

UNIOESTE
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
NÍVEL MESTRADO

ELENARA PINTO DOS SANTOS

**CRESCIMENTO DE CAPIM MOMBAÇA E DINÂMICA DO
NITROGÊNIO EM SOLO ARGILOSO E DE TEXTURA MÉDIA EM
RESPOSTA A APLICAÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS**

Marechal Cândido Rondon
agosto/2005

UNIOESTE
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
NÍVEL MESTRADO

**CRESCIMENTO DE CAPIM Mombaça e Dinâmica do
Nitrogênio em Solo Argiloso e de Textura Média em
Resposta a Aplicação de Dejetos Suínos**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Nível Mestrado, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo Lana

Marechal Cândido Rondon
agosto/2005

AGRADECIMENTOS

A Deus, por mais uma etapa concluída da minha vida.

A minha família, pelo incentivo emocional e financeiro, mesmo que distante.

Aos professores do curso de mestrado que de uma forma ou de outra contribuíram com conhecimento a mais adquirido.

A todos os colegas mestrandos, pela amizade, cumplicidade e apoio nos momentos decisivos, em particular ao colega Waldemiro Weiis Filho pela calma, paciência e ajuda nos trabalhos experimentais.

A todos os funcionários do centro de ciências agrárias pela atenção e disponibilidade quando necessário, em especial a Noili pela amizade, paciência e auxílio em todas as etapas durante o curso.

Aos alunos que colaboraram na condução dos trabalhos, Silvano, Rodrigo e Loivo.

Em especial ao Professor Doutor Eduardo Bernardi Luchese pela oportunidade e à Professora Doutora Maria do Carmo Lana pelo aceite da orientação da pesquisa, compreensão e ajuda prestada.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Quantidade estimada de dejetos líquidos de suínos produzidos diariamente de acordo com o sistema de produção.....	4
Quadro 2. Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos.....	5
Quadro 3. Conteúdo médio de nutrientes dos dejetos de suínos, de acordo com o teor de sólidos.....	6
Quadro 4. Características de dejetos líquidos de suínos em função de seu teor de matéria seca.....	6
Quadro 5. Características químicas e físicas das amostras do horizonte A e B, do solo argiloso (NVef) e do solo de textura média (LVd) utilizados no experimento	18
Quadro 6. Teores de nitrogênio dos solos, argiloso (NVef) e de textura média (LVd), com a correção da umidade.....	19
Quadro 7. Composição química dos dejetos de suínos, dejetos frescos e efluente do biodigestor, utilizados no experimento	23
Quadro 8. Produção de biomassa seca da parte aérea do primeiro e segundo ciclo vegetativo do capim mombaça em função da aplicação de dejetos em solo argiloso (NVdf) e de textura média (LVd)	30
Quadro 9. Teor e conteúdo de nitrogênio na biomassa seca da parte aérea em função da aplicação de dejetos em solo argiloso (NVdf) e de textura média (LVd).....	36
Quadro 10. Concentração de nitrogênio mineral em diferentes camadas de solos argiloso (NVdf) e solo de textura média (LVd) em função da aplicação dos dejetos.....	43
Quadro 11. Concentração de amônio em diferentes camadas de solos argiloso (NVdf) e de textura média (LVd) em função da aplicação dos dejetos.....	46
Quadro 12. Concentração de nitrato em diferentes camadas de solos argiloso (NVdf) e de textura média (LVd) em função da aplicação dos dejetos.....	48
Quadro 13. Concentração de NO_3^- no lixiviado após o primeiro (a) e o segundo ciclo vegetativo de capim mombaça em função da aplicação dos dejetos em solo argiloso (NVdf) e de textura média (LVd)	55

Quadro 14. Percentual do conteúdo de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ lixiviado em função da quantidade de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ no dejetos in natura e efluente do biodigestor aplicados, após o primeiro e o segundo ciclo vegetativo de capim mombaça em solo argiloso (NVdf) e de textura média (LVd).....59

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Produção de biomassa seca da parte aérea de capim mombaça do primeiro (a) e segundo ciclo vegetativo (b) em função da aplicação de dejetos em solo argiloso (NVdf) e de textura média (LVd).33
- Figura 2. Teor e conteúdo de nitrogênio na parte aérea de capim mombaça do primeiro ciclo vegetativo em função da aplicação de dejetos em solo argiloso (NVdf) e de textura média (LVd)39
- Figura 3. Teor e conteúdo de nitrogênio na parte aérea de capim mombaça do segundo ciclo vegetativo em função da aplicação de dejetos em solo argiloso (NVdf) e de textura média (LVd)40
- Figura 4. Concentração de nitrogênio mineral nas profundidades de 40 cm (a) e 60 cm (b) em função da aplicação dos dejetos nos solos argiloso (NVdf) e de textura média (LVd).45
- Figura 5. Concentração de nitrato nas profundidades de 40 cm (a) e de 60 cm em função da aplicação dos dejetos (b) e do solo argiloso (NVef) e de textura média (LVd) (c).....53
- Figura 6. Primeiro ciclo vegetativo do capim mombaça com a aplicação do dejetos in natura e efluente do biodigestor no solo de textura média (LVd).60
- Figura 7. Primeiro ciclo vegetativo do capim mombaça com a aplicação do dejetos in natura e efluente do biodigestor no solo argiloso (NVef).....61
- Figura 8. Segundo ciclo vegetativo do capim mombaça com a aplicação do dejetos in natura e efluente do biodigestor no solo de textura média (LVd).62
- Figura 9. Segundo ciclo vegetativo do capim mombaça com a aplicação do dejetos in natura e efluente do biodigestor no solo argiloso (NVef).....63

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	iii
LISTA DE FIGURAS	v
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 PRODUÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS	4
2.2 COMPOSIÇÃO DOS DEJETOS	5
2.3 POTENCIAL COMO FERTILIZANTE	7
2.4 POTENCIAL COMO CONTAMINANTE	10
2.5 IMPORTÂNCIA E COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO.....	12
MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO	16
3.2 AMOSTRAS DE SOLOS UTILIZADAS	16
3.3 DEJETOS UTILIZADOS.....	20
3.4 CALAGEM.....	24
3.5 PREPARAÇÃO DOS VASOS	24
3.6 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	25
3.7 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO	25
3.8 ANÁLISES.....	27
3.8.1 Solo	27
3.8.2 Planta	28
3.8.3 Lixiviado	29
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	29
RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 PRODUÇÃO DE BIOMASSA SECA E TEOR DE NITROGÊNIO NA PARTE AÉREA.....	30
4.2 DINÂMICA DO NITROGÊNIO NO SOLO.....	41
CONCLUSÕES	57
ANEXOS	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

RESUMO

SANTOS, Elenara Pinto dos. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, agosto de 2005. Crescimento de capim Mombaça e dinâmica do nitrogênio em solo argiloso e de textura média em resposta a aplicação de dejetos suínos.

Orientação: Professora Dra. Maria do Carmo Lana.

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas forrageiras e o que mais influência a produção de matéria seca em plantas de capim mombaça cv. *Panicum maximum* tendo sua dinâmica no sistema solo-planta alterada pelas condições climáticas, o tipo de adubação e solo. Com o objetivo de avaliar os efeitos da aplicação dos resíduos da suinocultura na produção de biomassa de capim mombaça em dois ciclos vegetativos e a possibilidade de contaminação das camadas subsuperficiais do solo e da água por nitrato, foram conduzidos em casa de vegetação, ensaios de lixiviação. Os dois solos, um Latossolo Vermelho distrófico de textura média e o outro Nitossolo Vermelho eutrófico de textura argilosa foram acondicionados em colunas de PVC de 60 cm de altura. O dejetos in natura e o efluente de biodigestor foram incorporados, na camada de 20 cm dos solos no primeiro cultivo e aplicação superficial no segundo ciclo, sendo avaliadas as seguintes doses: 0, 50, 100, 150 e 200 m³ ha⁻¹. Os tratamentos foram arranados em esquema fatorial 2x2x5 com quatro repetições, sendo, 2 solos, 2 tipos de dejetos e 5 doses em quatro repetições perfazendo 80 tratamentos com delineamento em blocos casualizados. Foram avaliadas a produção de biomassa seca e concentração de nitrogênio da parte aérea do capim mombaça e a concentração de N mineral, nitrato + nitrito e amônio nas profundidades de 20, 40 e 60 cm dos solos em cada vaso. A produção de biomassa aumentou linearmente em função das doses, nos dois ciclos vegetativos indicando que podem ser utilizadas doses maiores que 200 m³ ha⁻¹ para o capim mombaça. A concentração de nitrogênio no segundo ciclo ficou abaixo do nível crítico, em função das perdas de N ocorridas por lixiviação. Nos dois solos estudados (NVef e LVd) ocorreu o incremento da concentração de N-mineral nas camadas subsuperficiais, sendo que no solo de textura argilosa (NVef) houve o predomínio do N na forma amoniacal com acréscimo da sua concentração de 7,9 mg kg⁻¹ para 33,41 mg kg⁻¹ nas camadas de 20 e 60 cm, respectivamente. A aplicação do dejetos fresco e efluente do biodigestor contribuiu na translocação descendente de nitrato no solo de textura média, apresentando 5,44 mg kg⁻¹ na camada de 20 cm para 24,62 mg kg⁻¹ a 60 cm. A perda de nitrato por lixiviação foi superior ao limite permitido pela legislação ambiental evidenciando o potencial de contaminação do solo e cursos d'água.

Palavras-chaves: nitrogênio, contaminação, resíduos suinocultura.

ABSTRACT

SANTOS Elenara Pinto dos. State university of the West of the Paraná, August of 2005. Growth of grass Mombaça and dynamics of the nitrogen in soil claye and of medium texture in answer the application of manure pigs.

Orientation: Professor Dra. Maria do Carmo Lana.

Nitrogen (N) is one of the most required nutrients by the pasture grass and the one that influences more the production of dry matter in plants of grass mombaça cv. *Panicum maximum*, having its dynamic in the system soil-plant altered by the climatic conditions, kind of adoringly and soil. With the objective of evaluate the effects of the application of swine culture residue in the production of biomass of grass mombaça in two vegetate cycles and the possibility of contamination of the subsume layers of soil and of water by nitrate, were driven at home of vegetation, attempt of lividly. The two soils, one a dystrophic Red Latosol of medium texture (LRd) and other of clayey texture, eutroferic Red Nitosol (NRef) were packaged in columns of PVC of 60cm of height. The manure in nature and the binders effluent were incorporated in the layer of 20cm of the soil in the first culture and superficial application in the second cycle being evaluated the following doses: 0, 50, 100, 150 and 200 m³ ha⁻¹. The handlings were arranged in factorial plan 2x2x5 with four repetitions, being 2 soils, 2 kinds of manure, 5 dosage making up 80 handlings. They were evaluated the production of dry biomass and the concentration of nitrogen of the aerial part of the grass mombaça and the concentration of N mineral, nitrate + nitrite and ammo in the depths of 20, 40 and 60cm of the soil in each vase. The production of biomass increased linearly because the doses, in the two vegetate cycles indicating that it can be used doses bigger than 200 m³ ha⁻¹ for the grass mombaça. The concentration of nitrogen in the second cycle stayed below the critic level , in function of the losses of N occurred by leached. In the two soils studied (NRef and LRd) occurred the development of N- mineral concentration in the superficial layers, being that in soil of clay texture (NRef) there was the predominance of N in the amoniacal form with addition of its concentration of 7,9 mg kg⁻¹ for 33,41mg kg⁻¹ in the layers of 20 and 60cm, respectively. The application of the manure in nature and effluent of the binders contributed in the descending translation of nitrate in soil of medium texture, presenting 5,44 mg kg⁻¹ in the layer of 20cm for 24,62mg kg⁻¹ to 60cm. The loss of nitrate by leached, was over the limit permitted by the environmental legislation showing up the potential of contamination of the soil and water courses.

KEY-WORDS: nitrate, contamination, soil, swine culture residue.

INTRODUÇÃO

O termo dejetos de suínos é utilizado para designar um conjunto de elementos que conferem a este algumas características peculiares, como a variação da sua composição, a alta carga poluidora especialmente por nitratos, fósforo e outros elementos minerais ou orgânicos e, a poluição do ar, pelas emissões de NH_3 , CO_2 , N_2O e H_2S .

A atual expansão da suinocultura é acompanhada como consequência, generalizada da poluição hídrica, como a destruição dos recursos naturais renováveis, especialmente a água, necessitando de enfoque ambiental próprio.

O potencial de contaminação ambiental pela lixiviação do nitrato tem motivado pesquisas de caráter agro-ecológico no mundo inteiro a partir da década de 80. Nos países do Reino Unido, o aumento do teor de nitrato na água causou grande discussão sobre os seus efeitos na saúde e no ambiente, estimulando um grande programa de pesquisas. Tendências similares alavancaram, a pesquisa na Europa e na América do Norte.

O tratamento dos dejetos de suínos reagrupa um conjunto de ações de transformação por diferentes meios (físico-químico e biológico) com a finalidade de modificar a sua composição química e consistência física, visando a redução dos riscos de poluição e a viabilização como fertilizante agrícola, trazendo ganhos econômicos ao produtor rural. Para isso, é fundamental a técnica de manejo e

adubação, considerando a composição química dos dejetos, a área a ser utilizada, a fertilidade e o tipo de solo e as exigências da cultura a ser implantada.

O nitrogênio é um dos macronutrientes exigidos em grandes quantidades, limitando o crescimento e a produção das culturas. Contudo a literatura relata a utilização dos dejetos suínos como insumos de adubação, transformando-os em potencial produtivo devido à presença em sua composição de fontes de nutrientes capazes de recuperar as características físicas, químicas e biológicas de um solo.

No Brasil, as menores doses de nitrogênio aplicadas podem explicar, ao menos em parte, a menor preocupação na avaliação dos impactos da fertilização nitrogenada no ambiente. Entretanto, o aumento das doses de N em sistemas altamente produtivos, e o uso de dejetos animais, merecem atenção quanto ao seu impacto no ambiente.

A proporção de nitrogênio orgânico e amoniacal nos dejetos de suínos pode variar em função do seu estado natural (fresco), porém, após a mistura entre fezes e urinas formando o dejetos líquido, o nitrogênio contido na urina é transformado rapidamente em nitrogênio amoniacal.

As transformações do nitrogênio envolvem diversos grupos microbianos em simbiose para a oxidação de NH_3 até NO_3^- , redução de NO_2^- e NO_3^- e desnitrificação. Estas interações em diferentes níveis do ecossistema, influenciam a disponibilidade ou a imobilização do nitrogênio. Dos resultados dessas alterações, a formação de nitrato merece atenção, pois quando em concentrações elevadas, ele é considerado tóxico quando ingerido pelos animais e pelo homem, uma vez que é reduzido a nitrito no organismo, causando problemas respiratórios.

Buscando reduzir os impactos ambientais e auxiliar na sustentabilidade das propriedades rurais, busca-se em vários estudos a melhor utilização deste dejetos

como fertilizante nas próprias propriedades onde são produzidos. Muitos tratamentos, com relação ao manejo dos dejetos estão sendo empregados (biodigestor, esterqueiras pré-estabilização, decantadores com lagoas de purificação com aguapés).

O dejetos suíno é utilizado principalmente para adubação em gramíneas, em função de sua maior concentração de nitrogênio, em relação aos outros nutrientes. Porém, esse nutriente, quando presente em concentrações elevadas no solo, devido à característica de baixa adsorção aos colóides do solo (por ser um ânion), é facilmente lixiviado através do solo, para regiões abaixo das raízes, sendo perdido, e podendo contaminar águas subterráneas.

A maioria dos cultivares de capim-colonião (*Panicum maximum*) requerem solos de média a alta fertilidade para um bom e rápido estabelecimento, bem como, para cobertura total do solo. Considerando o fato, de que as plantas apresentam uma tendência de responder diferentemente às formas minerais de nitrogênio e como o nitrato é considerado altamente dinâmico no solo, este trabalho tem como objetivo, avaliar a produção de biomassa seca e concentração de nitrogênio em plantas de capim mombaça (*Panicum maximum* cv.Mombaça) e a lixiviação do nitrogênio em solos, de textura argilosa e de textura média em função da aplicação de dejetos suínos.

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PRODUÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS

Dentre os adubos orgânicos de maior importância para o uso nas fertilizações de terras rurais, estão os de origem animal, principalmente quando os mesmos são produzidos na própria propriedade, tornando o sistema produtivo mais sustentável.

A quantidade total de dejetos produzidos por um suíno em determinada fase de seu desenvolvimento, é um dado fundamental para o planejamento das instalações de coleta e estocagem, e definição dos equipamentos a serem utilizados para o transporte e distribuição do mesmo na lavoura. As quantidades de fezes e urinas são afetadas por fatores zootécnicos, ambientais e dietéticos.

Quadro 1. Quantidade estimada de dejetos líquidos de suínos produzidos diariamente de acordo com o sistema de produção

Tipos sistema de produção	Quantidade diária de dejetos
Ciclo completo	85 litros / matriz
Unidade de produção de leitões (UPL)	45 litros / matriz
Terminação	9,0 litros / cabeça

Fonte: DARTORA (1998).

O conteúdo de água é um dos fatores que mais afeta as características físico-químicas e a quantidade total de dejetos, cujos valores de produção total dos dejetos de suínos somente poderão ser avaliados corretamente quando se considerar também o seu grau de diluição (DARTORA et al. 1998).

O volume de dejetos produzidos pelos suínos, de uma forma geral, pode ser estimado usando-se os dados do quadro 2, considerando somente esterco mais urina, sem levar em consideração a diluição causada pela água normalmente perdida pelos bebedouros e de limpeza das baias (OLIVEIRA, 2001).

Quadro 2. Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos.

Categoria	Esterco	Esterco + Urina	Dejetos líquidos
	----- kg dia ⁻¹ -----		----- L dia ⁻¹ -----
Suínos 25 a 100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas lactação + leitões	6,40	18,00	27,00
Cachaço	3,00	6,00	9,00
Leitões na creche	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,80	8,60

Fonte: Adaptado de Oliveira (2001).

2.2 COMPOSIÇÃO DOS DEJETOS

A composição dos esterco é variável, sendo influenciada por vários fatores como a espécie animal, a raça, a idade, a alimentação, o material utilizado como cama, o tratamento dado à matéria-prima-esterco, entre outros (KIEHL, 1985).

Segundo Dartora et al.(1998), a utilização dos dejetos como adubo orgânico exige instalações, equipamentos e manejo adequado para torná-lo economicamente competitivo com o fertilizante mineral. Para essa análise, deve-se considerar a concentração de nitrogênio, fósforo e potássio nos dejetos e o custo de distribuição que por sua vez está relacionado com a distância entre o depósito e a lavoura,

velocidade de deslocamento (depende da topografia e condições do terreno), volume anual aplicado e o custo horário do trator mais o sistema de distribuição.

A concentração de nutrientes nos dejetos varia em função do teor de sólidos e de MS como apresentado nos quadros 3 e 4. A maior parte dos criatórios suinícolas produzem dejetos líquidos com sólidos que variam de 1,7% a 3,0%. Os dejetos coletados em sistemas de lâminas de água e canaletas variam em conteúdo sólido de 1,7% a 2,6% e os da criação sobre cama chegam a atingir a 78,5%. Outros processos criatórios e métodos de coleta líquida produzem dejetos que atingem de 3 a 4,5% de sólidos (KONZEN, 2003).

Quadro 3. Conteúdo médio de nutrientes dos dejetos de suínos, de acordo com o teor de sólidos.

Nutrientes	Sólidos					
	0,72	1,63	2,09	2,54	3,46	4,37
	----- kg m ⁻³ -----					
Nitrogênio	1,29	1,91	2,21	2,52	3,13	3,75
P ₂ O ₅	0,83	1,45	1,75	2,06	2,68	3,29
K ₂ O	0,88	1,13	1,25	1,38	1,63	1,88
NPK	3,00	4,49	5,21	5,96	7,44	8,92

Fonte: Miranda et al. (1999). (Embrapa Suínos e Aves, Emater- SC, Epagri- SC).

Quadro 4. Características de dejetos líquidos de suínos em função de seu teor de matéria seca

Grau de diluição	MS	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	DBO ₅
	----- % -----				--- mg L ⁻¹ ---
Concentrado	5 - 6	0,49	0,48	0,31	40.000
Semiconcentrado	4 - 5	0,44	0,41	0,28	33.000
Semidiluído	3 - 4	0,37	0,31	0,23	27.000
Diluído	2 - 3	0,31	0,23	0,19	21.000
Muito diluído	< 2	0,26	0,14	0,16	15.000

DBO₅ Demanda bioquímica de oxigênio.

Fonte: DARTORA et al. (1998).

Segundo Scherer et al. (1995), devido às características dos dejetos suínos, para uma maior precisão na recomendação de uso dos mesmos como fertilizantes dever-se-ia efetuar uma análise da composição de nutrientes para cada depósito do referido produto.

O nitrogênio excretado pelos suínos corresponde a parte do N alimentar que não ficou retido no animal sob a forma de proteína corporal (suíno em crescimento) ou exportada do animal na forma de leite (porcas em lactação). Do N ingerido via alimentação pode-se afirmar que ele excreta em média o equivalente a 15 a 20% nas fezes e de 45 a 50% na urina, ou seja um total de 60 a 70% da quantidade de N ingerida (KONZEN, 2003).

2.3 POTENCIAL COMO FERTILIZANTE

O aumento da eficiência de uso dos fertilizantes nitrogenados pelas plantas envolve o entendimento da dinâmica do N no solo em diferentes situações de manejo do solo e de plantas. O conhecimento do fluxo do nitrogênio (N) é de fundamental importância para o manejo correto dos dejetos nas granjas produtoras de suínos, tanto para o uso agrícola como na previsão do potencial de risco de poluição dos mananciais de água em função dos excedentes de N em granja de produção (KONZEN, 2003).

Segundo Dartora et al. (1998) a utilização dos dejetos como adubo orgânico exige instalações, equipamentos e manejo adequados para torná-lo economicamente competitivo com o fertilizante mineral. Para essa análise, deve-se considerar a concentração de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) nos dejetos e o custo de distribuição, bem como a disponibilidade da área, tipo de solo, distância de

mananciais e dose aplicada. Entretanto, a adubação orgânica proporciona melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas dos solos, que são difíceis de serem avaliadas.

A busca de otimização do sistema de recomendação é constante, neste sentido, há grande potencial da inclusão de variáveis de solo e de planta como indicadores complementares da disponibilidade de N no solo, principalmente em sistemas altamente produtivos e com aplicação de altas doses de nitrogênio, é o que preconizam Rambo et al. (2004) que dentre as variáveis de solo destacam-se os testes de nitrato, os quais indicam a quantidade de nitrogênio disponível, determinados por meio dos testes de intensidade. No entanto, em solos que recebem esterco animal ou fonte de nitrogênio amoniacal, a determinação do íon amônio também pode ser útil, visto que este íon pode ser adsorvido ao complexo de troca do solo ou nitrificado.

Segundo Ernani et al. (2002), a disponibilidade dos nutrientes provenientes dos dejetos de suínos é variável, alguns se tornam rapidamente disponíveis, pois as frações orgânicas oferecem diferentes resistências à decomposição. A fração nitrogenada é uma das primeiras a ser decomposta e sua taxa de mineralização varia com a natureza dos materiais, com o tipo de solo, com a temperatura e com a atividade microbiana.

Visando avaliar a eficiência e a frequência de utilização de esterco líquido de suínos na produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes em pastagem natural, Durigon et al. (2002) estudaram a aplicação de 0, 20 e 40 m³ ha⁻¹ em intervalos de 45 a 60 dias, demonstrando que a dose de 20 m³ ha⁻¹ proporcionou maior incremento na produção de matéria seca, tendo superado a dose de 40 m³ ha⁻¹ em 40%.

Ernani (1984) avaliando a necessidade da adição de nitrogênio para aumentar o rendimento de milho, num solo Cambissolo, fertilizado com adubos minerais, esterco de suínos e quantidades crescentes de cama de aves, verificou que o aumento no rendimento de milho deveu-se principalmente ao teor de nitrogênio presente nos resíduos orgânicos.

Bataglia, et al. (1983) estudando o comportamento de diversos resíduo orgânico como fonte de nitrogênio, em comparação com fertilizantes inorgânicos, usando o capim-braquiária, demonstraram que a eficiência de absorção de nitrogênio foi maior nos resíduos onde sua liberação foi rápida, e a presença de plantas diminuiu acentuadamente os teores de N-NO_3^- do solo e teve pouco efeito sobre o N-NH_4^+ , N total e C orgânico.

A produtividade com o uso de doses crescentes de dejetos de suínos (45, 90, 135 e 189 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), em aplicação exclusiva em solo de cerrado, atingiram os níveis que variam de 5.180 a 7.650 kg ha^{-1} de milho. A produtividade da testemunha e da adubação química completa foi de 1.600 e 3.800 kg ha^{-1} , respectivamente, indicando solos de baixa fertilidade natural e baixa resposta à adubação química (KONZEN, 2003).

O enriquecimento do solo que recebeu esterco líquido de suínos é confirmado em estudo de Queiroz et al. (2004) onde os nutrientes P, K, Na e Zn acumularam no solo, na profundidade de 0 a 0,20 m, com o aumento na soma de bases, CTC e alumínio trocável e decréscimo do pH e da saturação por bases, sendo recomendável um monitoramento das características químicas do solo, ao longo do seu perfil e das águas subterrâneas para que se avaliem riscos de contaminação ambiental. Resultados semelhantes foram obtidos por Gianello e Ernani (1983) utilizando doses de até 144 t ha^{-1} de cama de frango, onde

observaram aumentos crescentes nos valores de P-extraível, Ca, Mg e K trocáveis do solo, diminuição linear no Al^{+3} , e aumentos do pH somente no solo de menor teor de argila.

O fato de adicionar altas quantidades de N por meio de esterco líquido de suínos sem alterar seus teores no solo evidência que ocorrem grandes perdas de N, principalmente na forma de nitrato. Segundo Ceretta et al. (2003) o uso sistemático de esterco líquido de suínos representa a adição de grande quantidade de nutrientes ao solo, e eleva principalmente os teores de P, Ca e Mg, e a diminuição na saturação de alumínio,

2.4 POTENCIAL COMO CONTAMINANTE

No solo, o nitrogênio existe predominantemente em formas orgânicas, em uma enorme variedade de compostos ou radicais, que refletem a diversidade de compostos orgânicos existentes em plantas e em microorganismos do solo (RAIJ, 1991).

As concentrações de $N-NO_3^-$ na solução do solo nos maiores picos de perda podem significar a contaminação de águas subsuperficiais, não devendo exceder a concentração de 10 mg L^{-1} , nível crítico na água de rio de classe I (CETSAM, 1991).

A lixiviação é caracterizada pelo movimento de íons para camadas mais profundas do solo podendo atingir o lençol freático. Por isso, no caso do $N-NO_3^-$, a quantidade de dejetos aplicados bem como as precipitações são fatores que afetam as concentrações de $N-NO_3^-$ na solução do solo.

Sob chuvas excessivas, ele se movimenta no sentido descendente. Sob condições extremamente secas, ele se movimenta no sentido ascendente com a umidade do solo, causando acúmulo na superfície.

A lixiviação de nitrato parece não ser um problema ambiental em lavouras com três aplicações anuais de $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos líquidos de suínos, e sua concentração na solução do solo depende da quantidade de dejetos aplicada (BASSO, 2003).

As quantidades percoladas de N-NO_3^- podem representar, em algumas situações, mais de 70% para as camadas subsuperficiais, onde se situa a maior parte das raízes absorventes em plantas de cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al. 2001).

Segundo Luchese et al. (2001), quando da incorporação de material de origem orgânica ao solo, este sofre uma série de alterações, que, fundamentalmente, encontra-se dependente de atividade dos microorganismos. Estes processos alteram os resíduos, culminando com a formação de nitratos, em diversas etapas de reações.

A magnitude das reações do N no solo varia com as condições climáticas, características do solo, tipo de preparo, forma de aplicação dos fertilizantes nitrogenados. Ernani et al. (2002) avaliaram o efeito da forma de aplicação de nitrogênio e de resíduos de aveia preta na lixiviação e imobilização do N num Nitossolo Vermelho, demonstrando uma variação na lixiviação do N de 25 a 70%, sendo maior nos tratamentos com pH 5,5 do que com pH 7,0 e quando aplicado sobre a superfície do solo, o que favorece a absorção do N pelas plantas.

Em solos onde predominam argilas de carga permanente, a capacidade de retenção de nitrato é quase nula. Por outro lado, solos nos quais predominam

minerais de carga variável podem apresentar considerável capacidade de retenção de nitrato (DYNIA e CAMARGO, 1999).

Pesquisas conduzidas em Rio Verde, GO em parceria com a Embrapa/Fesurv/Perdigão relatados por Konzen, (2003) mostram que, tanto o nitrogênio de adubos orgânico quanto de adubos inorgânicos percolam para as camadas profundas do perfil, oferecendo risco ambiental acentuado.

A aplicação de esterco de suínos não deve ser vista com uma mera aplicação de nutrientes ao solo, pois requer uma combinação harmoniosa dos princípios da ciência do solo, saúde pública, hidrologia e economia (DURIGON et al. 2002).

As doses equivalentes às necessidades da cultura, certamente minimizarão o risco ambiental. O conhecimento dessas movimentações de elementos no solo, onde se utilizam dejetos de suínos como fertilizante, visualiza possíveis desbalanços e efeitos nocivos nas camadas mais profundas do solo, ao mesmo tempo, que possibilita estabelecer estratégias para corrigir rumos nos sistemas de utilização dos dejetos como fertilizante na produção agropastoril.

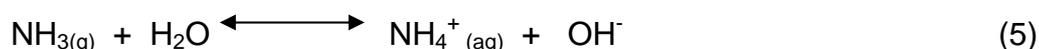
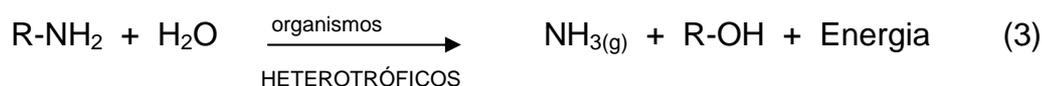
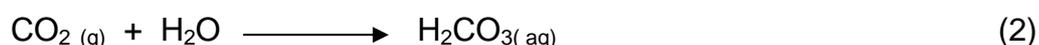
2.5 IMPORTÂNCIA E COMPORTAMENTO DO NITROGÊNIO

As formas preferenciais de absorção de N pelas plantas são o amônio e o nitrato, e as plantas absorvem tanto o amônio como o nitrato dependendo da proporção em que estes se encontram no solo e da eficiência de absorção (MARSCHNER, 1995).

A busca de otimização do sistema de recomendação é constante, neste sentido, há grande potencial da inclusão de variáveis de solo e de planta como indicadores complementares da disponibilidade de N no solo, principalmente em sistemas altamente produtivos e com aplicação de altas doses de N.

O nitrogênio é absorvido nas raízes sob a forma de NO_3^- ou NH_4^+ , sendo então incorporado em aminoácidos na própria raiz ou na parte aérea. A taxa e a quantidade de nitrogênio absorvido e assimilado durante o ciclo da planta dependem da presença de carregadores específicos na membrana plasmática, da atividade das enzimas envolvidas no seu ciclo, da disponibilidade de energia necessárias para os processos de absorção e assimilação e do estágio de desenvolvimento da planta (MARSCHNER, 1995).

Segundo Luchese et al. (2001), a forma predominante que a planta absorve é o nitrato. Devido ao processo de nitrificação no solo, o nitrato, por ter cargas negativas, não se encontra adsorvido à fase sólida do solo e pode ser facilmente perdido por lixiviação e contaminar o lençol freático. Já o amônio, por ser cátion, permanece no solo na forma trocável, adsorvido pelas cargas negativas do solo e neste equilíbrio, disponíveis para as plantas. Estes processos de transformações do nitrogênio ocorrem conforme as etapas a seguir:



A proporção de nitrogênio orgânico e amoniacal nos dejetos de suínos pode variar em função do seu estado natural (fresco), apresentando proporções de 50% destas formas com variações de $\frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$ em dejetos de mais de três dias. Entretanto, após a mistura entre fezes e urinas formando o dejetos líquido, o nitrogênio contido na urina é transformado rapidamente em nitrogênio amoniacal. A repartição média das diferentes formas do nitrogênio entre as fases líquida e sólida do esterco é a seguinte: na fase líquida o N_{amoniacal} (NH₄⁺) representa entre 75 a 85% e o orgânico entre 10 a 5%, na fração sólida o N_{orgânico} representa de 15 a 10% (KONZEN, 2003).

Para Fey (2003) aplicação de efluentes de dejetos suínos em solo arenoso e argiloso mostrou-se positiva no aumento da biomassa das plantas com translocação de nitratos em ambos os solos, em maior concentração na camada de 40 – 60 cm, entre os tipos de dejetos e doses. O nitrogênio na forma de ânion permaneceu em sua maior concentração para o tratamento com dejetos fresco (150 m³ ha⁻¹), e na forma de cátion a maior concentração ocorreu no tratamento com dejetos pré-estabilizado na dose de 150 m³ ha⁻¹.

A lixiviação de nitratos e dos metais K, Ca, Mg, Cu, Cd, Cr, Ni, Pb e Zn em Latossolo Amarelo distrófico e Latossolo Vermelho distrófico foram avaliados por Anjos et al. (2000) repetidamente tratados com biossólido, em doses médias de 78 Mg ha⁻¹. Estes autores verificaram aumento da condutividade elétrica dos solos e das quantidades lixiviadas de K > Mg > Ca, sendo que para o nitrato atingiu valores de até 96 mg L⁻¹, o que indica que a quantidade de biossólido a ser aplicada no solo agrícola depende do teor do N contido no resíduo.

Segundo Corsi e Santos (1995) a variedade Mombaça é classificada como a 6ª melhor entre 156 acessos quanto à produção de matéria seca foliar (t ha⁻¹)

confirmado em trabalho de Janz (1994) avaliando cultivares de *Panicum maximum* em 6 regiões do país encontrou 5,2 e 4,9 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca foliar no período das águas, e no período da seca 1,8 e 1,7 t ha⁻¹ ano⁻¹ para mombaça e Tanzânia, respectivamente.

A dose a ser aplicada depende da concentração dos nutrientes, tipo de solo, planta e proximidade do lençol freático Dartora et al. (1998). Estes autores destacam, que a pesquisa ainda não possui dados definitivos, e que há necessidade de mais pesquisa para verificar-se o comportamento dos nutrientes no solo e níveis de nitrato na água, visando ter mais segurança na indicação de doses de esterco para diferentes tipos de solos.

MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O presente estudo foi realizado em casa de vegetação, localizada na Estação Experimental, situado no *campus* da UNIOESTE, de Marechal Cândido Rondon – PR. O clima da região é subtropical úmido e a temperatura média anual de 18°C com precipitação média de 1800 mm/ano. A altitude do local do experimento é de 420m e as coordenadas geográficas são: Longitude 54°01'W e Latitude 24°31'S.

3.2 AMOSTRAS DE SOLOS UTILIZADAS

O experimento foi desenvolvido em dois solos coletados na região oeste e noroeste do Paraná, buscando-se solos com características bem distintas em relação aos teores de argila. Um solo de textura argilosa, classificado como Nitossolo Vermelho eutroférico típico, NVEf, (EMBRAPA, 1999) foi coletado no município de Marechal Cândido Rondon, nas profundidades de 0 a 30 cm e 30 a 80 cm caracterizando os horizontes A e B, respectivamente. Um segundo solo foi coletado no município de Umuarama de textura média, classificado como Latossolo Vermelho distrófico, LVd, (EMBRAPA, 1999) nas profundidades de 0 a 17 cm e 34 a 62 cm, caracterizando os horizontes A e B respectivamente, ambos os solos eram de áreas de pastagem. Os solos, separados em horizontes, foram secos ao ar e peneirados em uma peneira de 8 mm. Amostras de aproximadamente 1 kg dos

horizontes A e B, de cada tipo de solo, foram submetidas a análises químicas e físicas no Laboratório de Fertilidade do solo e nutrição mineral de plantas, da UNIOESTE, campus de Marechal Cândido Rondon, cujos resultados encontram-se no quadro 5.

As análises químicas para fins de fertilidade foram determinadas de acordo com metodologia adotada pelo Pavan et. al (1992). Durante a coleta dos solos, foram retiradas amostras de aproximadamente 1 kg, as quais foram armazenadas em sacos plásticos e caixas térmicas contendo gelo e encaminhadas ao laboratório, congeladas para a determinação do nitrogênio. Os teores das formas de nitrogênio, e a determinação da umidade de cada amostra de solo nas profundidades avaliadas, foram determinados de acordo com a metodologia de Tedesco et al. (1995), pelo método Kjeldahl, da destilação a vapor cujos resultados encontram-se no quadro 6.

Foram pesadas 5 g das amostras de cada tipo de solo para cada profundidade, em frascos snap-cap, com a adição de 50 ml de solução de KCl 1 mol L⁻¹ como solução extratora, seguidas de agitação por 30 minutos em agitador horizontal. Após a decantação por 24 horas, pipetou-se alíquota de 20 ml da solução para um frasco de destilação, com 2 repetições para cada amostra na determinação de cada uma das formas iônicas do nitrogênio. Na determinação do N mineral adicionou-se 0,2 g de MgO e 0,2 g de liga Devarda (50% Cu, 45% Al e 5% Zn) com o início da destilação até recolher 35 – 40 ml de destilado com solução indicadora em ácido bórico em frasco de erlenmeyer, seguida de titulação com solução de 0,0025 mol L⁻¹ de H₂SO₄. O destilado contém a soma de NH₄⁺, NO₃⁻ e NO₂⁻ presentes na alíquota destilada. Da mesma forma que descrito acima foi realizado para amostra do branco.

Quadro 5. Características químicas e físicas das amostras do horizonte A e B, do solo argiloso (NVef) e do solo de textura média (LVd) utilizados no experimento

Solo	Hoz.	MO	P	pH	H+Al	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	V	Cu	Mn	Zn	Fe
		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	CaCl ₂	-----		cmol _c dm ⁻³	-----			%	-----	mg dm ⁻³	-----	
NVef.	A	17,09	4,36	5,24	5,76	1,01	10,08	2,72	13,81	19,7	70,57	38,70	346,0	15,30	46,50
	B	15,72	1,05	5,55	4,61	0,70	9,43	2,67	12,89	17,4	73,52	42,40	177,0	4,60	80,70
LVd.	A	1,78	1,48	4,58	3,97	0,05	1,62	0,82	2,49	6,46	38,54	0,60	63,0	7,20	37,00
	B	0,67	0,39	4,59	2,74	0,01	2,00	0,12	2,13	4,87	43,74	1,40	278,0	4,20	29,00
Solo	Horizonte	Argila ⁽¹⁾	Areia	Silte	Densidade do solo ⁽²⁾	Densidade de partículas ⁽³⁾	CC ⁽⁴⁾								
		----- %	-----	-----	----- g cm ⁻³	-----	----- %								
NVef	A	60,12	8,72	31,15	1,23	3,04									
	B	71,18	7,80	21,02	1,11	2,98	30,3								
LVd	A	15,40	81,26	3,35	1,40	2,83									
	B	20,50	74,46	5,05	1,39	2,65	17,8								

(1) Método da Pipeta (Dispersão Total), EMBRAPA (1997).

(2) Método da Proveta; EMBRAPA (1997).

(3) Método do Balão Volumétrico, (Álcool Etílico), EMBRAPA (1997).

(4) Método da Coluna, FERNANDES, B. e SYKES, I. D., (1968).

Na determinação das formas de NH_4^+ e $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ foi realizada a destilação fracionada com a adição de 0,2 g de MgO seguida da destilação com recolhimento de 35 a 40 ml de destilado em solução indicadora de ácido bórico seguida de titulação com solução de H_2SO_4 0,0025 mol L^{-1} . O destilado contém amônio presente na alíquota. No mesmo frasco de destilação prosseguiu-se a destilação com a adição de 0,2 g de liga Devarda, recolhendo o destilado com a solução indicadora em ácido bórico seguida de titulação com H_2SO_4 . O destilado desta forma contém NO_3^- e NO_2^- .

Devido às amostras de solo apresentarem teores de umidade diferentes foi determinado o teor de umidade em cada amostra, pois o cálculo do teor de N, foi realizado com base na amostra de solo seco. Para isso foram pesadas, 10 g das amostras úmidas em duas repetições, em latas de alumínio, levadas a estufa de circulação de ar a 105 °C por 24 horas.

Quadro 6. Teores de nitrogênio dos solos, argiloso (NVef) e de textura média (LVd), com a correção da umidade

Solo	Horiz.	N mineral	NH_4^+	$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$	U
		-----	mg kg^{-1}	-----	(%)
NVef	A	43,92	21,96	19,21	26,38
	B	28,05	28,05	17,39	28,35
LVd	A	0,00	11,22	0,00	10,49
	B	11,65	10,09	0,00	12,19

3.3 DEJETOS UTILIZADOS

Os dejetos de suínos foram coletados na região oeste do Paraná, buscando materiais submetidos a diferentes manejos, os quais são: esterco in natura e efluente de biodigestor. Os materiais foram coletados diretamente nas propriedades. O dejetos in natura foi coletado no município de Marechal Cândido Rondon, em um tanque de estabilização, apresentando um tempo de fermentação de 7 dias e provém de uma granja que trabalha com sistema de 110 matrizes com 150 leitões por mês mais 150 na maternidade, com leitões de até 25 kg em 12,10 ha de área total. O efluente do tratamento com biodigestor coletado com homogeneização do lodo ativado, no município de Quatro Pontes em uma granja que mantém 1.700 matrizes em sistema de UPL (Unidade Produtora de Leitões), cuja produção é de 3.400 leitões mês. A biomassa utilizada no carregamento dos biodigestores é constituída basicamente de fezes e urina dos animais, restos de ração, água dos bebedouros e da limpeza das baias, com um tempo de retenção de 30 dias. No momento da coleta, os esterco foram homogeneizados no local, coletados e acondicionados em garrafas plásticas de 2.000 cm³ fechadas com tampa, e encaminhados para o laboratório e submetidos à análise. Foram determinados os teores de P, K, micronutrientes, matéria seca, metais poluentes conforme metodologia do Pavan et al., (1992) e N-total, NO₃⁻ + NO₂⁻ de acordo com a metodologia de Tedesco et al., (1995), os quais são apresentados no quadro 7.

Para a determinação dos teores dos macronutrientes foram utilizadas alíquotas de 0,1 ml das amostras dos dejetos em tubos de digestão com a adição prévia de H₂O₂ seguida da adição de 2,0 ml de H₂SO₄ concentrado e 0,7 g de mistura digestora (100 g de Na₂SO₄, 10 g de CuSO₄.5H₂O e 1 g de Selênio) levados

em bloco digestor a 180 °C por aproximadamente 1 hora até evaporação da água. Aumentou-se a temperatura a 350 °C por mais 1 hora. Após o esfriamento foram adicionados aproximadamente 20 ml de água deionizada, transferindo-se para balão volumétrico de 50 ml completando o volume com água deionizada e posteriormente transferindo-se para frascos snap-cap. Foram retiradas alíquotas para as determinações dos teores de Ca e Mg por Espectrometria de Absorção Atômica, o K por Fotometria de Chama e o P por Espectrometria UV-Vísivel. Os mesmos procedimentos descritos acima foram feitos para a prova do branco.

Na determinação dos teores de micronutrientes foram utilizadas amostras de 1,0 ml dos dejetos com prévia digestão em 6,0 ml de HNO₃ concentrado e posterior adição de 1,0 ml de HClO₄ concentrado em bloco digestor com temperatura inicial de 90 °C por aproximadamente 30 minutos, elevando-se a temperatura a 180 °C por 2 horas. Deixou-se esfriar e transferiu-se para balão volumétrico de 50 ml completando o volume com água deionizada, transferindo-se para frascos snap cap. Foram pipetadas alíquotas para a determinação dos teores dos micronutrientes por Espectrometria de Absorção Atômica. Os mesmos procedimentos foram realizados para a prova em branco.

Para determinação do teor de nitrogênio total foi utilizada 0,2 g de amostras da matéria seca dos dejetos em tubos de digestão, com adição de 1,0 ml de H₂O₂ e adição vagarosa de 2,0 ml de H₂SO₄ concentrado e 0,7 g da mistura digestora (100 g de Na₂SO₄, 10 g de CuSO₄.5H₂O e 1 g de Selênio) em bloco digestor, inicialmente a 180 °C por aproximadamente 1 hora, aumentando-se a temperatura para 350 °C até a permanência da cor esverdeada. Após esfriar, transferiu-se para balão volumétrico de 50 ml completando o volume com água deionizada. Pipetou-se alíquota de 10 ml do extrato com duas repetições, para tubo de destilação com a adição de

aproximadamente 10 ml de NaOH 10 mol L⁻¹ iniciando-se a destilação até recolher 35 - 40 ml do destilado com solução indicadora de ácido bórico, seguida de titulação com solução de H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹. O mesmo procedimento foi realizado para a prova do branco.

Na determinação das formas do nitrogênio mineral foi utilizada 1,0 g de amostra da matéria seca dos dejetos em tubo de destilação, extraídas com 15 ml de solução de KCl 1,0 mol L⁻¹ com agitação por 5 minutos, seguida por destilação com a adição de 0,2 g de MgO até o recolhimento de 35 - 40 ml do destilado em solução indicadora de ácido bórico. O destilado contém o teor de NH₄⁺. No mesmo tubo de digestão prosseguiu-se a destilação com a adição de 0,2 g de liga Devarda até o recolhimento de 35 - 40 ml de destilado em solução indicadora de ácido bórico. O destilado contém o teor de NO₃⁻ + NO₂⁻. Ambos os destilados compostos por duas repetições, foram titulados com solução de H₂SO₄ 0,0025 mol L⁻¹. Para a prova em branco, foi constituída de duas soluções com 15 ml de solução extratora de KCl 1,0 mol L⁻¹, acrescentadas de 0,2 g de MgO e de 0,2g de liga Devarda, para a determinação de NH₄⁺ e NO₃⁻ + NO₂⁻, respectivamente.

Estes materiais foram incorporados por área de solo existente na camada de 0 a 20 cm, equivalendo a aplicação de 88,355, 176,71, 265,065 e 353,42 cm³ / vaso. Estes mesmos tratamentos foram repetidos após o primeiro corte da forrageira, com a aplicação em superfície.

Quadro 7. Composição química dos dejetos de suínos, dejetos fresco e efluente do biodigestor, utilizados no experimento

Dejeto	MS	P	C	Ca	Mg	K	Cu	Zn	Fe	Mn	N	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻
	(%)	mg dm ⁻³	%	----- g kg ⁻¹ -----	----- g kg ⁻¹ -----	----- g kg ⁻¹ -----	----- mg dm ⁻³ -----	dag kg ⁻¹	----- mg kg ⁻¹ -----	----- mg kg ⁻¹ -----			
Fresco	4,00	7375	30,2	1912,5	387,5	232,5	39,5	118	379,7	27,2	3,83	511	98
Biodigestor	2,5	1225	68,9	575	75,0	225	11,0	17,2	23,0	2,5	4,69	448	112

3.4 CALAGEM

O calcário foi aplicado no mês de outubro de 2004, no solo de textura média (LVd). A quantidade aplicada foi estimada para elevar a saturação de bases a 50%, na forma de CaCO_3 e MgCO_3 P.A. .

3.5 PREPARAÇÃO DOS VASOS

Os vasos utilizados constituíram de tubos de PVC, com diâmetro de 15 cm e comprimento de 65 cm, perfazendo um total de 10.602,9 cm³ de volume. Cada tubo foi fechado numa extremidade com lona plástica e conectado a uma garrafa plástica de 250 ml para coleta do lixiviado. Na extremidade inferior de cada camada de 20 cm de solo, efetuou-se uma perfuração circular com diâmetro de 5 cm, em lados opostos do tubo totalizando 6 orifícios, os quais foram vedados com tecido do tipo filó e fita adesiva, até o final do experimento, quando estes foram removidos e em seguida retiradas amostras de solo para posterior análise.

Na extremidade inferior dos tubos foi adicionado aproximadamente 100 g de pedra cascalho, para facilitar a drenagem da água, e em seguida preenchidos com o solo, conforme a ordem das camadas coletadas em campo; ou seja, primeiramente adicionado na camada inferior do solo, 60 - 40 cm, em seguida a de 40 - 20 cm e por fim a camada superficial do solo de 0-20 cm, ambas com a quantidade em massa de solo determinadas de acordo com a densidade, para cada tipo de solo.

3.6 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Os tratamentos consistiram de dois tipos de dejetos suínos: esterco fresco e efluente do biodigestor, os quais foram adicionados e incorporados separadamente na camada superficial dos dois solos de 0, 50, 100, 150 e 200 m³ ha⁻¹, em sacos plásticos e fechados, permanecendo durante uma semana.

Os tratamentos constituíram em arranjo fatorial de 2x5x2, sendo dois tipos de solo, cinco doses e dois tipos de dejetos com 4 repetições por tratamento, perfazendo um total de 80 vasos, com delineamento experimental de blocos ao acaso.

3.7 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A montagem do experimento foi no dia 19 de dezembro de 2004. Em cada vaso, foram colocadas para germinar uma quantidade suficiente de sementes de capim mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça) para posterior desbaste. O primeiro desbaste foi realizado com 5 dias deixando 7 plantas por vaso. Um segundo desbaste ocorreu 3 dias após deixando 4 planta por vaso.

Durante todo o experimento, efetuou-se o monitoramento diário de ocorrência de pragas e doenças. Os vasos foram irrigados diariamente conforme a necessidade, devido à ocorrência de elevadas temperaturas no interior da casa de vegetação durante todo o ciclo da planta.

Ao longo do período do primeiro ciclo vegetativo da forrageira, por efeito do volume de água usada na irrigação, se fez necessário a coleta do lixiviado nos frascos plásticos conectadas aos vasos, após os 15 dias do início da germinação. Foram medidos os volumes do lixiviado e congelados para posterior determinação do teor de nitrogênio. Logo após, os frascos plásticos foram interligados novamente aos vasos e após o término do primeiro ciclo o lixiviado foi novamente coletado.

Após 40 dias foi realizado o primeiro corte da forrageira, aproximadamente 10 cm da superfície do solo, no qual as plantas foram colocadas em sacos de papel identificados e levados à estufa de circulação de ar para a secagem, em temperatura de 60°C até atingirem peso constante. Posteriormente, as plantas foram moídas em moinho de facas, com peneiras de malha de 1 mm, em seguida acondicionados em sacos de papel etiquetados para as análises.

Após o término do primeiro ciclo foram coletadas amostras de solo, por meio da remoção da fita adesiva e do tecido nos orifícios dos vasos nas camadas de solo. Foram retiradas aproximadamente 100g em cada camada de solo, adicionados em sacos plásticos identificados e acondicionadas em caixas térmicas com gelo e levadas imediatamente para o laboratório, e armazenadas em freezer a fim de impedir perdas por volatilização do nitrogênio, até a realização das análises.

No dia seguinte ao primeiro corte foi realizada nova aplicação em superfície dos tratamentos com os dejetos, com monitoramento diário da irrigação e controle de pragas e doenças. Após 40 dias, foi realizado o segundo corte da forrageira. Foram realizados os mesmos procedimentos já descritos anteriormente para a massa seca, soluções lixiviadas e coleta das amostras dos solos por meio dos orifícios, sendo esta coleta realizada do outro lado dos vasos.

3.8 ANÁLISES

3.8.1 Solo

Foram analisadas as amostras dos solos em cada profundidade (20 cm, 40 cm e 60 cm) para cada vaso, totalizando 480 amostras para cada solo na determinação de N mineral, $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ e NH_4^+ . Estas análises foram realizadas utilizando-se o método Kjeldahl por destilação a vapor, descrito por Tedesco, et al., (1995). Durante os procedimentos de análise, foram realizadas as determinações da umidade em cada amostra do solo, com a finalidade de se efetuar a correção desse fator na determinação do teor de nitrogênio.

Nas determinações das formas do nitrogênio, foram pesadas 5 g das amostras dos solos em frascos snap cap, adicionados 50 ml de solução extratora de KCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$, com 2 repetições, colocadas em agitação por 30 minutos em agitador horizontal. O teor de N mineral (NH_4^+ , NO_3^- e NO_2^-) foi determinado, pipetando-se alíquota de 20 ml da solução extraída em tubo de destilação com a adição de 0,2 g de MgO e 0,2 g de liga Devarda. Iniciou-se a destilação até o recolhimento de 35 - 40 ml de destilado em solução indicadora de ácido bórico, seguida de titulação com solução de H_2SO_4 $0,0025 \text{ mol L}^{-1}$.

Para determinação das formas de nitrogênio foi utilizada uma alíquota de 20 ml de solução extraída, seguida por destilação com a adição de 0,2 g de MgO até o recolhimento de 35 - 40 ml do destilado em solução indicadora de ácido bórico. O destilado contém o teor de NH_4^+ . No mesmo tubo de digestão prosseguiu-se a destilação com a adição de 0,2 g de liga Devarda até o recolhimento de 35 - 40 ml de destilado em solução indicadora de ácido bórico. O destilado contém o teor de

$\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$. Ambos os destilados compostos por duas repetições, foram titulados com solução de H_2SO_4 $0,0025 \text{ mol L}^{-1}$. A prova em branco, foi constituída de duas alíquotas de 20 ml da solução extratora de KCl $1,0 \text{ mol L}^{-1}$, acrescentadas de 0,2 g de MgO e de 0,2g de liga Devarda, para a determinação de NH_4^+ e $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$, respectivamente.

3.8.2 Planta

O material vegetal seco foi submetido à digestão sulfúrica, para determinação posterior de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl por destilação a vapor, segundo a metodologia descrita por (TEDESCO et al. 1995).

O teor de nitrogênio foi determinado pesando-se 0,2 g da matéria seca da parte aérea em tubo de digestão, sendo adicionados 1,0 ml de H_2O_2 e lentamente 2,0 ml de H_2SO_4 concentrado, 0,7 g da mistura digestora (100 g de Na_2SO_4 , 10 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 1g Se em pó) colocados em bloco digestor a $180 \text{ }^\circ\text{C}$ por aproximadamente 1 hora até evaporação da água. Aumentou-se a temperatura a $350 \text{ }^\circ\text{C}$ até o surgimento da cor amarelo-esverdeado, permanecendo por mais 1 hora. Deixou-se esfriar, e transferiu-se para balão volumétrico de 50 ml completando o volume com água deionizada. Posteriormente transferiu-se para frascos snap-cap. Pipetou-se alíquotas de 10 ml do extrato para tubo de destilação com a adição de aproximadamente 5 ml de solução de NaOH 10 mol L^{-1} , iniciando-se a destilação até o recolhimento de 35 - 40 ml de destilado em 5 ml de solução indicadora de ácido bórico. Após titulou-se com solução de H_2SO_4 $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ seguida com a prova em branco.

3.8.3 Lixiviado

Posteriormente ao descongelamento das soluções lixiviadas foram realizadas as determinações do nitrogênio, pelo método Kjeldahl por destilação a vapor, segundo a metodologia descrita por (TEDESCO et al., 1995).

Pipetou-se alíquota de 20 ml da solução lixiviada em tubo de destilação e adicionou-se 0,2 g de MgO iniciando a destilação até o recolhimento de 35 - 40 ml de destilado em 5 ml de solução indicadora de ácido bórico. O destilado contém NH_4^+ . No mesmo tubo adicionou-se 0,2 de liga Devarda iniciando a destilação até o recolhimento de 35 - 40 ml de destilado em 5 ml de solução indicadora de ácido bórico. O destilado contém $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$. Ambos os destilados foram titulados com solução de H_2SO_4 0,0025 mol L^{-1} . A prova em branco foi feita com água desionizada.

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados das concentrações de nitrogênio no solo, produção de biomassa seca da parte aérea, teor e conteúdo de nitrogênio no tecido foliar foram submetidos à análise de variância e de regressão. Para avaliar efeito de solo e dejetos, as médias foram comparadas pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PRODUÇÃO DE BIOMASSA SECA E TEOR DE NITROGÊNIO NA PARTE AÉREA

Houve efeito significativo de dose e interação significativa entre solo e dejetos na produção de biomassa seca no primeiro cultivo e houve apenas diferença significativa entre os solos no segundo cultivo e interação significativa entre dose e solo (Quadro 8).

Quadro 8. Produção de biomassa seca da parte aérea do primeiro e segundo ciclo vegetativo do capim mombaça em função da aplicação de dejetos em solo argiloso (NVdf) e de textura média (LVd)

Solo	Dejeto In natura	Efluente Biodigestor	Média
	Biomassa seca I		
----- g/vaso -----			
NVef	11,09 Aa	10,09 Aa	10,56
LVd	12,41 Aa	9,02 Ba	10,72
Média	11,75	9,56	
	Valor de F		
Dejeto x solo	5,31*		
Dose	89,81**		
C.V. (%)	21,74		
Biomassa seca II			
NVef	21,77	21,70	21,74 a
LVd	15,81	17,42	16,62 b
Média	18,79	19,56	
	Valor de F		
Solo	41,89**		
Dose x solo	7,46**		
C.V. (%)	18,44		

Médias seguidas de letras diferentes maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (ns) não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. (*), (**) significativo pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Para o primeiro cultivo o solo de textura média (LVd) apresentou diferença entre os dejetos aplicados, com maior produção da biomassa seca da parte aérea com a adição do dejetos in natura. No solo argiloso (NVef) não houve diferença entre os dejetos. Mediante o fato de que as plantas desenvolvem-se conforme a quantidade de nutrientes disponíveis, este comportamento pode ser explicado pela composição química dos solos que pode ter influenciado o processo de mineralização. O solo argiloso (NVef) apresenta maiores teores de K, Ca, Mg, micronutrientes, matéria orgânica e também maior CTC (Quadro 5).

Houve efeito linear crescente na produção de biomassa das plantas de capim mombaça em função das doses dos dejetos no primeiro ciclo, as quais proporcionaram o acréscimo de 0,069 g/vaso por m³ de dejetos aplicado na produção de matéria seca, de acordo com a figura 1. Muitos estudos confirmam o enriquecimento do solo que recebe dejetos líquidos de suínos, dos quais Queiroz et al. (2004) estudando as características químicas de solo de textura argilosa submetido ao tratamento de irrigação com esterco líquido de suínos sob uma taxa média de 800 kg ha⁻¹ dia⁻¹ de DBO, cultivados com várias gramíneas forrageiras, determinaram que na concentração dos nutrientes no solo somente o K variou em função do tipo da gramínea forrageira.

Desempenho semelhante ocorreu para o segundo ciclo, com diferença significativa entre os solos com a aplicação crescente dos dejetos. No solo argiloso (NVef) houve incremento de 0,0984 g/vaso por m³ de dejetos aplicado, enquanto que no solo de textura média (LVd) o acréscimo foi de apenas 0,0411 g/vaso na produção de biomassa seca da parte aérea. Esta resposta pode ser explicada pela composição química dos solos, das quais os teores de matéria orgânica, de

macronutrientes, a CTC se diferenciam entre os solos, além do incremento de nutrientes pela elevação das doses dos dejetos (Quadro 5).

Rosa et al. (2004) observaram resposta em produção de capim braquiário cv. Marandú cultivado em solo que recebeu dejetos líquidos de suíno até a dose de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ determinaram uma extração maior de nutrientes no solo com possibilidade de substituir a adubação NPK.

No estudo de Pereira (2001) para a área foliar do capim mombaça constatou efeito linear, tanto no primeiro como no segundo corte, demonstrando que a área foliar poderia ser mais elevada, caso as doses excedessem às empregadas, corroborando com os resultados obtidos neste estudo.

Para o teor de nitrogênio no primeiro ciclo houve interação significativa entre solo e dejetos (Quadro 9). Não houve efeito das doses crescentes do efluente do biodigestor no teor de N apresentando em média $2,46 \text{ dag kg}^{-1}$, diferindo desta forma da aplicação do dejetos in natura que foi acompanhado de um ligeiro decréscimo do teor de nitrogênio, em função da aplicação dos dejetos (Figura 2a). Este decréscimo do teor de nitrogênio, com o dejetos in natura pode ser atribuída ao fato de ter ocorrido o efeito de diluição pela maior produção de biomassa produzida apresentando, portanto, maior conteúdo de N (Figura 2b).

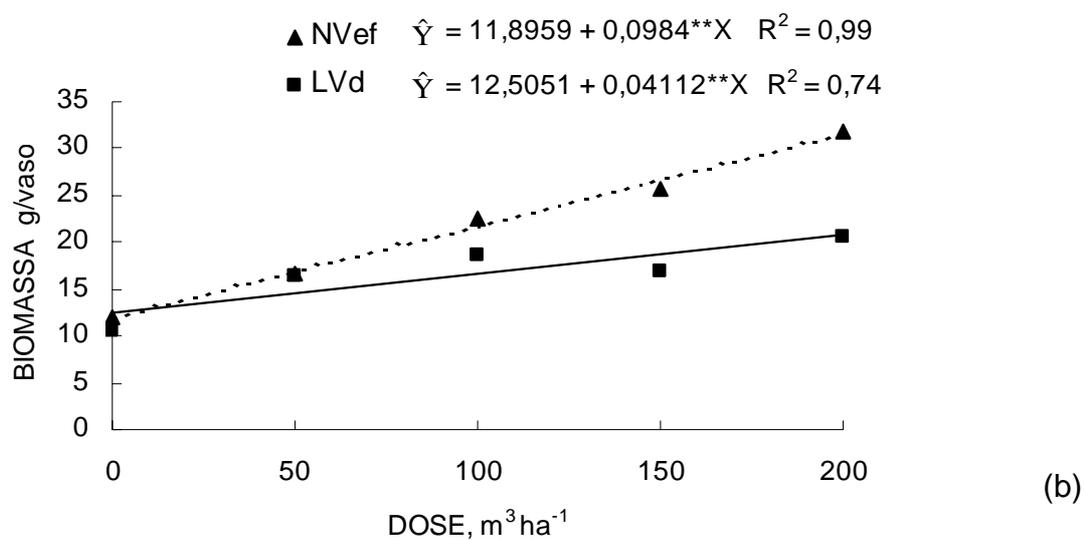
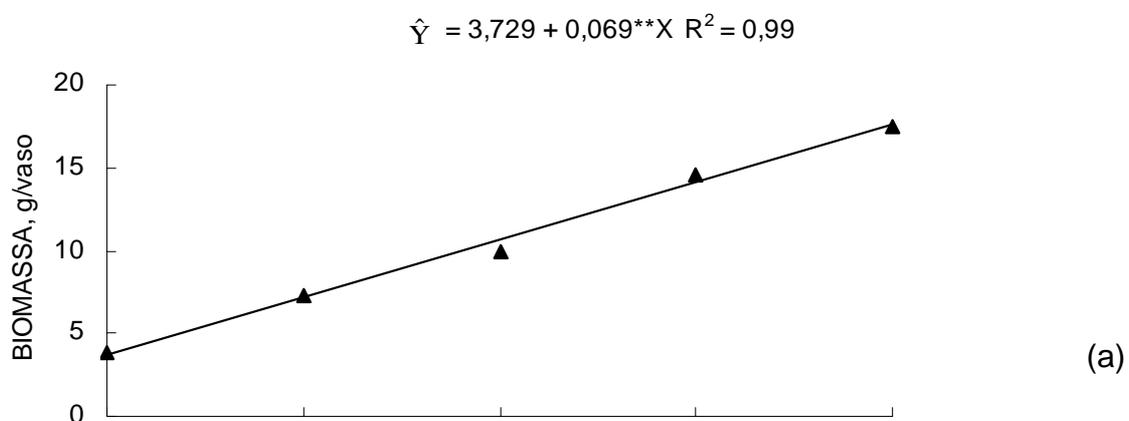


Figura 1. Produção de biomassa seca da parte aérea de capim mombaça do primeiro (a) e segundo ciclo vegetativo (b) em função da aplicação de dejetos em solo argiloso (NVdf) e de textura média (LVd).

Santos et al. (1995) observaram sintoma visual característico de deficiência de nitrogênio até o nível de 126 mg L^{-1} de N em solução nutritiva, indicando o alto grau de exigência pelo capim vencedor cv. *Panicum maximum*, além das máximas respostas na produção de matéria seca da parte aérea ocorrerem nas maiores doses (378 mg L^{-1}) de nitrogênio utilizadas. Resultado semelhante foi encontrado por Almeida e Monteiro (1995) em que a maior produção de matéria seca da gramínea *Cynodon dactylon* seria obtida com doses superiores à máxima empregada em solução nutritiva que foi de 280 mg L^{-1} de N.

Para o conteúdo de nitrogênio no primeiro ciclo houve interação significativa entre solo e dejetos, indicando que o maior conteúdo de nitrogênio ocorreu no solo de textura média (LVd) com a adição do efluente do biodigestor (Quadro 9). A aplicação do dejetos in natura e efluente do biodigestor proporcionou acréscimo de 1,406 e 1,711 mg/vaso, respectivamente, para cada m^3 dos dejetos adicionados. Esta diferença dos valores do conteúdo de nitrogênio, superior quando da aplicação do efluente do biodigestor, se deve à maior estabilização do dejetos, e à maior disponibilidade do nitrogênio decorrente do processo de tratamento recebido (Quadro 7).

Bataglia et al. (1983) avaliando a aplicação de vários resíduos orgânicos para capim braquiária em amostra de Podzólico Vermelho-Amarelo, verificaram que a absorção de nitrogênio pela parte aérea foi de 210 mg/vaso e concentração do N-total foi de 0,86% no primeiro cultivo com redução da concentração durante seis cultivos, quando foi utilizado esterco de galinha.

O conteúdo de nitrogênio no primeiro ciclo foi maior no solo de textura média (LVd) que no argiloso (NVef) com valores de 2,103 mg/vaso foi de 1,014 mg/vaso por m^3 de dejetos adicionado. O solo LVd, por apresentar textura média, o nitrogênio

aplicado fica menos adsorvido e mais disponível refletindo em maior quantidade de N absorvido (Quadro 6).

Para o teor de nitrogênio no segundo ciclo houve efeito significativo somente para as variáveis dejetos e solo apresentando de 0,89 e 1,16 dag kg⁻¹ de N na biomassa das plantas nos solos argiloso (NVef) e de textura média (LVd), respectivamente. Este efeito no teor de nitrogênio no segundo ciclo possivelmente se deve às características químicas e físicas dos solos, uma vez que o capim mombaça requer solos de alta fertilidade com ótimo suprimento de fósforo e nitrogênio (Quadro 5). Houve diferença entre os dejetos com o efluente do biodigestor apresentando, em média, 1,09 dag kg⁻¹ e o dejetos in natura de 0,95 dag kg⁻¹ de N.

Utilizando doses crescentes de N e K em solução nutritiva, com as máximas de 462 e 429 mg L⁻¹ respectivamente, Junior e Monteiro (2003) verificaram a interação significativa entre as doses para a área foliar total das plantas, no primeiro e segundo crescimento do capim mombaça, com a máxima área foliar no segundo corte de 68% superior à do primeiro corte, evidenciando o potencial produtivo desta gramínea em condição de suprimento elevado para tais nutrientes.

Quadro 9. Teor e conteúdo de nitrogênio na biomassa seca da parte aérea em função da aplicação de dejetos em solo argiloso (NVdf) e de textura média (LVd)

Solo	Dejeto in natura	Efluente Biodigestor	Média
	Teor de N I		
	----- dag kg ⁻¹ -----		
NVef	2,04 Bb	2,28 Ab	2,16
LVd	2,89 Aa	2,63 Ba	2,76
Média	2,46	2,45	
	Valor de F		
Dejeto x solo	15,2**		
Dose x dejeto	13,46*		
C.V. (%)	11,67		
	Teor de N II		
NVef	0,86	0,92	0,89 b
LVd	1,05	1,27	1,16a
Média	0,95 B	1,09 A	
	Valor de F		
Solo	40,62**		
Dejeto	11,61**		
Dejeto x solo	3,61 ^{ns}		
C.V. (%)	18,70		
	Conteúdo de N I		
	----- mg/vaso -----		
NV ef	211,43 Ab	223,40 Aa	217,74
LVd	346,19 Aa	342,11 Ba	294,15
Média	278,81	232,72	
	Valor de F		
Dejeto x solo	21,98**		
Dose x solo	10,53**		
C.V. (%)	21,64		
	Conteúdo de N II		
NV ef	183,18 Aa	197,63 Aa	190,40
LVd	163,11Ba	219,58 Aa	191,34
Média	173,14	208,60	
	Valor de F		
Dejeto x solo	6,01*		
Dose x solo	4,99**		
C.V. (%)	20,07		

Médias seguidas de letras diferentes maiúscula na linha e minúscula na coluna, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. (ns) não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade. (*), (***) significativo pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

No presente trabalho houve redução tanto do teor quanto do conteúdo de nitrogênio no segundo ciclo, indicando que poderiam ser utilizadas doses maiores de dejetos, uma vez que o teor de nitrogênio no segundo ciclo foi em média, 0,89 e 1,16 dag kg⁻¹ para os solos argiloso (NVef) e de textura média (LVd), respectivamente, portanto, bem inferior a 1,81 dag kg⁻¹, relatado por Haag e Dechem (1994) aos 42 dias após o primeiro corte. O comportamento do nitrogênio sofre influência de vários fatores, entre eles o tipo de solo, as fontes e formas de aplicação dos fertilizantes.

Para o conteúdo de nitrogênio após a rebrota as interações dejetos versus solo e dose versus solo foram significativas. Na análise das médias o efluente do biodigestor propiciou maior conteúdo do nitrogênio no solo de textura média (LVd) em relação ao dejetos in natura. No solo argiloso (NVef) não houve diferença entre os dejetos. De acordo com a equação de regressão da figura 3, verifica-se o aumento do conteúdo de nitrogênio de 0,875 e 0,471 mg/vaso para os solos argiloso (NVef) e de textura média (LVd), respectivamente, com a aplicação das crescentes doses dos dejetos.

Segundo Macedo et al. (1993) as médias dos conteúdos em g kg⁻¹ de nitrogênio de três cultivares de *Panicum maximum*, Tanzânia, Tobiata e Colônia, no período das águas em três anos de cultivo, em amostras simulando o pastejo animal foram 21,0, 21,0, e 17,2, respectivamente, indicando que a variabilidade do valor nutritivo entre gramíneas tropicais é baixa, comparativamente às observadas entre idades fisiológicas (EUCLIDES et al. 1995).

O conteúdo de nitrogênio apresentou resultado inverso no solo, entre os dois ciclos vegetativos. Este comportamento do conteúdo do nitrogênio pode ter ocorrido possivelmente devido, ao fato de que a aplicação dos dejetos no segundo cultivo foi

em superfície com a possibilidade de perdas do nitrogênio nas condições de temperaturas elevadas na casa de vegetação. Deve-se considerar que neste período houve uma maior produção de biomassa pelas plantas principalmente no solo argiloso (NVef). A redução do conteúdo após a rebrota, no solo de textura média (LVd) se deve a maior produção da biomassa pela forrageira, e menor teor de N absorvido e perdas de nitrogênio por lixiviação.

Os resultados confirmam que os solos utilizados apresentaram suprimento adequado de nitrogênio e que o capim mombaça foi eficiente na absorção desse nutriente. A aplicação de esterco líquido de suínos promoveu um aumento na produção de biomassa com o acréscimo das doses, indicando que maior produção da biomassa seria alcançada com doses superiores a utilizada neste estudo.

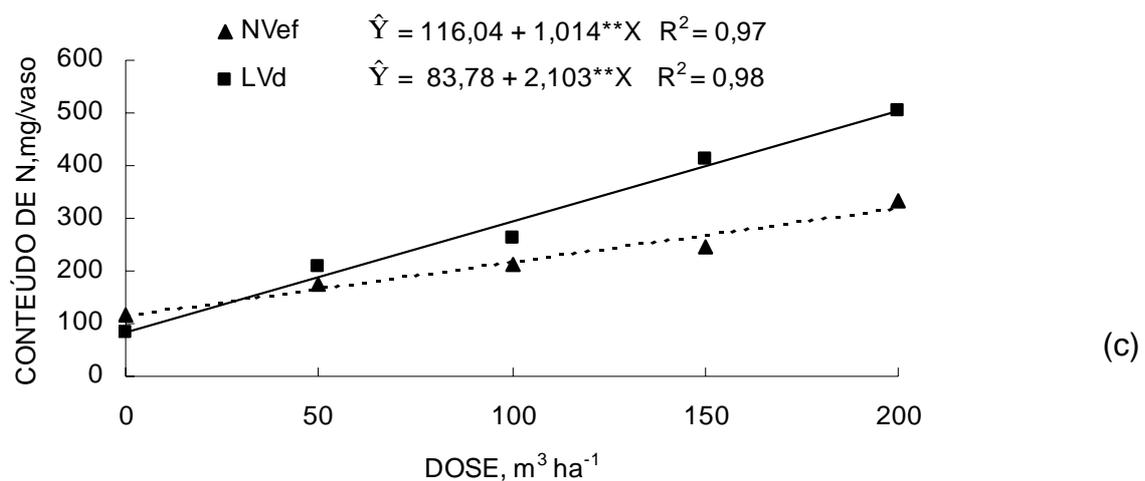
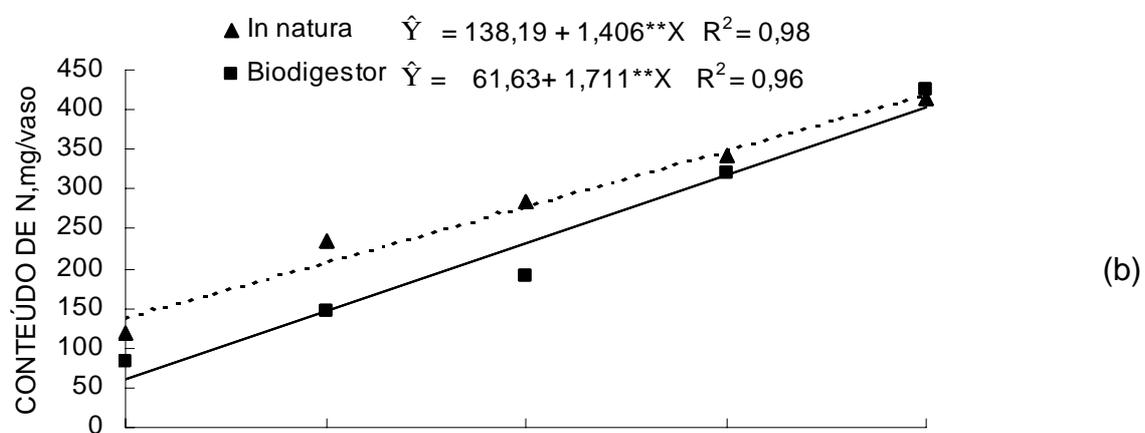
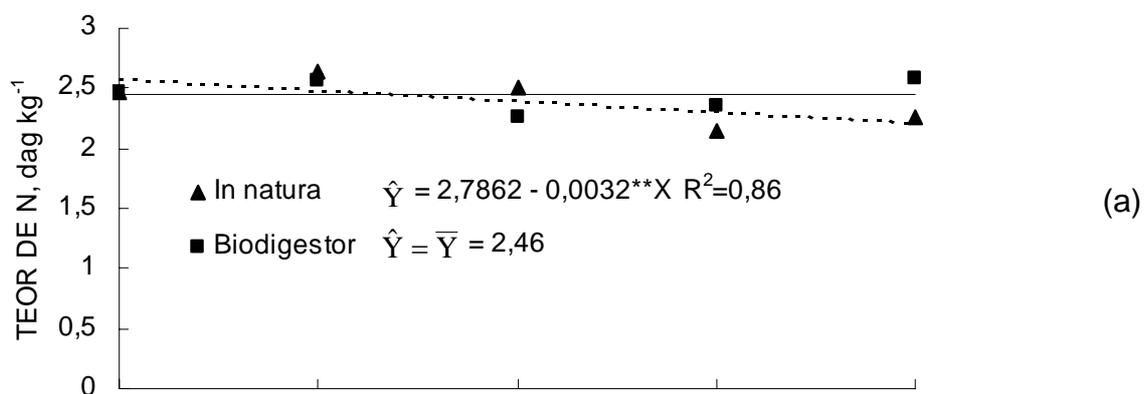


Figura 2. Teor e conteúdo de nitrogênio na parte aérea de capim mombaça do primeiro ciclo vegetativo em função da aplicação de dejetos em solo argiloso (NVdf) e de textura média (LVd) .

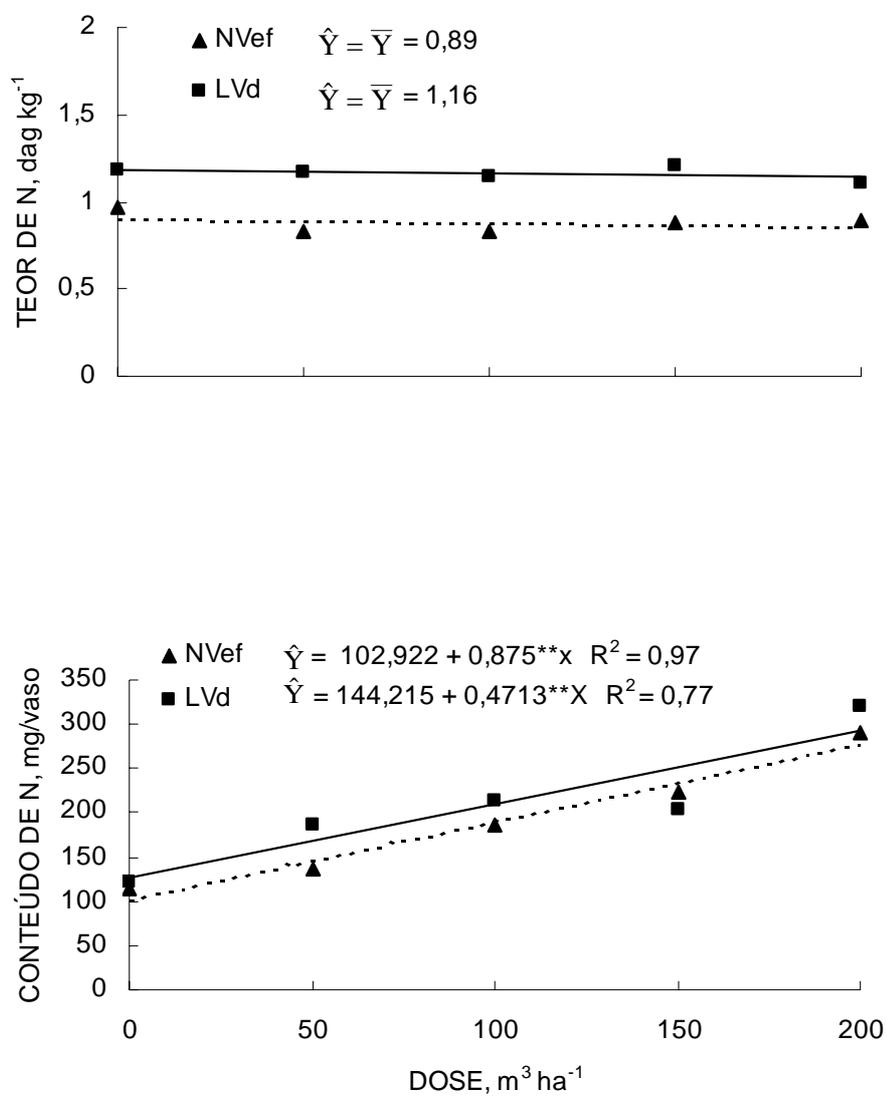


Figura 3. Teor e conteúdo de nitrogênio na parte aérea de capim mombaça do segundo ciclo vegetativo em função da aplicação de dejetos em solo argiloso (NVdf) e de textura média (LVd) .

4.2 DINÂMICA DO NITROGÊNIO NO SOLO

Com a aplicação dos dejetos suínos na camada superficial (20 cm) ocorreu movimentação de nitrogênio mineral, tanto na forma amoniacal como na forma nítrica até a camada de 60 cm de profundidade (Quadros 10, 11, e 12).

Houve movimentação de nitrogênio com a aplicação dos dejetos até a profundidade de 60 cm. Das formas de nitrogênio, o teor de nitrato apresentou incremento no solo de textura média (LVd) com a aplicação do efluente do biodigestor, e no solo argiloso (NVef) este incremento ocorreu de forma lenta e gradual com a adição dos dois tipos de dejetos utilizados.

A análise de variância mostrou que não ocorreu diferença significativa no teor de nitrogênio na camada de 20 cm entre os solos estudados. As médias das concentrações de N-mineral, amônio e nitrato nessa camada foram inferiores em relação às demais profundidades, conforme quadros 10, 11 e 12.

A concentração de N-mineral aumentou em função da profundidade sendo em maior proporção com a aplicação do efluente do biodigestor. Na profundidade de 40 cm ocorreu efeito significativo da interação dejetos e solo e efeito da aplicação de doses dos dejetos. A aplicação do dejetos in natura resultou em diferença significativa no solo de textura média (LVd), entre os dejetos com a menor concentração de N mineral sendo observada com a aplicação de dejetos in natura, indicando o incremento de nitrogênio orgânico e material a ser mineralizado. De acordo com a equação de regressão, pelo modelo linear (Figura 4) ocorreu diminuição, de $0,0894 \text{ mg kg}^{-1}$ de N mineral em função da aplicação de doses crescentes dos dejetos. A

diminuição da concentração pode ser atribuída à maior extração do nitrogênio na produção de biomassa das plantas de capim mombaça (Figuras 2b e 2c).

Houve diferenças entre os solos quanto à diminuição do teor de N mineral na camada de 60 cm, apresentando decréscimo de 0,2301 e 0,368 mg kg⁻¹ para cada m³ de dejetos adicionado respectivamente, para o solo de textura média (LVd) e o solo argiloso (NVef) respectivamente. Contudo, neste último solo não houve efeito das doses dos dejetos na profundidade de 60 cm, com médias de 26,32 mg kg⁻¹, (Figura 4b). A calagem realizada no solo de textura média (LVd) provavelmente favoreceu a mineralização, contribuindo com maior dessorção de nutrientes na camada difusa dos colóides do solo, tendo como consequência da maior absorção pelas plantas. O solo argiloso (NVef) devido ao maior conteúdo de matéria orgânica (Quadro 5), demonstrou que possui reservas do nitrogênio orgânico a ser mineralizado.

De acordo com Oliveira et al. (2001) a mineralização do nitrogênio contido em compostos orgânicos predomina em situações onde o material está maturado e com relação C/N menor que 15.

Entre os dejetos o efluente do biodigestor apresentou uma contribuição maior para o teor de N mineral do solo. Ressalta-se que este dejetos apresentou menores valores de N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ + N-NO₂⁻ (560 mg kg⁻¹), e maiores valores de N total, 4,69 dag kg⁻¹, quando comparado com o dejetos in natura cujos valores são de 609 mg kg⁻¹ e 3,83 dag kg⁻¹ respectivamente (Quadro 7), indicando que houve maior mineralização.

Quadro 10. Concentração de nitrogênio mineral em diferentes camadas de solos argiloso (NVdf) e solo de textura média (LVd) em função da aplicação dos dejetos

Solo	Dejeto In natura		Efluente Biodigestor	
	Camada 20 cm		Média	
----- mg kg ⁻¹ -----				
NVef	16,84	22,47	19,66	
LVd	14,17	16,47	15,32	
Média	15,51	19,47		
		Valor de F		
Dejeto x solo	0,49 ^{ns}			
C.V. (%)	60,61			

Camada 40 cm				
NVef	21,59 Aa	20,49 Aa	21,04	
LVd	17,64 Ba	31,37 Aa	24,50	
Média	19,62	25,93		
		Valor de F		
Dejeto x solo	12,24**			
Dose	9,44**			
C.V. (%)	41,63			

Camada 60 cm				
NVef	26,07	26,57	26,32 b	
LVd	31,71	42,11	36,91a	
Média	28,89	34,34		
		Valor de F		
Solo	8,62**			
Dejeto x solo	1,88 ^{ns}			
C.V. (%)	51,04			

Médias seguidas de letras diferente maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey a 5 %. (ns) Médias não significativas estatisticamente. (*), (**) Significativo pelo teste F a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

A redução da concentração do N-mineral encontrada nos solos, com o aumento das doses dos dejetos podem ser atribuída a absorção do nitrogênio com o aumento da produção de biomassa, assim como a perda do nitrogênio por lixiviação. Resultado semelhante foi encontrado por Vieira e Cardoso, (2003) avaliando a mineralização e imobilização do N com aplicações de doses crescentes de lodo de

esgoto, sendo que no período das águas a quantidade de N-mineral encontradas no solo, LVd, textura média argilosa, foram menores que as obtidas no período da seca.

O teor de nitrogênio na forma amoniacal não apresentou diferença significativa entre os dejetos avaliados nas profundidades 20, 40 e 60 cm (Quadro 11). O solo argiloso (NVef) apresentou maior teor de N-NH_4^+ nas profundidades de 40 cm e 60 cm. O solo argiloso (NVef) apresenta 71% de argila no horizonte B e CTC de $17,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, portanto, apresenta maior capacidade de retenção de N-NH_4^+ que o textura média (LVd) com 20,5% de argila e $4,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de CTC no horizonte B (Quadro 5).

Fey (2003) utilizando amostras de solo argiloso (PVA) e arenoso (LVef) também observou maiores valores de N-NH_4^+ no solo argiloso nas camadas de 20, 40 e 60 cm de profundidade.

Durante o período de condução do experimento, a temperatura na casa de vegetação se manteve elevadas, o que pode ter acelerado as perdas de amônia por volatilização, sendo muito variável com o uso de dejetos suínos, como demonstrado em vários trabalhos (Basso et al. 2003; Port et al. 2003). Estes autores verificaram que as maiores perdas do nitrogênio por volatilização com aplicação de dejetos suínos foram significativamente maiores nos meses de verão e influenciados pelo pH e matéria seca dos dejetos.

Guedes et al. (2004) avaliaram a influência da acidez de cinco solos de diferentes regiões do Brasil no processo de nitrificação, e verificaram que em solos com pH variando de 4,3 a 6,7, ocorreu acúmulo de N-NH_4^+ .

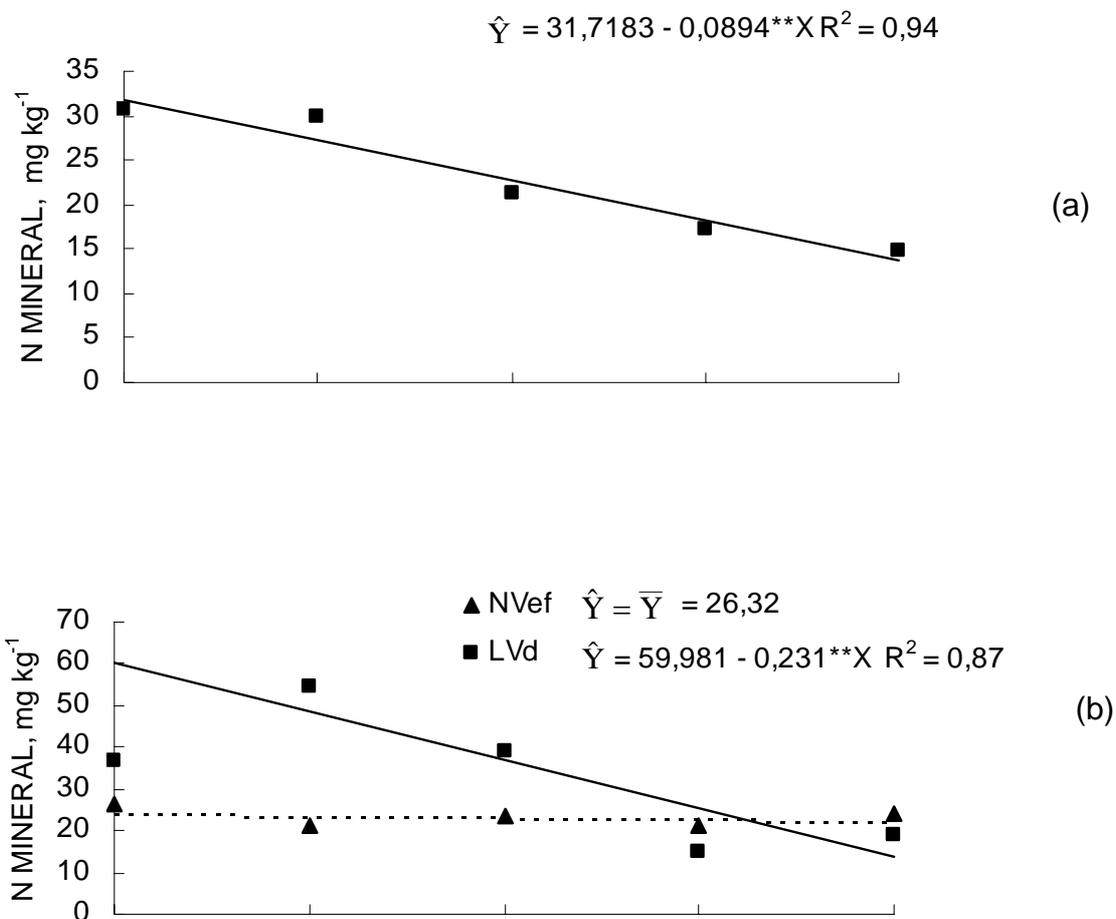


Figura 4. Concentração de nitrogênio mineral nas profundidades de 40 cm (a) e 60 cm (b) em função da aplicação dos dejetos nos solos argiloso (NVdf) e de textura média (LVd).

Movimentação de nitrato e amônio em colunas de solo de textura muito argilosa (LVd) foi avaliado por Araújo et al. (2004) e verificaram que no tratamento que recebeu uréia e calagem ocorreu menor lixiviação de NH_4^+ , atribuindo ao aumento das cargas negativas, contribuindo para a retenção do cátion. Por outro lado, o maior pH pode levar a perdas de NH_4^+ por volatilização de NH_3 .

Quadro 11. Concentração de amônio em diferentes camadas de solos argiloso (NVdf) e de textura média (LVd) em função da aplicação dos dejetos

Solo	Dejeto In natura		Efluente Biodigestor	
	Camada 20 cm		Média	
----- mg kg ⁻¹ -----				
NVef	6,93	8,87	7,90	
LVd	6,73	7,18	6,96	
Média	6,83	8,03		
Valor de F				
Dejeto x solo	0,42 ^{ns}			
C.V. (%)	68,80			
Camada 40 cm				
NVef	11,79	11,24	11,52 a	
LVd	6,44	6,66	6,56 b	
Média	9,12	8,95		
Valor de F				
Solo	11,74 ^{**}			
Dejeto x solo	0,07 ^{ns}			
C.V. (%)	71,74			
Camada 60 cm				
NVef	15,17	12,81	13,99 a	
LVd	8,70	7,87	8,29 b	
Média	11,94	10,34		
Valor de F				
Solo	12,74 ^{**}			
Dose	3,04 [*]			
Dejeto x solo	0,23 ^{ns}			
C.V. (%)	64,25			

Médias seguidas de letras diferente maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey a 5 %. (ns) Médias não significativas estatisticamente. (*), (**) Média significativas pelo Teste F a 5% e 1%, respectivamente.

O teor de amônio na camada de 60 cm de profundidade, apesar de apresentar efeito significativo de dose, pela análise de variância, as médias obtidas não permitiram um ajuste de equação de regressão, apresentando, em média, 11,13 mg kg⁻¹ de N-NH₄⁺.

Em relação ao teor de nitrato na camada de 20 cm e 60 cm, não houve efeito significativo de solo e dejetos, entretanto, na camada de 40 cm de profundidade ocorreu diferença significativa. O solo de textura média (LVd) apresentou, em média 15,21 mg kg⁻¹ de N-NO₃⁻ enquanto que o solo argiloso (NVef) apresentou 6,29 mg kg⁻¹. O efluente do biodigestor proporcionou maior teor de N-NO₃⁻ no solo, com média de 13,4 mg kg⁻¹ em relação ao dejetos in natura, com média de 8,1 mg kg⁻¹ (Quadro 12).

Considerando o fato, de que as plantas apresentam uma tendência de responder diferentemente às formas minerais de nitrogênio, pode-se inferir que o decréscimo da concentração de nitrato com o incremento das doses está relacionado a maior absorção pela planta. O aumento do conteúdo de nitrogênio na biomassa da parte aérea da forrageira, obtida no solo de textura média (LVd) no primeiro ciclo e a tendência similar no segundo cultivo, indicam assim uma preferência na absorção por este íon. Silveira et al. (1985) avaliaram o transporte de N em solução nutritiva com capim colômbio (*Panicum maximum* Jacq.) submetidos a 100 mg L⁻¹ de N, distribuídos em várias proporções de NO₃⁻/NH₄⁺. O nitrato representou cerca de 80% das formas nitrogenadas de exsudações xilemáticas na proporção de 100/0. A participação do NH₄⁺ variou de 7 a 15% nos diferentes tratamentos.

Quadro 12. Concentração de nitrato em diferentes camadas de solos argiloso (NVdf) e de textura média (LVd) em função da aplicação dos dejetos

Solo	Dejeto In natura		Efluente Biodigestor	Média
	Camada 20 cm			
----- mg kg ⁻¹ -----				
NVef	5,52		14,00	9,76
LVd	5,91		4,97	5,44
Média	5,72		9,49	
Valor de F				
Dejeto x solo	2,05 ^{ns}			
C.V. (%)	193,70			
Camada 40 cm				
NVef	5,62		6,95	6,29 b
LVd	10,53		19,88	15,21 a
Média	8,08 B		13,42 A	
Valor de F				
Solo	19,38*			
Dejeto	6,96*			
Dejeto x solo	3,92 ^{ns}			
Dose x solo	4,91**			
C.V. (%)	71,74			
Camada 60 cm				
Nvef	6,88 Aa		8,74 Ab	7,81
LVd	19,15 Ba		30,09 Aa	24,62
Média	13,02		19,42	
Valor de F				
Dejeto x solo	4,80*			
Dose x solo	8,79**			
C.V. (%)	57,17			

Médias seguidas de letras diferente maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey a 5 %. (ns) Médias não significativas estatisticamente. (*), (**) Médias significativas estatisticamente a 5% e 1% pelo Teste de F, respectivamente.

O teor de N-NO₃⁻, na profundidade de 40 cm, apresentou comportamento diferente entre os solos em função da aplicação dos dejetos (Figura 5a). No solo argiloso (NVef) não houve efeito das doses de dejetos apresentando em média, 6,3 mg kg⁻¹ de N-NO₃⁻. No solo de textura média (LVd) ocorreu decréscimo linear em

função da aplicação dos dejetos de $0,116 \text{ mg kg}^{-1}$ de N-NO_3^- para cada m^3 de dejetos adicionados. Este comportamento pode ser influenciado pela menor drenagem do solo argiloso (NVef) comparada com o solo de textura média (LVd), permitindo menor perda de N-NO_3^- por lixiviação.

Para a última camada, ocorreu interação significativa entre dejetos e solo. Ocorreu um incremento do teor de N-NO_3^- em profundidade, refletindo a mobilidade deste íon no solo de textura média, principalmente com o uso do efluente do biodigestor, com acréscimo de $4,97 \text{ mg kg}^{-1}$ na camada de 20 cm para 30 mg kg^{-1} à 60 cm de profundidade.

Resultados semelhantes foram encontrados por Basso, (2003), com a aplicação de 0, 40 e $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos líquidos de suínos em solo com 240 g kg^{-1} de argila. As maiores perdas de nitrogênio por lixiviação ocorreram nos estádios iniciais de desenvolvimento das culturas. No primeiro e segundo ano de cultivo da aveia preta, a concentração de N-NO_3^- na solução do solo foi superior a 10 mg L^{-1} , aos 22 e 25 dias após a aplicação do dejetos, respectivamente e somente com aplicação de $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Com o uso do dejetos in natura o teor de N-NO_3^- foi maior em relação à aplicação do efluente de biodigestor. No dejetos in natura grande parte do nitrogênio estava na forma orgânica e somente após um período de decomposição houve incremento do teor de N-NO_3^- . No entanto, os teores de N total foram maiores com o efluente do biodigestor. A quantidade de N total foi determinante.

No solo de textura média (LVd) a maior parte do nitrogênio mineral estava na forma nítrica, enquanto que, no solo argiloso (NVef) foi o inverso, a forma amoniacal apresentou maior contribuição para o N mineral do solo. Neste solo, em função das propriedades químicas, como o pH e alta CTC proporcionaram maior retenção de

nitrogênio na forma amoniacal, bem como a diferença de aeração, que pode ter contribuído na nitrificação.

Kinjo et al. (1978) avaliando a produção de nitrato por incubação em amostras do horizonte Ap de vários solos da região canavieira de Piracicaba, SP verificaram que a produção de nitrato foi acelerada nas primeiras semanas, sendo favorecida pela correção da acidez do solo.

O teor de nitrato na camada de 40 e 60 cm de profundidade decresceu linearmente em função das doses de dejetos no solo de textura média (Figuras 5a e 5c). Entretanto, não houve efeito das doses dos dejetos no solo argiloso (NVef). Na profundidade de 60 cm houve interação significativa para dose e dejetos. Ocorreu diminuição da concentração de NO_3^- de 0,1249 e 0,089 mg kg^{-1} para cada unidade de m^3 de dejetos em função das doses crescentes do dejetos in natura e efluente do biodigestor, respectivamente. Este comportamento demonstra que o processo de redução do amônio no dejetos in natura ocorreu de forma eficiente, contribuindo desta forma para a maior disponibilidade do nitrogênio confirmado, pela maior produção de biomassa. Esta diminuição do nitrato em função da aplicação de doses crescentes, entre as camadas de 40 cm e 60 cm, indicaram a maior absorção de nitrogênio pela planta da forma nítrica.

Dos resultados obtidos constata-se comportamento distinto dos solos avaliados em relação à dinâmica do nitrogênio, possivelmente em função do tipo de carga que predominam em cada solo. Dynia e Camargo (1999) verificaram que nos solos a relação entre as cargas positivas e negativas depende, em grande parte, do pH do PCZ. Nos solos em que o pH é superior ao do PCZ, as cargas negativas predominam sobre as positivas, neste caso a carga líquida é negativa, favorecendo a adsorção de cátions e a mobilidade de ânions.

No solo argiloso (NVef) a concentração de NO_3^- se manteve constante com o acréscimo das doses utilizadas, apresentando, em média, $7,80 \text{ mg kg}^{-1}$.

Resultados semelhantes foram encontrados por Seidel (2005). Avaliando a dinâmica do nitrogênio em um LVef, de textura argilosa, este autor verificou que a aplicação de dejetos de suínos contribuiu para aumentar as concentrações de NO_3^- lixiviadas com influência do pH do solo em três teores de matéria orgânica (34,09; 22,36 e $8,6 \text{ g dm}^{-3}$).

Fey (2003) também constatou a movimentação de nitrato da camada de 0 a 20 cm de profundidade para a camada de 20 a 40 cm de profundidade com a adição de dejetos in natura em um solo de textura argilosa (LVef).

Os solos de textura média e arenoso tem menor capacidade de retenção de água, o que significa que a mesma quantidade de água provinda de irrigação causa maior lixiviação de nitrato, do que em solos de textura argilosa.

Araújo et al. (2004) verificaram que mesmo com doses usualmente recomendadas de adubos nitrogenados em Latossolos muito argilosos, com altos teores de óxidos de Fe e gibbsita, a lixiviação de NO_3^- e NH_4^+ é uma realidade, implicando em maiores cuidados no manejo da adubação nitrogenada.

A mineralização da matéria orgânica foi eficiente, favorecidas pelas altas temperaturas, umidade e incorporação dos tratamentos. As disposições sucessivas dos dejetos podem ocasionar o aumento do nitrogênio inorgânico.

O acréscimo da concentração de nitrato no solo de textura média (LVd) na camada de 40 para 60 cm foi de $11,07 \text{ mg kg}^{-1}$ e $10,21 \text{ mg kg}^{-1}$ para o dejetos in natura e efluente do biodigestor, respectivamente, portanto, superior ao limite permitido pela legislação ambiental que é de 10 mg L^{-1} conforme a resolução do CONAMA 020/86 e portaria nº 36/90 do ministério da saúde, para lançamentos em

águas de classe 1, CETSAM, (1991). Portanto, devido ao incremento da concentração de NO_3^- total ao longo das profundidades no solo de textura média (LVd), a elevação das doses de dejetos líquidos de suínos deve ser acompanhada de um monitoramento da lixiviação evitando-se assim a possibilidade de contaminação de lençóis freáticos e cursos d'água.

No solo de textura argilosa (NVef) o incremento do teor de N-NO_3^- da camada de 40 cm para 60 cm foi inferior a 2 mg kg^{-1} (Quadro 12), portanto, a aplicação de dejetos suínos em solos com propriedades físico-químicas semelhantes com alta CTC, teor de argila acima de 70% e densidade de partículas de $2,98 \text{ g cm}^{-3}$, não implica em graves problemas ambientais.

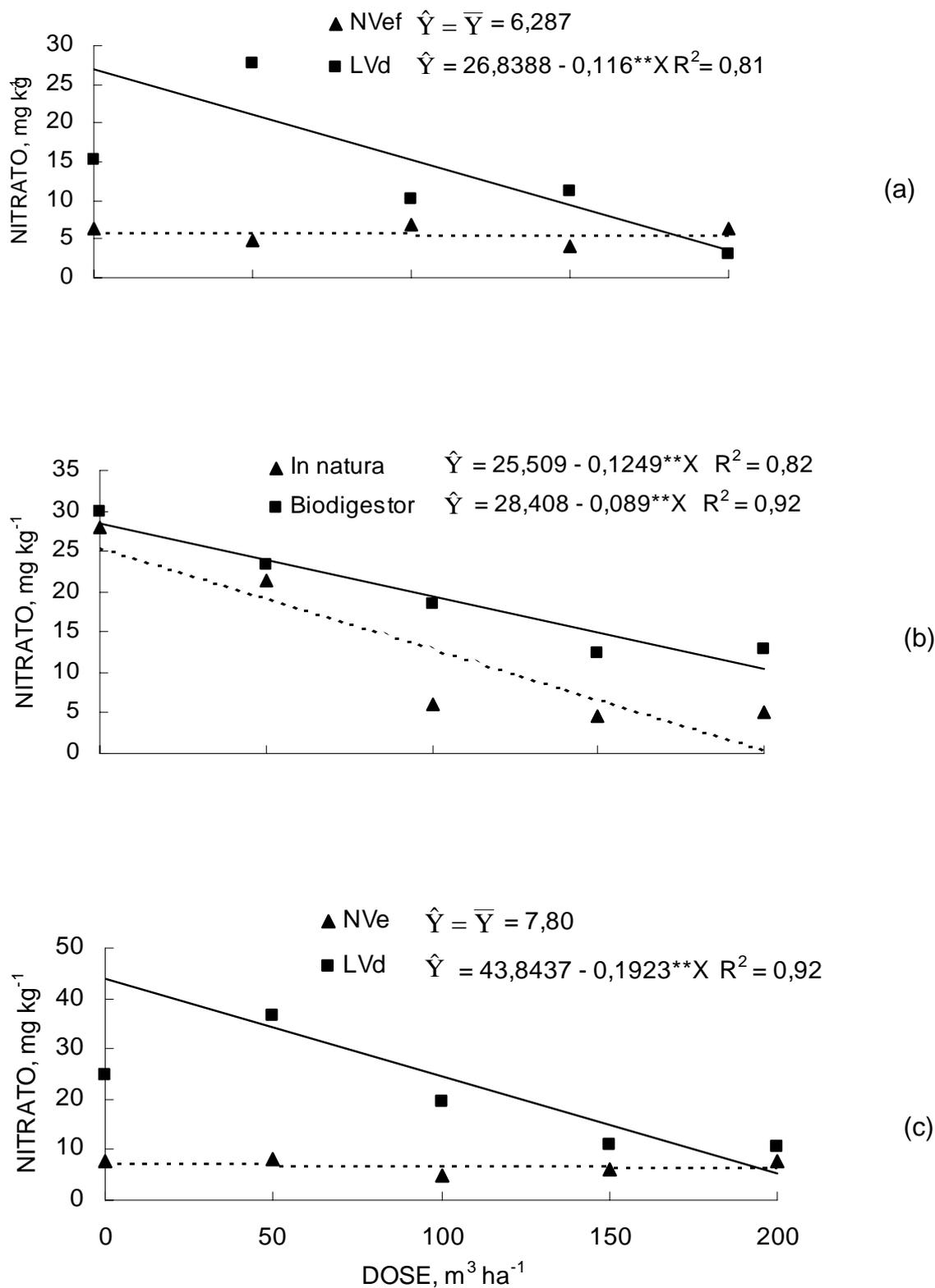


Figura 5. Concentração de nitrato nas profundidades de 40 cm (a) e de 60 cm em função da aplicação dos dejetos (b) e do solo argiloso (NVef) e de textura média (LVd) (c).

O aumento da lixiviação de nitrato, principalmente em solos com baixos teores de matéria orgânica, de óxidos e baixa CTC pode ser agravado em períodos de intensa precipitação pluvial ou por irrigação excessiva. As médias das concentrações do nitrato nas soluções do lixiviado (Quadro 13), demonstra maior lixiviação do nitrato, no primeiro ciclo, no solo de textura média (LVd) com perdas médias de 70,0% e 56,3% em relação a quantidade de N-NO_3^- adicionada pelo dejetos in natura e efluente do biodigestor, respectivamente (Quadro 7). Para o solo argiloso (NVef) o percentual do teor do $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ lixiviado em função da quantidade de nitrato no dejetos aplicado foi maior com a aplicação do efluente do biodigestor, apresentando, em média, perda de 34,6% em relação à quantidade aplicada.

Os teores médios do $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ no lixiviado após a segunda aplicação dos dejetos, foi maior no solo de textura média (LVd), apresentando em média, perda de 20,8% em relação a quantidade de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ aplicada pelo efluente do biodigestor. No solo argiloso (NVef) os teores médios de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ lixiviados, foi de 0,84% e 1,21% em relação a quantidade de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ aplicada com o dejetos in natura e efluente do biodigestor, respectivamente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2001) em um solo de textura média argiloso (LAd) com doses de 20, 40 e 60 Mg ha^{-1} de composto de lixo. Estes autores verificaram que as quantidades percoladas de NO_3^- , nas camadas de solo de 30, 60 e 90 cm, para todos os tratamentos, mostraram que as maiores perdas ocorreram aos 39 e 94 dias após a incorporação do composto de lixo, chegando a representar em algumas situações, mais de 70% dos totais percolados.

Quadro 13. Concentração de NO_3^- no lixiviado após o primeiro (a) e o segundo ciclo vegetativo de capim mombaça em função da aplicação dos dejetos em solo argiloso (NVdf) e de textura média (LVd)

1° Ciclo				
Dose	Dejeto in natura		Efluente do Biodigestor	
	LVd	NVef	LVd	NVef
--- $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ---	----- mg L^{-1} -----			
0	74,8	-	77,3	23,1
50	89,6	-	86,8	20,1
100	86,6	-	77,8	-
150	59,8	-	64,7	11,0
200	72,3	3,2	111,5	-
2° Ciclo				
0	12,8	1,22	47,7	0,92
50	67,9	1,40	53,1	-
100	-	0,70	61,5	-
150	-	1,05	-	94,6
200	-	0,87	42,1	47,3

Anjos e Mattiazzo (2000) trabalhando com biossólido de tratamento de esgoto com repetidas aplicações em solo arenoso (LAd) e solo argiloso (LVd) quantificou a lixiviação de nitrato na água drenada dos vasos, atingindo valores de até 96 mg L^{-1} com doses médias de 78 Mg ha^{-1} , demonstrando o poder de acumulação do nitrato em camadas subsuperficiais.

Os resultados demonstram que pela incorporação dos dejetos suínos nos solos, além do maior aproveitamento de nutriente pelas plantas, promoveram a possibilidade de maiores perdas por lixiviação, favorecidas em solos de textura média com baixos teores de matéria orgânica, CTC, e aplicação de calagem. Para o solo de textura argilosa com bons teores de matéria orgânica, pH e a incorporação

dos dejetos suínos podem ocasionar a lixiviação, em condições favoráveis de temperatura e umidade.

A influência dos teores de matéria orgânica do solo nas quantidades de NO_3^- lixiviadas em soluções eluídas, foi constatado por Seidel (2005) em solo argiloso (LVef) tratado com dejetos de suínos. As maiores perdas de nitrato lixiviado ocorreram nas primeiras extrações, com exceção no maior teor de matéria orgânica (34,09), e com valores de pH 6,0 e 7,0.

As repetidas aplicações dos dejetos devem ser acompanhadas de monitoramento das concentrações de nitrato nos solos para um controle de perdas de nutrientes e riscos de contaminação de lençóis freáticos e cursos d'água.

CONCLUSÕES

- A produção de biomassa seca da parte aérea apresentou resposta linear com a aplicação dos dejetos.

- Para os dois solos em estudo (NVef e LVd) ocorreu incremento na concentração de N-mineral ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) com aumento da profundidade de 20 cm para 60 cm.

- No solo argiloso (NVef) a forma de nitrogênio predominante foi a amoniacal com acréscimo de $7,9 \text{ mg kg}^{-1}$ na camada de 20 cm para $33,41 \text{ mg kg}^{-1}$ a 60 cm de profundidade.

- O teor de nitrato no solo de textura média aumentou de $5,44 \text{ mg kg}^{-1}$ na camada de 20 cm para $24,62 \text{ mg kg}^{-1}$ a 60 cm de profundidade.

- O dejetos in natura proporcionou menor teor de nitrato no solo em relação ao efluente do biodigestor.

- A perda de nitrato por lixiviação, no solo de textura média, foi superior ao limite permitido pela legislação com aplicação de dejetos in natura e efluente do biodigestor. Assim, na definição de dose a ser aplicada é fator preponderante o risco ambiental, ainda que haja resposta em produção de biomassa.

ANEXOS

Quadro 14. Percentual do conteúdo de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ lixiviado em função da quantidade de $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$ no dejetto in natura e efluente do biodigestor aplicados, após o primeiro e o segundo ciclo vegetativo de capim mombaça em solo argiloso (NVdf) e de textura média (LVd)

1° Ciclo				
Dose	Dejetto in natura		Efluente do Biodigestor	
	LVd	NVef	LVd	NVef
--- m ³ ha ⁻¹ ---	----- % -----			
0	-	-	-	-
50	143,96	-	130,2	54,09
100	51,52	-	56,44	-
150	62,22	-	17,29	15,08
200	24,45	0,74	21,50	-
2° Ciclo				
0	-	-	-	-
50	31,07	0,71	14,31	-
100	-	1,40	40,93	-
150	-	0,34	-	1,82
200	-	0,91	7,25	0,60



Figura 6. Primeiro ciclo vegetativo do capim mombaça com a aplicação do dejeito in natura e efluente do biodigestor no solo de textura média (LVd).



Figura 7. Primeiro ciclo vegetativo do capim mombaça com a aplicação do dejetos in natura e efluente do biodigestor no solo argiloso (NVef).



Figura 8. Segundo ciclo vegetativo do capim mombaça com a aplicação do dejetos in natura e efluente do biodigestor no solo de textura média (LVd).

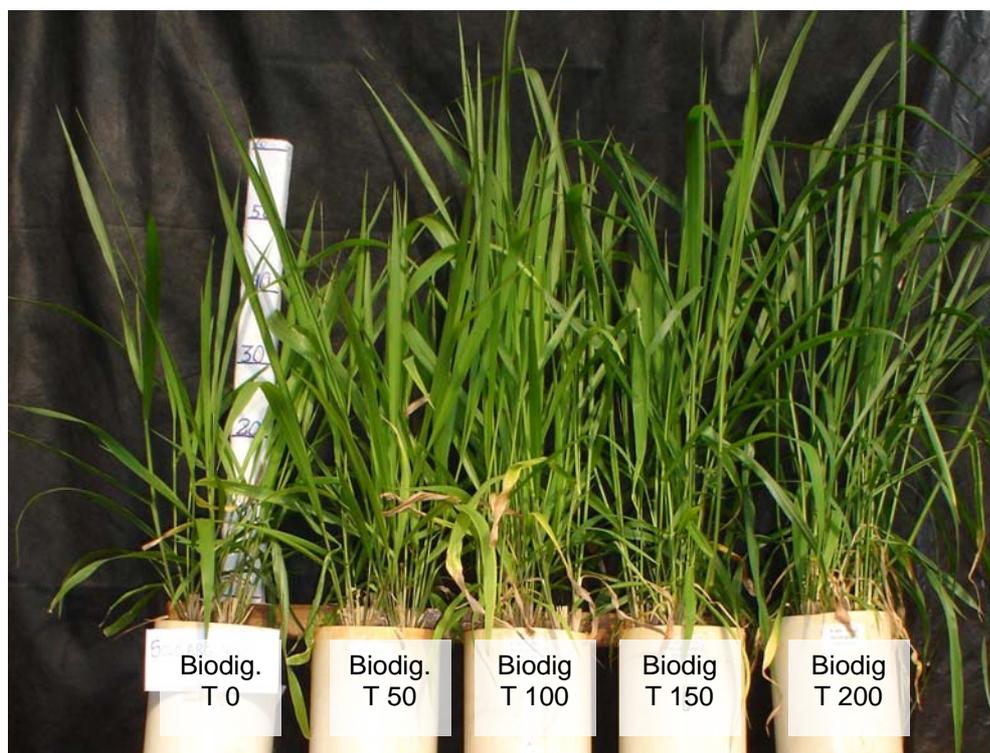
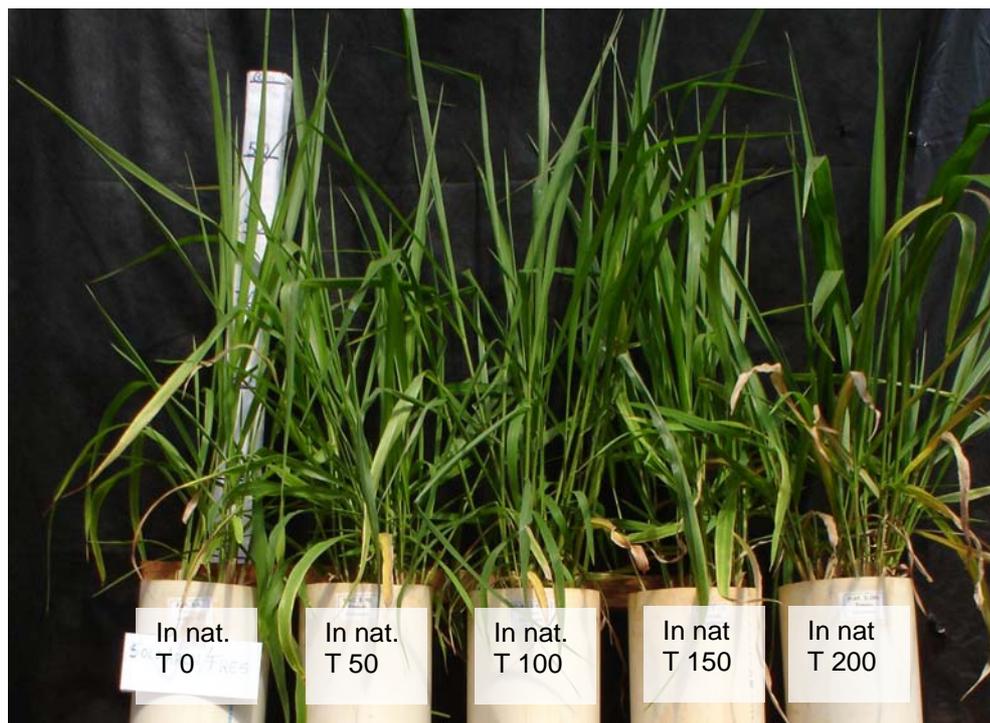


Figura 9. Segundo ciclo vegetativo do capim mombaça com a aplicação do dejetos in natura e efluente do biodigestor no solo argiloso (NVef).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.C. e MONTEIRO, A.F. Respostas de *Cynodon dactylon* cv. Croastcross 1 a níveis de nitrogênio em solução nutritiva. IN: XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais**. p.743. Viçosa, MG. 1995.

ANJOS, M.R.A.; MATTIAZZO, E.M. Lixiviação de Íons Inorgânicos em Solos Repetidamente Tratados com Biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.942-938, 2000.

ARAUJO, R.A.; CARVALHO, N.L.J.; GUILHERME, G.R.L.; CURI, N.; MARQUES, J. J. Movimentação de nitrato e amônio em colunas de solo. **Revista Ciência Agrotecnológica**, v.28, n.3, p. 537-541, 2004.

BASSO, J.C.; CERETTA, C.A.; DURIGON, R.; SILVEIRA, M.J.; BARCELOS, L.AR. Aplicação de Esterco Líquido de Suínos e Efeito sobre Características Químicas de Solo sob Natural. Pastagem XIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação de Água e Solo. **Anais**. CD Room. I LHÉUS,2000.

BASSO, J.C. Perdas de Nitrogênio e Fósforo com Aplicação no Solo de Dejetos Líquidos de Suínos. Santa Maria, 2003. 125p. Dissertação (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

BATAGLIA, C.O.; BERTON, S.R.; CAMARGO, A.O.; VALDARES, S.A.M.J. Resíduos orgânicos como fontes de nitrogênio para capim-braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.277-284, 1983.

CERETTA, A.C; DURIGON, R.; BASSO, J.C.; BARCELLOS, R.A.L.; VIEIRA, B.C.F. Características químicas de solos sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, p.729-735, 2003

CETSAM, **Centro de Tecnologia em Saneamento Básico e Ambiental**. Resolução CONAMA 020/86 e Portaria N° 36/90 do Ministério da Saúde. Curitiba, 1991.

CORSI, M. e SANTOS, M.P. Potencial de Produção do Panicum maximum. IN: XII Simpósio sobre Manejo de Pastagem. O Capim Colonião. **Anais**. p.275, Piracicaba. FEALQ, 345 p. 1995.

DARTORA, V.; PERDOMO, C.C.; TUMELEIRO, I.L. **Manejo de Dejeto de Suínos**. Boletim Informativo de Pesquisa – EMBRAPA Suínos e Aves e Extensão – EMATER/RS. Ano 7 n°11, março/1998.

DYNIA, F.J. e CAMARGO de, A.O. Retenção de nitrato num solo de carga variável, influenciada por adubação fosfatada e calagem. Notas Científicas. **Revista Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.34, n.1, p.141-144, 1999.

DURIGON, R.; CERETTA, A.C.; BASSO, J.C.; BARCELLOS, R.A.L.; PAVINATO, S.P. Produção de Forragem em Pastagem Natural com o uso de Esterco Líquido de Suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,26:983-992, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo, Rio de Janeiro. RJ. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPS, 1999. 412 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo, Rio de Janeiro. RJ. **Métodos de Análise do Solo**. Brasília: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p.

ERNANI, R.P., SANGOI, L.; RAMPAZZO, C. Lixiviação e Imobilização de Nitrogênio num Nitossolo como Variáveis da forma de Aplicação da Uréia e da Palha de Aveia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.993-1000, 2002.

ERNANI, R.P. Necessidade da adição de nitrogênio para o milho em solo fertilizado com esterco de suínos, cama de aves e adubos minerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V.8, p.313-317, 1984.

EUCLIDES, B.P.V. Valor alimentício de espécies forrageiras do gênero Panicum. IN: XII Simpósio sobre Manejo de Pastagem. O Capim Colonião. **Anais**. p.245, Piracicaba. FEALQ, 345 p., 1995.

FERNANDES, B. e SYKES, I. D. Capacidade de campo e retenção de água em três solos de Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa. v.15, n.18, p.1-39, 1968.

FEY, R. Dinâmica do Nitrogênio, produção de biomassa seca e concentração de nutrientes em plantas de milho em solos submetidos a efluentes da suinicultura. Marechal Cândido Rondon,PR:UNIOESTE 2003.38p. Dissertação de Mestrado.

GIANELLO, C. e ERNANI, R.P. Rendimento de matéria seca de milho e alterações na composição química do solo pela incorporação de quantidades crescentes de cama de frangos, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**.n.7, p.285-290, 1983.

GUEDES, N.J.; OLIVEIRA ,C de.; DIAS, C.F.; ALVES, R.J.B; URQUIAGA, S. Influência da acidez do solo no processo de nitrificação. **Anais...** Fertibio.Rio de Janeiro,RJ. CD rom.,2000.

HAAG, P.H. e DECHEN, R.A. Deficiências minerais em plantas forrageiras. **Pastagens. Fundamentos da Exploração Racional**.2ª ed. ,908p., 1994.

JUNIOR, L.J, e MONTEIRO, A.F. Perfilhamento, área foliar e sistema radicular do capim-mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1068-1075, 2003.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos**. Ed.Agro Ceres, São Paulo.SP. 1985.

KINJO, T.; MARCOS, Z.Z.; e JACOB, M.O. Produção de nitrato por incubação de amostras do horizonte Ap de solos da região canavieira de Piracicaba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V.2, p. 103-106, 1978.

KONZEN, A.E. Fertilização de Lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. In: V Seminário Técnico da Cultura do Milho. **Anais...** Videira, SC. 15 p., 2003.

LUCHESE, E.D.; FAVERO, L.OB.; LENZI, E. **Fundamentos da Química do Solo**. Rio de Janeiro. Ed.Freitas Bastos, 2001.

MACEDO, M.C.M; EUCLIDES, V.P.B.; OLIVEIRA, M.P. Seasonal changes in chemical composition of cultivated tropical grasses in the savannas of Brasil. IN: International Grassland congress, 17., Palmerston North, 1993. **Proceedings...** New Zealand Grassland Association, p. 2000-2002.

MARSCHNER H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London, Academic Press, 2ª ed., 889 p. 1995.

OLIVEIRA, F.C.; MATTIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R.; MORAES,S.O Percolação de nitrato em latossolo amarelo distrófico afetada pela aplicação de composto de lixo urbano e adubação mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25: 731-741, 2001.

OLIVEIRA de, V.A.P. Produção e Manejo de Dejetos de Suínos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, **Anais...** 38., Piracicaba. CD-Rom, FEALQ, 2001.

PAVAN, M.A.; MEDIARAHN, M. **Manual de Análise Química de Solo e Controle de Qualidade**. Londrina. IAPAR, 1992, 40p.

PEREIRA, W.L.M. Doses de potássio e de magnésio em solução nutritiva para o capim mombaça. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP. 2001.Tese doutorado.128p. IN: JUNIOR, I.J. e MONTEIRO, A.F. Perfilamento, área foliar e sistema radicular do capim mombaça submetido a combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.32, n.5, p.1068-1075, 2003.

PORT, O.; AITA, C. e GIACOMINI, J. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia com o uso de dejetos de suínos em plantio direto. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.38, n.7, p.857-865, 2003.

QUEIROZ de, M. F.; MATOS de, T. A.; PEREIRA, G. O.; OLIVEIRA de, A. R. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1487-1492, 2004

RAIJ,B.van. **Fertilidade do solo e Adubação** São Paulo; Piracicaba, CERES/Potafos,1991.

RAMBO, L.; SILVA da, F. R. P.; ARGENTA, G.; BAYER, C. Testes de Nitrato no Solo como Indicadores Complementares no Manejo da Adubação Nitrogenada em Milho. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.4, p.1279-1287, 2004.

ROSA, B.; BARNABÉ, A.G.H.F.; LEANDRO, M.W.; BORGES, F.G.T. Efeito de dejetos líquidos em atributos químicos do solo, cultivado com capim braquiarião. **Anais... Fertilizantes**. Lages,SC. CD rom.,2004.

SANTOS, R.A.; CORRÊA, D.B.; MONTEIRO, A. Efeitos de níveis de nitrogênio sobre o rendimento de matéria seca, teor de nitrogênio e perfilhamento em *Panicum maximum* cultivar vencedor. In: XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, **Anais**. P.741.Viçosa,MG, 1995.

SEIDEL, P.E. Dinâmica do nitrogênio e a disponibilidade de cobre em Latossolo Vermelho eutroférico tratados com dejetos de suínos. Maringá, PR. Universidade Estadual de Maringá. 2005, 100 p. Dissertação de Doutorado.

SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T. e DIAS, L.F.X. Potencial Fertilizante do Esterco Líquido de Suínos da Região Oeste Catarinense. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.8, n°2, 1995.

SILVEIRA, M. S.J.; SANT'ANNA, R.; RENA, B. A.; GARCIA, R. Transporte de Nitrogênio em função de várias proporções de nitrato e amônio. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.15-23, 1985.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, A.C.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, J.S. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Boletim Técnico n°5. Departamento de Solos, UFRGS, Porto Alegre, 1995.

VIEIRA, F.R. e CARDOSO, A.A. Variações nos teores de nitrogênio mineral em solo suplementado com lodo de esgoto. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.7, p. 867-874, 2003.