com adubação mineral no segundo corte, e superior no terceiro corte.

No primeiro corte, nenhum dos tratamentos com composto de lixo ou com composto de lodo de dejetos suínos chegou aos patamares dos tratamentos com dose 150 mg dm^{-3} de N de adubo mineral. No segundo corte, os tratamentos na dose 2.143 mg dm^{-3} de N provenientes desses compostos foram equivalentes aos tratamentos com adubação mineral. No terceiro corte, essa equivalência ocorreu a partir da dose 1.000 mg dm^{-3} de N proveniente desses compostos.

As frações de mineralização de N que geraram resultados equivalente àqueles obtidos por meio da adubação nitrogenada mineral, nas condições e no período em que o experimento foi conduzido foram, em média, de 15% para o composto de lodo de esgoto e de 7% para os compostos de lixo e de lodo de dejetos suínos.

6 RECOMENDAÇÕES A TRABALHOS FUTUROS

Realizar a comparação entre um maior número de compostos de lixo, de lodo de dejetos suínos e de lodo de esgoto, possibilitando uma caracterização mais acurada para se determinar a melhor dose de cada composto a ser aplicada. Comparar um maior número de doses, considerando frações de mineralização também inferiores a 7% para compostos de lixo e de lodo de dejetos suínos, e intermediárias entre 15 e 30% para compostos de lodo de esgoto.

Realizar um experimento a campo, uma vez que, sob tais condições, poderiam ser avaliados aspectos técnicos envolvidos na aplicação e manejo de compostos orgânicos em áreas agrícolas. Além disso, com a aplicação a campo estaria resolvido o problema da dificuldade em se definir a capacidade de retenção de água de cada tratamento.

Realizar um experimento em áreas de pastagem degradada, dada a grande quantidade dessas áreas no Brasil e a característica dos compostos de lixo e de lodo de dejetos suínos no que se refere à lenta, porém prolongada, liberação de nutriente ao meio. Já para o composto de lodo de esgoto, seria mais interessante realizar experimentos aplicando-o em culturas anuais, dada a sua rápida liberação de N às plantas.

Avaliar a interferência do período de maturação dos compostos orgânicos e das matérias primas utilizadas para a obtenção destes, na disponibilidade de nutrientes às plantas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU JUNIOR, C.H.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; KIEHL, J.C. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. **Tópicos de Ciência do Solo**, n. 4, p. 391-470. 2005

ABREU JUNIOR, C.H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A.F.; ALVAREZ V.F.C. Condutividade elétrica, reação do solo e acidez potencial em solos adubados com composto de lixo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.635-647, 2000.

ABREU JUNIOR, C.H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F.C. Carbono, nitrogênio, fósforo e enxofre em solos tratados com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.769-780, 2002.

ABREU JUNIOR, C.H.; MURAOKA, T.; OLIVEIRA, F.C. Cátions trocáveis, capacidade de troca de cátions e saturação por bases em solos brasileiros adubados com composto de lixo urbano. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.4, p.813-824, 2001.

ABREU JUNIOR, C.H.; PIRES, A.M.M.; COSCIONE, A. Utilização agrícola de composto de lixo. In: SILVA, F.C.; MARIO SÉRGIO; BARREIRA, L.; PIRES, A. (Coords). **Gestão pública de resíduo sólido urbano: compostagem e interface agrícola**. Brasília: Embrapa, 2009. cap. 7.

ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. New York: Jonh Willey, 1961.

ALEXANDRINO E.; NASCIMENTO JR., D.; MOSQUIM, P.R. et al. Características morfogênicas e estruturais na rebrotação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1372-1379, 2004.

AMORIM, M.T.S. Determinação de nitrogênio no solo e no capim-braquiária (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk) após a deposição de montes de Composto Orgânico de Lixo (COL) na superfície do solo. 2011. 22 f. Monografia (Bacharelado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

ARAÚJO, F.F.; TIRITAN, C.S.; OLIVEIRA, T.R. Semicured organic compost in nutrition of degraded pasture of *Brachiaria decumbens*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 1, p. 1-6, 2009.

BARBARICK, K. A.; IPPOLITO, J. A. Nitrogen fertiliser equivalency of sewage sludge biosolids applied to dryland winter wheat. **Journal of Environmental Quality**, v.28, n.4, p.1345-1351, 2000.

BARREIRA, L. P.; PHILIPPI JÚNIOR, A.; RODRIGUES, M. S. Usinas de compostagem do Estado de São Paulo: Qualidade dos compostos e processos de produção. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.11, n.4, p.385-393, 2006.

BARUCH, Z. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. 2. Leaf water potential, photosynthesis rate and alcohol dehydrogenase activity. **Plant and Soil**, v.164, n.1, p.97-105, 1994.

BASTIDA, F.; KANDELER, E.; MORENO, J. L.; ROS, M; GARCÍA, C.; HER-NÁNDEZ, T. Application of fresh and composted organic wastes modifies structure, size and activity of soil microbial community under semiarid climate. **Applied Soil Ecology**, v.40, n.2, p.318-329, 2008.

BERTON, R.S.; CAMARGO, A.O.; VALADARES, J.M.A.S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.187-192, 1989.

BERTON, R.S.; VALADARES, J.M.A.S.; CAMARGO, O.A.; BATAGLIA, O.C. Peletização de biossólido e adição de CaCO_3 na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.685-691, 1997.

BERTONCINI, E.I. Dejetos da suinocultura: desafios para o uso agrícola. 2011. Disponível em

http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:Tie8Lmbj1SIJ:scholar.google.com/&hl=pt-BR&as_sdt=0&scioldt=0. Acesso em 1 ago. 2012

BERTONCINI, E.I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v.1.n.1, p.152-169, 2008.

BILCK, A.P.; SILVA, D.L.D.; COSTA, G.A.N.; BENASSI, V.T.; GARCIA, S. Aproveitamento de subprodutos: restaurantes de Londrina. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.2, n.1, p. 87-104, 2009.

BLACK, C.A. **Soil plant relationships**. 2. ed. New York: Jonh Wiley, 1968.

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

BONFIM-SILVA, E.M.; MONTEIRO, F.A. Nitrogênio e enxofre em características produtivas do capim-braquiária proveniente de área de pastagem em degradação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1289-1297, 2006.

BONFIM-SILVA, E.M.; MONTEIRO, F.A. SILVA, T.J.A. Nitrogênio e enxofre na produção e no uso de água pelo capim-braquiária em degradação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.309-317, 2007

BRASIL. **Instrução Normativa nº 23, de 31 de agosto de 2005**. Aprova as Definições e Normas Sobre as Especificações e as Garantias, as Tolerâncias, o Registro, a Embalagem e a Rotulagem dos Fertilizantes Orgânicos Simples, Mistos, Compostos, Organominerais e Biofertilizantes Destinados à Agricultura.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 25, de 23 de julho de 2009**. Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 27, de 05 de junho de 2006**. Dispõe sobre fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, para serem produzidos, importados ou comercializados, deverão atender aos limites estabelecidos nos Anexos I, II, III, IV e V desta Instrução Normativa no que se refere às concentrações máximas admitidas para agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília: 3 ago. 2010.

BUCKMAN, H.O.;BRADY, N.C. **The nature and proprieties of soils**. 7.ed. London: MacMillian, 1969.

CARVALHO, P.C.T.; BARRAL, M.F. Aplicação de lodo de esgoto como fertilizante. *Fertilizantes*, v.63, n.2, p.1-4, 1981.

CETESB. **Aplicações de lodos de sistema de tratamento biológico em áreas agrícolas: critérios para projetos e operações**. São Paulo: Cetesb, 1999. 32p. (Norma P 4. 230).

CHACÓN, E.A.V.; MENDONÇA, E.S.; SILVA, R.R.; LIMA, P.C.; SILVA, I.R.; CANTARUTTI, R.B. Decomposição de fontes orgânicas e mineralização de formas de nitrogênio e fósforo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n.3, p. 373-383, 2011.

CHAGAS, A.P. **A síntese da amônia**: alguns aspectos históricos. *Química Nova*, v.30, n.1, p. 240-247, 2007.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 375**, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.

CORRÊA, R. S.; WHITE, R. E.; WEATHERLEY, A. J. Biosolids effectiveness to yield ryegrass based on their nitrogen content. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.62, n.3, p.274-280, 2005.

CORRÊA, R. S.; WHITE, R. E.; WEATHERLEY, A. J. Effect of compost treatment of sewage sludge on nitrogen behavior in two soils. **Waste Management**, v.26, n.6, p.614-619, 2006.

CORRÊA, R.S.; SILVA L.C.R.; BAPTISTA, G.M.M.; SANTOS, P.F. Fertilidade química de um substrato tratado com lodo de esgoto e composto de resíduos domésticos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.538–544, 2010

COSTA, K.A.P; FANQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens de capim-marandu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.1, p.192-199, 2010.

COSTA, O.A.D.; OLIVEIRA, P.A.V.; HOLDEFER, C.; LOPES, E.J.C. **Sistema alternativo de criação de suínos em cama sobreposta para agricultura familiar**. Concórdia: Embrapa, 2007. 7p. (Comunicado Técnico, 419).

COUNCIL OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. CEC. Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC). **Official Journal of European Community**, v.375, p.1-8, 1991.

DAÍ PRA, M.. **Desenvolvimento de um sistema de compostagem para tratamento de dejetos de suínos**. 2006. 155p. Dissertação (Mestrado em Ciência) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2006.

DYNIA, J.F.; SOUZA, M.D.; BOEIRA, R.C. Lixiviação de nitrato em Latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.855-862, 2006.

FRANCO, A.; ABREU JUNIOR, C.A.; PERENCIN, D.; OLIVEIRA, F.C.; GRANJA, A.C.R.; BRAGA, V.S. Sewage sludge as nitrogen and phosphorus source for cane-plant and first ratoon crops. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.2, p.553-561, 2010.

GARCIA GONÇALVES, R. Y MAUCH PALMEIRA, E. **Suinocultura Brasileira**. Observatorio de la Economía Latinoamericana, 2006. Disponível em <<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/br/06/rgg.pdf>>. Acesso em: 07 jul.2012.

GHISI, O.M.A.A.; PEDREIRA, J.V.S. Características agronômicas das principais *Brachiaria* spp. In: ENCONTRO SOBRE CAPINS DO GÊNERO *BRACHIARIA*, 1986, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1987. p. 19-57.

GUEDES, M. C.; ANDRADE, C. A.; POGGIANI, F.; MATTIAZZO, M. E. Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.2, p.267-280, 2006.

HEBERT, M.; KARAM, A.; PARENT, L.E. Mineralization of nitrogen and carbon in soils amended with composted manure. **Biological Agriculture and Horticulture**, v.7, p.349-361, 1991.

HEISER, C.B. **Sementes para civilização**: a história da alimentação humana. São Paulo: EDUSP, 1977. 253p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em:<
http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_200901comentarios.pdf>. Acesso em: 4 jul 2012.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v.25, n.71, p. 135-158, 2011.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 720p.

KAISER, W. M. Effect of water deficit on photosynthetic capacity. **Physiologia Plantarum**, v.71, n.1, p.142-49, 1987.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba: [s. n.], 2002. 171p.

KONZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Videira: Embrapa, 2003.

KROB, A.D.; MORAES, S.P.; SELBACH, P.A.; BENTO, F.M.; CAMARGO, F.A.O. Propriedades químicas de um Argissolo tratado sucessivamente com composto de lixo urbano. **Ciência Rural**, v.41, n.3, p. 433-439, 2011.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. O. Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.22, n.3, p.651-665, 2005.

KUWAHARA, F.A.; SOUZA, G.M. Fósforo como possível mitigador dos efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento e as trocas gasosas de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 261-267, 2009

LEITE, S.M.; BERTONCINI, E.I.; VITTI, A.C. Melhoria de características químicas e eletroquímicas de lodo de esgoto compostado com poda de árvore. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS, 2., 2011, Foz do Iguaçu. **Anais...**

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; SOFIATTI, V.; GHEYI, H.R.; ARRIEL, N.H.C. Atributos químicos de substrato de composto de lixo orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.2, p.185–192, 2011.

MAGALHÃES, M.A.; MATOS, A.T.; DENÍCULI, W.; TINOCO, I.F.F. Compostagem de bagaço de cana-de-açúcar triturado utilizado como material filtrante de águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.466–471, 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1976. 528p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 201p.

MANTOVANI, J.R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; BARBOSA, J.C.; FREIRIA, A.C. Mineralização de carbono e de nitrogênio provenientes de composto de lixo urbano em argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.677-684, 2006.

MARQUES, M.O. **Incorporação de lodo de esgoto em solo cultivado com cana-de-açúcar**. 1997. 111p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

MARTINELLI, L.A.; JOLY, C.A.; NOBRE, C. A.; SPAROVEK, G. A falsa dicotomia entre a preservação da vegetação natural e a produção agropecuária. **Biota Neotropica**, v.10, n.4., 2010.

MATOS, A.T.; VIDIGAL, S.M.; SEDIYAMA, M.A.; GARCIA, N.C.P.C.; RIBEIRO, M.F. Compostagem de alguns resíduos orgânicos, utilizando-se águas residuárias da suinocultura como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.199-203, 1998.

McCLUNG, G.; FRANKENBERGER JR., W.T. Soil nitrogen transformations as affected by salinity. **Soil Science**, v.139, p.405-411, 1985.

MENDONÇA, E.S.; ROWELL, D.L. Mineral and organic fractions of two oxisols and their influence on effective cation-exchange capacity. **Soil Science Society of America Journal**, v.60, p.188-192, 1996.

MYERS, R.K.; ROBBINS, G.B. Sustaining productive pastures in the tropics. 5. Maintaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands**, v.25, n.2, p. 104-110, 1991.

NOGUEIRA, T.A.R.; FRANCO, A.; ZHENLI, H.; BRAGA, V.S.; FIRME, L.P., ABREU JUNIOR, C.A. Short-term usage of sewage sludge as organic fertilizer to sugarcane in a tropical soil bears little threat of heavy metal contamination. . **Journal of Environmental Management**, p. 1-10, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.09.012>>. Acesso em: 30 nov. 2012.

NUNES, S. G.; BOOK, A.; PENTEADO, M. I. O.; GOMES, D. T. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. Campo Grande: Embrapa/CNPGC, 1985. 31p. (Embrapa.CNPGC. Documento, 21).

OLIVEIRA, F. C. **Disposição de lodo de esgoto e composto de lixo urbano num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar**. 2000. 247 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000.

OLIVEIRA, F.C. **Metais pesados e formas nitrogenadas em solos tratados com lodo de esgoto**. 1995. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1995.

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R. ; MORAES, S.O. Lixiviação de nitrato em um Latossolo Amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, p.171-180, 2001.

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R.; ABREU JUNIOR, C.A. Alterações em atributos químicos de um Latossolo pela aplicação de composto de lixo urbano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 529-538, abr. 2002

OLIVEIRA, P.A.V; HIGARASHI, M.M. **Unidade de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. 39p. (Documentos 114).

OLIVEIRA, P.P.A.; TRIVELIN, P.C.O.; OLIVEIRA, W.S.; CORSI, M. Fertilização com N e S na recuperação de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1121-1129, 2005

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

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem processo de baixo custo**. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56p.

PEREIRA NETO. **Quanto vale nosso lixo**. Viçosa: IEF/UNICEF, 1999. 70p.

PINHEIRO, C.H.R. **Zn, Ni, Cr, Cu, Fe e S em lodo de esgoto: comportamento químico, adsorção e proposta de tratamento**. 2007. 220f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PORZECANSKI, I.; GHISI, O. M. A. A.; GARDNER, A. L.; FRANÇA-DANTAS, M. S. **The adaptation of tropical pasture species to a Cerrado environment**. Campo Grande: Embrapa/CNPGC, 1979. 3 p.

RAIJ, B.V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, A.J.; FURLANI, A.M.C. **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

RAYMAN, P. R. **Minha experiência com *Brachiaria brizantha***. Campo Grande: Rayman's Seeds Sementes de Pastagens Tropicais, 1983. 3p.

REINO UNIDO. **The protection of water against agricultural nitrate pollution (England and Wales): regulations 1996**. London: HMSO, 1996. (Statutory Instrument, 888).

REIS, M.F.P. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. 2005. 239f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

REIS, M.F.P.; BIDONE, F.R.A.; GEHLING, G.R. produção de macro e micro nutrientes através da compostagem de resíduos orgânicos provenientes das podas urbanas codispostos com resíduos da ceasa e lodo urbanas codispostos com resíduos da ceasa e lodo de estação de tratamento de esgotos. CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000. **Anais...** 9 p.

RICCI, A. B.; PADOVANI, V. C. R. PAULA JUNIOR, D. R. Uso de lodo de esgoto estabilizado em um solo decapitado. II. Atributos químicos e revegetação. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.34, n.2, p. 543-551, 2010.

RODRIGUES, L.S.; SILVA, I.J.; MANON, C. O.; ZOCCATO, M.C.O; PAPA, D.N.; VAN SPERLING, M.; OLIVEIRA, P.R. Avaliação de desempenho de reator UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.1, p.94-100, 2010.

RODRIGUES, M.S., SILVA, F.C. D.A.; BARREIRA, L.P.; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: SPADOTTO, C.; RIBEIRO, W. **Gestão de resíduos sólidos na agricultura e agroindústria** Botucatu: FEPAP, 2006. p. 63-94.

SAS Institute. **SAS/STAT software: changes and enhancements through release 8.2**. Cary: SAS Institute, 2001.

SCHERER, E. E. **Aproveitamento do esterco de suínos como fertilizante**. Chapecó: Cepaf/Epagri, 2000.

SCHRÖDER, J.L.; ZHANGA, H.; ZHOUB, D.; BASTAC, N.; RAUNA, W.R.; PAYTOND, M.E.; ZAZULAKE, A. The effect of long-term annual application of biosolids on soil properties, phosphorus, and metals. **Soil Science Society of America Journal**, v.72, p.73-82, 2008.

SCHULTZ, G. **Boas práticas ambientais na suinocultura**. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2007.

SEBRAE. **Suinocultura carne in natura, embutidos e defumados**. Estudos de Mercado SEBRAE/ESPM. Série Mercado. 2008. Disponível em:<[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/E700C099069CC7A8832574DC004BECAE/\\$File/NT000390A6.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/bds.nsf/E700C099069CC7A8832574DC004BECAE/$File/NT000390A6.pdf)>. Acesso em: 4 jul 2012.

SEDIYAMA, M.A.N.; GARCIA, N.C.P.; VIDIGAL, S.M.¹; MATOS, A.T. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.1, p.185-189, 2000.

SILVA, C.C.F.; BONOMO, P.; PIRES, A.J.V. et al. Características morfogênicas e estruturais de duas espécies de braquiária adubadas com diferentes doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.657-661, 2009.

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

SILVA, F.C.; CHITOLINA, J.C.; BALLESTERO, S.D.; VOIGTEL, S.D.S.; MELLO, J.R.B.; LIMA, A.D. Processos de produção de compostos de lixo e a sua qualidade como fertilizante orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2004. **Anais...** Florianópolis, 2004. p. 4221-4232.

SILVA, F.C.; GOMES, T. F.; BUTRICO, M.R. Sistema de gestão da qualidade do composto de lixo urbano para a agricultura em diferentes países. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, v. 1, n.2, p.18-30, 2011.

SILVA, S.; SOARES, A. M.; OLIVEIRA, L. E. M. Respostas fisiológicas de gramíneas promissoras para revegetação ciliar de reservatórios hidrelétricos, submetidos à deficiência hídrica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.1, p.124-133, 2001.

SIMÕES, A. M. J. **O porco: animal sócio cultural total**. 2004. Disponível em: <<http://www.seol.com.br/mneme/resumo.php?atual=049&edicao=9>>. Acesso em: 5 jul. 2012.

SKERMAN, P. J.; RIVEROS, F. **Tropical grasses**. Rome: FAO, 1990. 832p.

SMIL, V. **Enriching the earth**. Cambridge: MIT Press, 2000.

STANDAGE, T. Uma história comestível da humanidade. Rio de Janeiro: Zahar, 2010. 276p.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. 719p.

TERHOEVEN-URSELMANS, T.; SCHELLER, E.; RAUBUCH, M.; LUDWIG, B.; JOERGENSEN, R. G. CO₂ evolution and N mineralization after biogas slurry application in the field and its yield effects on spring barley. **Applied Soil Ecology**, v.42, n.3, p297-302, 2009.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. London: Macmillan, 1985. 754p.

TSUTYA, M.T. Alternativas de disposição final de lodo de esgotos gerados em estações de tratamento de esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, A., (Eds.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.259.

USEPA – UNITES STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 40 CFR - Part 503: the standards for use or disposal of sewage sludge. Washington: USEPA, 1993.

VALLS, J. F. M.; SENDULSKI, T. Descrição botânica. In: VALLS, J. F. M. Carta, 6 de julho de 1984. Brasília, p. 4-6.

VIANNA, A.T. **Os suínos**: criação prática e econômica. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1978. 386p.

VIVAN, M.; KUNZ, A.; STOLBERG, J.; PERDOMO, C.; TECHIO, V.H. Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.3, p.320-325, 2010.

VOLKOFF, B.; CERRI, C.C.; MELFI, J.A. Húmus e mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de campos de altitude do Estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.8, p. 277-283, 1984.

WHO/UNICEF. **Primary health care**: report of the International Conference on PHC Genebra: WHO, 1978.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. Nitrogênio e enxofre na agricultura brasileira In: SIMPÓSIO SOBRE NITROGÊNIO E ENXOFRE NA AGRICULTURA BRASILEIRA. Piracicaba: IPNI 2007. 722p.

ZIMMER, A. H.; CORRÊA, E. S. A pecuária nacional, uma pecuária de pasto In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1993. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1993. p. 1-25.

ZIMMER, H.A.; EUCLIDES FILHO, K. As pastagens e a pecuária de corte brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997. **Anais...** Viçosa, 1997. p.349-380.

ANEXOS

Anexo 1- Variáveis que, de acordo com a análise da variância, apresentaram diferenças significativas ($f \leq 5$) em cada um dos três cortes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, cultivada sob as doses de 0, 500, 1.000 e 2.143 mg dm^{-3} de N provenientes de composto de lixo, composto de lodo de esgoto e composto de lodo de dejetos suínos, em Latossolo Vermelho-Amarelo álico textura média e em Nitossolo Háplico álico textura argilosa.

Variável/ Fator	Solo (S)	Dose (D)	Composto (C)	S x D	S x C	D x C	S x D x C
-----1º Corte-----							
Biomassa	X	X	X	X		X	
Clorofila		X	X			X	
Perfilhos	X	X	X			X	
Folhas	X	X	X			X	
Área Foliar	X	X	X		X	X	
N total		X	X			X	X
-----2º Corte-----							
Biomassa		X	X	X		X	X
Clorofila		X	X			X	
Perfilhos		X	X		X	X	
Folhas		X	X		X	X	
Área Foliar	X	X	X		X	X	X
N total						X	
-----3º Corte-----							
Biomassa		X	X		X	X	
Clorofila	X	X		X			
Perfilhos		X			X		
Folhas	X	X			X		
Área Foliar		X	X		X	X	
N total	X			X			

Anexo 2- Variáveis que, de acordo com o desdobramento da análise da variância, apresentaram diferenças significativas ($f \leq 5$) em cada um dos três cortes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, cultivada sob as doses de 0, 500, 1.000 e 2.143 mg dm⁻³ de N provenientes de composto de lixo, composto de lodo de esgoto e composto de lodo de dejetos suínos, em Latossolo Vermelho-Amarelo álico textura média e em Nitossolo Háplico álico textura argilosa.

Variável/ Fator	Solo (S)	Dose (D)	Composto (C)	S x D	S x C	D x C	S x D x C
-----1º Corte-----							
Biomassa	Lo-Li-S	Lo-Li-S	Lo-Li-S	S-(Lo-Li)	ns	Lo-(Li-S)	ns
Clorofila	ns	Lo-Li-S	Lo-Li-S	Lo-Li	ns	Lo-(Li-S)	ns
Perfilhos	Lo-Li-S	Lo-Li-S	Lo-(Li-S)	ns	ns	Lo-(Li-S)	ns
Folhas	Lo-Li-S	Lo-Li-S	Lo-(Li-S)	ns	ns	Lo-(Li-S)	ns
Área Foliar	Lo-Li-S	Lo-Li-S	Lo-(Li-S)	ns	Li-S	Lo-(Li-S)	ns
N total	ns	Lo-Li-S	Lo-(Li-S)	ns	Lo-Li	Lo-(Li-S)	Lo-Li
-----2º Corte-----							
Biomassa	ns	Lo-Li-S	Lo-Li-S	Lo-Li-S	ns	Lo-Li-S	Lo-Li
Clorofila	ns	Lo-Li-S	Lo-Li-S	ns	ns	Lo-(Li-S)	ns
Perfilhos	Lo-Li	Lo-Li-S	Lo-(Li-S)	ns	Lo-S	Lo-(Li-S)	ns
Folhas	ns	Lo-Li-S	Lo-(Li-S)	Lo-Li	Lo-Li	Lo-(Li-S)	ns
Área Foliar	Lo-(Li-S)	Lo-Li-S	Lo-(Li-S)	ns	Lo-(Li-S)	Lo-(Li-S)	Lo-(Li-S)
N total	ns	Lo-Li	ns	ns	ns	Lo-(Li-S)	ns
-----3º Corte-----							
Biomassa	Li-S	Lo-Li-S	Lo-Li-S	ns	Lo-(Li-S)	Lo-(Li-S)	ns
Clorofila	Lo-Li-S	Lo-(Li-S)	ns	Lo-Li-S	ns	Lo-Li	ns
Perfilhos	ns	Lo-Li-S	Lo-Li	ns	Lo-(Li-S)	ns	ns
Folhas	Li-S	Lo-Li-S	ns	ns	Lo-S	ns	ns
Área Foliar	Li-S	Lo-Li-S	Li-(Lo-S)	ns	Lo-(Li-S)	Lo-Li-S	ns
N total	Lo-Li-S	ns	ns	Lo-(Li-S)	ns	Lo-S	Li-S

Em que:

Lo-Li-S = houve diferença significativa entre os três compostos;

Lo-(Li-S) = o composto de lodo diferiu dos compostos de lixo e de suínos, os quais não diferiram entre si;

Li-(Lo-S) = o composto de lixo diferiu dos compostos de lodo e de suínos, os quais não diferiram entre si;

S-(Lo-Li) = o composto de suíno diferiu dos compostos de lixo e de lodo, os quais não diferiram entre si;

Lo-Li = houve diferença entre os compostos de lodo e de lixo;

Li-S = houve diferença entre os compostos de lixo e de suíno;

Lo-S = houve diferença entre os compostos de lodo e de suíno;

ns = Diferença não significativa.

Anexo 3: Quantidade de macronutrientes, micronutrientes e matéria orgânica acrescida aos tratamentos, por meio dos compostos orgânicos.

Composto orgânico	N	P	K	Mg	S	M.O.	C org	Fe	Na	Cu	Zn	Mn
	-----mg dm ⁻³ -----					-----g dm ⁻³ -----			-----mg dm ⁻³ -----			
Composto de lixo	2143	1204	464	497	607	36	27	4	63	52	121	62
	1000	562	184	232	284	17	13	2	29	24	56	29
	500	281	58	116	142	8	6	1	15	12	28	14
Composto de lodo de esgoto	2143	737	159	170	915	41	33	2	31	26	129	25
	1000	344	74	79	427	19	15	1	14	12	60	12
	500	172	37	40	213	10	8	0,5	7	6	30	6
Composto de lodo de dejetos suíno	2143	2116	2026	816	855	36	28	2	64	19	55	99
	1000	987	945	381	399	17	13	1	30	9	26	46
	500	494	473	190	200	8	7	0,5	15	4	13	23