

LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE ESTERCOS EM LUVISSOLO NO SEMIÁRIDO PARAIBANO¹

PATRÍCIA CARNEIRO SOUTO², JACOB SILVA SOUTO³, JOSÉ ADEILSON MEDEIROS DO NASCIMENTO^{4*}

RESUMO - A utilização de esterco como fonte de nutrientes é de fundamental importância na recuperação e manutenção da fertilidade dos solos, principalmente em regiões semiáridas. Objetivou-se com este trabalho avaliar a liberação de nutrientes durante a decomposição de esterco no semiárido da Paraíba. O experimento foi realizado no Campo Experimental da EMBRAPA Algodão, em Patos. Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso em parcelas subdivididas no tempo e quatro repetições, usando o arranjo fatorial 4 x 2 x 6, referente a quatro tipos de esterco (asinino, bovino, caprino e ovino), duas formas de deposição (superfície do solo e enterrado a 10 cm de profundidade) e seis épocas de coleta para avaliação (30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após instalação do experimento). Foram determinados os teores de N, P, K, Ca e Mg. Os teores de N nos esterco caprino e ovino foram superiores 50% ao dos esterco asinino e bovino e também apresentaram os maiores teores de cálcio e magnésio. Os esterco ovino e bovino apresentaram os maiores teores de fósforo e potássio, respectivamente. Os esterco caprino e ovino apresentaram os maiores teores de N, Ca e Mg. A liberação de nutrientes dos esterco distribuídos na superfície do solo e incubados apresentou pouca variação na fase inicial do período experimental. Elevações no conteúdo de água do solo propiciaram maior liberação dos nutrientes nos tratamentos em que os esterco estavam incubados no solo.

Palavras chave: Mineralização. Ciclagem de nutrientes. Matéria orgânica.

LIBERATION OF NUTRIENTS DURING THE DECOMPOSITION OF DIFFERENT IN LUVISSOLO IN THE SEMIARID PARAIBANO.

ABSTRACT - The use of manure as a nutrient source is of fundamental importance in the restoration and maintenance of soil fertility, especially in semiarid regions. The purpose of this study was to evaluate the nutrient release during decomposition of different manures in the Paraíba semiarid region. The experiment was conducted at the Experimental Field belonging Embrapa, in Patos/PB. The treatments were arranged in blocks with split plot with four replications using a factorial arrangement 4 x 2 x 6, referring to four types of manure (donkey, cow, goat and sheep), two forms of deposition (surface soil and buried 10 cm deep) and six sampling times for assessment (30, 60, 90, 120, 150 and 180 days after the experiment). Were determined the concentrations of N, P, K, Ca and Mg. The N in goat and sheep manure were higher than 50% of the donkey and cattle manure and also showed the highest levels of calcium and magnesium. The sheep and cattle manure showed the highest levels of phosphorus and potassium, respectively. The goat and sheep manure showed the highest levels of N, Ca and Mg. The release of nutrients from manure spread on the soil surface and incubated showed little variation in the initial phase of the experimental period. Increases in soil water content provided higher activity of the microbial community, with more intense release of nutrients in the manure treatments were incubated in soil.

Key words: Mineralization. Cycling nutrients. Organic matter.

* Artigo para correspondência.

¹Recebido para publicação em 12/07/2012; aceito em 20/08/2013

²Professora Adjunto, Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Campina Grande, campus de Patos. Av. Universitária, s/n, Bairro Santa Cecília, Patos-PB. CEP 58708-110. Email: pcarneirosouto@yahoo.com.br;

³Professor Associado da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Campina Grande, campus de Patos, PB. Bolsista CNPq. Email: jacob_souto@uol.com.br

⁴Professor DE, Universidade Estadual do Piauí, Campus de Uruçuí, Bairro Malvinas, Uruçuí-PI, CEP 64860-000. E-mail: adeilsonagro@bol.com.br

INTRODUÇÃO

A reciclagem de nutrientes constitui uma economia valiosa ou um estratégico mecanismo de conservação especialmente quando a disponibilidade de nutrientes é limitada, como ocorre na maioria dos solos das regiões tropicais (GALVÃO et al., 2008). Em regiões semiáridas, o déficit hídrico e a agricultura de baixos insumos limitam bastante a produção de fitomassa, diminuindo a reciclagem de carbono e nutrientes associados em relação à vegetação nativa. Devido ao emprego limitado de fertilizantes, a produtividade depende dos níveis de fertilidade natural dos solos e da possibilidade de mantê-los através da ciclagem de nutrientes (SILVA; MENEZES, 2007).

A utilização de esterco é uma alternativa amplamente adotada para o suprimento de nutrientes, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P), em áreas de agricultura familiar na região semiárida do Nordeste do Brasil (MENEZES; SALCEDO, 2007). A reciclagem de nutrientes através do uso desses resíduos nas propriedades visa não somente o controle da poluição ambiental, mas também a redução de custos com a menor importação de nutrientes, seja através da compra de fertilizantes ou de alimentos (HIGASHIKAWA et al., 2010). No entanto, para se fazer a reciclagem adequada, conhecer a qualidade da matéria orgânica adicionada ao solo é de grande importância devido o controle das taxas de ciclagem de C do solo e também porque o C orgânico é substrato de reações microbianas que controlam os ciclos biogeoquímicos do nitrogênio e fósforo.

Na distribuição de esterco sólido, a principal limitação é a carga de nutrientes suportada pelo solo, principalmente nitrogênio. Existe a preocupação com a distribuição de esterco que resulte em níveis excessivos de nitrogênio e fósforo no solo, podendo ultrapassar a capacidade do solo e da cultura e causar outros problemas ambientais como o acúmulo do P e do K ao longo dos anos, excedendo-se o potencial de extração pelas plantas e causando a eutrofização em corpos de água (SILVEIRA et al., 2011).

Do ponto de vista de fertilidade, a decomposição pode ter efeito benéfico ou maléfico na disponibilidade de nutrientes, dependendo das condições de solo e da qualidade (composição química e relação com nutrientes) do resíduo em decomposição. A decomposição pode apresentar imobilização e mineralização líquida, em função das relações C/N, C/P e C/S ou dependendo dos teores de N e P no material. Cerca de 60 a 99% dos nutrientes ingeridos pelos animais podem retornar ao solo através dos esterco (BARROW, 1987). Essa deposição das excreções dos animais pode interferir significativamente na distribuição e no

aproveitamento dos nutrientes no ecossistema (LENZI et al., 2012).

A decomposição de resíduos orgânicos é uma variável importante na ciclagem de nutrientes e o conhecimento de sua dinâmica é fundamental para a compreensão do processo. Poucos estudos de campo envolvendo a perda de massa e a liberação de nutrientes pela decomposição de resíduos orgânicos foram desenvolvidos. O conhecimento da ciclagem dos nutrientes nos agrossistemas resultará em sua utilização mais eficiente pelas culturas e na redução dos impactos negativos ao ambiente (KLIEMANN et al., 2006).

O presente estudo teve como objetivo avaliar a liberação de nutrientes durante a decomposição de diferentes tipos de esterco no semiárido paraibano.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Campo Experimental da EMBRAPA Algodão, cuja área experimental dista aproximadamente 3,5 km da cidade de Patos (PB), estando compreendida entre os paralelos 06°59'13" e 07°00'14" de latitude sul e os meridianos de 37°18'08" e 37°20'38" de longitude oeste, com altitude média de 270 m. O solo da área é classificado como LUVISSOLO CRÔMICO Órtico planossólico vértico (EMBRAPA, 2013). Os atributos químicos do solo foram avaliados conforme recomendação de EMBRAPA (2011) e foram obtidos os seguintes teores: pH em água (1: 2,5) = 6,0; matéria orgânica = 5,29 g kg⁻¹; P = 0,7 mg dm⁻³; K = 0,17 cmol_c dm⁻³; H + Al = 1,1 cmol_c dm⁻³; Ca = 3,4 cmol_c dm⁻³; Mg = 1,6 cmol_c dm⁻³; Na = 0,07 cmol_c dm⁻³; SB = 5,24 cmol_c dm⁻³; T = 6,34 cmol_c dm⁻³; V% = 82,6.

Durante o período experimental foram coletados dados relativos a temperatura ambiente e precipitação pluvial em estação meteorológica localizada no Campo Experimental da EMBRAPA Algodão. A pluviosidade total, para o período estudado, foi de 461,7 mm, tendo os meses de março e abril/2010, apresentados os maiores valores, respectivamente, 194,6 e 85,8 mm, e fevereiro/2010, a menor precipitação (2,9 mm), conforme pode ser visualizado na Figura 1.

Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado usando o arranjo fatorial 4 x 2 x 6, referente a quatro tipos de esterco (asino, bovino, caprino e ovino), duas formas de deposição dos esterco (superfície do solo e enterrado a 10,0 cm de profundidade) e seis épocas de avaliação (30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias após instalação do experimento), com quatro repetições por tratamento, em parcelas subdivididas no tempo. Os esterco utilizados no estudo foram coletados na Fazenda Experimental NUPEÁRIDO, pertencente ao Centro de Saúde e Tecnologia Rural/UFPA, Patos, PB.

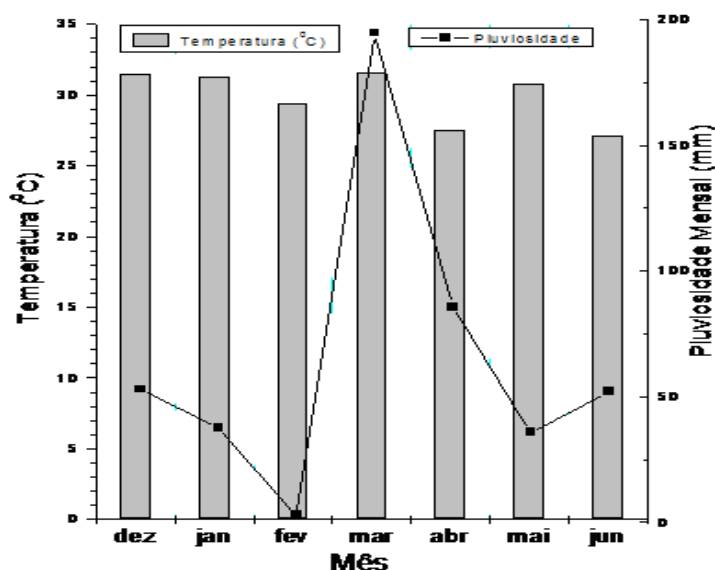


Figura 1. Temperatura (°C) e pluviosidade (mm) registradas no período experimental

Antes da instalação do experimento, amostras dos esterco foram analisadas quanto aos teores de nutrientes e a relação C/N e C/P (Tabela 1), segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). O carbono foi determinado através da oxidação via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, segundo EMBRAPA (2011).

Amostras de cada tipo de esterco foram colocadas para secar em estufa com circulação de ar,

a $\pm 65^\circ\text{C}$, até massa constante. Logo após foram acondicionados 20 g de cada tipo esterco seco em sacolas de náilon de 20 cm x 20 cm, de malha de 1,0 mm². Posteriormente, em cada parcela, foram dispostas superficialmente ao solo seis sacolas de cada tipo de esterco e seis sacolas foram enterradas a 10,0 cm de profundidade, perfazendo um total de 192 sacolas.

Tabela 1 - Teores de nutrientes (g kg^{-1}) e a relação C/N e C/P nos esterco estudados.

Esterco	N	P	K	Ca	Mg	C	C/N	C/P
Asinino	9,8	1,36	0,05	12,6	3,6	462,5	47,19	340,07
Bovino	7,53	1,12	1,13	8,28	10	202,4	27,14	180,71
Caprino	16,63	2,57	0,59	24,7	9,6	359,6	21,62	139,92
Ovino	16,28	3,91	0,05	14,4	6,4	394,2	24,21	100,81

A cada trinta dias após a instalação do experimento foi coletada duas sacolas de cada parcela (uma disposta na superfície do solo e uma que estava enterrada) de forma que ao 6^o mês (180 dias após instalação do experimento) as últimas sacolas foram coletadas. Após cada coleta, o material remanescente em cada sacola de náilon foi limpo, seco em estufa a $\pm 65^\circ\text{C}$, pesado para avaliar as perdas pela decomposição em relação ao peso inicial (20 g), moído em moinho tipo Willey e enviado ao Laboratório de Solos do Centro de Ciências Agrárias/UFPB em Areia (PB), para determinação dos teores de nutrientes nos esterco conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para processamento dos dados foi utilizado o software SAS (2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que os teores de N nos esterco caprino e ovino foram significativamente elevados, atingindo aproximadamente 50% a mais que nos esterco asinino e bovino (Tabela 2). Dados semelhantes foram encontrados por Schliecht et al. (1997). Para esses autores essa diferença de concentração deve-se provavelmente, a habilidade desses animais na seleção de alimentos.

Os teores mais elevados de nitrogênio nos esterco caprino e ovino, em relação ao esterco bovino, também foram confirmados por Brower e Powell (1998) e Esse et al. (2001), na África, ao estudarem a decomposição e liberação de nutrientes em esterco de ruminantes. Nesse estudo, os autores encontraram teores próximos a 12 g kg^{-1} . Apesar do esterco asinino apresentar teores de nitrogênio

Tabela 2. Teores médios de macronutrientes (g kg^{-1}) nos esterco estudados, na fase final do experimento.

Esterco	N	P	K	Ca	Mg	
Asinino	10,99 a	1,84 c		1,17 b	19,24 bc	5,72 b
Bovino	10,79 a	1,60 c		2,43 a	15,03 c	7,25 b
Caprino	16,81 b	3,18 b		1,07 b	24,70 a	9,29 a
Ovino	16,56 b	4,88 a		0,97 b	20,82 ab	7,51 ab
CV	15,88	20,20		33,07	28,99	27,95

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

semelhantes aos encontrados no bovino, é de se esperar que a mineralização desse nutriente no esterco asinino seja mais reduzida devido a sua maior relação C/N (47,19) (SOUTO et al., 2005). Quando a relação C/N do material orgânico é alta, acima de 30, há um predomínio da imobilização dos nutrientes. No entanto, quando a relação está baixa, abaixo de 20, prevalece a mineralização (KLIEMANN et al., 2006; TEXEIRA et al., 2011).

Com relação aos teores de P, no esterco ovino estes foram significativamente superiores em relação aos demais esterco, sendo seguido pelo esterco caprino (Tabela 2). Portanto, os esterco ovinos, principalmente, e de caprino podem ser utilizados como fontes alternativas complementares de fósforo para o solo, especificamente os do semiárido brasileiro que, na sua maioria, apresentam baixos níveis desse nutriente. De acordo com Silva et al. (2007) a utilização de esterco caprino é uma alternativa amplamente adotada para o suprimento de N e P nos solos da região semi-árida, sendo um fator limitante a reduzida disponibilidade em função dos pequenos rebanhos e quantidades de dejetos excretadas. Os teores de fósforo encontrados no esterco bovino foram similares aos encontrados por Esse et al. (2001), mas os teores nos esterco caprino e ovino foram superiores. Essa diferença pode ser atribuída, provavelmente, ao regime alimentar dos animais no semiárido brasileiro.

Dentre os esterco avaliados, o bovino apresentou superioridade nos teores de potássio, superando em mais de 50% os demais (Tabela 2). Esses dados foram inferiores aos encontrados por Esse et al. (2001), no Níger. Para os esterco ovino e caprino os mesmos autores encontraram valores médios de potássio da ordem de $4,0 \text{ g kg}^{-1}$, valor este bastante superior aos encontrados neste trabalho, que foi de $1,07 \text{ g kg}^{-1}$ para o esterco caprino e $0,97 \text{ g kg}^{-1}$ para o esterco ovino.

Os teores de cálcio e magnésio foram significativamente superiores nos esterco caprino e ovino (Tabela 2). Os esterco de asinino e bovino além de apresentaram os menores teores de cálcio e magnésio não diferiram estatisticamente quanto aos teores destes nutrientes. Esses resultados reforçam a idéia de que o esterco de caprinos e ovinos, além de fonte de fósforo, podem se constituir também em

fontes alternativas para suprir o solo em cálcio e magnésio (HAYNES; WILLIAMS, 1993; BRITO et al., 2005).

Em relação ao período experimental, observou-se um maior teor de nitrogênio nos esterco aos 30 e 60 dias após instalação (DAI), apesar de não haver diferença significativa entre os períodos (Tabela 3).

Provavelmente, a ação dos microrganismos na decomposição dos esterco tenha sido pequena durante a fase inicial do estudo, de modo que a degradação lenta dos esterco resultou em uma mineralização lenta desse nutriente. Pode-se inferir que o N foi sendo parcialmente liberado durante o período experimental, ocorrendo às maiores reduções em seus teores aos 120, 150 e 180 dias.

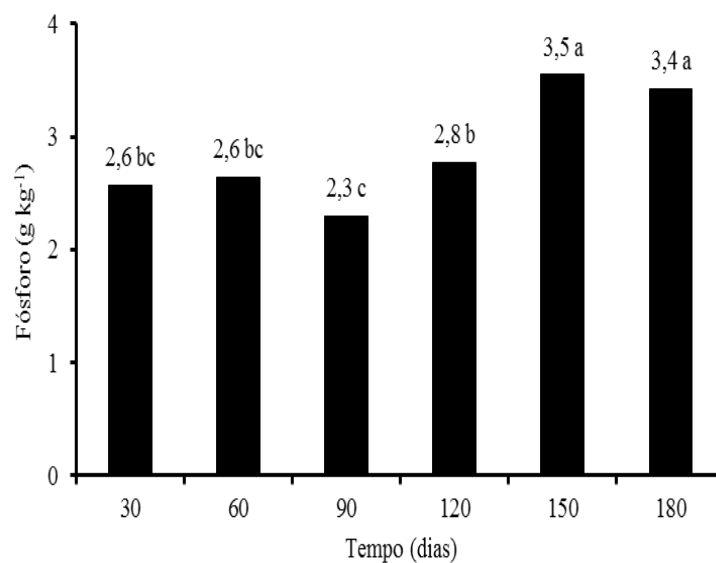
Essas reduções coincidiram com os períodos de maior pluviosidade registradas na área ($368,2 \text{ mm}$), e de acordo com Fatondji et al. (2009) a manutenção da umidade do solo é um dos fatores que mais contribuem para mineralização da matéria orgânica. De acordo com Markewich et al. (2010) a velocidade de mineralização do N está ligada também a qualidade dos esterco, o que é resultante da dieta dos animais. Esses autores verificaram que em esterco bovinos ricos em lignina e fibras de difícil digestão a mineralização do nitrogênio ocorre lentamente.

Embora aos 90 DAI os teores médios de fósforo tenham apresentado os menores valores, verifica-se que há uma tendência de aumento nos teores desse elemento em função dos dias após a instalação (Figura 2). Este aumento é resultado da quebra gradual de compostos energéticos que contém P, pela ação da biota do solo, liberando esse elemento (PAVINATO; ROSOLEM, 2008). Com relação ao menor valor de P encontrado aos 90 DAI, nesse período foi registrado o maior valor pluviosidade ($194,6 \text{ mm}$), o que pode ter acelerado a decomposição e promovido perda de parte do P mineralizado da matéria orgânica em função da lavagem desse material.

Tabela 3. Teores médios de nitrogênio (g kg^{-1}), nos esterco, durante o período em que foi conduzido o experimento.

Tempo (dias)	Nitrogênio
30	14,48 a
60	14,15 a
90	13,87 a
120	13,55 a
150	13,28 a
180	13,10 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

**Figura 2.** Teores médios de fósforo nos esterco, durante o período experimental. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Quanto à disposição dos esterco na superfície do solo e incubados a 10,0 cm de profundidade, verificou-se que, com exceção do esterco bovino, disposto na superfície ou a 10,0 cm de profundidade para todos os esterco estudados ocorreu um decréscimo nos teores de fósforo aos 90 dias, com incrementos aos 120, 180 e 150 dias, principalmente (Figura 3). Constatou-se que não houve diferença estatística nos teores de fósforo nos esterco dispostos na superfície do solo ou incubados a 10,0 cm de profundidade aos 30, 60 e 90 DAI. Os teores médios de fósforo foram sempre superiores nos tratamentos em que os esterco foram dispostos a 10,0 cm de profundidade, exceto no tratamento com esterco asinino aos 30, 60 e 120 DAI dispostos na superfície que apresentou teores um pouco mais elevados.

Com a ocorrência de chuvas mais intensas aos 90 DAI (194,6 mm) e conseqüente aumento na umidade do solo, ocorreu uma diferenciação nos teores de fósforo em relação à profundidade a que se encontravam os esterco, comportamento este que

permaneceu até o final do experimento (180 dias). Os teores de P foram sempre superiores nos tratamentos com os esterco incubados a 10,0 cm de profundidade, diferindo estatisticamente dos tratamentos em que os esterco estavam dispostos na superfície. Não ocorreu interação entre os teores de fósforo e as variáveis estudadas.

Os teores médios de potássio (Figura 4) nos esterco até os 90 DAI não apresentaram diferença estatística, ou seja, praticamente não houve incremento deste elemento nos esterco, mas é possível verificar, em números absolutos, que os teores de K disponibilizado foram maiores para o esterco bovino seguido do asinino, caprino e ovino, o que mostra coerência com os dados da Tabela 2. A partir dos 90 DAI os esterco apresentaram um expressivo incremento nos teores de K, com destaque para o esterco bovino que atingiu valor máximo ($4,92 \text{ g kg}^{-1}$) aos 150 DAI e partir deste um decréscimo acentuado.

A diminuição na concentração de potássio em esterco caprinos e bovinos pode ser atribuído a maior solubilidade deste nutriente quando comparada

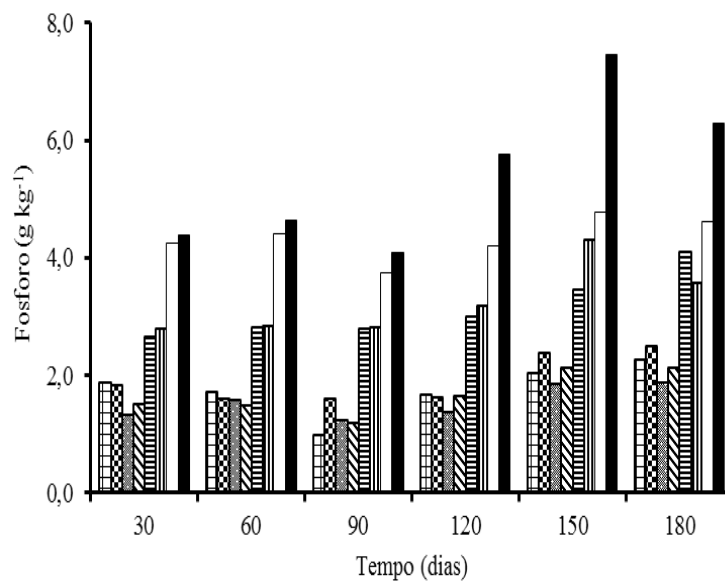


Figura 3. Teores médios de fósforo nos esterco, ovino (sup-□ e 10 cm ■), caprino (sup-▨ e 10 cm ▩), bovino (sup-▧ e 10 cm ▦) e asinino (sup-▣ e 10 cm ▢) durante o período experimental.

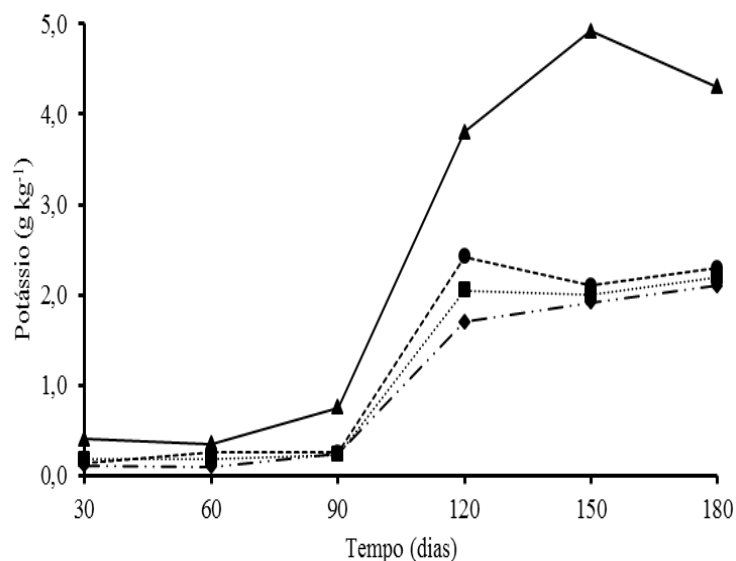


Figura 4. Teores médios de K em esterco bovino (▲), asinino (●), caprino (■) e ovino (◆) durante o período experimental.

com outros elementos (Esse et al., 2001), principalmente em épocas chuvosas. Segundo Zeviani et al. (2012), o padrão de liberação do K de fontes orgânicas ainda é pouco conhecido e isso se configura numa forte limitação ao aproveitamento de fontes orgânicas para o fornecimento desse nutriente.

Com relação aos demais esterco, observou-se uma estabilidade nos teores de potássio a partir dos 120 DAI, o que também foi observado por Esse et al.

(2001), ao analisar a decomposição e liberação de nutrientes em esterco de ruminantes, no Níger (África).

Quanto à distribuição dos esterco na superfície e incubados a 10,0 cm, os teores médios de potássio apresentaram diferença estatística apenas no tratamento com esterco bovino (Figura 5), com os maiores valores registrados nos esterco dispostos a 10,0 cm de profundidade.

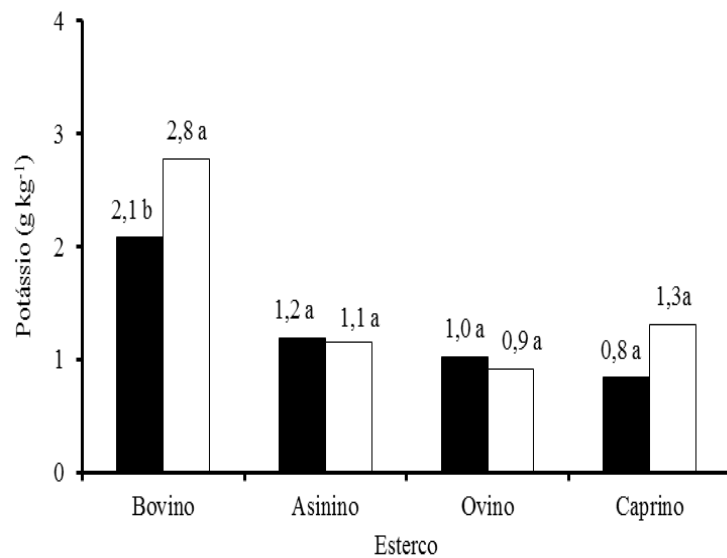


Figura 5. Teores médios de K nos esterco dispostos na superfície do solo (■) e 10,0 cm de profundidade (□). Para mesmo esterco, letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos permitem inferir que o esterco bovino apresenta maiores frações de potássio com potencial de liberação, quando comparados aos demais esterco, e que a decomposição do esterco bovino foi mais eficiente quando este foi disposto nas camadas mais profundas do solo, o que propiciou altas taxas de liberação de potássio.

Os esterco não apresentaram diferenças significativas nos teores de cálcio observados aos 30,

60, 90 e 150 DAI, mas os valores verificados aos 120 e 180 DAI, foram expressivamente inferiores a estes. Em valores absolutos, o maior teor de cálcio (26,3 g kg⁻¹) foi observado aos 150 dias (Figura 6). Embora cuidadosamente limpas após coletadas, as amostras de esterco podem ter permanecido com algum excesso de solo, contribuindo, provavelmente, para elevar significativamente os teores desse elemento nos esterco aos 150 DAI.

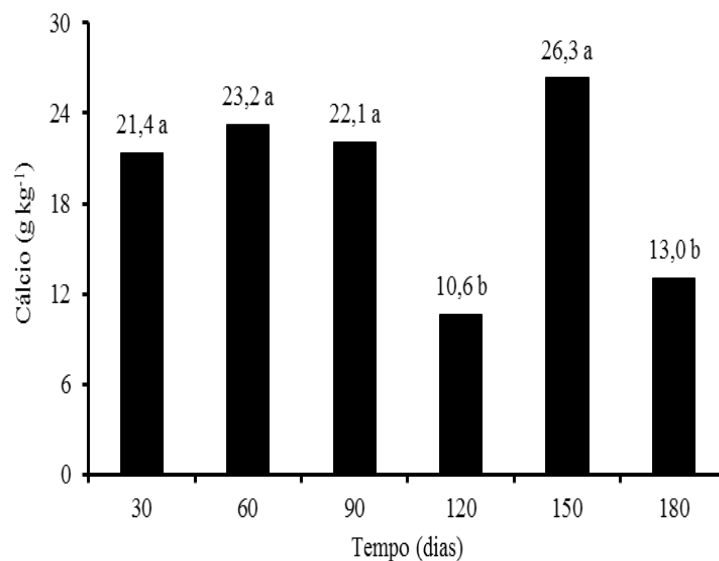


Figura 6. Teores médios de cálcio nos esterco, durante o período experimental. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Verifica-se pela Figura 7, que no geral, a liberação desse nutriente foi maior nos tratamentos em que os esterco estavam incubados a 10,0 cm de profundidades, diferindo estatisticamente aos 150 e 180 DAI, com valor mais elevado aos 150 dias ($33,0 \text{ g kg}^{-1}$).

É importante ressaltar que essa maior liberação aos 150 dias é influenciada por um grande número de fatores, principalmente umidade e temperatura favoráveis ao crescimento das comunidades de microrganismos.

Na Figura 8 observa-se que os teores médios de magnésio obtido aos 60, 120 e 180 DAI não diferiram entre si, no entanto os valores encontrados aos 150 dias foram mais elevados do que os demais. Os menores teores foram obtidos aos 30 e 90 DAI. Mesmo considerando o menor valor de magnésio aos 90 dias ($6,0 \text{ g kg}^{-1}$) percebe-se que os teores de magnésio tendem a ser elevados com o passar do tempo, ou seja, os esterco aumentam a liberação do nutriente em função dos dias após instalação do experimento.

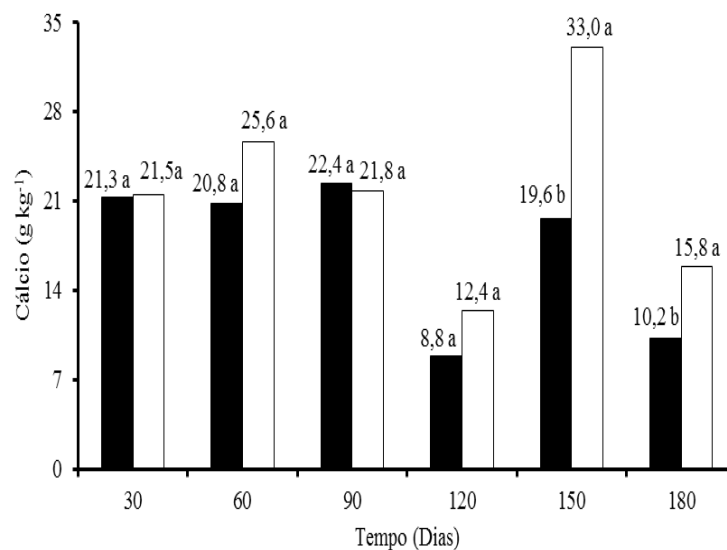


Figura 7. Teores médios de cálcio nos esterco dispostos na superfície do solo (■) e 10,0 cm de profundidade (□). Para mesmo tempo (dias), letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

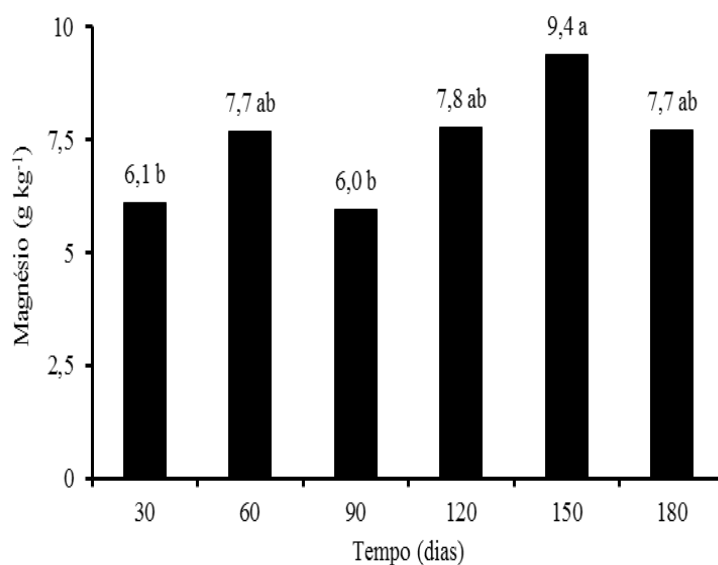


Figura 8. Teores médios de magnésio nos esterco, durante o período experimental. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se na Figura 9 que os maiores teores de magnésio foram encontrados nos esterco incubados no solo aos 150 dias. Até os 90 DAI os teores de magnésio foram superiores nas amostras distribuídas na superfície do solo e a partir dos 120 DAI ocorreu o inverso, os teores desse elemento passaram a ser superiores a 10,0 cm de profundidade, mantendo-se assim até o fim do período experimental.

Esse comportamento diferenciado a partir dos 120 DAI., estando os esterco dispostos a 10,0 cm de profundidade, que foi semelhante ao do cálcio (Figura 7), também pode ser atribuído ao aumento da umidade no solo, favorecendo o incremento desses teores devido a maior atividade dos microrganismos na degradação dos esterco.

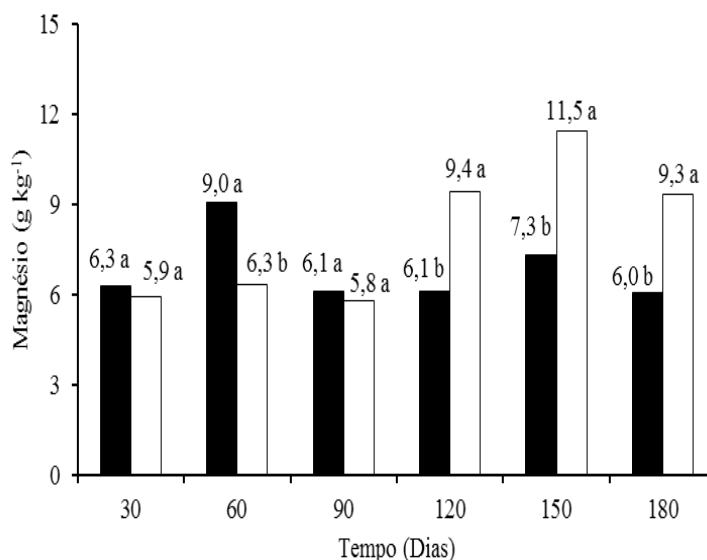


Figura 9. Teores médios de magnésio nos esterco dispostos na superfície (■) do solo e a 10,0 cm de profundidade (□). Para mesmo tempo (dias), letras iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÃO

Os esterco caprino e ovino apresentaram os maiores teores de nitrogênio, cálcio e magnésio; os esterco ovino e bovino apresentaram os maiores teores de fósforo e potássio.

A liberação de cada nutriente estudado apresentou comportamento diferenciado durante o período experimental.

A liberação de nutrientes dos esterco distribuídos na superfície do solo e incubados a 10,0 cm de profundidade apresentou pouca variação na fase inicial do período experimental.

Elevações no conteúdo de água no solo favorecem a decomposição dos esterco incubados no solo, com consequente liberação dos nutrientes.

REFERÊNCIAS

BARROW, N. J. **Return of nutrients by animals.** In: SNAYDON, R.W. (Ed.) *Ecosystems of the world: Managed Grasslands/Analytical Studies.* Amsterdam: Elsevier, 1987. v. 17, cap. 3, p.181-186.

BRITO, O.R.; VENDRAME, P.R.S.; BRITO, R.M. Alterações das propriedades químicas de um latossolo vermelho distroférico submetido a tratamentos com resíduos orgânicos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 33-40, 2005.

BROUWER, J.; POWELL, J. M. Increasing nutrient use efficiency in West-African agriculture: the impact of micro-topography on nutrient leaching from cattle and sheep manure. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 71, n.1-3, p. 229-239, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. 353p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 2011. 230p.

ESSE, P. C.; et al. Decomposition of and nutrient release from ruminant manure on acid sandy soils in the Sahelian zone of Niger, West Africa. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 8,

n. 1-2, p. 55-63, 2001.

FATONDJI, D. et al. Decomposition of organic amendment and nutrient release under the zai technique in the Sahel. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 85, n. 3, 225-239, 2009.

GALVÃO, S. R. S.; SALCEDO, I. H.; OLIVEIRA, F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 99-105, 2008.

HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.49, p.119-199, 1993.

HIGASHIKAWA, F. S.; SILVA, C. A.; BETTIOL, W. Chemical and physical properties of organic residues. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 34, n. 5, p. 1743-1752, 2010.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho distroférrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, 21-28, 2006.

LENZI, A. A vida ativa do solo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz alta, v. 7, n.1, p. 187-195, 2012.

MARKEWICH, H. A. et al. Effects of storage methods on chemical composition of manure and manure decomposition in soil in small-scale Kenyan systems. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 139, n.1-2, p. 134-141, 2010.

MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n. 4, p. 361-367, 2007.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 911-920, 2008.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT 9.22 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2010. 8460 p.

SCHLIECHT, E.; FERNANDEZ-RIVERA, S.; HIERNAUX, P. Timing, size and N-concentration of faecal and urinary excretions in cattle, sheep and goats: can they be exploited for better manuring of cropland. In: RENARD, G.; NEEF, A.; BECKER, K.; VON OPPEN, M. (Eds.). **Soil Fertility Manage-**

ment in West African Land Use Systems. Proc. of a workshop held in Niamey. Margraf, Weikersheim, p. 361-368. 1997.

SILVA, T. O.; MENEZES, R. S. C. Adubação orgânica da batata com esterco e ou, *Crotalaria juncea*. II - Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 51-61, 2007.

SILVA, T. O. et al. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. I - produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n.1, p. 39-49, 2007.

SILVEIRA, F. M. et al. Dejeito líquido bovino em plantio direto: perda de carbono e nitrogênio por escoamento superficial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1759-1767, 2011.

SOUTO, P. C. et al. Decomposição de esterco disposto em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n.1, p.125-130, 2005.

TEDESCO, J. M.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo**, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 188p. (Boletim técnico, 5).

TEIXEIRA, M. B. et al. Decomposição e liberação de nutrientes da parte aérea de plantas de milho e sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 867-876, 2011.

ZEVIANI, W.M. et al. Modelos não lineares para a liberação de potássio de esterco animal em latossolos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 10, 2012.