

## **AVALIAÇÃO DO EFEITO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS DO ABATE DE BOVINOS NA LIXIVIAÇÃO DE NITRATO EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO**

### **EVALUATION OF THE EFFECT OF ORGANIC RESIDUES FROM CATTLE SLAUGHTER ON NITRATE LEACHING IN RED-YELLOW LATOSOL**

Jose Rafael Franco<sup>1</sup>                      Genelicio Crusoé Rocha<sup>2</sup>      Leonardo França da Silva<sup>2</sup>  
Jéssica Mansur Siqueira Crusoé<sup>3</sup>      Cristiano Márcio Alves de Souza<sup>3</sup>

#### **RESUMO**

Apesar de abundante na atmosfera, o nitrogênio possui baixa disponibilidade no solo devido à sua alta instabilidade, o que demanda a utilização de fertilizantes para atender às necessidades das culturas agrícolas. Contudo, a lixiviação de nitrato ( $N-NO_3^-$ ) representa uma preocupação ambiental e econômica, sendo agravada pelo manejo inadequado da adubação orgânica e organomineral. Este estudo avaliou o efeito da aplicação de dois resíduos orgânicos provenientes do abate de bovinos – um compostado e outro *in natura* – na lixiviação de nitrato em um Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média. O experimento foi conduzido em laboratório, utilizando colunas de lixiviação preenchidas com solo e diferentes doses dos resíduos aplicados, em delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições. Amostras do lixiviado foram coletadas após a aplicação de lâminas de água em intervalos regulares. Os resultados mostraram que a maior lixiviação de nitrato ocorreu na aplicação da primeira lâmina de água, com valores significativamente superiores aos limites estabelecidos pela legislação brasileira para águas de consumo humano. Nas coletas subsequentes, os teores de  $N-NO_3^-$  reduziram-se progressivamente, permanecendo abaixo ou próximos aos limites toleráveis. Não foi observada intensificação da lixiviação nos tratamentos que receberam adubação em comparação àqueles sem fertilização, indicando que a aplicação de água foi o principal fator de lixiviação. O estudo destaca a importância de práticas agrícolas que considerem as características do solo e dos resíduos aplicados, visando minimizar impactos ambientais e otimizar o uso de fertilizantes.

**Palavras-chave:** Adubação Orgânica; Lixiviação; Nitrato; Resíduos Orgânicos; Solo.

<sup>1</sup> Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Av. Prof. Célio Ferreira da Silva, 1001 - Jardim Europa I, Avaré - SP, 18707-150. e-mail: jose\_rafael.franco@hotmail.com

<sup>2</sup> Docente da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal De Viçosa.

<sup>3</sup> Docente da Universidade Federal da Grande Dourados

## ABSTRACT

Nitrogen, although abundant in the atmosphere, has low availability in the soil due to its high instability, requiring the use of fertilizers to meet agricultural demands. However, nitrate leaching ( $\text{N-NO}_3^-$ ) poses environmental and economic concerns, exacerbated by improper management of organic and organomineral fertilization. This study evaluated the effect of applying two organic residues from cattle slaughter - one composted and the other in natura - on nitrate leaching in a medium-textured Red-Yellow Latosol. The experiment was conducted in a laboratory using leaching columns filled with soil and different residue doses, arranged in a randomized block design with three replications. Leachate samples were collected after applying water layers at regular intervals. The results showed that the highest nitrate leaching occurred after the first water layer application, with values significantly exceeding the limits set by Brazilian legislation for drinking water. In subsequent collections,  $\text{N-NO}_3^-$  concentrations progressively decreased, remaining below or close to acceptable thresholds. No significant increase in leaching was observed in treatments receiving fertilization compared to those without it, indicating that water application was the primary factor for leaching. This study highlights the importance of agricultural practices that account for soil characteristics and the properties of applied residues to minimize environmental impacts and optimize fertilizer use.

**Keywords:** Organic Fertilization; Leaching; Nitrate; Organic Residues; Soil.

---

<sup>1</sup> Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Faculdade de Tecnologia de Botucatu. Av. Prof. Célso Ferreira da Silva, 1001 - Jardim Europa I, Avaré - SP, 18707-150. e-mail: jose\_rafael.franco@hotmail.com

<sup>2</sup> Docente da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Doutorando em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal De Viçosa.

<sup>3</sup> Docente da Universidade Federal da Grande Dourados

## 1 INTRODUÇÃO

O nitrogênio representa 78% dos gases presentes na atmosfera, porém, no solo, a disponibilidade de nitrogênio às plantas é escassa, o que pode ser explicada pela elevada instabilidade do  $N_2$ . Assim, em muitas situações, o solo é incapaz de suprir todas as necessidades das culturas, tornando obrigatória a utilização de fertilizantes para a obtenção de produtividade satisfatória.

O nitrogênio no solo pode se apresentar em formas químicas diferenciadas, tendo uma dinâmica muito acelerada em comparação aos demais nutrientes. Uma das formas predominantes é o nitrato, caracterizado por uma alta mobilidade que acarreta elevadas perdas por lixiviação e a consequente contaminação de recursos hídricos.

O custo crescente associado às altas perdas de fertilizantes nitrogenados exigem da agricultura moderna práticas de manejo que resultem em melhor eficiência de utilização do nitrogênio na agricultura. A reciclagem de resíduos via utilização agronômica, especialmente através de compostagem, tem apresentado grande potencial devido à melhoria das características químicas, físicas e biológica dos solos e ainda, possibilitar a redução dos custos de produção (Melo; Marques, 2000). Todavia, o desconhecimento sobre a quantidade e a frequência com que esses materiais devem ser aplicados ao solo pode favorecer o processo de lixiviação de  $NO_3^-$ , disponibilizado pela mineralização da matéria orgânica.

Compostos orgânicos e fertilizantes organominerais são amplamente utilizados na produção agrícola e ultimamente estão sendo empregados também na recuperação de áreas degradadas. Contudo, o manejo incorreto da adubação orgânica pode resultar em elevadas perdas de nutrientes por lixiviação e na consequente contaminando águas subterrâneas e superficiais (Borken; Xu; Beese, 2004). Isso pode ocorrer tanto devido à dose quanto à natureza do adubo orgânico aplicado que influem na intensidade de solubilização dos nutrientes (Bugbee; Elliott, 1999).

A utilização de composto orgânico na agricultura tem sido uma forma eficiente de manutenção das reservas de frações orgânicas e inorgânicas de N (Sharma *et al.*, 1992), muito embora o seu uso intensivo possa contribuir para o aumento no nível de nitrato nos mananciais por meio de lixiviação. Em decorrência disso, as reservas de água podem tornar-se eutrofizadas, pondo em risco a saúde humana e de animais domésticos (McCarty; Bremner, 1992; Heatwait *et al.*, 1993).

O ânion nitrato tem baixa interação química com os minerais do solo. A predominância de cargas negativas no solo, ou pelo menos nas camadas superficiais nos solos tropicais, e a

baixa interação química do  $\text{NO}_3^-$  com os minerais fazem com que esta forma de nitrogênio esteja sujeita à movimentação para camadas mais profundas, podendo atingir águas superficiais ou o lençol freático. Problemas associados ao excesso de  $\text{NO}_3^-$  no ambiente tem levado à regulamentação e ao controle de práticas agrícolas nos Estados Unidos e na Europa, com o abastecimento de limitações nas dosagens de adubos nitrogenados orgânicos e minerais em solos predispostos à lixiviação (Cantarella, 2007).

De acordo com Cantarella (2007), quanto maior a taxa de difusão e maior o tamanho dos agregados do solo menor a lixiviação. Isso ocorre quando a maior parte do  $\text{NO}_3^-$  está ou é produzido no interior dos agregados do solo, como é o caso do N mineralizado a partir da matéria orgânica do solo, ou o N do fertilizante que esteve em contato com o solo por um tempo longo o suficiente para atingir algum equilíbrio e migrar para o interior dos agregados.

No Brasil, Fernandes *et al.* (2006) encontraram baixas perdas de  $\text{NO}_3^-$  por lixiviação em um solo arenoso ( $840 \text{ g kg}^{-1}$  de areia) cultivado com milho que tinha recebido  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, na forma de sulfato de amônio e marcado com  $\text{N}^{15}$ . Dos  $22 \text{ kg ha}^{-1}$  encontrados até 80 cm de profundidade, apenas  $0,3 \text{ kg ha}^{-1}$  do N provinha da fertilização química, sendo o restante oriundo da mineralização da matéria orgânica do solo.

Estudos com lisímetros cultivados com capins e manejados sob corte têm mostrado que, quando nenhum fertilizante nitrogenado é aplicado, a lixiviação de N-nitrato é irrelevante (menor que  $2,5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) (Webster; Dowdell, 1984; Primavesi *et al.*, 2006). Segundo a resolução CONAMA 357/05, são admitidas concentrações de até  $10 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  na água para o consumo humano.

A redução da perda de nitrato é importante por três razões: representa perda de N do solo disponível à planta; se perdido na forma de  $\text{N}_2\text{O}$  poderá reforçar o aquecimento global e, com isso, reduzir a disponibilidade de água como consequência da maior evapotranspiração; o  $\text{NO}_3^-$  ao atingir os mananciais podem causar eutrofização em ecossistemas naturais normalmente pobres em N (Primavesi *et al.*, 2002).

Para a recomendação de adubação orgânica ou organomineral de modo a contribuir com o aumento da produtividade das culturas e, ao mesmo tempo evitar os riscos de contaminação dos recursos naturais, faz-se necessário conhecer as características do solo e a composição dos adubos a ser aplicada. Essas medidas favorecem a aplicação de doses compatíveis com a necessidade da planta e com a capacidade de o solo reter o referido material, evitando perdas e contaminação do ambiente.

O objetivo do estudo foi verificar o efeito da aplicação de dois resíduos orgânicos gerados no abate de bovinos, um compostado e outro in natura, na lixiviação de  $\text{N-NO}_3^-$  em um Latossolo Vermelho-amarelo, distrófico, textura média.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo, foi conduzido experimento no laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho-Amarelo com as características químicas e físicas apresentadas no Tabela 1.

Tabela 1- Características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.

característica	Valor
pH em água <sup>1/</sup>	4,5
P <sup>2/</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	0,4
K <sup>2/</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	13
Ca <sup>3/</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,06
Mg <sup>3/</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,01
Al <sup>3/</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,4
H + Al <sup>4/</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,3
SB <sup>5/</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,1
t <sup>6/</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,5
T <sup>7/</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,4
V <sup>8/</sup> %	2,3
m <sup>9/</sup> %	80
MO <sup>10/</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	1,41
P-remO <sup>11/</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	32
Zn <sup>2/</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	0,25
Fe <sup>2/</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	39,2
Mn <sup>2/</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	4,6
Cu <sup>2/</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	0,14
Teor de Argila (dag kg <sup>-1</sup> )	28
Teor de Areia (dag kg <sup>-1</sup> )	68
Teor de Silte (dag kg <sup>-1</sup> )	4
Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	1,4
Densidade das partículas (g cm <sup>-3</sup> )	2,67

<sup>1/</sup> Relação solo água 1:2,5; <sup>2/</sup> Extrator Mehlich 1; <sup>3/</sup> Extrator KCl 1 mol/ L; <sup>4/</sup> Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/ L; <sup>5/</sup> Soma de bases; <sup>6/</sup> CTC efetiva; <sup>7/</sup> CTC a pH 7,0; <sup>8/</sup> Índice de saturação por bases; <sup>9/</sup> Índice de saturação por Alumínio; <sup>10/</sup> Matéria Orgânica; <sup>11/</sup> Fósforo remanescente.

Os dois tipos de adubos orgânicos utilizados foram: um composto orgânico (C) e aparas de carne e osso na forma *in natura* (FCA), ambos produzidos com resíduos gerados no abate de bovinos em um frigorífico do município de Gurupi-TO (Cooperfrigu).

Na caracterização química dos resíduos (Tabela 2) foram analisados os teores de Carbono Orgânico Total (Yeomans; Bremner, 1988); N total pelo método Kjeldahl (Bremner; Mulvaney, 1982); elementos totais extraídos por meio digestão ácida (Lamothe *et al.*, 1986), determinando nos extratos os teores totais dos elementos P, B, Co, Fe, Mn, Cu, Mo, Zn, Si, Al, Cr, Cd, Ni, Pb e Cl por espectrometria de emissão em plasma; Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e, K e Na por espectrometria de emissão em chama.

Tabela 2 - Caracterização química dos resíduos.

Elementos	Composto	FCO
N (dag/ kg)	2,36	7,00
P(P2O5) (dag/ kg)	7,89	14,00
K (mg/ L)	0,19	0,69
Mg (mg/ L)	1,72	0,24
Ca (mg/ L)	5,01	12,84
Na (mg/ L)	0,32	4,91
Mn (mg/ L)	0,02	0,00
Zn (mg/ L)	0,07	0,08
Ni (mg/ L)	0,00	0,00
Cu (mg/ L)	0,01	0,02
Fe (mg/ L)	1,46	0,32
Al (mg/ L)	1,85	0,15
Co (mg/ L)	0,00	0,00
Mo (mg/ L)	0,00	0,00
Pb(mg/ L)	0,00	0,00
Cr (mg/ L)	0,01	0,00
Cd (mg/ L)	0,00	0,00

Fonte: Próprio Autores, 2024.

Para avaliar o potencial de lixiviação de  $N-NO_3^-$  em função da aplicação de C e FCA no solo, as unidades experimentais foram constituídas por colunas de lixiviação, confeccionadas a partir de tubos de PVC, com 38 cm de altura e 6,6 cm de diâmetro. Os 38 centímetros de altura de cada coluna foram divididos em camadas da seguinte forma, da base à extremidade superior: 1,5 cm de lã de vidro, 5 cm de areia grossa, 1,5 cm de lã de vidro, 25 cm de solo e 5 cm livres para a adição da água no momento das percolações. A areia e a lã de vidro foram

incluídas com o intuito de facilitar a drenagem e evitar a perda de solo. Na base de cada coluna foi colocada uma tampa de PVC, na qual foi feito um orifício na parte central, com aproximadamente 3 mm de diâmetro, a fim de permitir a saída da solução percolada. Em torno desta tampa foi acoplado um funil plástico para facilitar o direcionamento da solução percolada aos frascos de coleta (Mantovani *et al.*, 2007).

Em cada coluna, foram acondicionados 1,197 kg de solo (base seca ao ar), obtendo-se densidade de  $1,4 \text{ g dm}^{-3}$ . O solo foi colocado na coluna de uma única vez, sem compactação e acomodado com batidas leves da coluna sobre um balcão de concreto, de modo a sobraem 5 cm na parte superior.

Os resíduos foram incubados por um período de sete dias, com umidade a 70 % da capacidade de campo do solo. Após esse período, foram aplicadas cinco lâminas de água, aos 0, 7, 14, 21 e 28 dias (Lima, 2006). A lâmina de água aplicada foi correspondente a uma vez o volume de poros. O volume total de poro (VTP) Eq. 1 foi estimado utilizando a fórmula:

$$VTP = \pi * r^2 * h * (1 - (Ds / Dp)) \quad (1)$$

Em que:  $r$  é o raio do tubo de PVC (6,6 cm);  $h$  é o comprimento do referido tubo ocupado com o solo (25 cm);  $Ds$  é a densidade do solo ( $1,4 \text{ g/ cm}^3$ ); e  $Dp$  é a densidade das partículas ( $2,67 \text{ g/ cm}^3$ ).

O experimento foi implantado seguindo um delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições. Os 11 tratamentos foram obtidos em um esquema fatorial 2 X 5, sendo: dois resíduos e cinco doses de aplicação (0; 0,5; 1; 2 e 3 vezes a recomendação mineral equivalente a  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), e mais um tratamento adicional constituído pela recomendação de adubação mineral para o cultivo do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq vr. Mombaça) de  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de N,  $70 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

Amostras do lixiviado foram recolhidas e submetidas à análise dos teores de nitrato (Yang, et al., 1998).

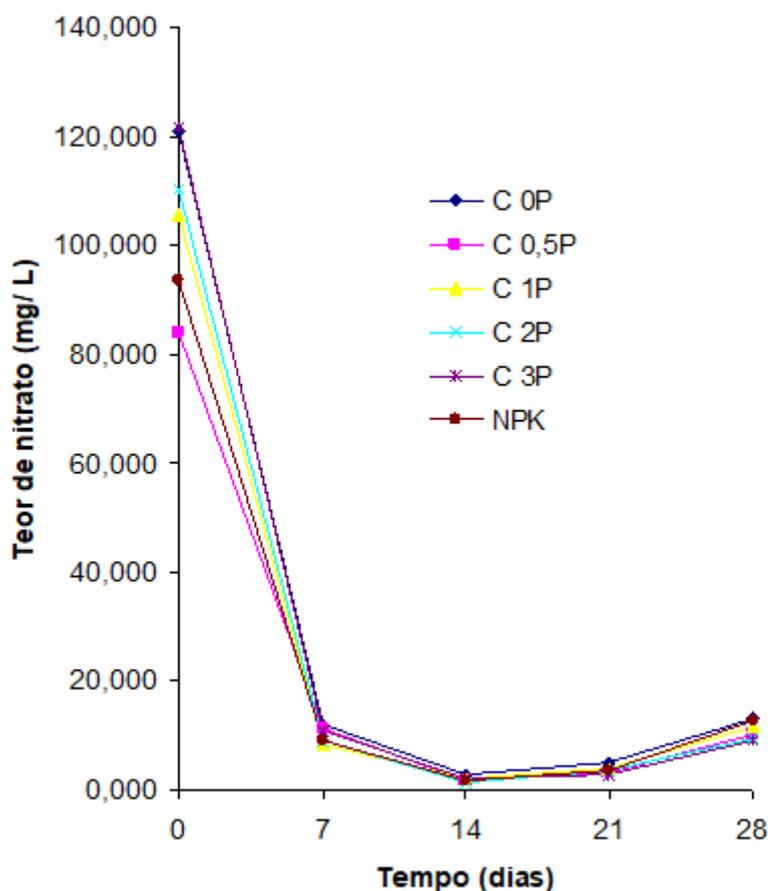
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no lixiviado ocorreram na aplicação da primeira lâmina de água em todos os tratamentos, fato também descrito nos trabalhos de Li *et al.* (1997) e Lima (2006). Tal comportamento já era esperado, uma vez que a água aplicada corresponde a uma chuva de 117 mm, portanto intensa o suficiente para promover a lavagem desse ânion de alta

mobilidade no solo. Devido a esta característica, Walker *et al.* (2000) apontam as precipitações pluviométricas como o principal fator a ser considerado nas avaliações de lixiviação de nitrato.

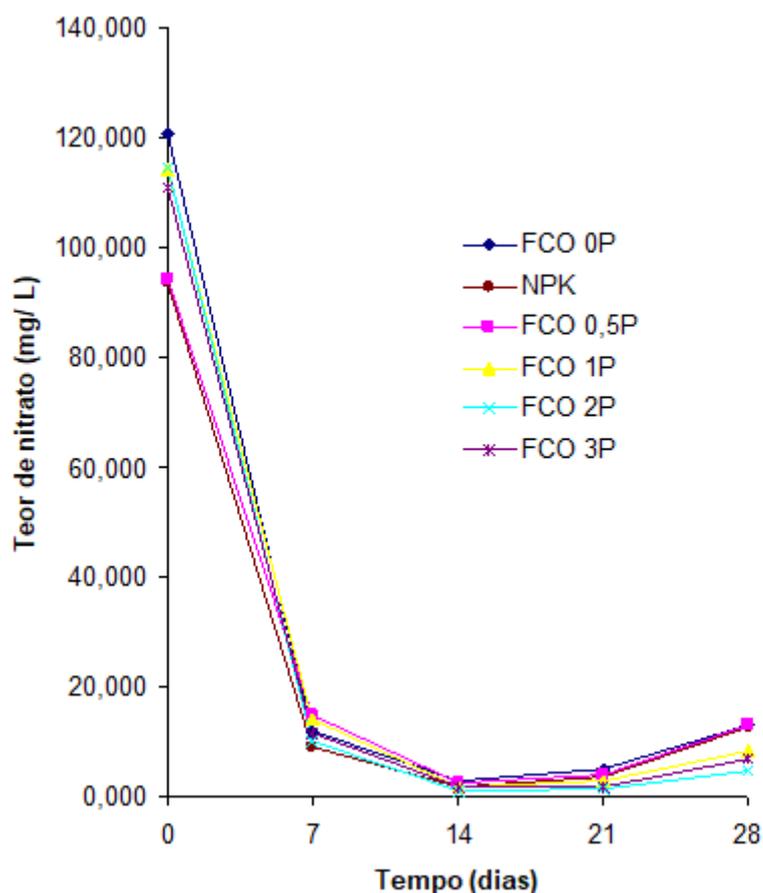
Os teores encontrados na primeira coleta foram cerca de dez vezes superiores ao limite de 10 mg/ L de N- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> estabelecido pela Resolução CONAMA 375/ 05 (BRASIL, 2005) como tolerável na classificação dos corpos de água doce e pela Portaria nº 518/ 2004 (BRASIL, 2004) como aceitável para o consumo humano. Isso poderia representar um risco potencial de poluição do lençol freático decorrente da disposição dos resíduos no solo, todavia, foi verificado que a maior lixiviação de nitrato ocorreu nas colunas que não receberam doses dos fertilizantes (Figura 1 e Figura 2).

Figura 1 - Teor de nitrato do lixiviado após aplicação de lâmina de água, equivalente a uma vez o volume de poros, em solo fertilizado com composto orgânico nas doses de 0, 0,5, 1, 2, e 3 vezes o equivalente a 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e com a adubação mineral recomendada ao capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq vr. Mombaça).



Fonte: Próprio Autores, 2024.

Figura 2 - Teor de nitrato do lixiviado após aplicação de lâmina de água, equivalente a uma vez o volume de poros, em solo fertilizado com resíduo in natura do abate de bovinos nas doses de 0, 0,5, 1, 2, e 3 vezes o equivalente a 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e com a adubação mineral recomendada ao capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq vr. Mombaça).



Fonte: Próprio Autores, 2024.

Na coleta do lixiviado da segunda lâmina aplicada, foram verificados teores de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> inferiores ou próximos do limite de 10 mg/ L, reduzindo-se a possibilidade de impactos ambientais negativos. Na terceira e quarta coleta todos os tratamentos originaram lixiviados com teores inferiores a 5 mg/ L N NO<sub>3</sub><sup>-</sup> enquanto na quinta coleta os teores ficaram próximos aos da segunda. Houve, portanto, um ligeiro aumento da concentração de nitrato nas últimas semanas do experimento que, por ser verificado inclusive na testemunha, pode ter ocorrido pela intensificação da mineralização do N orgânico nativo do solo (Dyenia *et al.*, 2006).

Gheysari *et al.* (2009), estudando a lixiviação de nitrato em campo de milho, concluíram que essa forma de perda de Nitrogênio aumentava em resposta a cada quantidade adicional de adubo ou água aplicada. No entanto, no presente trabalho foi verificada relação do aumento da dose com aumento na quantidade de nitrato lixiviado apenas na primeira coleta dos tratamentos

que continham o resíduo compostado, formando a seguinte seqüência C 0,5P < . C 1P < C 2P < C 3P.

Os dados referentes aos tratamentos 0P e NPK, a testemunha e a recomendação mineral respectivamente, estão de acordo com o relatado por Dynia *et al.* (2006) que encontraram valores menores de nitrato no lixivado da adubação mineral que no da testemunha, porém em condições de campo e com a aplicação de lodo de esgoto. No entanto, esses mesmos autores citam outro trabalho onde foi observado o contrário, atribuindo tal fato às diferenças nas condições experimentais.

#### 4 CONCLUSÕES

Os teores de N NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no lixiviado resultante da primeira lâmina d'água aplicada excederam significativamente os limites máximos aceitáveis pela Portaria n. 518/2004 para consumo humano e pela Resolução CONAMA 357/ 2005 para a classificação de corpos de água doce. Nas demais coletas os teores ficaram próximos do tolerável ou abaixo.

A lixiviação de nitrato não se acentuou nos tratamentos que receberam adubação em relação ao que não recebeu.

A aplicação da lâmina d'água demonstrou ser a principal causa da lixiviação do nitrato ocorrida no experimento.

#### REFERÊNCIAS

BORKEN, W.; XU, Y. J.; BEESE, F. Amonium, nitrate and dissolved organic nitrogen in seepage water as affected by compost amendment to European beech, Norway spruce, and Scots pine forests. **Plant and Soil**, v. 258, n. 1, p. 121-134, jan. 2004.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde - Portaria no 518, de 25 de março de 2004. “Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências”. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 26 de março de 2004. seção 1.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Total nitrogen. In: PAGE, A. L.; **ED Methods of soil analysis**. Medison: American Society of Agronomy, p. 595-694. 1982.

BUGBEE, G. J.; ELLIOTT, G. C. Effects of sucrose and dried alum sludge on the growth of rudbeckia and leaching of nitrogen and phosphorus from potting media containing biosolids compost. **Environmental Contamination and Toxicology**, v. 63, p. 766-773, 1999.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Viçosa-MG: 2007. p. 275-470.

DYNIA, J. F. Lixiviação de nitrato em Latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**; v. 41, n. 5, p. 855-862. Maio 2006.

FERNANDES, L. A.; LIBARDI, P. L.; CARVALHO, L. A. Internal drainage and nitrate leaching in a corn-black oat-corn succession with two split nitrogen applications. **Sci. Soc. Am J.**, v. 63, p. 483-492, 2006.

GHEYSARI, M.; MIRLATIFI, S. M.; HOMAEE, M.; ASADI, M. E.; HOOGENBOOM, G. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. **Agricultural Water Management**, v. 96, June 2009, p. 946-954, Jun. 2009.

LI, Y. C.; STOFFELLA, P. J.; ALVA, A. K.; CALVERT, D. V.; GRAETZ, D. A. Leaching of nitrate, ammonium and phosphate from compost amended soil columns. **Compost Science & Utilization**, v. 5, n.2, p. 63-67, 1997.

LIMA, C.C. **Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral** 2006.167 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MANTOVANI, A.; ERNANI, P. R.; SANGOI, L. A adição de superfosfato triplo e a percolação de nitrogênio no solo. **Revista Brasileira Ciência Solo**, set./out. v. 31, n. 5, p. 887-895. 2007.

MCCARTY, G.W.; BREMNER, J.M. Factors affecting the availability of organic carbon for denitrification of nitrate in subsoils. **Biology and Fertility of Soils**, v. 14, n. 3, p. 219-222, 1992.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.109-141.

SHARMA, K. L.; BAJAJ, J. C.; DAS, S. K.; RAO, U. M. B.; RAMALINGASWAMI, K. Nutrient transformation in soil due to addition of organic manure and growing crops: 1. Nitrogen. **Fertility Research**, v. 32, p. 303-311, 1992.

PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R.; PRIMAVESI, A.C. Water quality of the Canchim's creek watershed, in São Carlos, SP, Brazil, occupied by beef and dairy cattle activities. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 2, p. 209-217, 2002.

PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CORREA, L. A. Lixiviação de nitrato em pastagem de coarstross adubada com nitrogênio. **R. Bras. Zootec.**, maio/jun. v. 35, n. 3, p. 683-690. 2006.

SIMARD, R. R.; EVANS, L. J.; BARES, T. E. Effects of additions of CaCO<sub>3</sub> and P on the soil solution composition of a Podzolic soil. **Canadian Journal of Soil Science**, Boca Raton: Lewis Publish, v. 68, p. 41-52. 1988.

YANG, J. E.; SLOGLEY, E. O.; SCHAFF, B. E.; KIM, J. J. A. Simple spectrophotometric determination of nitrate in water, resin and soil extract. **Soil Science of America Journal**, v. 62, p. 1108-1115, 1998.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Commun. Soil Sci. Plant Anal.**, v. 19, p. 1467-1476. 1988.

WALKER, S.E.; MITCHELL, J.K.; HIRSCHI, M.C.; JOHNSEN, K.E. Sensitivity analysis of the root zone water quality model. **Transactions of the ASAE**. St. Joseph, v. 43, n. 4, p. 841-846, 2000.

WEBSTER, C.P.; DOWDELL, R.J. Effect of drought and irrigation on the fate of nitrogen applied to cut permanent grass swards in lysimeters: leaching losses. **Journal Science Food Agricultural**, v. 35, p.1105-1111, 1984.