

Substituição de nitrogênio por esterco bovino na produtividade de forragem e qualidade do solo

Replacement of nitrogen by bovine manure on forage productivity and soil quality

ARAUJO, Aridouglas dos Santos¹; SILVA, José Expedito Cavalcante da^{1*}; SANTOS, Antonio Clementino dos¹; SILVA NETO, Sabino Pereira da¹; DIM, Valdinéia Patrícia¹; ALEXANDRINO, Emerson¹

¹Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, Tocantins, Brasil.

*Endereço para correspondência: jecs@uft.edu.br

RESUMO

O esterco bovino é uma das alternativas de diminuição dos custos com a adubação de pastagens devido ao fornecimento de aporte de nutrientes. Objetivou-se com este estudo avaliar a utilização de várias composições de esterco bovino e nitrogênio como adubo para pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. O experimento foi conduzido em um Neossolo Quartzarênico Ortico típico, em Araguaína (TO). Foram testadas cinco proporções de esterco bovino em associação com ureia (0; 25; 50; 75 e 100% de esterco bovino). Foram realizadas duas simulações de pastejo para o estudo das respostas produtivas da forragem e análise de solo na profundidade de 0-10 e 10-20cm no final das avaliações da forragem. Em todos os parâmetros estudados as melhores respostas foram encontradas nos tratamentos que tinham em sua composição associação de ureia e esterco bovino. A qualidade química do solo foi alterada à medida que a proporção de esterco bovino foi aumentada, onde ocorreram os maiores valores de cálcio e fósforo na dose de 100% de esterco bovino. As maiores produtividades e composição da forragem foram alcançadas quando a composição de esterco bovino e ureia variaram em torno de 40 a 50% de esterco.

Palavras - chave: adubação nitrogenada, *Brachiaria brizantha*, matéria orgânica, química do solo

SUMMARY

The bovine manure is one of the alternatives for decreasing costs with the pastures fertilization supplying a nutrients input. The present study had the objective to evaluate the use of several compositions of bovine manure and nitrogen as pastures fertilizers of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. The experiment was carried out with a Typic Quartzipsamment in Araguaína (TO), Brazil. Were tested five proportions of bovine manure in combination with urea (0; 25; 50; 75 e 100% of bovine manure). Two grazing simulations were accomplished for the study of forage productive answers and soil analysis in the depth of 0-10 and 10-20cm in the end of forage evaluations. In all parameters studied the best answers were found in treatments that had a combination of urea and bovine manure. The chemical quality of soil was increased as the levels of bovine manure were incorporated to the treatment, where the highest values of calcium and phosphorus occurred at a level of 100% of bovine manure. The highest production and composition of pasture were achieved when the composition of bovine manure and urea ranged around 40 to 50% of manure.

Keywords: *Brachiaria brizantha*, fertilizer nitrogen, organic matter, soil chemistry

INTRODUÇÃO

O resíduo orgânico sólido gerado e acumulado pode tornar-se alternativa para o aumento da produtividade e qualidade das forrageiras. A adubação orgânica com resíduo de origem animal (WHALEN et al., 2001; VAN KESSEL & REEVES, 2002; MENEZES & SALCEDO, 2007) é uma opção viável para manter os níveis de fertilidade, para reduzir os custos, aumentar a produtividade, melhorar as propriedades químicas e físicas do solo, diminuir a poluição e aumentar a eficiência de uso e qualidade nutricional nos sistemas de produção.

Naturalmente, a deposição de material orgânico produzido pelos animais de criação é desordenada, e acumula-se preferencialmente próximo aos bebedouros, cercas e estrada (SILVA NETO et al., 2011). Em frigoríficos, esse material orgânico é depositado em pequenas áreas. A redistribuição do material orgânico nas pastagens poderá ser uma ótima opção de reposição de nutrientes.

O potencial de utilização do material orgânico como adubo para as plantações é atribuído a sua composição química e sua relação C/N. A mineralização do esterco bovino ocorre de forma acentuada nas primeiras semanas após a aplicação com formação de NH_4^+ no solo. Em um período de 120 dias, essa presença de NH_4^+ decresce para 50% do NH_4^+ inicial, e o nitrato liberado ao solo nos primeiros dias sofre imobilização, mas a mineralização permanece contínua ao longo do tempo com mais liberação de nitrato (AZEIZ & AVERBEKE, 2010). Além do aumento da matéria orgânica, melhora as características químicas e físicas do solo (SOUMARE et al., 2003).

O emprego de esterco bovino como técnica de adubação proporciona incrementos de fósforo ao solo, porém menos disponível para as plantas em comparação a fertilizantes inorgânicos. A aplicação a longo prazo não ocasiona o acúmulo excessivo de P na superfície do solo, porém sua utilização ao longo do tempo promove atividade microbológica cíclica no solo (PARHAM et al., 2002).

A produtividade de massa seca da forragem e as análises que caracterizam a sua qualidade (teor de proteína, os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido) apresentam ganhos quando tratados com adubação orgânica (YOUUCU et al., 2010). O trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a produtividade do *Brachiaria brizantha* cv Marandu após a incorporação de proporções de esterco bovino e nitrogênio em Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, da Universidade Federal do Tocantins, localizada a 15km do município de Araguaína-TO, situado entre as coordenadas geográficas S 48°12'19" e WO 07°05'46", na altitude de 243m. A região é caracterizada segundo a classificação de Köppen como AW (quente e úmido), apenas com duas estações, chuvosa e seca. O período seco com déficit hídrico de junho a setembro e período chuvoso compreende os meses de outubro a maio, com precipitação pluviométrica média de 1800mm anuais. As médias e os respectivos desvios das temperaturas máxima, mínima e média durante o experimento, foram de $31,16 \pm 0,71$;

20,46 ± 1,18; 25,81 ± 0,28, respectivamente, com umidade relativa do ar de 70 a 90%.

O solo da área experimental foi caracterizado como Neossolo Quartzarênico Órtico típico (EMBRAPA, 2006) com as seguintes composições quarenta dias antes do plantio: pH (CaCl₂) = 3,93; 0,92mg/dm³ de P; 1,58mg/dm³ de K; 0,59cmol_c/dm³ de Ca; 0,35cmol_c/dm³ de Mg; 0,14cmol_c/dm³ de Al; 1,21cmol_c/dm³ de H+Al; 5,97g/kg de matéria orgânica; 870g/kg de areia; 40g/kg de silte; 90g/kg de argila. O preparo da área experimental foi realizado de forma convencional (arações e gradagens).

Na área, foi realizada calagem um ano antes do início do experimento de acordo com o método de saturação de bases, e buscou-se elevar a saturação por base até 60%, com calcário dolomítico (PRNT – 92%). Simultaneamente ao plantio foram feitas adubações fosfatada e potássica com base em dados de trabalhos realizados na mesma área: foram incorporados 50kg/ha de P₂O₅ (superfosfato simples 18% de P₂O₅) e 40kg/ha de K₂O (cloreto de potássio 60% de K₂O).

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos (Tabela 1). Todos os tratamentos corresponderam à aplicação

de 150kg/ha de N, com mudança apenas da fonte, esterco bovino ou uréia. As doses de esterco bovino foram aplicadas e incorporadas a 10cm de profundidade, 30 dias antes do plantio. Para alcançar os 150kg/ha de N proposto, foram aplicados doses de esterco com base na matéria seca do material orgânico (20%) e na porcentagem (1,84%) de N (Tabela 2). A aplicação de ureia foi realizada em cobertura (dose única) três dias após o corte de estabilização. O desenho experimental constituiu-se por cinco tratamentos e quatro repetições, o que totalizou 20 unidades experimentais (2 x 4m = 8m²) com espaçamento entre blocos de 1,0m.

O esterco bovino foi coletado em um frigorífico no município de Araguaína-TO. Este foi originado da linha verde da indústria, que compreende os sólidos presentes da lavagem do curral de espera e resíduos de rúmen dos animais abatidos (Tabela 2).

O plantio ocorreu no dia 17 de janeiro de 2008, e utilizou-se 1,5kg de sementes puras viáveis da gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. O corte de uniformização foi realizado a 10cm de altura do solo aos 44 dias após a semeadura, e quatro dias após este corte foram aplicadas as quantidades exigidas de ureia para cada tratamento.

Tabela 1. Denominação dos tratamentos utilizados e seus respectivos valores em kg e porcentagens

Tratamentos (kg/ha)		Valores em % do N aplicado		Denominação
Esterco bovino	Nitrogênio	Esterco bovino	Ureia	
40760,85	0	100	0	100% EB
30570,64	37,5	75	25	75% EB
20380,32	75,0	50	50	50% EB
10190,21	112,5	25	75	25% EB
0	150	0	100	0% EB

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos do esterco bovino coletado no frigorífico em Araguaína- TO

Parâmetros (unidade)	Teores
pH	7,3
Cinza (%)	74,0
Matéria seca (%)	20
Matéria orgânica (g/kg)	154
Nitrogênio total (%)	1,84
Relação C/N	7/1
Fósforo Total (%)	5,10
Potássio (%)	2,85
Cálcio (%)	10,80
Magnésio (%)	0,60
Alumínio (%)	0,0
Enxofre (%)	0,36
Ferro (%)	0,30
Manganês (g/dm ³)	290,0
Cobre (g/dm ³)	54,0
Zinco (g/dm ³)	800,0
Boro (g/dm ³)	140,0
Sódio (%)	0,25

A coleta da forragem para mensuração dos atributos foi feito por meio de quatro simulações de pastejo com altura de corte a 0,10m do nível do solo com intervalos de corte de 35 dias. No primeiro e no segundo corte foi efetuada a média dos dados e assim avaliados os atributos, o que caracterizou a primeira simulação, a média do terceiro e quarto corte representaram a segunda simulação.

Foram coletadas amostras composta de solo em cada parcela três dias após a última simulação de pastejo. Após a identificação das amostras estas foram enviadas ao laboratório de solos da própria instituição para realização da análise química do solo: pH em CaCl₂, fósforo merhlich (mg/dm³), potássio (mg/dm³), alumínio (cmol/dm³), cálcio (cmol/dm³) e magnésio (cmol/dm³) e acidez potencial (cmol/dm³) de acordo com Embrapa (1999).

Para avaliação dos atributos da forragem, foi realizada duas amostragens com quadrado de 0,5m² o que permitiu cortar toda a forragem à 0,10m do solo. Em seguida, foram separados e pesados os componentes folha, colmo e material morto. Após a separação, o material foi acondicionado em sacos de papel e levado a secagem em estufa a 55 °C por 72 horas. Findo este período o material foi pesado, e posteriormente, calculado a porcentagem de folhas, colmo e matéria morta. A massa seca total (MST) foi obtida do somatório do peso da folha, colmo e matéria morta (g/m²) e transformada em kg/ha.

A taxa de acúmulo de forragem foi mensurada pela relação entre a massa seca total dividida pela quantidade de dias de descanso da pastagem (no caso deste experimento 35 dias). A densidade de perfilhos foi obtida com a contagem de perfilhos vivos em 1m², a relação folha/colmo correspondeu à divisão do peso da folha seca em gramas por peso seco do colmo (g) e a altura foi medida do solo ao ponto médio do ápice da touceira com régua graduada (cm) em cinco pontos. Após obtenção dos dados fez-se análise descritiva dos dados e realizou-se regressão na análise de variância para todos os parâmetros. Utilizou-se como ferramenta o programa estatístico Assistat versão 7.5 beta (SILVA & AZEVEDO, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As respostas produtivas na forragem foram influenciadas pelos tratamentos aplicados. Na primeira simulação ocorreu acréscimo de massa seca total da forragem até 37,11% de substituição de uréia por esterco bovino com produtividade de 1697,67kg/ha. Doses

superiores a 37,11% de substituição houve decréscimos de massa seca total, com respostas 60% inferior como ocorrido na utilização de 100% de esterco bovino (Figura 1). Durante a segunda simulação, ocorreram decréscimos na produtividade de massa

seca total na medida em que se aumentou a proporção de esterco bovino. Os decréscimos produtivos chegaram a 60% no tratamento com 100% de esterco bovino com produtividade de 680kg/ha (Figura 1a).

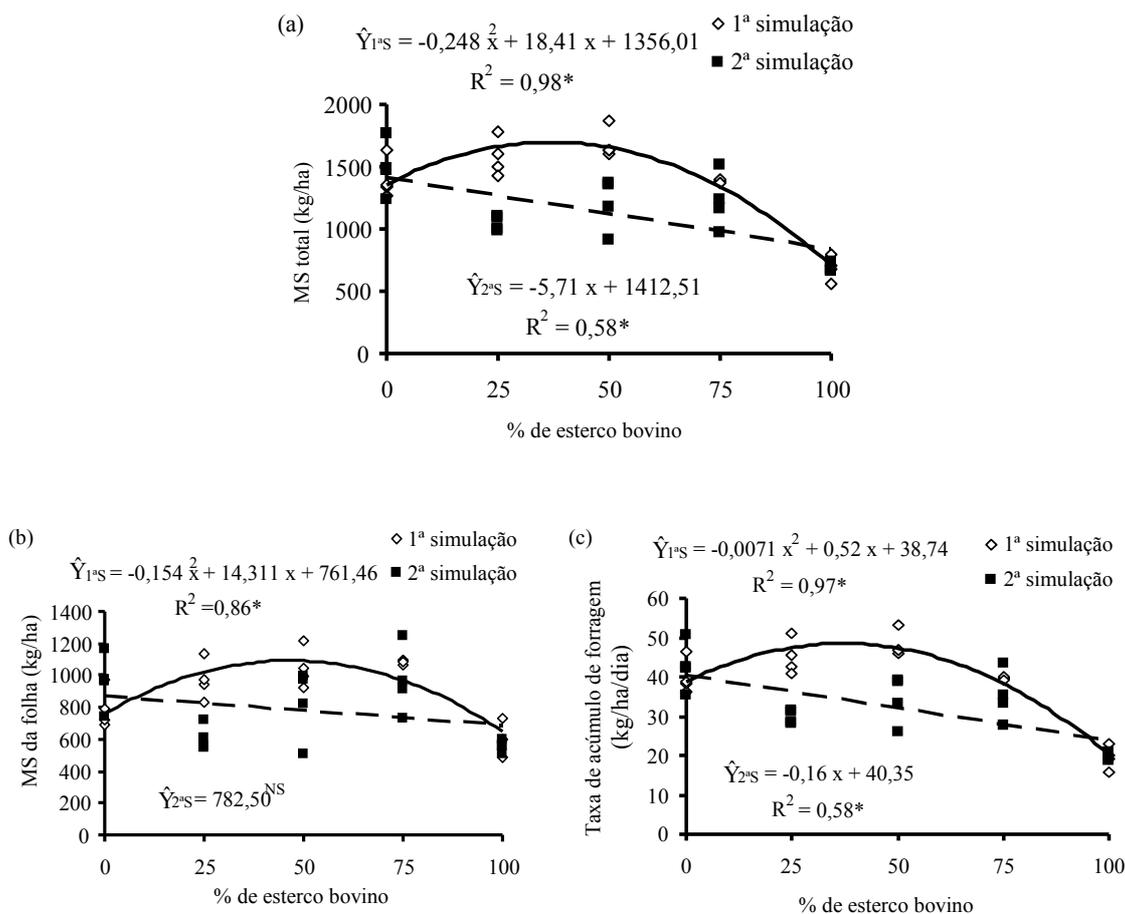


Figura 1. Produção de massa seca (MS) total (a), de folha (b), taxa de acúmulo de forragem (c) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em função dos tratamentos contendo esterco bovino (EB) ou ureia em Neossolo Quartzarênico órtico típico. ^{NS}, não significativo * significativo a $p < 0,05$

A produtividade de folhas sofreu efeitos positivos à substituição de ureia por esterco bovino até nível de 46%, de maneira que apresentou resposta negativa para valores superiores. Os tratamentos com apenas um

dos compostos testados (ureia ou esterco bovino) não responderam positivamente, pois, em comparação a tratamentos com proporções de ambas as fontes estes tiveram melhores respostas produtivas. Na segunda

simulação não houve diferenças significativas entre os tratamentos (Figura 2b).

Os aumentos de produtividade de massa seca total e da folha ocorreram devido aos incrementos da taxa de acúmulos diários. A melhor combinação de esterco bovino e ureia se deram na proporção de 63,34% de ureia e 36,61% de esterco bovino, que apresentou produtividade de 48,26kg/ha/dia. Na segunda simulação a substituição não foi satisfatória, houve decréscimo linear à medida que o esterco bovino foi adicionado (Figura 1c).

A aplicação de resíduos sólidos como única fonte de N para as plantas é insuficiente para que o vegetal demonstre todo seu potencial genético, uma vez que não há quantidade de N prontamente disponível. A quantidade de N amostrado de 1,84% da matéria seca pode não refletir a mesma quantidade de N do esterco aplicado já que o material é desuniforme. A alta variabilidade da quantidade de N no esterco bovino é um fator complicador para se estimar a quantidade de esterco para adubação, são necessários novos parâmetros para se estimar a quantidade ideal a ser aplicada (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios das respostas da forragem e seus respectivos desvios padrão à aplicação crescente de esterco bovino (EB)

Descrição	Massa seca total		Massa seca da folha		Taxa de acúmulo de forragem	
	Produtividade (kg/ha)		Produtividade (kg/ha)		Produtividade (kg/há/dia)	
Tratamento	1ª Simulação	2ª Simulação	1ª Simulação	2ª Simulação	1ª Simulação	2ª Simulação
0% EB	1393,91	1489,20	794,86	962,00	39,82	42,54
25% EB	1574,83	1039,13	971,93	609,13	44,99	29,68
50% EB	1686,10	1200,33	1044,70	825,13	48,17	34,29
75% EB	1383,65	1222,26	1082,60	961,66	39,53	34,92
100% EB	684,00	683,65	603,35	554,60	19,54	19,53
Desvio padrão	374,28	311,74	206,54	228,99	10,69	8,90

Descrição	Altura		Densidade de perfilhos		Relação folha colmo	
	cm		m ²		g / g	
Tratamento	1ª Simulação	2ª Simulação	1ª Simulação	2ª Simulação	1ª Simulação	2ª Simulação
0% EB	45,36	34,96	528	744	3,95	4,36
25% EB	42,56	31,46	824	646	5,21	5,42
50% EB	41,63	31,46	733	640	4,41	6,20
75% EB	37,56	30,20	511	691	5,88	8,88
100% EB	26,70	23,86	360	531	14,02	26,28
Desvio padrão	7,05	3,96	200	93	4	8,49

Descrição	Massa seca de folhas		Massa seca de colmo		Massa seca material morto	
	%		%		%	
Tratamento	1ª Simulação	2ª Simulação	1ª Simulação	2ª Simulação	1ª Simulação	2ª Simulação
0% EB	56,82	64,34	14,48	15,12	28,68	20,52
25% EB	61,68	58,60	11,90	11,02	26,50	30,36
50% EB	61,81	67,71	14,05	11,47	24,12	20,81
75% EB	78,24	78,26	13,34	9,11	8,41	12,62
100% EB	88,06	81,10	6,43	3,09	5,50	15,79
Desvio padrão	12,39	9,810	3,17	4,40	10,18	7,04

Dos nutrientes essenciais às plantas e animais, o N é considerado o mais dinâmico do sistema, com suas formas minerais absorvíveis extremamente variáveis e dependentes de condições climáticas e da qualidade dos resíduos culturais (OLIVEIRA, 2000). Estudos apontam que o N presente no solo não atende a demanda necessária pela forragem, e o incremento desta é crescente ao N residual das doses da adubação nitrogenada (FAGUNDES et al., 2005).

A baixa produtividade com a substituição total do N mineral por fonte orgânica pode ser atribuída ao N presente no resíduo orgânico que não foi aproveitado pelo vegetal, e permanece imobilizado, perdido ou sem quantidade suficiente, o que afeta as características de crescimento do vegetal em detrimento a diversos fatores, inclusive a falta de nutrientes (ANDRADE, et al., 2005). A falta de N afeta a fotossíntese devido à participação deste elemento na molécula de clorofila (SANTOS JÚNIOR et al., 2004). Com a aplicação de N, o processo de fotossíntese se restabelece e os ganhos em produtividade respondem linearmente ao aumento das doses de N aplicadas (SANTOS et al., 2009).

As alturas das plantas sofreram alterações quando foram utilizadas proporções de esterco bovino e ureia no mesmo tratamento. Quando não houve presença de N na forma de ureia as respostas pela gramínea foram afetadas diretamente. A altura das plantas foi maior quando receberam 100% de esterco bovino.

Na primeira simulação de pastejo, a maior altura foi observada com 11,36% de esterco bovino, com altura de 45cm (Figura 2a). Na segunda simulação o tratamento com ausência de N orgânico

foi superior aos demais tratamentos ($p < 0,05$). Os tratamentos 100% esterco bovino demonstrou novamente a ineficiência pela não utilização do nitrogênio pelas plantas (Figura 2a). O incremento da altura foi resultante do alongamento do colmo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, o que corrobora os resultados de Fagundes et al. (2005) que constataram o mesmo efeito.

A utilização de adubos orgânicos como fonte de nitrogênio promoveu respostas positivas para altura e densidade de perfilhos com acréscimos na produtividade da forragem. A maior e menor densidade de perfilhos (Figura 2b), na primeira simulação, foi observada com 41,40% e 100% de esterco bovino, respectivamente. Na segunda simulação, a maior densidade de perfilhos foi observada no tratamento com ausência de esterco bovino (0%) em comparação aos demais tratamentos. O aumento do perfilhamento e da altura das plantas em função do N mineral aplicado foi um dos fatores responsáveis para a elevação da produtividade de massa seca total, por causa da alteração da densidade de perfilhos pela adubação nitrogenada, com resposta linear crescente ao aumento de ureia aplicado (FAGUNDES et al., 2006). O incremento na produtividade da massa seca total foram similares aos valores encontrados por Cecato et al. (2008), de 1925kg/ha ao utilizarem somente adubação química.

Verificou-se que quanto maior a proporção de esterco bovino adicionada na adubação, melhor foi a relação folha: colmo encontrada na primeira e segunda simulação. Na segunda simulação o tratamento 100% de esterco bovino conferiu a melhor relação com 25,71 g/g. (Figura 3a).

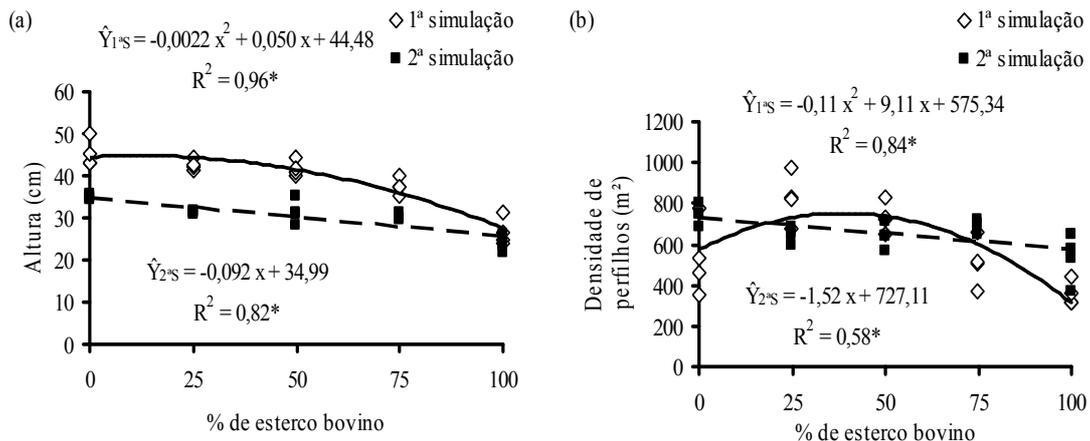


Figura 2. Altura de plantas (a) e densidade de perfilhos (b) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em função da aplicação de esterco bovino (EB) ou ureia em Neossolo Quartzarênico Órtico típico. *significativo ($p < 0,05$)

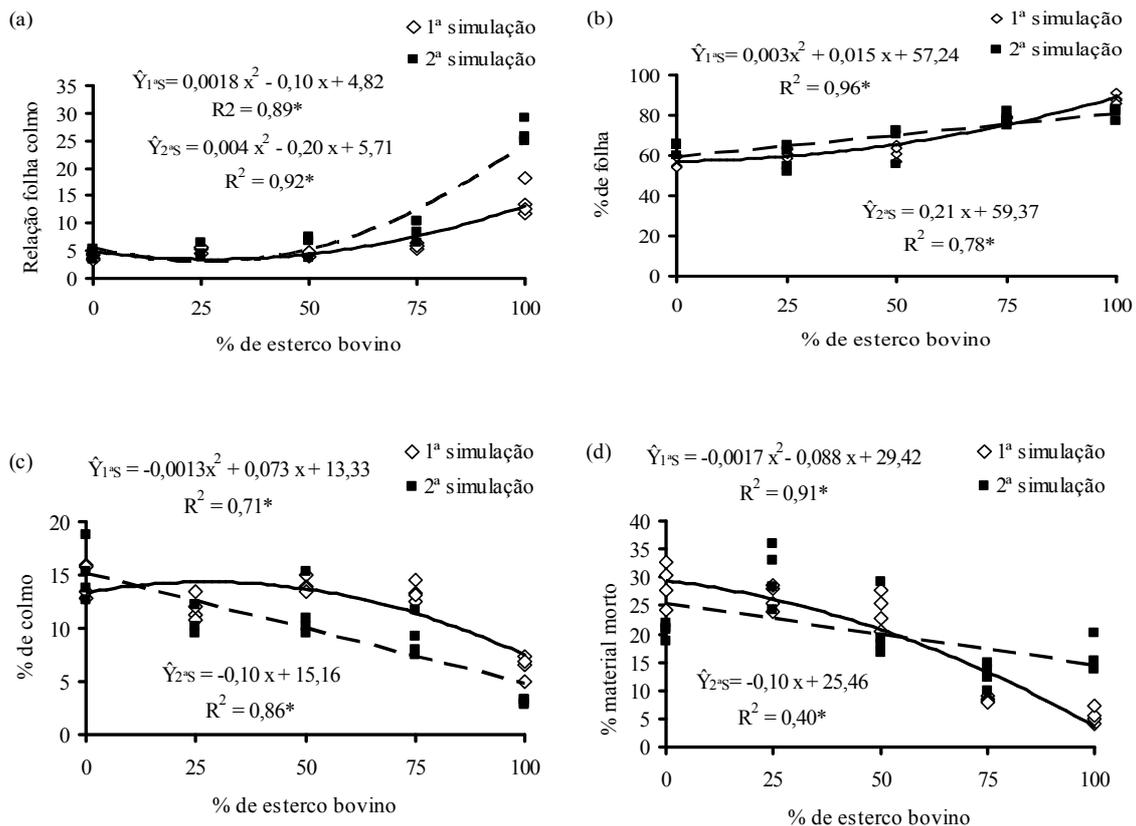


Figura 3. Relação folha: colmo (a), porcentagem de massa seca (MS) na: folha (b), Colmo (c) e matéria morta (m. morta) (d) em função da aplicação de esterco bovino (EB) ou ureia. *significativo ($p < 0,05$)

O tratamento com 100% de esterco bovino proporcionou a melhor produção de massa seca de folhas com valores entre 88,74 e 80,37% para a primeira e segunda simulação, respectivamente. O decréscimo da proporção de folhas se deu à medida que a ureia participa do tratamento. Na ausência de esterco bovino (0%) as proporções de folhas foram de 57,24 e 59,37% para primeira e segunda simulação, respectivamente (Figura 3b).

A pior proporção de colmos na primeira simulação de pastejo foi encontrada quando se utilizou 28,07% de esterco bovino, de 16,39% de colmo. Quando a ureia foi incorporada aos tratamentos o alongamento de colmo tornou-se mais evidente e chegou a 15,16% da massa total da planta na segunda simulação (Figura 3c), conseqüentemente houve diminuição na proporção de folhas. Aliado ao crescimento da porção de colmo a matéria morta também sofreu aumento de acordo com a elevação da proporção de ureia, com as maiores porções encontradas no tratamento com ausência de esterco bovino (Figura 3d).

A relação folha/colmo está relacionada com a quantidade de N, e foi verificado que doses maiores desse elemento diminuem essa relação (RODRIGUES et al., 2008). Em parcelas que apresentaram alturas mais elevadas (Figura 2a), houve maior quantidade de material morto (Figura 3d). Com as maiores alturas, ocorreu maior competição da forragem por luz com menor incidência de radiação luminosa na base da touceira o que inibiu o perfilhamento e induziu a mortalidade (SBRISSIA & SILVA, 2008).

O esterco bovino influenciou significativamente ($p < 0,05$) o pH do solo em ambas as camadas estudadas (0-0,10 e 0,10-0,20m). Na camada de 0-10m o pH foi elevado de 4,97 para 5,49 para os tratamentos 0% e 100% de

esterco bovino, respectivamente. Na camada 0,10-0,20m o aumento foi de 0,44 com pH no tratamento com 100% de esterco bovino de 4,2 (Tabela 4). Os tratamentos que tiveram maiores proporções de ureia apresentaram poder de acidificação mais acentuado em relação àqueles com maior proporção de esterco. Dim et al. (2010) trabalharam com doses de esterco bovino e também verificaram o efeito do aumento do pH do solo, sendo atribuído à composição do esterco bovino.

O efeito do esterco bovino não interferiu significativamente na acidez do solo ($p < 0,05$) na camada até 0,10m de profundidade, com teor médio de 1,16 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$. Na camada de 0,10-0,20m o esterco bovino proporcionou diminuição de 6% da acidez potencial (Tabela 4).

O tratamento 100% esterco bovino foi o que apresentou menores teores de acidez potencial, os demais tratamentos tiveram valores mais elevados devido à adição de ureia. A ureia durante seu processo de mineralização libera íons H^+ , conseqüentemente eleva a acidez do solo. O efeito da ureia foi evidente na acidificação do solo em consequência das reações químicas que ocorreram, o que causou efeito indesejável, mas o efeito positivo exercido pela liberação de nitrogênio pela ureia é indiscutível (MALAVOLTA, 1981). Em trabalho similar o pH decresceu proporcionalmente ao aumento da dose de ureia, mais significativamente na camada até 0,20m (LANGE et al., 2006). Esse efeito de aumento do pH e diminuição da acidez potencial se deveu à adição de material orgânico básico com quantidade considerável de cálcio em sua composição.

Tabela 4. Teores de macronutrientes submetidos a tratamentos com proporções de esterco bovino em combinação a ureia em duas camadas do solo

Tratamento	Camadas (m)	Esterco bovino (%)					DP	Análise de regressão	R ²
		0	25	50	75	100			
Matéria orgânica (g/kg)	0-0,10	8,18	8,63	8,90	9,66	6,57	1,52	$\hat{Y} = -0,00075 x^2 + 0,066 x + 7,89$	0,77*
	0,10.-0,20	4,90	5,84	4,88	5,72	4,90	0,79	$\hat{Y} = 5,24$	NS
pH (CaCl ₂)	0-0,10	5,03	4,94	5,34	5,43	5,44	0,29	$\hat{Y} = 0,0052 x + 4,97$	0,77*
	0,10.-0,20	3,81	3,77	4,04	4,10	4,20	0,18	$\hat{Y} = 0,0044 x + 3,76$	0,88*
P (MG/dm ³)	0-0,10	1,58	1,51	1,71	1,76	1,76	0,14	$\hat{Y} = 0,0024 x + 1,54$	0,73*
	0,10.-0,20	1,35	1,32	1,30	1,31	1,43	0,07	$\hat{Y} = 0,000038 x^2 + 0,0032 x + 1,36$	0,92*
K (MG/dm ³)	0-0,10	1,58	1,58	1,58	1,58	1,58	0,17	$\hat{Y} = 1,54$	NS
	0,10.-0,20	0,79	0,98	0,98	0,98	1,38	0,37	$\hat{Y} = 1,02$	NS
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0-0,10	0,60	0,50	0,61	0,83	0,91	0,16	$\hat{Y} = 0,000054 x^2 - 0,0016 x + 0,56$	0,88*
	0,10.-0,20	0,19	0,23	0,29	0,37	0,40	0,09	$\hat{Y} = 0,0022 x + 0,18$	0,98*
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0-0,10	0,35	0,25	0,29	0,39	0,45	0,09	$\hat{Y} = 0,000044 x^2 - 0,0031 x + 0,33$	0,87*
	0,10.-0,20	0,17	0,15	0,08	0,07	0,17	0,05	$\hat{Y} = 0,000032 x^2 - 0,0031 x + 0,15$	0,64*
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	0-0,10	0,07	0,05	0,07	0,01	0,01	0,04	$\hat{Y} = -0,00061 x + 0,076$	0,66*
	0,10.-0,20	0,22	0,22	0,15	0,13	0,10	0,05	$\hat{Y} = -0,0013 x + 0,23$	0,93*
Acidez potencial (cmol _c dm ⁻³)	0-0,10	1,07	1,44	0,99	1,10	0,96	0,37	$\hat{Y} = 1,16$	NS
	0,10.-0,20	1,90	2,07	1,72	2,17	1,30	0,44	$\hat{Y} = -0,000145 x^2 + 0,008 x + 2,10$	0,57*

DP = desvio padrão; ^{NS} não significativo; *Significativo (p<0,05).

O teor de alumínio foi influenciado linearmente pelo esterco bovino, o que diminuiu sua quantidade nas duas camadas estudadas (Tabela 4). Esse efeito da diminuição do teor de alumínio é benéfico para a planta, uma vez que em altas concentrações no solo pode limitar o crescimento do sistema radicular além de ser tóxico à planta.

A aplicação do esterco bovino promoveu adição de cálcio ao solo nas duas profundidades do solo, com (0-0,10 e 0,10-0,20m) maior contribuição de cálcio no tratamento 100% de esterco bovino, de 0,94 e 0,40cmol_c/dm³, respectivamente, o que representou acréscimo de 41 e 55% do teor de cálcio nas camadas 0-0,10 e 10-0,20m, respectivamente (Tabela 4). O elevado teor de cálcio do esterco bovino (Tabela 2) foi o principal fator de incremento do elemento no solo, o que permitiu aumentar o teor de bases ao solo. A soma de bases que correspondeu ao somatório de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ apresentaram ganhos positivos quando se utilizou doses crescentes de esterco bovino, aumentou a qualidade química do solo e contribuiu para maiores ofertas destes nutrientes para a forragem (DIM et al., 2010). Galvão et al. (2008) também verificaram incrementos de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ quando utilizaram esterco bovino em Neossolo.

O magnésio do solo foi influenciado pela aplicação de esterco bovino e ureia quando se adicionou esterco bovino até 35,22%. Na proporção de 48,43% houve diminuição dos teores de magnésio e apresentou as menores concentrações, 0,27 e 0,075cmol_c/dm³ para camada de 0-0,10 e 10-0,20m, respectivamente (Tabela 4). As maiores quantidades de magnésio foram encontradas nos tratamentos 100% de esterco bovino na camada 0-0,10m, enquanto que na camada 10-0,20 os maiores valores foram encontrados no

tratamento 100% e 0%. Observou-se que os tratamentos que proporcionaram as melhores produtividades às plantas absorveram mais magnésio para suprir suas necessidades. Na profundidade de 0,20m o magnésio teve comportamento semelhante ao observado na profundidade de 0,10m (Tabela 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Langer et al. (2006), nos quais os menores teores de cálcio e magnésio foram determinados nas maiores utilizações de adubos químicos nitrogenado. Os autores descrevem ainda, que isto ocorreu devido a acidificação do solo com partes da carga do solo sejam adsorvidos pelo alumínio impedindo a adsorção de cátions e, conseqüentemente perdidos mais facilmente por lixiviação.

As maiores contribuições de fósforo determinado foram no tratamento 100% com esterco bovino nas duas camadas analisadas (Tabela 4). Esse aumento de fósforo é explicado pelo teor de 5,1% de P do esterco (Tabela 2) o que corresponde a 415, 76kg de fósforo total aplicado ao solo. Os teores de potássio não foram influenciados pela aplicação de esterco bovino (Tabela 4). A aplicação de material orgânico por longos períodos potencializa a proporção de N e P no solo, e aumenta a liberação dos nutrientes (WHALEN et al., 2001). Dim et al. (2010), não verificaram aumentos no teores de N no solo, entretanto constataram melhorias nas características química do solo, como melhoria do teor de P e soma de bases com utilização de 180ton/ha.

Diferenças encontradas entre as profundidades de 0,10 e 0,20m podem ser explicadas pela adubação química realizada em todos os tratamentos (superfosfato triplo) e o esterco bovino incorporado a 0,10m de profundidade. Outro fato que justificou essa diferença entre profundidades foi a utilização da

calagem, o que tornou o fósforo disponível. A calagem liberou o fósforo adsorvido pelo alumínio, uma vez que esta ocupava os sítios de ligação, trocando o Al^{3+} por Ca^{2+} . Teores de alumínio elevado prejudicam a absorção de macronutrientes como P, K, Ca e Mg o que permite diminuir estes teores na parte aérea da planta de modo a afetar seu desenvolvimento (MENDONÇA et al., 2003). Os teores de P são aumentados significativamente com a utilização de nitrogênio por meio de fontes orgânicas (ARAUJO et al., 2008).

O maior acúmulo de matéria orgânica do solo (MOS) foi encontrado quando se se utilizou 44% de esterco bovino e 56% de ureia, com 9,34g/kg. Os tratamentos com ausência (0%) e 100% de esterco apresentaram 7,89 e 6,99g/kg, respectivamente. Observou-se que na camada até 0,10m (Tabela 4) a maior quantidade aplicada de esterco de bovino (100%), em contrapartida não foi o maior teor de MOS encontrada na análise de solo, por causa da ocorrência de maior mineralização da MOS nesse tratamento, além da contribuição do material morto da forragem que foi maior nas maiores doses de ureia aplicada (Figura 3d). Observou-se que os teores de macronutrientes (Tabela 4) apresentavam as maiores quantidades neste tratamento, o que deu indícios do processo de mineralização da MOS. Silva Neto et al. (2010) verificaram aumentos dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio da forragem com a aplicação de esterco bovino líquido oriundo da mineralização da matéria orgânica e dos nutrientes prontamente disponíveis. Verificou-se ainda a capacidade de suporte da adubação orgânica no fornecimento de nitrogênio e demais nutrientes essenciais à planta, o que refletiu em maiores produtividades da pastagem. Como o

Neossolo Quartzarênico é pobre em nutrientes, a adubação com material orgânico favorece ainda mais o bom desenvolvimento das gramíneas.

A substituição de fontes de nitrogênio na forma de uréia por nitrogênio advindo de fontes orgânicas como esterco bovino combinadas com adubos comerciais nitrogenados é uma alternativa a ser adotada sem perdas da qualidade e produtividade da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

A substituição do N na forma mineral por N de compostos orgânicos é viável até 50% de substituição o que aumentou a produtividade da forrageira; valores superiores proporcionam menor desempenho de produtividade e alteração das características de crescimento da planta.

A aplicação de esterco bovino como adubo melhorou as características químicas do solo e contribuiu para o aumento dos teores de cálcio, magnésio, fósforo e matéria orgânica e diminuição da acidez.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Tecnológico de bovinocultura/UFT e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio e bolsas concedidas.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M.; LOPES, R.S. Análise de crescimento do capim elefante 'napier' adubado e irrigado. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.2, p.415-423, 2005.

ARAÚJO, L.C.; SANTOS, A.C.; FERREIRA E.M.; CUNHA, O.F.R. Efeitos da adição de diferentes fontes de matéria orgânica nas características químicas do solo e na produtividade do *Panicum maximum* cv. Mombaça. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambiental**, v.6, n.1, p.65-72, 2008.

AZEEZ, J.O.; AVERBEKE, V.W. Nitrogen mineralization potential of three animal manures applied on a Sandy Clay loam soil. **Bioresource Technology**, v.101, p.5645-5651, 2010.

CECATO, U.; SKROBOT, V.D.; G.R.; BRANCO, A.F. GALBEIRO, S.; GOMES, J.A.N. Perfilamento e características estruturais do capim-Mombaça adubado com fontes de fósforo, em pastejo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.30, n.1, p.1-7, 2008.

DIM, V.P.; CASTRO, J.G.D.; ALEXANDRINO, E.; SANTOS, A.C.; SILVA NETO, S.P. Fertilidade do solo e produtividade de capim Mombaça adubados com resíduos sólidos de frigorífico. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal [online]**, v.11, n.2 p.303-316, 2010.

EMBRAPA. **Centro Nacional e Pesquisa em Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006, 306p.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, 1999. 370p.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; VITOR, C.M.T.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C.; REIS, G.C.; MARTUSCELLO, J.A. Acúmulo de forragem em pasto de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.397-403, 2005.

FAGUNDES, J.L.; FONSECA, D.M.; MORAES, R.V. MISTURA, C.; VITOR, C.M.T.; GOMIDE, J.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; SANTOS M.E.R.; LAMBERTUCCI, D.M. Avaliação das características estruturais do capim-brachiária em pastagens adubadas com nitrogênio nas quatro estações do ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.30-37, 2006.

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

LANGE, A.; CARVALHO, J.L.N.; DAMIN, V.; CRUZ, J.C.; MARQUES, J.J. Alterações em atributos do solo decorrentes da aplicação de nitrogênio e palha em sistema semeadura direta na cultura do milho. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.460-467, 2006.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola, adubo e adubação**. São Paulo: Ceres, 1981. p.31-56.

MENDONÇA, R.J.; CAMBRAIA, J.; OLIVEIRA, J.A.; OLIVA, M.A. Efeito do alumínio na absorção e na utilização de macronutrientes em duas cultivares de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.7, p.843-848, 2003.

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**, v.11, n.4, p.361-367, 2007.

OLIVEIRA, O.C. **Parâmetros químicos e biológicos relacionados com a degradação de pastagens de brachiária ssp no cerrado brasileiro.** Seropédica, UFRRJ, 2000, 230p.

PARHAM, J.A.; DENG, S.P.; RAUN, W.R.; JOHNSON, G.V. Long-term cattle manure application in soil. I Effect on soil phosphorus levels, microbial biomass C, and dehydrogenase and phosphatase activities. **Biology and Fertility of Soils**, v.35, p.328-337, 2002.

RODRIGUES, R.C.; MOURÃO, G.B.; BRENNECKE, K.; LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R. Produção de massa seca, relação folha/colmo e alguns índices de crescimento do Braquiaria Brizantha cv. Xaraés cultivado com a combinação de doses de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.394-400, 2008.

SANTOS JÚNIOR, J.D.G.; MONTEIRO, F.A.; LAVRES JÚNIOR, J. Análise de crescimento do capim-marandu submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1985-1991, 2004.

SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; BALBINO, E.M.; MONNERAT, J.P.I.S.; SILVA, S.P. Capim-braquiária diferido e adubado com nitrogênio: produção e característica da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, p.650-656, 2009.

SBRISSIA, A.F.; SILVA, S.C. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pasto de capim-marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.1, p.35-47, 2008.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SILVA NETO, S.P.; SILVA, J.E.C.; SANTOS, A.C.; CASTRO, J.D.G.; DIM, V.P.; ARAÚJO, A.S. Características agronômicas e nutricionais do capim marandu em função da aplicação de resíduo líquido de frigorífico. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.32 n.1, p.9-17, 2010.

SILVA NETO, S.P.; SILVA, R.G.; SANTOS, A.C.; GAMA, F.R.; GUERRA, M.S.S.; BRITO, E.J.D. Padrões espaciais de deposição de fezes por bovinos de corte em áreas de pastagens. **Revista Brasileira de Saúde e produção animal [online]**, v.12, n.2, p.538-550, 2011.

SOUMARE, M.; TACK, F.M.G.; VERLOO, M.G. Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. **Bioresource Technology**, v.86, p.15-20, 2003.

VAN KESSEL, J.S.; REEVES, J.B. Nitrogen mineralization potential of dairy manures and its relationship to composition. **Biology and Fertility of Soils**, v.36, p.118-123, 2002.

WHALEN, J.K.; CHANG, C.; OLSON, B.M. Nitrogen and phosphorus mineralization potentials of soils receiving repeated annual cattle manure applications. **Biology and Fertility of Soils**, v.34, n.5, p.334-341, 2001.

YOUUCU, H.; DASCI, M.; TURAN, M.; SERIN, Y. The manure applications on the yield, quality and mineral contents of common vetch and barley intercropping mixture. **Ekoloji**, v.19, p.71-81, 2010.

Data de recebimento: 06/04/2011

Data de aprovação: 27/10/2011