

## ARTIGO

**AUTORES:**

Aridouglas Santos  
 Araújo<sup>1</sup>

Antonio Clementino  
 Santos<sup>1</sup>

Sabino Pereira Silva  
 Neto<sup>1</sup>

Perlon Maia Santos<sup>1</sup>

José Expedito

Cavalcante Silva<sup>1</sup>

José Geraldo Donizetti  
 Santos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal do Tocantins – UFT, BR 153, Km 112, CP 132, 77804-970, Araguaína, TO, Brasil

**Recebido:** 27/09/2011

**Accito:** 29/12/2011

**Autor correspondente:**

Aridouglas Santos Araújo  
 E-mail: aridouglas@uft.edu.br

**PALAVRAS-CHAVE:**

Características agronômicas  
*Brachiaria brizantha*  
 Fertilidade do solo  
 Matéria orgânica

**KEY-WORDS:**

Agronomic characteristics  
*Brachiaria brizantha*  
 Organic matter  
 Soil fertility

## *Produtividade do capim-marandu e alterações químicas do solo submetido a doses de dejetos líquidos de bovinos*

### *Productivity of 'Marandu' grass and chemical changes in soil submitted to levels of bovine liquid manure*

**RESUMO:** O objetivo foi verificar o efeito das doses do dejetos líquido de bovino e seu efeito residual na produtividade e nas características agronômicas de capim-marandu cultivado em um Neossolo Quartzarênico, bem como avaliar as características químicas desse solo. Foram avaliados, durante dois anos, os seguintes parâmetros: produtividade; porcentagens de folha, colmo e material morto; relação folha:colmo, e foi estimada a taxa de crescimento cultural (TCC). No solo, foram avaliados os teores de matéria orgânica, cálcio, magnésio, fósforo disponível, alumínio, pH, V% e m%, em quatro profundidades (0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm). Foram aplicadas quatro doses do dejetos líquido de bovino (0; 37,5; 75; 112,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. As doses de dejetos líquido não aumentaram os teores de cálcio, magnésio, fósforo e saturação por bases na camada de 0-10 cm; porém, tais teores foram maiores do que nas demais camadas, em razão da calagem realizada. O pH foi reduzido com o aumento das doses em todas as profundidades e, quanto a alumínio e m%, reduziu-se o teor na camada 0-10 cm e aumentou-se nas demais camadas. O teor de saturação por bases (V%) diminuiu com o aumento da dose em todas as camadas, exceto em 0-10 cm. O teor de magnésio reduziu na camada 10-20 cm e aumentou em 30-40 cm, sendo que, na matéria orgânica, houve distribuição quadrática. A produtividade aumentou e as folhas, o colmo, a relação folha:colmo, as folhas mortas e a TCC foram influenciados pelos anos e doses do dejetos aplicado.

**ABSTRACT:** The purpose of this research was to assess the effect of bovine liquid manure levels and its residual effect on the yield and agronomic characteristics of 'Marandu' grass grown in Entisol, as well as to analyze the chemical characteristics of this soil. The following parameters were evaluated for two years: yield; leaf, stem and dead material percentage; and leaf:stem ratio. The cultivation growth rate (CGR) was estimated. The following aspects of the soil were evaluated: organic matter contents, calcium, magnesium and available phosphorus, aluminum, pH, base saturation and aluminum saturation, in four depths (0-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm). Four liquid bovine manure levels (0, 37.5, 75, 112.5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) were applied in a completely randomized block design, with four replicates. The slurry doses did not increase calcium, magnesium, phosphorus and base saturation in the 0-10 cm layer; however, these values were higher than in the other layers due to liming. pH was reduced with increasing slurry levels at all depths, while aluminum content reduced in the 0-10 cm layer and increased in the other layers. The level of base saturation decreased with increasing slurry levels in all layers, except for the 0-10 cm layer. The magnesium content was reduced in the 10-20 cm layer, but increased in the 30-40 cm, while the organic matter content followed a quadratic function. Yield levels have increased and leaf, stem, leaf:stem ratio, dead leaves and CGR were influenced by the time and levels of bovine liquid manure applied.

## 1 Introdução

A utilização de resíduos de animais para adubação é uma técnica utilizada há milhares de anos. Porém, os mesmos apresentam alto potencial de contaminação se inadequadamente descartados no ambiente com teores de nutrientes – principalmente N, P e K – acima dos teores toleráveis pelas normas estabelecidas (BRASIL, 2005).

A grande dificuldade da utilização de resíduos orgânicos na adubação é a variação da composição química, bem como a grande diversidade quanto à sua origem, ao grau de umidade e ao potencial de mineralização (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999). Vários fatores podem modificar a composição química do efluente, entre os quais, a alimentação dos animais e a forma de armazenamento dos resíduos produzidos (SORENSEN; WEISBJERG; LUND, 2003; TITTONELL et al., 2010).

De modo geral, os fertilizantes comerciais são avaliados pelos teores e formas químicas dos nutrientes, dos quais serão supridas as exigências nutricionais das plantas (RODELLA; ALCARDE, 1994). Porém, quando esses fertilizantes são substituídos por adubos orgânicos, as avaliações têm de ir muito além, pois a dinâmica dos compostos orgânicos é muito mais complexa.

As concentrações de determinados nutrientes podem servir como padrões para adubações realizadas com resíduos ou compostos orgânicos. Silva et al. (2008) trabalharam com esterco líquido de bovino baseando-se nos teores de N,  $P_2O_5$  e  $K_2O$  para determinação da dose utilizada. Erthal et al. (2010) trabalharam com o capim-tifton 85 (*Cinodon* spp.), utilizando como referência para as doses de adubação orgânica o  $K_2O$ , e constataram que a aplicação de água residuária bovina promoveu aumentos nos teores de Ca, Mg, K e  $P_2O_5$  nas camadas superficiais do solo.

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes com maior mobilidade, tornando-se o elemento químico mais dinâmico no solo, favorecendo sua utilização pelas culturas ou suas perdas, principalmente por volatilização e lixiviação, se aplicado em excesso, comprometendo a qualidade do ambiente (CERETTA et al., 2003). As perdas do N podem acarretar a contaminação do solo e das águas subterrâneas, ocorrendo lixiviação na forma de  $NO_3^-$ ,

elevando-se, assim, o potencial de contaminação, por causa do rápido deslocamento do elemento químico no perfil do solo (ANAMI et al., 2008; BASSO et al., 2005).

O esterco líquido de bovinos oferece nutrientes na sua forma prontamente disponível, dissolvidos na água, promovendo melhorias da qualidade e da produtividade das gramíneas adubadas com esses compostos orgânicos (YOLCU et al., 2010). Há melhoria da produtividade da forragem e da sua qualidade (teor de proteína, teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido), apresentando ganhos quando adubada com resíduos orgânicos (YOLCU et al., 2010).

O objetivo foi verificar o efeito da aplicação de doses do dejetos líquido de bovino e o seu efeito residual na produtividade e nas características agrônômicas da pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e nas características químicas do solo.

## 2 Material e Métodos

O experimento foi realizado na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins, município de Araguaína-TO, com as seguintes coordenadas geográficas: 07° 05' 46" S e 48° 12' 19" O, e altitude de 243 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo AW (quente e úmido), tendo como características um período seco e outro chuvoso. O período seco, com déficit hídrico, ocorre de junho a setembro, e o período chuvoso, de outubro a maio, com precipitação pluviométrica média anual de 1800 mm e temperatura média de 28 °C.

Na área experimental, foi realizada calagem com aplicação de 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT – 92%) e incorporada com grade leve em julho de 2007 (seis meses antes da implantação). O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico típico e as amostras de solo inicial foram coletadas em janeiro de 2008, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm. As amostras foram secas ao ar, passadas em peneira, homogeneizadas e submetidas à análise para caracterização química (Tabela 1), de acordo com metodologias propostas pela Embrapa (1999).

O preparo da área experimental foi realizado de forma convencional (uma aração e uma gradagem)

e a posterior semeadura, com sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. O experimento foi distribuído em blocos inteiramente ao acaso, com quatro doses de dejetos líquido de bovino (0; 37,5; 75; 112,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), com quatro repetições, totalizando 16 unidades experimentais com espaçamento de 1 m entre parcelas e de 1,5 m entre blocos. Foi utilizado dejetos de bovino líquido de frigorífico, o qual foi analisado na entrada e na saída do sistema (Tabela 2).

A aplicação do dejetos foi realizada apenas no primeiro ano de experimento, sendo que as doses foram fracionadas em três aplicações: a primeira aplicação foi realizada após a emergência da cultura e a segunda e a terceira aplicações, após a primeira e a segunda simulação de pastejo, respectivamente. Foram analisados os atributos agrônômicos da cultura por dois anos (2008 e 2009), simulando-se o sistema de criação rotacionado com pastejo em intervalos de 35 dias.

A altura foi feita com régua graduada, em centímetros, em cinco pontos da parcela, medindo-se a planta do solo até a ponta das folhas. A contagem de perfilho foi realizada em quadros de 0,15 m<sup>2</sup> (1 × 0,15 m) em dois pontos representativos da parcela. Após a contagem dos perfilhos, foi feito o corte da forragem em quadros de 0,5 m<sup>2</sup> a 0,10 m do solo; todo material foi separado em colmo, folha e folhas mortas, e levado para estufa a 55 °C por 72 horas, para obtenção da massa seca dos componentes da forragem. Após o procedimento de secagem, foi feita a transformação dos dados para kg ha<sup>-1</sup> de massa seca. A produtividade foi calculada pelo somatório de massa seca de folha, colmo e folhas mortas.

Foi calculada a proporção em porcentagem de folha, colmo, folhas mortas da forragem, bem como a relação folha:colmo (divisão do peso seco das folhas

pelo peso seco dos colmos) e a taxa de crescimento cultural (soma da produção de massa seca das folhas, do colmo e do material morto dividida pela quantidade de dias entre o intervalo de cortes).

Foram coletadas quatro amostras simples de solo nas parcelas, as quais foram misturadas para formar uma amostra composta. As amostras foram coletadas em quatro profundidades (0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm), após a última simulação de pastejo (2009). Posteriormente, essas amostras foram identificadas e enviadas ao laboratório para a realização das análises químicas do solo, de acordo com Embrapa (1999). O pH foi determinado na suspensão solo:solução (relação 1:2,5) de CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>, sendo que cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos por KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. A determinação de cálcio e magnésio foi feita com EDTA 0,125 mol L<sup>-1</sup> e o alumínio, por titulação com NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>. Os resultados foram expressos em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. O H+Al (acidez potencial) foram extraídos por acetato de cálcio a pH 7,0 e quantificados por titulação NaOH 0,025 mol L<sup>-1</sup>; o fósforo disponível foi extraído por Mehlich-1 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup> + HCL 0,05 mol L<sup>-1</sup>) e determinado por colorimetria; a saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) foram calculadas e a matéria orgânica foi determinada pelo método volumétrico de bi-cromato de potássio.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, ao teste F (p < 0,05), tendo sido analisados por regressões para variáveis da forragem e do solo. Para analisar os períodos (anos) de avaliação da forragem, foram realizadas análises de variância, em parcela subdividida, e comparação pelo teste de Tukey (p < 0,05). Foi utilizado o programa estatístico Assisat versão 7.5 beta (SILVA; AZEVEDO, 2002).

**Tabela 1.** Atributos químicos do solo antes da implantação do experimento.

Camada cm	pH CaCl <sub>2</sub>	H+Al	Ca	Mg	Al	SB	K	P	MO	V%	m%	CTC <sub>e</sub>	CTC
			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				mg dm <sup>-3</sup>		g dm <sup>-3</sup>			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	
0-10	4,1	2,2	0,87	0,30	0,44	1,20	12,29	0,92	16,1	35	26	1,64	3,40
10-20	4,2	1,6	0,90	0,20	0,45	1,12	11,26	0,65	10,7	41	28	1,57	2,73
20-30	4,1	1,0	0,83	0,11	0,24	0,97	12,29	0,67	9,3	49	19	1,21	1,97
30-40	4,2	0,8	0,82	0,12	0,22	0,96	10,24	0,62	8,1	54	18	1,18	1,77

SB = soma de bases; MO = matéria orgânica; CTC<sub>e</sub> = capacidade troca catiônica efetiva; CTC = capacidade de troca catiônica; V% = saturação por bases, e m% = saturação por alumínio.

### 3 Resultados e Discussão

Não foram observadas diferenças nos teores de magnésio nas camadas 0-10 e 10-20 cm de profundidade. Na camada de 10-20 cm, ocorreu diminuição linear ( $p < 0,05$ ) proporcional à quantidade de dejetos aplicada, sendo que, para cada  $m^3$  de dejetos aplicado, houve uma diminuição de

**Tabela 2.** Parâmetros físico-químicos e biológicos do esterco líquido de bovinos na entrada e na saída do sistema de tratamento.

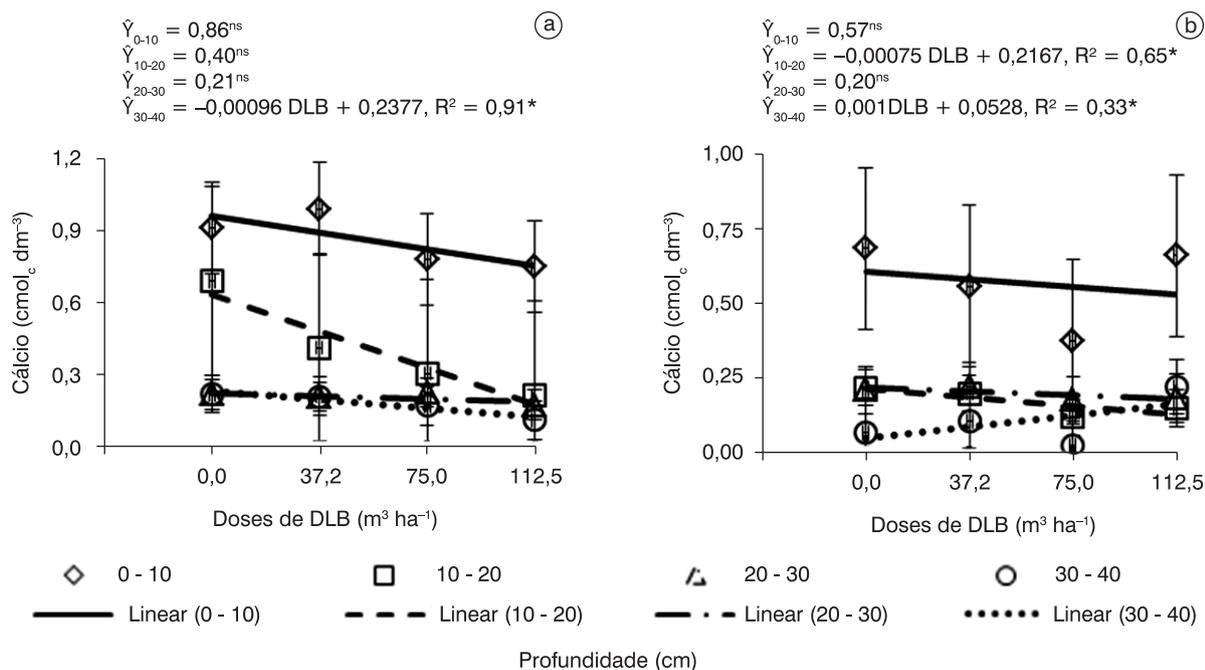
Parâmetros (unidade)	Teores	
	Entrada	Saída
Turbidez (uT)	1884,0	377,0
Cor aparente (uH)	27510,0	8275,0
pH	7,01	8,31
Nitrogênio amoniacal ( $mg L^{-1}$ )	156,8	224,0
Nitrito ( $mg L^{-1}$ )	9,0	2,5
Nitrato ( $mg L^{-1}$ )	3,3	0,8
Sólidos totais ( $mg L^{-1}$ )	18877,0	1711,0
Sólidos sedimentares ( $mg L^{-1}$ )	9,6	0,1
Fosfato ( $mg L^{-1}$ )	122,0	160,0
Sulfeto ( $mg L^{-1}$ )	16,2	8,3
Oxigênio dissolvido ( $mg L^{-1}$ )	0,7	10,0
DBO ( $mg L^{-1}$ )*	6200,0	350,0
DQO ( $mg L^{-1}$ **)	16740,0	763,0
Óleos e graxas ( $mg L^{-1}$ )	4444,5	20,6
Coliformes totais (N.M.P. 100 $mL^{-1}$ )	$1,1 \times 10^{16}$	$7,5 \times 10^9$
Coliformes termotolerantes (N.M.P. 100 $mL^{-1}$ )	$<1,2 \times 10^{15}$	$<1,0 \times 10^{-1}$

\*Demanda bioquímica de oxigênio; \*\*Demanda química de oxigênio.

0,00075  $cmol_c dm^{-3}$  de magnésio. Já na camada de 30-40 cm, houve acréscimo de 0,001  $cmol_c dm^{-3}$  por  $m^3 ha^{-1}$  de dejetos aplicado (Figura 1a). Erthal et al. (2010), ao estudarem o efeito da adição de água residual de bovinocultura sobre propriedades físicas e químicas de um Argissolo, encontraram resultados contrários aos deste estudo. Os autores verificaram que o teor de Mg aumentou na camada de 0-10 e 10-25 cm com a utilização de efluentes bovinos. Tal fato foi atribuído à liberação desse nutriente com a mineralização da matéria orgânica do solo.

O uso do dejetos líquido de bovino não aumentou ( $p < 0,05$ ) os teores de cálcio nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Porém, na camada de 30-40 cm, observou-se diminuição linear de 0,00096  $cmol_c dm^{-3}$  de cálcio por  $m^3 ha^{-1}$  de dejetos aplicado (Figura 1b). Silva et al. (2008), em trabalho com esterco líquido de bovino, verificaram aumentos nos teores de cálcio e magnésio na camada superficial, efeito contrário ao encontrado neste trabalho.

Não se observou diferença no teor de fósforo disponível entre as doses do dejetos, até a profundidade de 40 cm (Figura 2a). Os resultados encontrados não corroboram os resultados de Souza et al. (2007), os quais observaram incremento de fósforo disponível quando realizada calagem e aplicado adubo orgânico



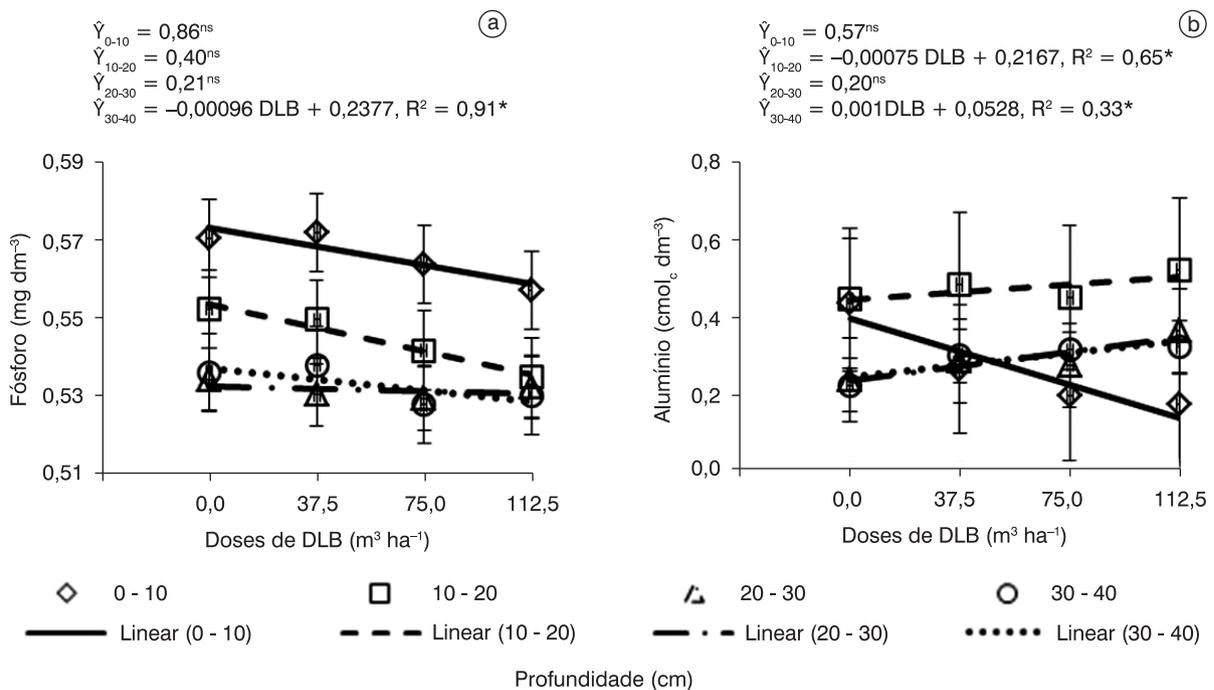
**Figura 1.** Efeito das doses de dejetos líquido de bovino (DLB) nos teores trocáveis de cálcio (a) e magnésio (b) no solo. \*significativo ( $p < 0,05$ ); <sup>ns</sup>não significativo.

no solo. O solo pode adsorver ácidos orgânicos com grande energia, competindo com sítios de adsorção de fósforo e aumentando a disponibilidade para as plantas (HAYNES, 1984). Além da calagem, a matéria orgânica origina ligantes orgânicos que são liberados durante o processo de mineralização, que formam complexos com o alumínio ou complexos solúveis com o fósforo da solução do solo, evitando que o mesmo seja adsorvido (IYAMUREMYE; DICK; BAHAN, 1996).

Na camada superficial (0-10 cm), o teor de alumínio foi neutralizado de acordo com o aumento da aplicação de dejetos. Nas camadas de 10-20 e 20-30 cm, não foram observados efeitos da aplicação do DLB (Figura 2b). Na camada de 30-40 cm, o teor de alumínio aumentou com a aplicação do dejetos líquido de bovino, embora esse aumento tenha sido muito pequeno. Em estudo realizado por Ceretta et al. (2003), a dinâmica do cálcio e do alumínio foi semelhante ao deste experimento. Estes autores concluíram que a diminuição do alumínio na camada superficial foi justificada pelo efeito da complexação desses íons por frações de ácidos fúlvico e húmico da matéria orgânica mineralizada, e pelo efeito da calagem.

Em relação às doses de dejetos aplicadas, o valor de m% diminuiu 0,086% a cada m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> aplicado na camada de 0-10 cm e aumentou 0,19 e 0,12% por m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> aplicado para as camadas de 10-20 e 20-30 cm, respectivamente. Na camada de 30-40 cm, não foi observada diferença significativa (Figura 3b). Não foi observada diferença para V% na camada 0-10 cm, com valor médio de 45%; na camada de 10-20 cm, ocorreu resposta quadrática com diminuição até a dose estimada de 89 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, com valor de V% de 20%. Nas camadas de 20-30 e 30-40 cm, ocorreram decréscimos lineares com valores máximos e mínimos de 34 e 28% e 21 e 18%, nas doses 0 e 112,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3a). Tal efeito já era esperado quando se utiliza adubação que possua nitrogênio na sua composição, pois, em função do processo de mineralização, ocorre liberação de íons H<sup>+</sup> e substituição dos cátions básicos por cátions ácidos (RAIJ, 1991).

O aumento de V% e a redução de m% na camada superficial (0-10 cm) deveram-se à calagem, que proporcionou aumento de cálcio e magnésio, e diminuição do alumínio, uma vez que esses elementos participam do cálculo de V% e m% (ARTUR et al., 2007). A redução da acidez do solo



**Figura 2.** Efeito das doses de dejetos líquido de bovino (DLB) nos teores de fósforo disponível (a) e alumínio trocável (b) no solo. \*significativo ( $p < 0,05$ ); <sup>ns</sup>não significativo.

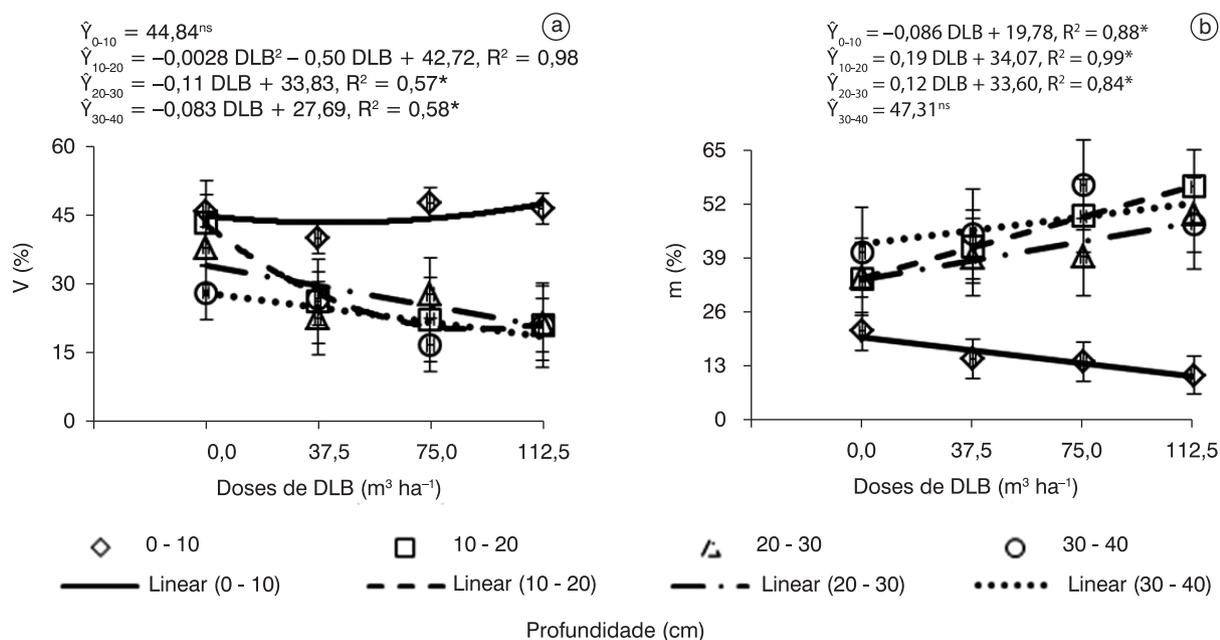
promove a insolubilização do alumínio e aumenta a disponibilidade de fósforo, cálcio e magnésio (NOVAIS et al., 2007).

Em todas as camadas do solo analisadas, ocorreu diminuição do pH de acordo com o aumento da dose de dejetos líquido bovino (Figura 4a). Contudo, o baixo pH do solo (Figura 4a) nas camadas abaixo de 10 cm não comprometeu a produtividade da gramínea (Figura 5a). A deposição de águas residuais no solo contribui para a diminuição do pH ocasionada pela produção de  $\text{CO}_2$  e ácidos orgânicos por causa da degradação dos resíduos orgânicos (BOUWER, 2000). O dejetos estudado possui pH próximo à neutralidade, mas as concentrações de nitrogênio amoniacal são elevadas. Essa característica, somada à boa drenagem do solo e às temperaturas elevadas da região, é capaz de estimular o processo de nitrificação e liberação de íons  $\text{H}^+$  no meio, consequentemente contribuindo para a acidificação (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). A elevada acidez deve-se à pobreza em bases do material de origem do solo (LOPES; GUILHERME, 1990), o que é comprovado pelos dados apresentados na Tabela 1.

As maiores concentrações de cálcio e magnésio, e o pH mais elevado, além da diminuição do teor de alumínio na camada de 0-10 cm, deveram-se à calagem realizada. O calcário possibilitou neutralizar

a acidez e aumentar o teor de cálcio e magnésio, substituindo o lugar dos cátions de caráter ácido; a partir desses processos, o alumínio é precipitado como hidróxido e o  $\text{CO}_2$  é desprendido (RAIJ, 1991).

O teor de matéria orgânica do solo não foi aumentado com as aplicações do resíduo orgânico. Observou-se um efeito de sua redução em função da aplicação de dejetos e posterior recuperação dos patamares originais na maior dose estudada (Figura 4b). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de o solo ser arenoso e pelas próprias características do resíduo (líquido), ou seja, a baixa relação C:N e a fácil capacidade de ser mineralizado. A degradação da matéria orgânica é variável de acordo com o material de origem do dejetos e o tratamento utilizado. Porém, de modo geral, são resíduos com estreita relação C:N, com material de fácil degradação (BOEIRA; LIGO; DYNIA, 2002). Na medida em que o solo foi coletado após dois anos de cultivo, com aplicação do resíduo somente no primeiro ano, o tempo decorrido pode ter influenciado o teor de matéria orgânica em razão da mineralização. Boeira, Ligo e Dynia (2002) verificaram que o processo de mineralização logo após aplicação é intenso e decresce com o tempo. Desse modo, as respostas são mais bem expressas pelo crescimento da cultura (produtividade) do que pelas propriedades do solo.



**Figura 3.** Efeito das doses de dejetos líquido de bovino (DLB) na saturação por bases (V%) (a) e saturação por alumínio (m%) (b) do solo. \*significativo ( $p < 0,05$ ); <sup>ns</sup>não significativo.

Segundo Erthal et al. (2010), a aplicação de dejetos líquidos de bovinos não aumentou a matéria orgânica do solo, fato esse atribuído à predominância do N mineral e às condições ideais, como umidade, temperatura, aeração e baixa relação C:N.

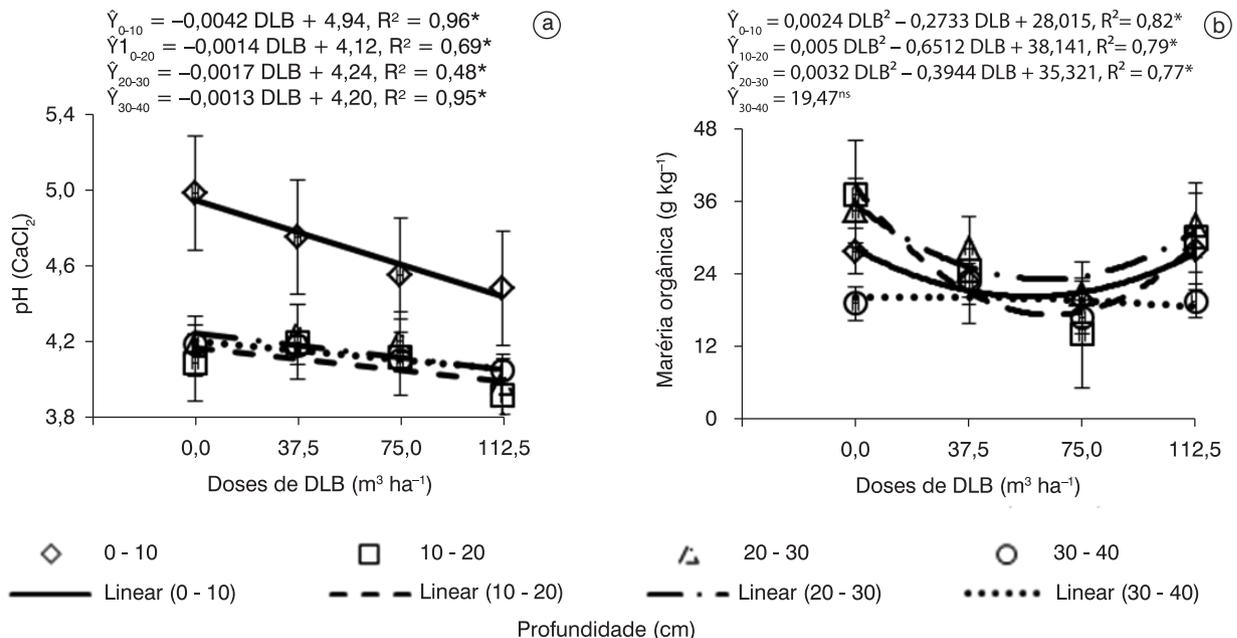
Outros fatores que podem explicar a diminuição da matéria orgânica do solo nas dosagens de 37,5 e 75 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> são o aumento da atividade microbiana associada à fonte de carbono prontamente assimilável e o elevado teor de umidade, caracterizando-se como material de fácil mineralização (CERETTA et al., 2003). Em solos com baixo teor de argila, a matéria orgânica não possui a proteção originada pela interação com argilominerais e óxidos de Fe e Al, facilitando sua mineralização (CERETTA, 1995).

A produtividade (base em massa seca) da parte aérea da braquiária foi influenciada de forma linear positiva (p < 0,05) pelas doses de dejetos bovino aplicado e pelos anos analisados (Figura 5a). No primeiro ano, a aplicação de 112,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> proporcionou uma produtividade de 2334 kg ha<sup>-1</sup>. No segundo ano, a produtividade da pastagem teve menor ganho por m<sup>3</sup> de dejetos aplicado em relação ao primeiro ano (p < 0,05), por causa do efeito do dejetos ser apenas residual, com acúmulos de 7,56 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca de forragem para cada m<sup>3</sup> de dejetos líquido aplicado. Esse valor foi 50% inferior ao do

primeiro ano (15,12 kg ha<sup>-1</sup> m<sup>-3</sup> DLB) (Figura 5a). No entanto, mesmo no segundo ano de cultivo, houve acréscimo de 766 kg ha<sup>-1</sup> na produtividade da braquiária com a aplicação de 112,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, em relação ao tratamento controle, cuja produção foi de 1132 kg ha<sup>-1</sup> de massa seca de forragem (Figura 5a). Araújo et al. (2011) encontraram produtividade de massa seca da forragem de 1356 kg ha<sup>-1</sup> utilizando 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, valores inferiores ao encontrado na dose de 112,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para os dois anos analisados, o que reflete o ótimo desempenho do dejetos.

A adubação nitrogenada favoreceu o acúmulo de maior quantidade de massa seca de forragem (SANTOS et al., 2009; BENETT et al., 2008; CECATO et al., 2000), comprovando o potencial do dejetos como fonte de nutrientes. Em estudos realizados por YOLCU et al. (2010), não foram revelados aumentos de produtividade da massa seca em forragem, quando utilizado apenas o esterco bovino na forma líquida; porém, a combinação de esterco líquido e sólido teve efeitos positivos na produtividade.

O efeito da aplicação do dejetos líquido de bovino no perfilamento da cultura no primeiro e no segundo ano foi positivo (Figura 5b). Nos anos avaliados, o número de perfilhos aumentou



**Figura 4.** Efeito das doses de dejetos líquido de bovino (DLB) no pH (a) e matéria orgânica (b) do solo. \*significativo (p < 0,05); <sup>ns</sup>não significativo.

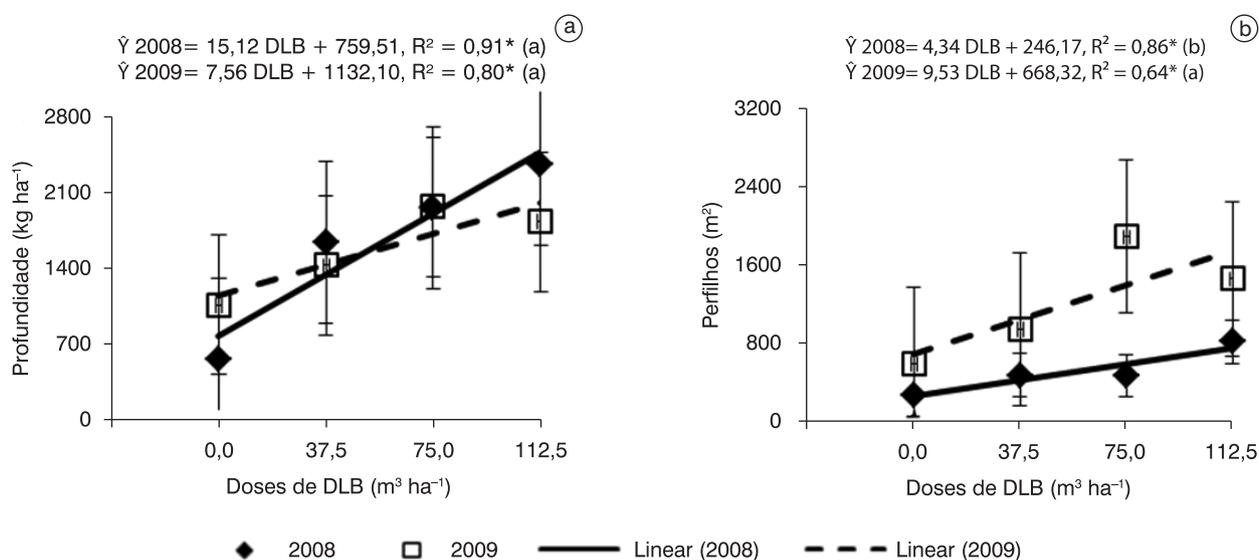
linearmente em função das doses de dejetos aplicadas. Na dose de  $112,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , foram contabilizados 796 e 1444 perfilhos por  $\text{m}^2$ , enquanto que, no controle ( $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ), foram observados 253 e 570 perfilho por  $\text{m}^2$ , para o primeiro e o segundo ano, respectivamente (Figura 5b). Os efeitos observados nos dois anos comprovaram a eficiência do dejetos na manutenção da pastagem. O acréscimo dos valores encontrados no segundo ano em relação ao primeiro pode ter relação com a quebra de dominância apical, por causa dos cortes sucessivos e do estímulo dos nutrientes fornecidos pela aplicação do dejetos, proporcionando um bom estabelecimento da pastagem. Com o crescimento do colmo, o meristema apical torna-se vulnerável, pois alcança maior altura, chegando ao nível de corte ou pastejo. O corte e a decapitação do perfilho ocasiona morte, surgindo-se então novas brotações das gemas basilares (GOMIDE, 1988), as quais são influenciadas positivamente pela aplicação de adubo nitrogenado (ALEXANDRINO et al., 2004).

A porcentagem de folhas do capim-marandu foi afetada negativamente pela aplicação do dejetos líquido de bovino no primeiro ano (Figura 6a). No entanto, para o segundo ano, esse efeito sobre a modificação morfológica foi neutralizada, não promovendo resposta significativa à aplicação dos resíduos orgânicos. Para o primeiro ano de

avaliações, a participação de folha foi de 91,6% e houve um decréscimo de 5,4% de folhas para cada  $37,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos líquido de bovino aplicado, diferindo significativamente do segundo ano, com participação de folha de 59,9% (Figura 6a).

De forma oposta ao verificado para a porcentagem de folhas, para o colmo houve aumento linear em relação às doses de dejetos aplicadas e observou-se diferença significativa entre o primeiro e o segundo ano de avaliação (Figura 6b). Para cada  $37,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos aplicado, houve uma alteração no aspecto morfológico da planta. A porcentagem de colmo no primeiro ano foi de 4,9% para o tratamento controle e 10,0, 15,1 e 20,3%, respectivamente, para os tratamentos 37,5, 75 e  $112,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos aplicado. Já no segundo ano, a porcentagem de colmo foi de 13,7% para controle e 16,2, 18,7 e 21,2% para os tratamentos 37,5, 75 e  $112,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de dejetos, respectivamente (Figura 6b).

As folhas mortas não foram influenciadas pelo dejetos aplicado. Porém, foi observada diferença significativa entre o primeiro e o segundo ano, com valores médios de 3,9 e 22,6%, respectivamente (Figura 7a). O aumento da porcentagem de folhas mortas no segundo ano deveu-se ao período seco, que provocou a morte de perfilhos (Figura 7a). A menor proporção de folhas, em relação a colmo e material morto, diminuiu a qualidade nutricional da



**Figura 5.** Efeito das doses de dejetos líquido de bovino (DLB) na produtividade (a) e número de perfilhos (b) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em dois anos de ensaio. \*significativo ( $p < 0,05$ ); \*\*não significativo. Letra minúscula diferente entre parênteses indica diferença significativa (Tukey,  $p < 0,05$ ).

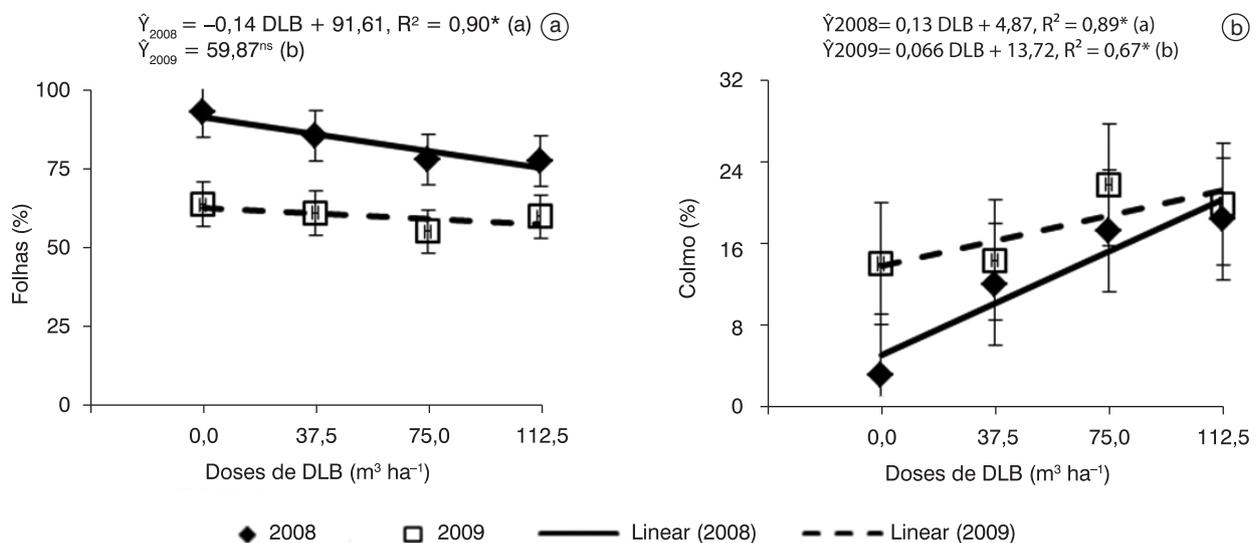
forragem; porém, o ganho em produtividade pode compensar essa ligeira perda da qualidade observada. A aplicação do dejetto forneceu nitrogênio à pastagem (Tabela 2), sendo que esse nutriente é um dos principais moduladores de crescimento das plantas, podendo, assim, promover mudanças no padrão de partição das frações da matéria seca estudada (FAGUNDES et al., 2005). No entanto, Araújo et al. (2011) obtiveram valores de porcentagem de folha, colmo e folhas mortas com adubação convencional de 56, 14 e 28%, respectivamente, valores muito próximos aos encontrados neste trabalho.

Com a alteração morfológica da forragem, a relação folha:colmo também foi influenciada; no entanto, esse efeito foi verificado apenas para o primeiro ano de cultivo (Figura 7b). No primeiro ano, houve uma diminuição da relação folha:colmo até a dose estimada de 82 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, o que representa um decréscimo da relação folha:colmo de 35:1 na dose de 0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> para uma relação de 1,2:1, quando estimada a aplicação de 82 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetto líquido (Figura 7b). A baixa produtividade da pastagem aliada à maior relação folha:colmo não reflete melhorias do desempenho por causa da baixa oferta de forragem, características essas da falta de nitrogênio para a planta (ARAÚJO et al., 2011). A relação folha:colmo, no segundo ano, não diferiu significativamente para os tratamentos aplicados, porém diferiu no primeiro

ano (Figura 7b). Martuscello et al. (2009) verificaram aumentos positivos na relação folha:colmo com adubação convencional, porém, a quantidade de colmo foi maior à medida que se aumentou a dose de nitrogênio aplicada.

A taxa de crescimento cultural respondeu linearmente à adubação com dejetto líquido de bovino, tanto no primeiro quanto no segundo ano da aplicação, diferindo entre os anos analisados (Figura 8a). No primeiro ano, a taxa máxima de acúmulo em produtividade foi de 66,7 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> quando aplicados 112,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetto, enquanto que a taxa de acúmulo de matéria seca pela dose de 0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> foi de 15,7 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (Figura 8a). No segundo ano, o efeito residual das aplicações do dejetto líquido de bovino foi suficiente para influenciar positivamente a taxa de crescimento cultural com 67,2 kg ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> na maior dose (112,5 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>); porém, apenas o efeito residual não garantiu a mesma produtividade em relação ao primeiro ano (Figura 8a).

Valores de taxa de crescimento cultural encontrados neste estudo foram inferiores aos relatados por outros autores cujos trabalhos se desenvolveram com adubação convencional de nitrogênio (150 kg ha<sup>-1</sup>) (FAGUNDES et al., 2005; MAGALHÃES et al., 2007); no entanto, foram superiores aos encontrado por Araújo et al. (2011).



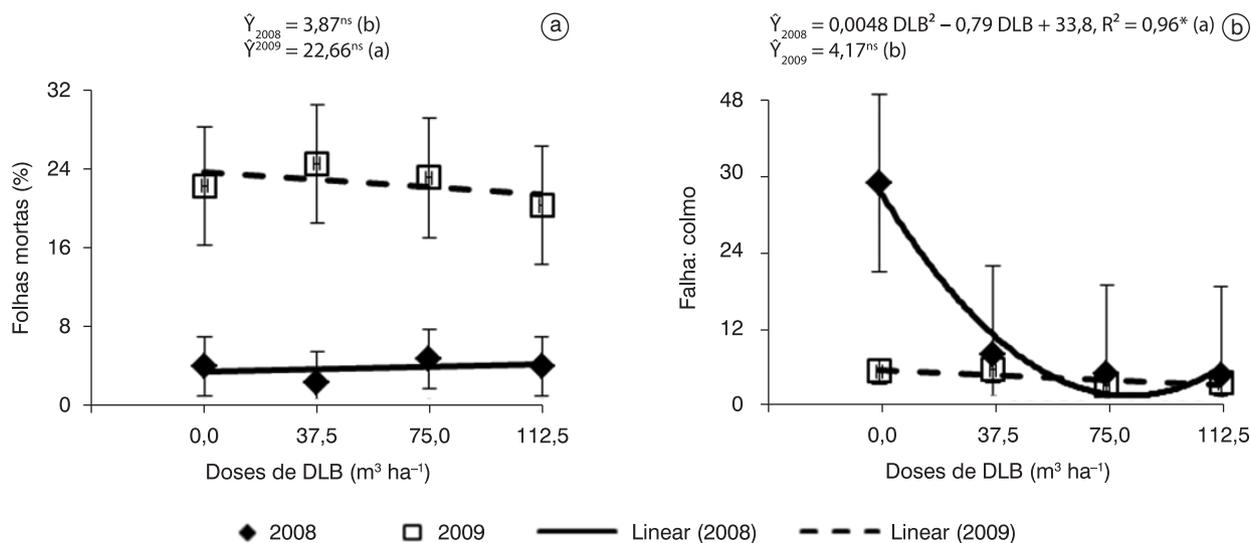
**Figura 6.** Efeito das doses de dejetto líquido de bovino (DLB) na porcentagem de folhas (A) e de colmos (B) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em dois anos de ensaio. \*significativo ( $p < 0,05$ ); <sup>ns</sup>não significativo. Letra minúscula diferente entre parênteses indica diferença significativa (Tukey,  $p < 0,05$ ).

A aplicação no solo do dejetto líquido de bovino favoreceu o crescimento da gramínea forrageira estudada. Para a altura do capim-marandu, verificou-se resposta linear ( $p < 0,05$ ) positiva à aplicação do dejetto líquido de bovino, tanto no primeiro ano de aplicação quanto sob efeito residual no segundo ano (Figura 8b). Porém, no segundo ano, o efeito das doses de DLB, apesar de positivo, foi muito pequeno, sendo praticamente desprezível. Efeito positivo para a altura da *Brachiaria brizantha* também

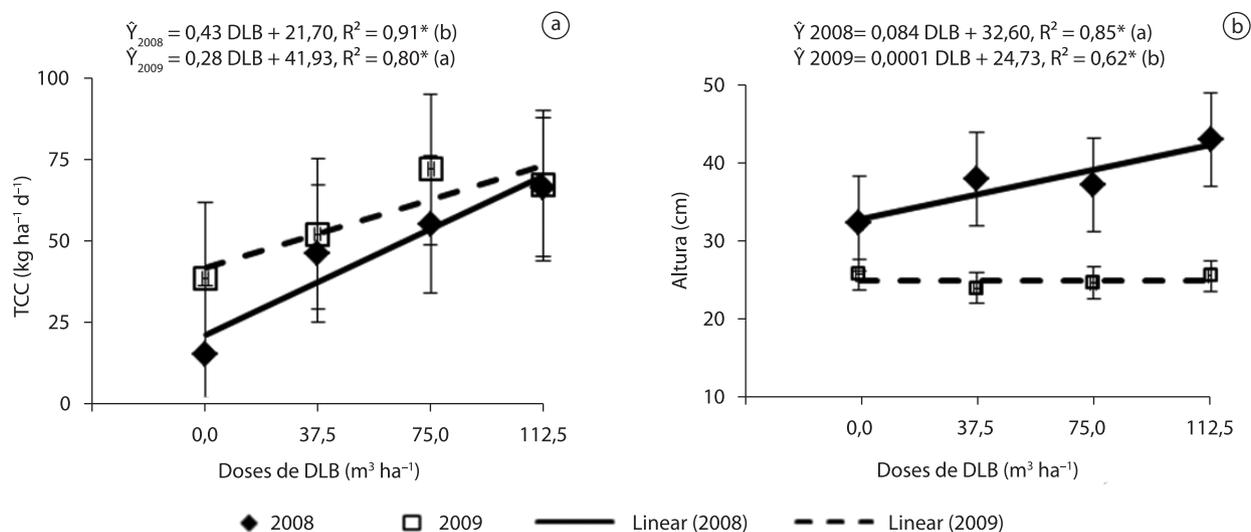
foi observado por Santos et al. (2009), porém sob influência de adubação mineral nitrogenada.

#### 4 Conclusões

O dejetto líquido de bovino estudado influenciou a produtividade da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu tanto em crescimento quanto em morfologia, a exemplo da relação folha:colmo. O efeito nos atributos químicos do solo reduziu o pH e a saturação por bases, e aumentou as concentrações de m% e



**Figura 7.** Efeito das doses de dejetto líquido de bovino (DLB) para folhas mortas (a) e relação folha:colmo (b) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em dois anos de ensaio. \*significativo ( $p < 0,05$ ); <sup>ns</sup>não significativo. Letra minúscula diferente entre parênteses indica diferença significativa (Tukey,  $p < 0,05$ ).



**Figura 8.** Efeito das doses de dejetto líquido de bovino (DLB) na taxa de crescimento cultural (a) e na altura (b) da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em dois anos de ensaio. \*significativo ( $p < 0,05$ ); <sup>ns</sup>não significativo. Letra minúscula diferente entre parênteses indica diferença significativa (Tukey,  $p < 0,05$ ).

alumínio, não promovendo o incremento de matéria orgânica. No entanto, a calagem proporcionou teores satisfatórios na camada de 0-10 cm, camada na qual foram observados os maiores teores de cálcio, magnésio e fósforo.

O dejetos líquido de bovino é indicado para substituição de fertilizantes minerais nitrogenados, não havendo prejuízos produtivos na pastagem; no entanto, é necessário que sejam feitas aplicações anuais do dejetos para que não ocorra diminuição da produtividade da gramínea.

### Agradecimentos

Ao CNPq, pela concessão de Bolsa de Produtividade em Pesquisa (PQ-2009) e pelas Bolsas de Mestrado, e à CAPES, pela concessão das Bolsas de Doutorado.

### Referências

ALEXANDRINO, E.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; MOSQUIM, P. R.; REGAZZI, A. J.; ROCHA, F. C. Características morfogênicas e estruturais na rebrotação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a três doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, p. 1372-1379, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000600003>

ANAMI, M. H.; SAMPAIO, S. C.; SUSZEK, M.; GOMES, S. D.; QUEIROZ, M. M. F. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de águas residuária da suinocultura em colunas de solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, p. 75-80, 2008.

ARAÚJO, A. S.; SILVA, J. E. C.; SANTOS, A. C.; SILVA NETO, S. P.; DIM, V. P.; ALEXANDRINO, E. Substituição de nitrogênio por esterco bovino na produtividade de forragem e qualidade do solo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 12, p. 852-866, 2011.

ARTUR, A. G.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARRETO, V. C. M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de Guanandi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42 p. 843-850, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000600011>

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; POLETO, N.; GIROTTO, E. Dejetos líquidos de suínos: II- perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. *Ciência Rural*,

v. 35, p. 1305-1312, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000600012>

BENETT, C. G. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K. S.; BERGAMASCHINE, A. F.; FABRICIO, J. A. Produtividade e composição bromatológica do capim-marandu a fontes e doses de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, p. 1629-1636, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000500041>

BOEIRA, R. C.; LIGO, M. A. V.; DYNIA, J. F. Mineralização de nitrogênio em solo tropical tratado com lodo de esgoto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, p. 1639-1647, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2002001100016>

BOUWER, H. Groundwater problems caused by irrigation with sewage effluent. *Journal of Environmental Health*, v. 63, p. 17-20, 2000.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

CECATO, U.; YANAKA, F. Y.; BRITO FILHO, M. R. T.; SANTOS, G. T.; CANTO, M. W.; ONORATO, W. M.; PETERNELLI, M. Influência da adubação nitrogenada e fosfatada na produção, na rebrota e no perfilhamento do capim-marandu (*Brachiaria brizantha* [Hochst] Stapf. cv. Marandu). *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 22, p. 817-822, 2000.

CERETTA, C. A. *Fracionamento de N orgânico, substâncias húmicas e caracterização de ácidos húmicos de solo em sistemas de cultura sob plantio direto*. 127 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

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

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

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G. Alterações físicas e químicas

- de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, p. 467-477, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000500003>
- 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, p. 397-403, 2005.
- GOMIDE, J. A. Fisiologia das plantas forrageiras e manejo das pastagens. *Informativo Agropecuário*, v. 88, p. 11-18, 1988.
- HAYNES, R. J. Lime and phosphate in the soil-plant system. *Advanced Agronomy*, v. 37, p. 249-315, 1984. [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60456-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60456-3)
- IYAMUREMYE, F.; DICK, R. P.; BAHAN, J. Organic amendments and phosphorus dynamics: II. Distribution of soil phosphorus fractions. *Soil Science*, v. 161 p. 436-443, 1996. <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-199607000-00003>
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. *Acidez do solo e calagem*. 3. ed. São Paulo: ANDA, 1990. 5 p. (ANDA- Boletim técnico, n. 1).
- MAGALHÃES, A. F.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, F. F.; SOUSA, R. S.; VELOSO, C. M. Influência do nitrogênio e do fósforo na produção do capim-braquiária. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 36, p. 1240-1246, 2007.
- MARTUSCELLO, J. A.; FARIA, D. J. D.; CUNHA, D. N. F. V.; FONSECA, D. M. Adubação nitrogenada e partição de massa seca em plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés e *Panicum maximum* X *Panicum infestum* cv. Massai. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n. 3, p. 663-667, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000300001>
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2. ed. Lavras: Editora-UFLA, 2006. 729 p.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Eds.) Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2007, p.471-550.
- RAIJ, B. V. *Avaliação da fertilidade do solo*. Piracicaba: Potafós, 1991. 343 p.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. *Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação*. Viçosa, 1999. 359 p.
- RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. Avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes. *Scientia Agrícola*, v. 51, p. 556-562, 1994. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161994000300030>
- 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 características da forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 650-656, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000400009>
- 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, p. 71-78, 2002.
- SILVA, J. C. P. M.; MOTTA, A. C. V.; PAULETTI, V.; FAVARETTO, N.; BARCELLOS, M.; OLIVEIRA, A. S.; VELOSO, C. M.; SILVA, L. F. C. Esterco líquido de bovinos leiteiros combinado com adubação mineral sobre atributos químicos de um latossolo bruno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 2563-2572, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000600033>
- SORENSEN, P.; WEISBJERG, M. R.; LUND, P. Dietary effects on the composition and plant utilization of nitrogen in dairy cattle manure. *Journal of Agricultural Science*, v. 141, p. 79-91, 2003. <http://dx.doi.org/10.1017/S0021859603003368>
- SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T.; TORRES, P. R. F. Formas de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 1535-1544, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000600030>
- TITTONELL, P.; RUFINO, M. C.; JANSSEN, B. H.; GILLER, K. E. Carbon and nutrient losses during manure storage under traditional and improved practices in smallholder crop-livestock systems-evidence from kenya. *Plant Soil*, v. 328, p. 256-269, 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-009-0107-x>
- YOLCU, H.; GUNES, A.; DASCI, M.; TURAN, M.; SERIN, Y. The effects of solid, liquid and combined cattle manure applications on the yield, quality and mineral contents of common vetch and barley intercropping mixture. *Ekoloji*, v. 19, p. 71-78, 2010. <http://dx.doi.org/10.5053/ekoloji.2010.7510>